现代化学试剂手册

●第二分册●化学分析试剂●

张孙玮　汤福隆　张泰　等编

化学工业出版社

DF43/04

现代化学试剂手册

第二分册

化学分析试剂

张孙玮　汤福隆　张泰　等编

中国科学院上海有机化学研究所
图书馆藏

化学工业出版社

内 容 提 要

《现代化学试剂手册》将以分册形式陆续出版。本书为第二分册。全书共分七章，即：通用分析试剂概述；指示剂（包括酸碱指示剂、金属指示剂、氧化还原指示剂、沉淀滴定指示剂、荧光指示剂及化学发光指示剂）；螯合滴定剂；络合隐蔽剂；缓冲剂；螯合萃取剂和沉淀剂。分别介绍了各类通用分析试剂的名称、组成、结构式、理化性质、理化参数、合成方法和用途等内容。

本书供从事各种分析检验、分离提纯、合成制备、实验研究工作的技术人员、科学研究人员及大、中专院校师生参考。

现代化学试剂手册

第二分册

化学分析试剂

张孙玮　汤福隆　张泰　等编

责任编辑：王秀鸾

封面设计：许　立

*

化学工业出版社出版

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本787×1092 1/16印张40 1/2字数1,031千字印数1—4,770

1987年9月北京第1版1987年9月北京第1次印刷

统一书号15063·3901定价8.20元

出版者的话

化学试剂是品种繁多，用途广泛的一大类精细化学品。在国际上，已生产过的化学试剂已多达五万余种，而且随着科学技术的发展和生活的现代化，试剂类别在不断变化，品种在不断增加。经典意义的化学试剂，是指那些在化学实验室使用的各种标准纯度的纯化学物质。随着科学技术的发展，化学试剂的范围早已大大突破了这种经典定义。目前广泛使用化学试剂除了用于金属、非金属和有机化合物的定性、定量分析与分离的大量传统品种外，还有用于化学合成的各种反应性试剂。特别是现代科学技术，如光纤通讯、电子工业、核技术能源、遗传工程、材料科学等的发展，均需要多种标准物质，纯工业原料、高纯试剂、特纯功能材料、生化试剂等等。

为了使广大化学试剂使用者能在浩瀚的试剂海洋中方便地获取有用的信息和资料，我们决定组织出版大型工具书——《现代化学试剂手册》。为了使用方便，本书基本按应用情况划类分册出版。全书拟含通用试剂、化学分析试剂、仪器分析试剂、无机离子显色试剂、生化试剂、临床试剂、高纯试剂、元素有机化合物试剂和总索引等分册（书名与册数暂定）。

与同类书相比，本书的主要特色是：

1．读者对象以试剂应用者为主，兼顾生产者，适用面十分广泛；

2．收集品种数量多，数据资料齐全；

3．每个品种均有合成和提纯方法，对于用户十分必要；

4．尽量收集别名，便于查阅；

5．各分册都编有中文名称笔划索引、中文名称拼音索引和英文名称索引，最后一册编制总索引可兼作英汉化学试剂名称词典使用，对于读者检索查阅十分方便。

为了随时解决各分册在编写过程中遇到的各种问题，我社组织了《实用化学试剂手册》的组织协调委员会，主要负责整套书的统筹计划，各分册内容协调和解决手册中出现的共性问题。该委员会的成员有：梁树权、王夔、曹庭礼、张泰、时雨。

编写这套化学试剂多卷集大型工具书，乃初次尝试。因此，一定会有这样或那样的问题，希望广大读者批评指正。

化学工业出版社

1986年1月

前　　言

化学试剂是工农业生产、文教卫生、国防建设乃至国民经济各部门工作中所必不可缺少的化学品。其特点是用途广、门类及品种多、质量控制严格，在我国实现四个现代化的进程中起着重要的作用。

通用分析试剂是化学试剂的一个重要门类，也是逐渐形成化学试剂工业的最基础部分。本书是《现代化学试剂手册》第二分册，通用分析试剂部分。其中包括了分析化学中常用的各类化学试剂，如指示剂、螯合滴定剂、络合隐蔽剂、缓冲剂、萃取剂、沉淀剂等。分类介绍了试剂的名称、结构式、分子式、分子量、理化性质、理化参数、合成方法及用途等，我们希望这些资料和参数能对广大分析工作者有所裨益。而一般化学分析中常包括的比色分析和光度分析所用的有关显色剂，请见本手册第四分册。

本分册各章所收集的试剂是按不同原则和要求编排的，如酸碱指示剂是按其变色的 pH 值顺序、荧光指示剂则按呈色机理、而其他部分是按试剂分子式中碳、氢等个数的递增顺序排列的。为了读者检索方便起见，书后编排了中文名称索引、英文名称索引及汉语拼音索引等。

本分册的第一章、第二章的一、三、四、五、六节及第五章，由张孙玮执笔；第二章的第二节、第三、四、六、七章，由汤福隆执笔。而试剂的合成方法部分由张泰、时雨、郑妙琪、张善先执笔，张孙玮和汤福隆参加了一些工作。最后，由后者两人定稿和编目等。

在本书的编写过程中，中国科学院化学所梁树权教授、北京医学院王夔教授、武汉大学曾云鹗教授、南开大学史慧明教授、北京化工学院刘珍副教授及许多同志提出了宝贵意见，给予了许多帮助，在此表示衷心感谢。由于我们水平不高，本书中肯定有许多缺点和不足之处，热忱期待读者批评、指正。

编者

一九八四年十一月

目　录

前　言

第一章　通用分析试剂概述……1

　第一节　分析试剂的作用和地位……1

　第二节　通用分析试剂概述……2

第二章　指示剂……7

　第一节　酸碱指示剂……7

　第二节　金属指示剂……40

　第三节　氧化还原指示剂……174

　第四节　沉淀滴定指示剂……227

　第五节　荧光指示剂……252

　第六节　化学发光指示剂……278

第三章　螯合滴定剂……287

第四章　络合隐蔽剂……321

　第一节　无机隐蔽剂……321

　第二节　有机隐蔽剂……340

第五章　缓冲剂……386

第六章　螯合萃取剂……413

第七章　沉淀剂……558

　第一节　无机沉淀剂……558

　第二节　有机沉淀剂……581

单位换算表……594

中文名称笔画索引……595

中文名称汉语拼音索引……611

英文名称索引……628

第一章　通用分析试剂概述

第一节　分析试剂的作用和地位

现代化分析化学的巨大成就，是依靠两大支柱获得的。一是分析仪器（测试手段）的不断更新，二是化学试剂的迅速发展。应该指出，分析仪器的进步与化学试剂的发展绝不是对立的、无关的或相互排斥的。相反，它们之间常常是相互依存、相互促进的。每当一种新仪器分析方法问世，常常伴随着一类相应仪器分析试剂的迅猛发展。例如气相色谱分析方法，如果没有各种理想的色谱试剂如担体、固定液及各种标样的话，它将变得毫无实际用处。随着科学技术的迅速发展，化学试剂这一概念所指的范围不断被开拓，门类和品种不断扩大。在此，仍以气相色谱法为例，它对高熔点、低挥发性的无机物来说，存在着一个要选择合适的化学螯合剂作色谱前的预反应，使其变为挥发性的和热稳定性好的有机螯合物的问题。由此可见，许多新的物理化学方法的发展，也促进着新的化学试剂的诞生和应用。

近数十年来，化学试剂的研究及其应用的发展极为迅速。例如，我们常常把许多通用化学试剂作为分析化学的组成部分来加以研究，但其实际应用却并不仅仅局限于此，许多化学试剂的研究成果，已被直接用于工业、农业、医学、农药、环境保护、能源等许多方面。在现代科学技术的发展中，无论是材料科学、电子技术、激光材料、空间技术、海洋工程、高能物理、生物工程及医学临床诊断等等，无一不与化学试剂工业有着密切关系。毫无疑问，在通用分析试剂为主体的基础上逐渐发展起来的化学试剂工业是我国实现现代化必须先行的工业部门。

其实，解决实际的分析课题是各国分析工作者的共同任务。几年以前，美国的《Analytical Chemistry》杂志社曾对分析工作者和读者进行了一次调查[1]，询问他们在实际工作中从事的分析对象是些什么。让我们来看一看调查的结果。分析下列对象占被调查项目总数中的百分数如下：

分析对象	占项目总数的百分数，%	分析对象	占项目总数的百分数，%
水	44	石油和石油产品	10
空气	29	罪刑调查分析对象	9
聚合物（包括橡胶）	18	地球化学样品	3
生物学及医学对象	17	涂料	8
药物和化妆品	17	有色冶金对象	6
农药	14	去污剂，肥皂	6
电子和电子工业材料	13	黑色冶金对象	5
材料学对象	13	固体及气体燃料	4
食品	11	肥料	3

诚然，在不同的国家中，分析工作者所面临的分析任务是不相同的。但是，只要我们翻开有关的分析化学期刊便可看到，大量文献叙述的便是解决诸如上述各类课题的实质性问题，从中我们可以获得许多启示和帮助。在完成上述任务中，固然需要使用各种各样的分析

仪器，但其中化学试剂的重要性是不言而喻的。即使在技术先进的工业化国家中，完成这类分析任务时也并非只是应用仪器分析试样，而以化学试剂反应为基础的分析方法仍然在使用、发展。在这些国家中，生产化学试剂的公司生意兴隆，生产的化学试剂品种累计已达50000种之多。相比之下，我国目前还存在着很大差距，化学试剂的发展，应该是我们需要急剧努力的领域之一。

第二节　通用分析试剂概述

一、试剂的命名

化学试剂的命名，很不一致。而试剂的命名又是很重要的问题。常常遇到这样的事情：采购清单中要购买的试剂，由于与供货单位的商品名不符合，因而无法采购。

一般来说，无机试剂的命名比较简单。

有机分析试剂品种繁多、组成复杂、用途广泛，其命名也很不统一。常用的命名方法有以下几种。

系统命名法　即根据国际一致采用的有机化合物的系统命名方法来定名。这种命名法的优点是由试剂的名称便可确切地知道其组成和结构。而其缺点是试剂组成复杂时名称往往很长，使用不便。同时，对于有机分析试剂来说，系统命名法虽然能确切地表达了试剂的结构，但却没有突出试剂的分析特性和用途，因此许多分析试剂并不常用这种命名方法。

特殊试剂的命名　为了克服系统命名法的使用不便，突出试剂的分析特性与用途，人们习惯把一些有特殊用途的试剂直接定名来称呼它们，如钙指示剂，顾名思义、是用于滴定分析中测定钙的有效指示剂。铜试剂，则是测定铜的选择性试剂等等。但是，这种命名方法也有缺点，即拿到了试剂可能不知道其组成、结构，且随着新试剂的不断出现，相近或相似的名称越来越多，颇难区别。

俗名　许多通用分析试剂，在用作试剂前便有了人们所习惯的名称，于是仍按照习惯名称来称呼它们。例如茜素最早由植物茜草（一种多年生攀援草本植物）的根中获得，用于棉布的染色与印花等(现代大都被冰染染料所代替)，在用作分析试剂后，仍一直延用此俗名。

缩写表示方法　有些试剂，由于其很长的系统命名在使用上和书写上很不方便，于是人们常取其英文系统命名时各组成部分的首写字母合并代表它。如乙二胺四乙酸常用EDTA来表示和称呼它，该名即为是由其英文系统命名的Ethylene-diamine-tetra-acetic acid按上述原则缩写而成的。这种表示方法在生产实践中已广泛使用。

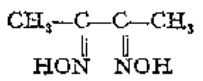
通用分析试剂的命名并无规范化的法则，在此只能择其要点作出介绍。此外，还需指出的是试剂外文名的汉译时遇到的诸多难点，务必请读者注意。

首先，试剂不同，在其外文名中有所区别，而汉译时无法提示，只能译为同一名称，实际上又是不同的试剂，使用时稍不留意，便易发生差错。如汉译时同称为“铜试剂”，而英文名则有所区别的是

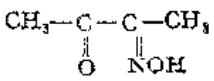
Cupron	α-安息香肟
Cuproin	2,2′-联喹啉

这类例子不少，读者遇到此类难处时只有小心核对，方可避免差错。

其次，试剂外文名汉译不确切，或不统一，导致一词多译，初次接触时，易误认为是多种试剂，也是需加注意的。如diacetyldioxime，汉译时有称为丁二肟的，也有译为丁二酮肟的。应该说前者简单准确，而后一译法易误解。



丁二肟



丁二酮肟

第三，部分试剂名，汉译时不知其外文名真实意义何在，难于意译，或意译后使用不方便，这时常采用音译。但音译名用字随译者口音不同而各异，若用方言读来，不同的字音差别甚大。如Rhodamine，便有绕丹明、罗丹明、若丹明等几种音译名，三种用字，在北京语系中尚相近，而用南方语系来读时，三个译名的读音完全不同。而同时，另一个试剂Rhodanine，音译绕丹宁或罗丹宁，却真正是另一种化合物。对此，读者也只有在使用时细心加以区别，才能避免差错。

最后，还应该指出的是试剂名有从英文译过来的，也有从俄文译过来的。而在有些试剂名中，还有一个乃至几个外文字母加注，以示区别，而汉译时试剂名译了，加注字母仍保留，有时也会引起误解。如rhodamineS，汉译时为绕丹明S（或罗丹明S），而有的书籍、文章中，是从俄文名РодаминС译过来的，成了绕丹明C，（俄文字母C读音与英文字母S同）。倘读者误认为在此加注的仍是英文字母时，便造成了差错。

关于试剂的命名，困难和问题甚多。为此，在本手册中，列出了试剂名和别名两栏，并注出相应的英文名。倘读者对此尚有疑问时，则请进一步核对试剂的分子式、分子量或结构式，以防差错。

二、分子式、分子量和结构式

分子式是以元素组成来表示试剂特征的最方便形式。一般来说，绝大多数通用分析试剂的分子式是确定的。但是，应该指出的是试剂的使用形式和书写的表达形式可能并不相同。例如，草酸在碱性溶液中以$C_2O_4^{2-}$形式存在，作为掩蔽剂时的使用形式是$C_2O_4^{2-}$，而草酸的分子式是$H_2C_2O_4$。这类情况对于许多作为指示剂、显色剂的有机染料来说常是这样，故在使用分子式时宜注意。

本手册中分子式的书写采用Hill体系：分子式中各元素的排列第一为碳、其次为氢的以下则按元素符号的字母顺序排列。

本手册中提供的分子量以1979年国际原子量表为准加以计算，并保留小数点后二位有效数字。

对于部分通用分析试剂来说，可能是同分异构体的话，则其准确组成可查对其结构式。在结构式表示中，凡芳环均采用凯库勒式。

三、试剂的理化性质

通用分析试剂的理化性质，包括物态、颜色，性状、溶解度、熔点、沸点等项内容，少数试剂在此栏目中亦介绍了保存方法、稳定性、毒性及使用注意点等说明。

同一试剂的理化性质，也可能随试剂的合成、制备或提纯方法不同而有所差别。如果试剂的纯度不同，所采取的原料不同而使得试剂中存在的杂质不同以及保存时间及保存方法不同时，试剂的外观甚至其理化性质亦会有所区别。至于外观不同的同一试剂，是否变质，则不能一概而论，需作具体分析方可定论。

本手册中叙述的试剂理化性质，除编著者的部分直接经验外，大多数参考或查素自各种工具书及原始文献，并在比较了文献记载后写成。诚然，文献记载的并不与实际情况绝然一致，其原因在于合成方法不同、纯度差异等等，不能一概而论，故仅供实际工作时参考。

四、试剂的理化参数

试剂的理化参数是试剂分析特性的客观的定量描述，是分析试剂性质记载的最重要部分，也是许多读者最需查索的内容。但是，迄今为止，各种化学试剂的理化参数的查索仍是最困难的问题，至今尚未有一本(或一套)大型工具书来记载各种试剂的完整数据。原因在于试剂用途不同，要求的参数也不相同。而随着测试条件及方法的变异，测得的参数值相差极大，有时可有几个数量级之差。为此，对于同一参数所测得的大量不同值来说，便希望有一“精选”值供参考使用。然而，即使是“精选”值，是否与使用者的实际条件相匹配，仍是个大问号。所以，参数即使有了，还存在着可否匹配使用的问题，并非每个参数值都是“放之四海而皆准”的。

为了节省篇幅和方便查索，本手册每个试剂叙述的内容里，仅收集与标题相符而供应用的参数。如酸碱指示剂一节中，仅收集酸(或碱)的离解常数、pH 变色范围等，并收集目前通常广为使用的值，不同条件下的其他测得值则不收集。同时，一些由基本参数导出的参数，为便利读者使用，必要时亦收集在内。例酸效应系数，其值是编著者自行计算的值。

同时，为避免使用时出现差错，必要时加注参数的测定特征如介质性质、离子强度、温度等条件。

五、试剂的合成方法

许多化学试剂，往往在使用时一时无法从市场上购得，或者有售的试剂规格不合要求，使用前需作进一步提纯加工，或者购得的是所需试剂的类似物或中间体，无法直接供作实际使用。为此，本手册在介绍试剂的基本特性、参数和用途的同时，简要地介绍了试剂的合成方法。

在试剂的合成方法一栏，叙述的内容包括中间体或原料的制备、试剂的合成步骤，副产品或杂质的分离除去，产品的提纯精制以及鉴别手段等内容。在文字上则有简有详。简要者为读者提供一个简略的合成路线，供读者了解此试剂是如何制得的，需要时可以按照所示的方法摸索一试。或从已有此试剂中，了解试剂的合成路线和试剂的纯度如何，可能有些什么杂质（或副产物）在内。这些知识，为解释和判断分析现象和结果常常是十分有价值的。而叙述得详尽者，可供读者一步步地按照所示方法去操作，一般来说，是可以获得所述的结果的。

当然，在此介绍的合成方法，常常是实验室方法，与工业化生产方法通常并不相同。在试剂的工业化生产中，由于投料量及产量大，而要求成本尽可能的降低，选择的是适宜工业化生产的合成路线。这时为了提高产率，缩短反应周期可以辅以采用高压、高温、高真空、精密分馏等特殊生产工序。而在实验室制备步骤中，由于用料少、产率高低也不十分讲究，成本高些也并非十分关注，而在合成操作中希望能达到方便、安全、迅速的要求，且希望产品的纯度能高些。

如果读者初次接触到试剂的合成方法时，那么，即使在本手册的合成步骤已为详尽处，也许仍然会感到文中叙述得欠周详，有难以下手之感。这是因为试剂合成本身便是一门专门学问，在此仅作了就事论事的直观叙述，即使按照文字一步步地去做，且不出任何差错，产品得到后，亦仍是“知其然而不知其所以然”。因为在此不能介绍有关实验室试剂合成的基础理论，亦不能叙述合成步骤中各个单元操作正确进行的理论依据，而缺乏这些基础知识，要准确无误地完成试剂合成的各个步骤，不难避免的是侥幸性的。当然，即使这样，亦不必畏难重重而束手无策，而应该“对症下药”，当感到合成步骤中某一步没有把握时，不妨去

查找有关有机合成的基础知识专门读物，进一步了解反应是怎样进行的，应怎样控制反应的条件，以确保反应的完成。如果能做到这一点，那么在试剂合成的摸索中又大大地向前跨进了一步。

除了了解试剂合成的基础知识外，了解和掌握合成试剂的实验技术和单元操作要领等也是十分重要的。熟悉和掌握准确使用实验设备是一门丰富的专门知识。试剂合成中使用的各种仪器、设备，包括各种玻璃仪器如烧杯、烧瓶、吸滤瓶、蒸馏瓶、冷凝管、接液管、氯化钙管、滴液漏斗、分液握斗和砂芯漏斗等等在内，一般均有专门用途，不能相互替代的。有些仪器是单独使用的，而在许多场合，许多仪器、设备还需要组装一起后方能使用，这时，在仪器的选用上均需要准确无误，甚至小至只能使用软木塞处则连橡皮塞也不能替代。

把实验技术称为一门专门知识是有充分理由的。这是因为在使用实验设备的过程中，还渗透着对实验设备的工作原理的了解、设备的正常而科学的使用等从理论到实践的丰富内容。例如，减压或真空技术是试剂合成中的基本技术之一，实验室工作中应用的真空泵，按其工作原理可以分为下面几个类型：

1．使气体体积膨胀的原理设计的；

2．气体分子被运动着的表面带走的原理设计的（分子泵）；

3．气体分子被液流带走（水泵）；

4．气体分子被蒸气流带走（扩散泵）。

水银泵、活塞泵和轮转泵属于上述中的1.类。目前，水银泵和活塞泵已经渐渐淘汰不用了，在实验室中最常用的是轮转泵，其优点是容易操纵、启动快、排气速度大，而缺点是油很容易被沾污，因而常会减低所能达到的真空度。为了避免这一缺点，应在泵和被抽空的仪器之间装上用适当吸收剂填充的吸收塔，最常用的吸收剂是硅胶、固体氢氧化钠或氢氧化钾、碱石灰及无水氯化钙等。轮转泵所能达到的最终压力视泵的种类和油的品种而定，通常在2×10^{-2}到1×10^{-5}mmHg之间。由此可见，在试剂合成中有时仅述及“减压”、“真空”等词，却实际上包涵着极为具体的内容、严格的操作方法和丰富的基础知识，而在叙述试剂的合成步骤时，这些细节是无法加以赘述的。和真空、减压技术一样，试剂合成中的冷却、搅拌、结晶、过滤、洗涤、干燥、萃取、升华、提纯、分离、加压、升温等单元操作，无一不是包涵着实践技能和基础知识的广阔内容，因此，合成步骤中的每一步操作，均不能马虎大意。

在试剂合成中必须重视的另一大问题是安全操作。应该认为，试剂合成过程，是具有一定危险性的。这是由于合成过程中常常需使用各种易燃和易爆（如醚、醇、二硫化碳）及有毒物质（如苯、吡啶、氢化氰等）之故。当然，绝大多数的事故产生是由于操作中违反了操作规程造成的，倘若能正确地按照操作程序去做，是不难把这类事故减少到最低限度的。

实验室中较多产生的事故大致是以下几类：

1．火灾与烧伤；

2．化学灼伤；

3．割伤；

4．中毒；

5．爆炸。

在试剂合成中作萃取和结晶时，常要用到易燃溶剂。在使用低沸点溶剂（如乙醚、石油醚和二硫化碳）时，必须远离火种（至少要离火种三米）、同时不要让带有溶剂蒸气的空气

从工作处流动到有明火处去。

化学灼伤是由酸、碱及其他对皮肤有害的侵蚀性物质所引起的，最常见的如酸或碱的灼伤。其他如黄磷、溴、苯酚等接触皮肤时，也能引起难以愈合的伤口。

实验室中的割伤大多数是使用玻璃器皿不当而造成的，因此在进行这类操作时务必小心注意。

中毒的种类很多，毒物侵入人体可以通过消化道和呼吸道。但在实验室中最常见的是气体中毒，引起急性中毒的气体如一氧化碳、硫化氢、氮的氧化物、氯、溴、光气、氢氰酸等。

爆炸是实验室事故中伤害性特别强的一类。

在试剂合成开始前，应该对照上述几类常常遇到的实验室事故，检查一下合成步骤中那些地方务必要加倍小心之处，应该如何准确操作，方可开始工作，切不可盲目大意。

六、通用分析试剂的用途

要详细地在本手册中叙述每一个试剂的用途是极为困难的。例如仅8-羟基喹啉这一试剂，在1954年Hollingshead出版关于该试剂分析应用的二卷本时，便引用了约一千二百条文献，即使如此，在当时大概也不能说已收集了全部文献吧，何况至今又相隔三十年，现在是文献"爆炸"时代。因此，要一个个地介绍试剂用途，看来是既困难，又无必要。

在叙述试剂的用途时，我们突出地反映了如下两点：一是介绍试剂的使用方法，如溶液怎样配制等；二是用途提示，一般以列表形式介绍少数几种实际用途，供读者参考。

第二章 指 示 剂

第一节 酸碱指示剂

酸碱指示剂通常是指随着溶液pH值的改变而伴随着颜色变化的一类物质。溶液pH值的变化导致指示剂变色的通常原因是指示剂具有不同颜色的"互变异构体"结构变化的结果，这类互变异构体具有共轭酸碱对的性质，彼此处于平衡状态，当溶液的pH值改变时，便会影响它们的平衡。平衡移动时，伴有结构的改变。这时指示剂或失去质子由酸式转化为碱式，或得到质子由碱式转化为酸式，从而发生颜色改变。所以，这类指示剂也叫"pH指示剂"。

由互变异构体形成的酸碱指示剂是弱酸或弱碱或两性物质。例如本身为弱酸的指示剂溶液，则存在着如下平衡：

$$HInd' \overset{(I)}{\rightleftharpoons} HInd \overset{(II)}{\rightleftharpoons} H^+ + Ind^-$$

上式中HInd'和HInd表示指示剂的两种互变异构体，后者将进一步离解为Ind^-离子。在强酸溶液中指示剂实际上以HInd'形式存在，此时指示剂呈现的颜色便称为指示剂的"酸色式"，而把以离子Ind^-存在的形式叫做"碱色式"。此时

$$\frac{[HInd]}{[HInd']} = K_{互变} \qquad \frac{[H^+][Ind^-]}{[HInd]} = K_{离解}$$

合并上述两式得

$$\frac{[H^+][Ind^-]}{[HInd']} = K_{互变} \cdot K_{离解} = K'_{Ind}$$

K'_{Ind}为指示剂的表观离解常数，简称指示剂离解常数。

一般来说，如果指示剂的两种存在形式中的一种浓度大于另一种的10倍时，人们的肉眼大约可判断出浓度大的一种颜色来，相反，当两种存在形式的浓度比逐渐改变，到另一种颜色能辨别出来时，这一颜色变化的pH范围叫做指示剂的变色范围，或叫变色域。如上所述，由于指示剂可加辨认的颜色变化是由指示剂"酸式色"与"碱式色"间浓度比改变所致，即

$$[H^+] = K'_{Ind} \cdot \frac{[酸式色]}{[碱式色]}$$

$$pH = pK'_{Ind} - lg\frac{[酸式色]}{[碱式色]}$$

也就是说，指示剂的变色范围约为两个pH单位。但是，实际上由于人们对不同颜色的辨别能力并不一样，所以并非所有指示剂的变色范围都刚好为两个pH单位。

在实际应用中，通常希望指示剂的变色范围狭窄些为好，这样即使溶液pH有较小变化也能使指示剂产生敏锐的颜色变化。

为了提高指示剂变色的敏锐程度，新的一类pH指示剂是值得注意的，这类指示剂的变

1106286

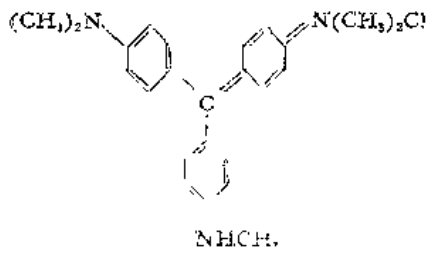
色机理与经典的弱酸、弱碱的互变异构平衡移动呈现色的变化不同，而是以在特定的pH条件下的某些金属离子形成有色络合物而导致色的变化为依据的，这类指示剂目前尚研究不多，本章仅收集了连苯三酚红的金属络合物及铜与1-(2′,4′-二硝基苯)-2-乙酰肼的络合物为例，它们的变色范围通常仅十分之几个pH单位，可以相信，今后这类指示剂将会不断出现。

甲基紫　　Ⅱ-2(1)-0001

Methyl violet

别名　甲基青莲

结构式



分子式　$C_{21}H_{26}ClN_3$　　**分子量**　393.95

理化性质　本品为副品红碱的四、五、六甲基衍生物的混合物，呈绿色光泽的晶状粉末，可溶于水，室温下100ml水中溶解3.3g，亦溶于乙醇，不溶于醚。

理化参数

pH变色范围　水溶液（黄）0.1～2.0（紫）

合成方法[1,2]　取175kg食盐，10kg硫酸铜细粉末混和后加入到8kg苯酚中，加水2l，然后分批逐渐加入20kg二甲基苯胺，搅匀后将混合物于55℃加热8小时，过滤即得粗品。

提纯方法[2]　将粗制品溶于水中，在60～70℃慢慢加入碳酸钙，加完后搅拌1小时。加活性碳脱色，慢慢加入硫化氢饱和水溶液。加完后，将温度降低至40℃，过滤。将滤液加热至70℃，在搅拌下加入盐酸及氯化铵的沸腾饱和水溶液，搅拌10分钟，放置并弃去母液。用40%氯化铵水溶液浸泡稠状物，过滤。结晶体在80～90℃进行干燥[1,2]。

用途　酸碱指示剂，通常配成0.5%水溶液使用。

参考文献

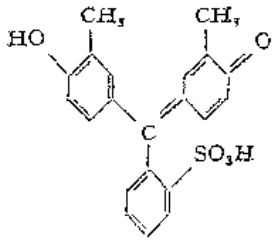
[1] F. M. Rowe; *C. I.*, 680,(1924); H. J. M. Creighton; *C. A.*, 16,29934,(1922).
[2] R. Sansone; *Color Trade J.*, 11,51～53,(1922).

甲酚红　　Ⅱ-2(1)-0002

Cresol red

别名　邻甲酚磺酞

结构式



分子式 $C_{21}H_{18}O_5S$ **分子量** 382.4

理化性质 系带绿色光泽的晶体，磨碎后为红棕色粉末，微溶于水，溶于乙醇和稀碱溶液。

理化参数

1. 离解常数

介　质	水，$t=20℃$		
离子强度	0	0.05	0.1
pK_{a1}	8.46(30℃)	8.30	8.25

2. pH变色范围　水溶液

第一变色范围　(红)0.2～1.8(黄)

第二变色范围　(黄)7.0～8.8(紫)

合成方法

1. 邻甲苯酚的合成　将邻甲苯胺溶于稀硫酸中，冷却，在搅拌下渐渐加入亚硝酸钠溶液，将反应温度保持在5℃以下。重氮化完毕后，加热至45～50℃左右，直至无气泡产生为止。冷却，分出邻甲苯酚油状层。所得粗品再进行分馏，即得邻甲苯酚。

2. 甲酚红的合成[1]　将苯甲磺酸酐、邻甲苯酚、无水氯化锌加以混和，在搅拌下升温至115～120℃进行缩合，约7小时后反应完全，通入水蒸汽将未反应的邻甲苯酚赶净。此时的邻甲苯酚为松散粉末。将此粉末滤出，用热碳酸钠水溶液溶解，过滤。在清亮滤液中加1:1盐酸中和，并剧烈搅拌。滤出结晶，用少量水洗涤，干燥后即得产品[1,2]。

提纯方法[2]　用冰乙酸进行重结晶即可。

用途　作酸碱指示剂使用时，用20%乙醇配成0.1%溶液或0.04%水溶液，即取0.04g试剂溶于含1.05ml0.1*M*NaOH中后，稀至100ml。

甲酚红亦可用于比色测定pH值。

参 考 文 献

[1] *Beil.*, 19,91.

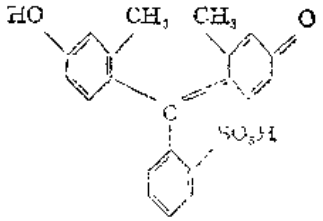
[2] H. A. Lubs, and S. F. Acree. *J. Am. Chem. Soc.*, 38,2772,(1916).

间 甲 酚 紫　　Ⅱ-2(1)-0003

m-Cresol purple

别名　间甲酚磺酞

结构式



分子式 $C_{21}H_{18}O_5S$ **分子量** 382.4

理化性质 表面带绿色光泽的暗红色结晶，磨碎后呈深红色粉末，无固定熔点，微溶于水，不溶于苯，可溶于醇、醚及稀碱溶液中。

理化参数

1、离解常数 水溶液（$t=20℃$）

pK_{a1} 1.5 pK_{a2} 8.3(30℃)

2、pH变色范围

介质	水溶液	90%丙酮
第一变色范围	(红)1.2～2.8(黄)	2.8～4.5
第二变色范围	(黄)7.4～9.0(紫)	

合成方法[1] 取285 g邻磺基苯甲酸（纯度99%）、300ml间甲酚、120 g无水氯化锌和120ml三氯氧磷，在搅拌下于95～100℃条件下加热，继续升温至110～115℃，并保温45～50分钟。用300ml热水处理后，以水蒸汽蒸馏除去过量的间甲酚，过滤，干燥后得粗产品350 g。

提纯方法 粗产品可用丁醇重结晶，再以乙醇进一步提纯。或用碳酸氢钠溶液溶解并以稀盐酸沉淀提纯之。

用途 作酸碱指示剂使用时配制成0.04%水溶液：取0.04 g本品溶于预先加有1.05ml0.1*M* NaOH溶液中并稀至100ml。

参 考 文 献

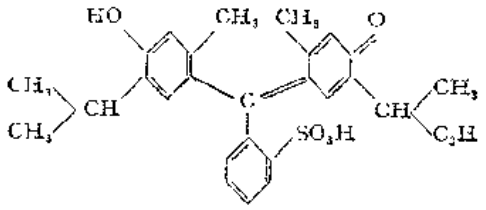
[1] G. N. Kosheleva; *C. A.*, 57, 4002g, (1962).

百 里 酚 蓝 Ⅱ-2(1)-0004

Thymol blue

别名 百里酚磺酞；麝香草酚蓝

结构式



分子式 $C_{27}H_{30}O_5S$ **分子量** 466.6

理化性质 暗蓝色或无定形红色粉末或绿色结晶，磨碎后呈巧克力似的棕色粉末，溶于乙醇或稀碱溶液，微溶于水。

理化参数

1. 离解常数

介　质	水（t=20℃）				
离子强度	0	0.01	0.05	0.1	0.5
pK_{a_1}	1.65(15～30℃)	—	1.65	1.65	1.65
pK_{a_2}	9.20(15～30℃)	9.03	8.95	8.90	—

介　质	甲　醇	乙　醇			乙二醇	
		10%	20%	无水	20%	40%
pK_{a_1}	4.7	1.63	1.68	5.35	1.70	1.80
pK_{a_2}	14.0	—	—	15.2	—	—

2. pH变色范围

介　质	水	90%丙酮	8MLiCl	4.5M$CaCl_2$
第一变色范围	（红）1.2～2.8（黄）	2.4～4.0	1.5～2.7	1.5～3.0
第二变色范围	（黄）8.0～9.6（蓝）			

合成方法[1]　取86 g苯磺酸酐、140 g百里酚、10 g无水氯化锌相互混和后，在搅拌下于105～110℃加热30小时。加水稀释后再进行水蒸汽蒸馏以除去未反应的百里酚，冷却后得到细小绿色结晶即为百里酚蓝。过滤并用少量乙醚洗去痕量的未除尽的百里酚后，置于空气中干燥得120 g产品，产率约为55%。

用途　作为酸碱指示剂使用时配成0.04%水溶液：称取0.04g试剂溶于含0.86ml0.1M NaOH溶液，加水稀至100ml。

参 考 文 献

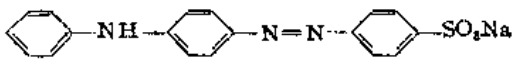
〔1〕 W. R. Orndorff: *J Am. Chem. Soc.*, 48, 985, (1926).

金莲橙OO　　Ⅱ-2(1)-0005

Tropaeolin OO

别名　4′-苯胺基偶氮苯-4-磺酸钠盐；二苯胺橙；二苯胺黄；橙黄Ⅳ

结构式



分子式　$C_{18}H_{14}N_3NaO_3S$　　**分子量**　375.4

理化性质　橙黄色粉末，可溶于水及乙醇中。

理化参数

pH变色范围　水溶液（红）1.3～3.2（橙黄）

合成方法　由二苯胺的乙醇溶液与对氨基苯磺酸重氮盐偶合，以后再转化成钠盐[1,2]。

用途　作为酸碱指示剂使用时常配成0.04%的水-乙醇（1:1）溶液。以本试剂作指示剂使用时溶液中盐的影响很小，可不予考虑。但溶液中不允许有镁离子存在，否则将与本试剂生成不溶性沉淀而影响终点判断。

参 考 文 献

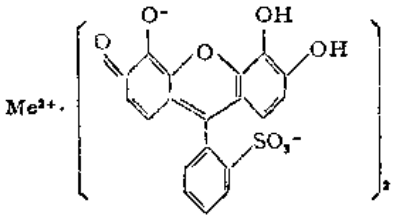
〔1〕 N. J. Rahway: "Merck Index", 9439, 1976.
〔2〕 R. Meyer: *Ber.*, 53, 1273, (1920), F. J. Welcher: "Org. Anal. Reagents", Vol., Ⅳ, p. 570, 1948.

连苯三酚红金属络合物[1]　　Ⅱ-2(1)-0006

Metal-pyrogallol red complexes

别名　邻苯三酚红金属络合物

结构式



分子式　Me[$C_{19}H_8O_8S$]

理化性质　连苯三酚红试剂（$C_{19}H_{12}O_8S\cdot H_2O$，分子量418.38）系棕色粉末，易溶于稀醇。在水溶液中本试剂可与许多金属离子形成螯合物而沉淀析出。例如，与Ag^+在中性水溶液中（最适酸度7～7.5）形成组成比1:2的黄色络合物。

理化参数

1．离解常数

金属离子	滴定前金属离子浓度 ($10^{-6}M$)	滴定前指示剂浓度 ($10^{-6}M$)	pK
Ni	6.2	5	6.4
	4.13	3.92	6.74
	3.10	2.94	7.03
	2.48	2.00	7.11
	2.07	1.96	7.21
	1.24	1.00	7.57
Cu	5.27	4.90	4.11
	4.22	3.92	4.24
	3.16	2.94	4.34
	2.11	1.96	4.49
	1.05	0.98	4.70

2．pH变色范围

组成络合物的金属离子	滴定前金属离子浓度 ($10^{-6}M$)	滴定前指示剂浓度 ($10^{-5}M$)	pH变色范围 橙	粉红
Ni	1.03	0.98	5.5	5.9
Bi	1.00	0.98	1.7	2.0
Pb	1.05	0.98	5.0	5.3
Ca	1.06	0.98	4.2	4.6
Zn	1.13	0.98	5.7	6.1
Cd	1.06	0.98	5.9	6.1
Cu	1.05	0.98	4.5	4.8
Mo	1.08	0.98	3.2	3.9
Al	1.02	0.98	3.5	3.9
Tl	1.07	0.98	4.9	5.6

参 考 文 献

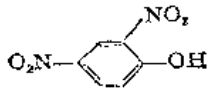
〔1〕 R. A. Chalmers, F. I. Miller: *Analyst*, 96, 1139, (1971).

α-二硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0007

α-Dinitrophenol

别名 2,4-二硝基苯酚

结构式



分子式 $C_6H_4N_2O_5$ **分子量** 184.1

理化性质 黄色粉末或浅黄色长方形片状体，熔点111～114℃，溶于乙醇和乙醚，难溶于冷水。

理化参数

1. 离解常数

介质	水溶液（离子强度）（20℃）			
	0	0.05	0.1	0.5
pK_1	4.10～0.006	3.95	3.90	3.80(KCl)

介质	乙醇溶液（%）（V/V）					
	10	20	30	40	50	60
pK_1	4.00	4.00	4.00	4.00	4.15	—

2. [illegible] 水溶液（无色）2.0～4.7（黄色）

合成方法[1]

取25g α-二硝基氯代苯与13 g 氢氧化钠溶于500ml 水中，煮沸90分钟，待溶液清亮时趁热过滤。滤液用盐酸酸化，放冷，滤出沉淀，用水洗去酸性，干燥后即为粗品。用热水重结晶得成品。

用途 作为指示剂使用时用70%乙醇溶液配成0.05～0.1%溶液或饱和水溶液。

参 考 文 献

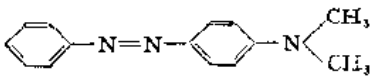
〔1〕 F. J. Welcher: "Org. Anal. Reagents", Vol. Ⅳ, p.6～7, 1948.

二 甲 基 黄 Ⅱ-2(1)-0008

Dimethyl yellow

别名 对二甲氨基偶氮苯 *p*-Dimethylamino-azobenzene; Methyl yellow; 甲基黄

结构式



分子式 $C_{14}H_{15}N_3$ **分子量** 225.29

理化性质 金黄色片状物或粉末，熔点114～117℃，溶于醇、醚、苯、氯仿、石油醚及无机酸，不溶于水。

理化参数

1．离解常数

介质	水（离子强度）			甲醇	乙醇
	0	0.1	0.5		
pK_1	3.25(18℃)	3.34(20℃)	3.40(KCl)	3.4	3.55

2．pH变色范围

水溶液	90%丙酮
（红橙）2.9～4.0（黄）	0.5～2.5

合成方法[1,2] 将一定量的苯胺慢慢加入有碎冰的浓盐酸中，在0～5℃加亚硝酸钠溶液进行重氮化。将配好的二甲苯胺加入重氮盐中，并注意控制温度在5℃以下，边搅拌边加入工业乙酸钠，搅拌三小时后再加少量乙酸钠，将黄色沉淀过滤即得粗产品。

干燥后的粗品先用甲苯重结晶，再用乙醇重结晶即得精品。

用途 作为酸碱指示剂使用时配成0.04、0.1或0.5%乙醇溶液，常用90%乙醇为溶剂。

常规滴定时每10ml溶液中宜加指示剂溶液数滴。

本指示剂对二氧化碳不敏感，用于碳酸盐滴定时，可适量加入次甲基蓝为屏蔽指示剂，该混合指示剂的配制为0.8g/l二甲基黄和0.04g/l次甲基蓝的乙醇混合溶液。

参 考 文 献

[1] *Beil.*, 16,312.

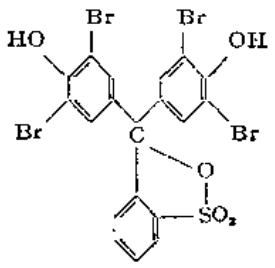
[2] R. Möhlau: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 17,1491(1884).

溴 酚 蓝 Ⅱ-2(1)-0009

Bromophenol blue

别名 四溴苯酚磺酞 Tetrabromophenolsulfonphthalein

结构式



分子式 $C_{19}H_{10}Br_4O_5S$ **分子量** 669.96

理化性质 苍橙色晶状粉末，久存后呈棕色，微溶于水和乙醚，溶于乙醇、苯和稀碱溶液。

理化参数

1．离解常数

介质	水溶液（离子强度）（t =20℃）				
	0	0.01	0.05	0.10	0.5
pK_1	4.10(15～25℃)	4.06	4.00	3.85	3.75(KCl)

介质	甲醇	乙醇		乙二醇		
		10%	20%	无水	20%	40%
pK_1	8.9	4.05	4.20	9.5	4.04	4.23

2．pH变色范围

水溶液	90%丙酮
（黄）3.0～4.6（紫）	6.5～8.3

合成方法 取5 g酚红，溶于40ml冰醋酸中，加热至沸，并在搅拌下逐渐滴加入5ml溴溶于20ml冰醋酸中的溶液，当所有的酚红逐渐溶解且呈黄色固体析出时，过滤，用醋酸洗去游离溴，置于空气中干燥后即为粗品[1]。

将所得到的粗品用冰醋酸或丙酮和冰醋酸混合溶剂重结晶而获得精制品[2]。

用途 作为酸碱指示剂使用时常配成：

1．在20%乙醇中的0.1%溶液；

2．0.04%的氢氧化钠水溶液；称取0.04 g本品，溶于预先加有0.60ml 0.1*M*NaOH溶液中，加水至100ml。

参 考 文 献

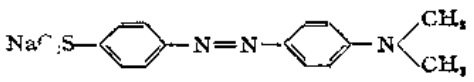
[1] W. R. Orndorff; *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 486, (1923).
[2] F. J. Welcher; "Org. Anal. Reagents", Vol. 4, 478, 1948.

甲 基 橙　　Ⅰ-2(1)-0010

Methyl orange

别名 4′-二甲氨基偶氮苯-4-磺酸（钠盐） 4′-Dimethylaminoazobenzene-4-sulphonic acid-sadium salt；半日花素 Helianthin；**橙Ⅲ**

结构式



分子式 $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$　　**分子量** 327.33

理化性质 橙黄色粉末或鱼鳞状结晶，可溶于水，实际不溶于乙醇等有机溶剂。

理化性质

1．离解常数

介质	水溶液（离子强度）（25℃）					甲醇	乙醇
	0	0.01	0.05	0.10	0.5		
pK_1	3.40	3.46	3.46	3.46	3.46	3.8	3.4

2. pH变色范围

水	90%丙酮	8MLiCl	4.5M$CaCl_2$
（红）3.1～4.4（橙黄）	1.0～2.7	4.1～5.5	4.0～5.0

合成方法[1,2] 取一定量的对氨基苯磺酸溶于水中，加盐酸，于15℃在搅拌下慢慢滴加亚硝酸钠溶液，直至用淀粉-碘化钾试纸检查呈蓝色为止。在充分搅拌下于pH2～3将此重氮盐慢慢加入二甲苯胺溶液中，搅拌8小时，若有油状物出现时应补加酸至pH3。放置24小时后，在搅拌下加入15%NaOH溶液至酚酞试纸变红，再继续搅拌半小时即得粗品。

将上述粗品加入适量水中，通蒸汽加热至沸以使其溶解，溶液呈黄色，加活性炭及10%氢氧化钠溶液至石蕊试纸变蓝，过滤，冷却至20℃以下，滤出结晶即为成品。

用途

1. 甲基橙是最常用的酸碱指示剂之一，使用时通常配成0.04或0.1%水溶液。适用于强酸与强碱、弱碱间的滴定。

2. 在日光下滴定时，可按下法配成标准终点色作判断终点的比较：20ml0.002M$K_2Cr_2O_7$溶液和27ml0.2M$(NH_4)_2SO_4 \cdot CoSO_4$溶液混和后加蒸馏水至100ml，此溶液颜色相当于100mlpH4.0的缓冲溶液中含0.3ml0.1%甲基橙溶液的颜色。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 16,331.

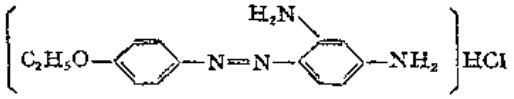
〔2〕 P. Griess: *Ber.*, 10,528,(1877).

对乙氧基碱性菊橙盐酸盐 Ⅱ-2(1)-0011

p-Ethoxychrysoidine hydrochloride

别名 4-乙氧基-2′，4′-二氨基偶氮苯盐酸盐 4-Ethoxy-2′, 4′-diaminoazobenzene hydrochloride

结构式



分子式 $C_{14}H_{16}N_4O \cdot HCl$ **分子量** 292.80

理化性质 深红棕色至近似黑色的粉末，可溶于水和乙醇，不溶于醚及三氯甲烷。

理化参数 pH变色范围 水溶液（红）3.5～5.5（柠檬黄）

合成方法[1] 取26.7g对氨基苯乙醚，溶解于63g（比重1.19）盐酸和150ml水的混合物中，用冰冷却至10℃以下，在搅拌下于5℃以下逐渐滴加14.8g亚硝酸钠的饱和水溶液，待全部亚硝酸钠加完后，再搅拌10分钟使重氮化完全。然后将此溶液在搅拌下慢慢滴加到预先准备好的25g间苯二胺溶于250ml10%盐酸的溶液中进行偶合，再加醋酸钠溶液至刚果红试纸呈酸性反应，此时如无结晶析出，可加入适量氯化钠盐析，过滤，干燥即为成品。

用途 作为酸碱指示剂使用时配成0.04%或0.2%水溶液或0.2%乙醇溶液。

本指示剂也可作为氧化还原指示剂使用，其颜色变化为由红至黄，标准电位+0.76V。本指示剂可作为吸附指示剂使用，用于碘化物及硫氰酸盐的滴定。

参 考 文 献

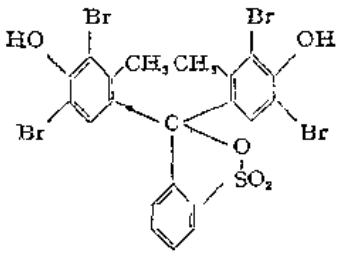
〔1〕 R. M. Rowe; *C. I.*, 20, (1924).

溴 甲 酚 绿　　Ⅱ-2(1)-0012

Bromocresol green

别名　四溴间甲酚磺酞　Tetrabromo-*m*-cresolsulphonphthalein；3,3′,5,5′-四溴间甲酚碘酞　3,3′,5,5′-Tetrabromo-*m*-cresolsulphonphthalein

结构式



分子量　$C_{21}H_{14}Br_4O_5S$　　**分子量**　698.0

理化性质　浅红色，存放长久后为棕色的粉末，Orndorff等[1]制得为无色的内酯形式，结晶体的熔点218～219℃，亦可制得呈砖红色的无定形水合物，此为该化合物的醌式结构，加热此形式的本品时可失水而转化成无色或浅红色的内酯形式。难溶于水、冰醋酸及苯中，可溶于乙醇、丙酮、乙酸乙酯及稀碱溶液中。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t=20℃）				
	0	0.01	0.05	0.1	0.5
pK_1	4.90	4.80	4.70	4.66	4.50(KCl)

介质	水（离子强度）（t=20℃）		
	1mol/l(KCl)	2mol/l(KCl)	3mol/l(KCl)
pK_1	4.44	4.54	4.63

介质	乙醇			正丁醇	乙二醇	
	10%	20%	无水		20%	40%
pK_1	4.92	5.17	10.65	10.08	4.83	5.07

2. pH变色范围

水溶液	90%丙酮
（黄）3.8～5.4（蓝）	8.3～9.8

合成方法[1,2]　将15 g 溴溶于125ml 冰乙酸溶液中，慢慢滴入20 g 纯间甲酚紫溶于 250ml 冰

乙酸的溶液中，温度不超过80℃。加完后继续搅拌并于80～90℃保温24小时，降温后过滤，沉淀用乙酸洗两次，滤干，于50～60℃干燥得粗品。

粗品用苯或冰乙酸重结晶，结晶呈无色，熔点218～9℃。

用途 作为酸碱指示剂使用时常用20%乙醇配成0.1%溶液或0.04%水溶液。后者的配制方法为称取0.04 g试剂溶于事先加有0.58ml0.1*M* NaOH的溶液中，加水稀至100 ml。

参 考 文 献

〔1〕 W. R. Orndorff and A. C. Purdy: *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 2218, (1926).

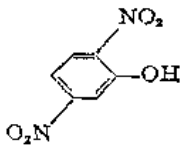
〔2〕 *Beil*, 19(Ⅱ), 108.

γ-二硝基苯酚 Ⅰ-2(1)-0013

γ-Dinitrophenol

别名 2,5-二硝基苯酚 2,5-Dinitrophenol

结构式



分子式 $C_6H_4N_2O_5$ **分子量** 184.1

理化性质 黄色晶体，熔点104～108℃，溶于乙醇，适量地溶于冷水中。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t =20℃）			
	0	0.05	0.1	0.5(NaCl)
pK_1	5.20～0.0045	5.12	5.10	5.00

介质	(*V*/*V*)%乙醇溶液								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
pK_1	5.20	5.23	5.39	5.45	5.58	5.70	5.95	6.08	6.40

2. pH变色范围 水溶液（无色）4.0～5.8（黄色）

合成方法[1,2] 将40%硝酸加热至40℃，慢慢加入间硝基酚，将温度控制在40～60℃，约3小时加完，在50～70℃保温1小时后，趁热倾出，冷却后倾去稀酸溶液，将固体粉碎，用冰水洗去酸性，滤干，将上述混合物溶于冷乙醇中，其中不溶物即为本品。

提纯本试剂时可用乙醇重结晶。

用途 作为指示剂使用时用70%乙醇溶液配或0.05～0.1%溶液或饱和水溶液。

参 考 文 献

〔1〕 G. Banflin: *Ber.*, 8, 21, (1875).

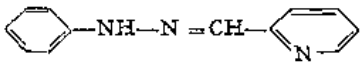
〔2〕 G. Bantlin: *Ber.*, 11, 2102-4, (1879).

吡啶-2-醛缩苯腙　　Ⅱ-2(1)-0014

Phenylhydrazone of Pyridine-2-aldehyde

别名　o-PPH

结构式



分子式　$C_{12}H_{11}N_3$　　**分子量**　197.23

理化性质　从甲醇重结晶所得产品，熔点181℃。

理化参数

1. 离解常数

介质	(V/V)%甲醇				(V/V)%乙醇			
	4	20	40	60	4	20	40	60
pK_1	6.05	5.96	5.70	5.43	5.16	5.03	4.58	4.34

2. pH变色范围　水溶液（无色）4.20～6.00（黄色）

合成方法[1]　将等摩尔量的苯肼与吡啶-2-醛在乙醇溶液内回流得粗品，将所得粗品在甲醇水溶液中结晶两次，用硅胶G(Merck公司）作薄层色谱分析进行质量控制。

用途　作指示剂使用时，配成0.1%(W/V）乙醇溶液即可。

参 考 文 献

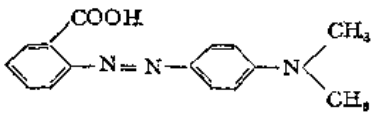
〔1〕 G. S. Vasilikiotis and J. Stratis; *Anal, Chim, Acta*, 75, 227, (1975).

甲 基 红　　Ⅱ-2(1)-0015

Methyl red

别名　4′-二甲氨基偶氮苯-2-甲酸　4′-Dimethylaminoazobenzene-2-carboxylic acid

结构式



分子式　$C_{15}H_{15}N_3O_2$　　**分子量**　269.31

理化性质　暗红色粉末或紫色有光泽的晶体，熔点180～182℃，微溶于水，易溶于乙醇及冰乙酸中，其钠盐可溶于水。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t =20℃）			甲醇	乙醇
	0	0.1	0.5		
	2.3			4.1	3.55
pK	5.00	5.00	5.00	9.2	10.45

2．pH变色范围

水溶液	90%丙酮	8MLiCl	4.5$M$$CaCl_2$
(红)4.4～6.2(黄)	1.7～37	5.6～6.4	5.4～6.4

合成方法[1] 将8 g 邻氨基苯甲酸溶于25ml氢氧化钠（8%）的溶液中，加入由4 g 亚硝酸钠与50ml水所配成的溶液，冷却。并在搅拌下将其逐渐加至25ml8% HCl 溶液中以进行重氮化。

将重氮盐溶液搅拌10～15分钟，并在搅拌下将此溶液加至已冷却好的6 g 二甲基苯胺与50ml40%的盐酸所配制成的溶液中，经1小时后加氢氧化钠至溶液呈碱性，放置3～4小时后滤出甲基红，于40℃干燥得8.5～12 g 产品。

将上述所得产品用水煮洗，离心分离，所得固体再用乙醇回流煮洗一至两次，过滤干燥即为纯品。

用途

1．甲基红是常用的酸碱指示剂之一，常用浓度为0.1%乙醇溶液。

2．甲基红可用来配制混合指示剂和屏蔽指示剂，如甲基红-次甲基蓝屏蔽指示剂在 pH 5.4处呈敏锐的颜色转变：红紫色经过中间色灰色转变至绿色。

参 考 文 献

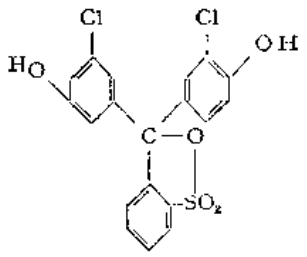
〔1〕 В.М Родинов等著，马玉甲等译：《中间体及染料化学实验指导》，p.167～168，1955。

氯 酚 红　　Ⅱ-2(1)-0010

Chlorophenol red

别名 二氯苯酚磺酞 Dichrorophenolsulphonphthalein

结构式



分子式 $C_{19}H_{12}Cl_2O_5S$　　**分子量** 423.23

理化性质 黄棕色物质，久存后呈棕红色，微溶于水，可溶于乙醇和稀碱溶液。亦有报道本品呈棕绿色微小结晶，熔点261～262℃。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t =20℃）				
	0	0.01	0.05	0.1	0.5(KCl)
pK_1	6.25～0.005	6.15	6.05	6.00	5.9

2. pH变色范围　水溶液（黄）4.8～6.4（紫）

合成方法[1,2]　将邻磺基苯甲酸酐与2-氯苯酚在130℃加热，所得粗品用冰乙酸进行重结晶。

也可将粗品溶于热水，加盐酸酸化并在水浴上蒸至结晶析出。

用途　作为指示剂使用时可配制为：

1. 在20%乙醇中的0.1%溶液；

2. 0.04%水溶液：称取本品0.04 g溶于预先加有0.94ml0.1MNaOH的溶液中，稀至100ml。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 19(2), 104.

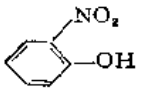
〔2〕 W. C. Harden: *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 4611, (1930).

邻 硝 基 酚　　Ⅰ-2(1)-0017

o-Nitrophenol

别名　2-硝基苯酚

结构式



分子式　$C_6H_5NO_3$　　**分子量**　139.11

理化性质　最初为黄色结晶，存放长久后能转变为棕色，熔点96～97℃，适量地溶于水，易溶于乙醇。

理化参数　pH变色范围　水溶液（无色）5.0～7.0（黄色）

合成方法[1,2]　将硝酸与水混和后，用冰冷却至15℃，在搅拌下慢慢加入苯酚水溶液，将温度保持在15～23℃，加完后继续搅拌20分钟，放置16小时，温度不得超过25℃，然后加入冰块使温度下降至0℃，过滤，用冷水洗去酚性。

将结晶进行水蒸汽蒸馏，蒸出的产品凝结成块状物，加热熔化，趁热倒入冷水中，搅拌得本品的颗粒状产物。

用途　作为酸碱指示剂使用时配成0.08%水溶液或0.3%乙醇溶液。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 6, 218.

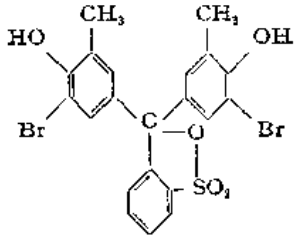
〔2〕 L. Gattermann: *Die Praxis des Organischen Chemikers*, 15, Aufl., Berlin-Leipzig, p. 275, (1920).

溴甲酚紫　　Ⅱ-2(1)-0018

Bromocresol purple

别名　二溴邻甲酚磺酞　Dibromo-*o*-cresolsulphonphthalein；5,5′-二溴邻甲酚磺酞　5,5′-Dibromo-*o*-cresolsulphonphthalein

结构式



分子式　$C_{21}H_{16}Br_2O_5S$　　**分子量**　540.22

理化性质　橙黄色粉末，久存后呈砖红色，难溶于水，溶于乙醇及稀碱溶液，乙醇溶液呈绿色。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t =20℃）					甲醇	乙醇
	0	0.01	0.05	0.1	0.5(KCl)		
pK_1	6.40～0.005	6.28	6.21	6.12	6.9	11.3	12.05

2. pH变色范围

水溶液	90%丙酮
（黄）5.2～6.8（紫）	9.6～11.1

合成方法[1]　将邻甲苯胺溶于稀硫酸，冷却并在搅拌下加入亚硝酸钠溶液，将反应温度控制在5℃以下，反应完毕后，加热至40～50℃直至无气泡发生，冷却后过滤，分离液体，然后对粗邻甲酚进行分馏精制。在邻甲苯磺酸酐及邻甲酚内加氯化锌，混匀，在搅拌下升温至115～120℃，反应7小时后，通蒸汽，将未反应的邻甲酚除去，过滤，得邻甲酚红，邻甲酚红经碱溶酸析精制后将其加入试剂醋酸中，在搅拌下加溴与醋酸混合溶液，加完后，在40～50℃加热4小时，冷却，过滤即得溴甲酚紫。

用途　作为酸碱指示剂使用时常用0.04%水溶液，配制方法为称取0.04 g本品后溶于预先加有0.74ml0.1*M*NaOH的溶液中，加水稀至100ml。此外，也有建议使用在20%乙醇中的0.1%试剂溶液的。

参考文献

[1] I. M. Kolthoff: "Saüer-Basen Indicatoren", Springer Verlag, Berlin, p. 287～96, 1932.

对硝基酚　　Ⅱ-2(1)-0019

p-Nitrophenol

别名　4-硝基苯酚　4-Nitrophenol

结构式

分子量 $C_6H_5NO_3$ **分子量** 139.11

理化性质 无色或浅黄色晶体，熔点113～114℃，加热时升华，微溶于水，易溶于乙醇、氯仿及乙醚中。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度＝0）（t ＝20℃）
pK_1	7.15～0.011

介质	（V/V）%乙醇溶液								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
pK_1	7.17	7.28	7.38	7.63	7.85	8.11	8.34	8.59	8.90

2. pH变色范围 水溶液（无色）5.6～7.6（黄色）

合成方法[1,2] 将60 g苯酚在7～8℃下逐渐加入预先溶有27 g氢氧化钠的1500ml的水溶液中，搅拌至溶解后，再加入54 g亚硝酸钠，搅拌混合物并在冷却下加入预先混有150 g硫酸的400ml水溶液中，两小时后，过滤，滤出的沉淀为对亚硝基酚，用冰水洗涤，然后用乙醚溶解，加活性炭过滤，蒸发出乙醚得黄色针状结晶，可再用苯或甲苯重结晶。取150 g浓硝酸用450ml水稀释，再取其中的400ml加热至40℃，分次加入50 g对亚硝基酚，加完后放置至析出结晶，将晶体滤出，再将此结晶用热水溶解，加活性炭过滤，重结晶，即得产物，得率以苯酚计约为60%。

用途 作为酸碱指示剂使用时配成0.08%水溶液或0.2%乙醇溶液。

参 考 文 献

〔1〕 W. Robertson: *J. Chem. Soc.*, 81, 1477, (1902).

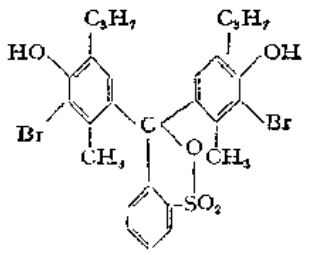
〔2〕 F. J. Welcher: "Org. Anal. Reagents", 4, 26, 1948.

溴 百 里 酚 蓝 Ⅱ-2(1)-0020

Bromothymol blue

别名 二溴百里酚磺酞 Dibromothymolsulphonphthalein

结构式



分子式 $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$ **分子量** 624.38

理化性质 制备时通常获得的为无色或苍粉红色的内酯形式产物，也可获得有色的醌色水合物，后者加热失水后转化为无色化合物，微溶于水及苯中，溶于乙醇、甲醇、乙醚及稀碱溶液之中。

理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）（t =20℃）				
	0	0.01	0.05	0.1	0.5(KCl)
pK_1	7.30(15～30℃)	7.19	7.13	7.10	6.9

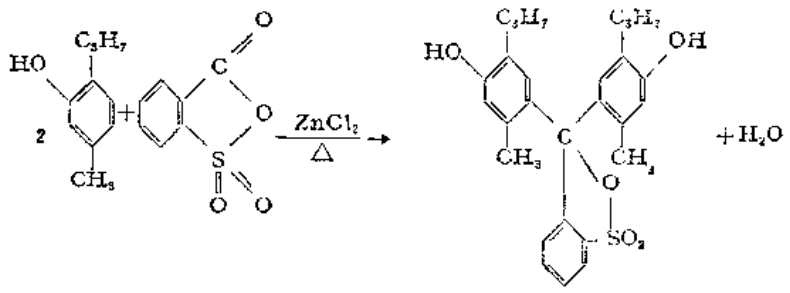
介质	甲醇	乙醇		乙二醇		
		10%	20%	无水	20%	40%
pK_1	12.4	7.49	7.85	13.2	7.42	7.69

2. pH变色范围

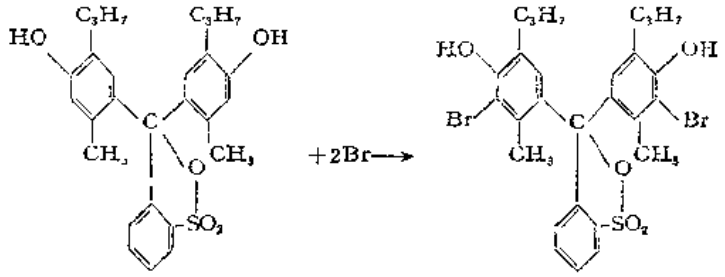
	水溶液	90%丙酮	8MLiCl	4.5$M$$CaCl_2$
（黄）	6.0～7.6（蓝）	11.1～12.8	6.2～7.5	6.1～7.4

合成方法[1]

(1)



(2)



将86 g邻磺基苯甲酸酐、140 g百里酚和10 g氯化锌加热至105～110℃，历时30小时，然后加水得深紫色物质。用水蒸气蒸馏除去其中未反应的百里酚得绿色结晶，过滤。用乙醚洗涤，于空气中干燥，得粗品百里酚蓝120 g（产率55%）。

将15 g溴溶于200ml冰乙酸中，慢慢加至20 g百里酚蓝溶于200ml冰乙酸的混合液中，于40～50℃保持4小时，然后冷却至20℃以下，滤出成品即为无色的溴百里酚蓝（130～135℃分解）。

用途 作为酸碱指示剂使用时常用：

1. 本品以酸形式存在时的0.1%溶液（溶剂：20%乙醇）。

2. 0.04%钠盐水溶液：称取0.04 g本品，溶于预先加有0.64ml0.1MNaOH的溶液中，

加水稀至100ml。

参 考 文 献

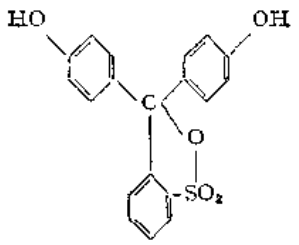
〔1〕 W. R. Orndorff; *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 985～991, (1926).

酚 红 Ⅱ-2(1)-0021

Phenol red

别名 苯酚磺酞 Phenolsulphonphthalein

结构式



分子式 $C_{19}H_{14}O_5S$ **分子量** 354.38

理化性质 亮红色至暗红色或棕色结晶状粉末，在空气中稳定，易溶于乙醇和稀碱溶液，微溶于水，几乎不溶于氯仿及乙醚中。

理化参数

1. 离解常数

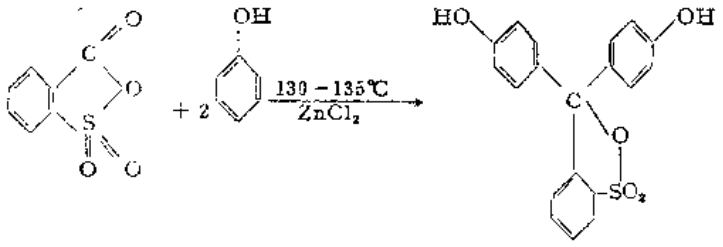
介质	水（离子强度）（t =20℃）				
	0	0.01	0.05	0.1	0.5(KCl)
pK_1	8.00－0.007	7.92	7.84	7.81	7.6

介质	甲醇	乙醇		乙二醇		
		10%	20%	无水	20%	40%
pK_1	12.8	7.97	8.18	13.55	7.98	8.12

2. pH变色范围

水溶液	90%丙酮
（黄）6.4～8.2（红）	11.0～13.0

合成方法[1,2]



将邻磺基苯甲酸酐、苯酚一起加热使其全部熔化，加入无水氯化锌并于135～140℃反应

7小时后，把反应物倒入热水中，加热至无苯酚气味为止，用离心机分离固体，用水洗两次后得粗品。

粗品可进一步用酸碱沉淀法提纯。

用途 作为酸碱指示剂使用时，配成

1. 20%乙醇溶液中的0.1%溶液。

2. 0.04%水溶液：称取0.04 g酚红溶于含1.13ml0.1*M*NaOH溶液的100ml水中。

酚红也适用于溶液pH的比色测定。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 19,91.

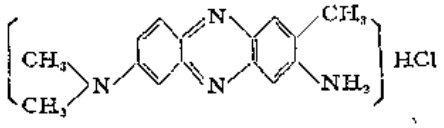
〔2〕 M. D. Sohon: *Am. Chem. J.*, 20,257,(1898).

中 性 红 Ⅱ-2(1)-0022

Neutral red

别名 3-氨基-6-二甲氨基-2-甲基吩嗪盐酸盐 3-Amino-6-dimethylamino-2-methylphenazine hydrochloride

结构式



分子式 $C_{15}H_{16}N_4 \cdot HCl$ **分子量** 288.78

理化性质 深绿色结晶性粉末，溶于水呈红色溶液，溶于醇呈黄色并微带荧光的溶液。

理化参数 pH变色范围 水溶液（红）6.8～8.0（橙黄）

合成方法[1,2] 在搅拌下将二甲基苯胺加入5℃的盐酸水溶液中，搅拌使之溶解。待温度不超过10℃时，在搅拌下加入亚硝酸钠溶液以进行重氮化。加完后，再继续搅拌1小时，滤出固体，用少量水冲洗，过滤得对亚硝基二甲基苯胺盐酸盐。

将硫酸亚铁溶于90℃的热水中，再加2,4-二氨基甲苯，搅拌溶解，然后再慢慢加入上述对亚硝基二甲基苯胺盐酸盐。加完后再搅拌1小时，补加盐酸后过滤。在滤液中通入氯化氢气，放置过夜，滤出结晶，干燥之。

用途 可作为酸碱指示剂、氧化还原指示剂使用，亦可适用于非水溶液滴定作指示剂。

参 考 文 献

〔1〕 F. M. Rowe, *C. I.*, 825,(1924).

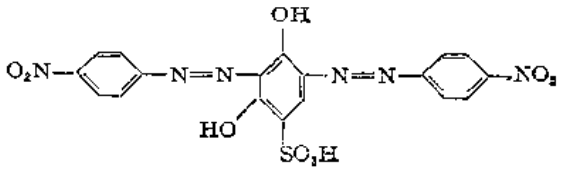
〔2〕 Otto N. Witt: *Ber.*, 12,931,(1879).

2,4-双（4-硝基苯偶氮）间苯二酚-6-磺酸 Ⅱ-2(1)-0023

2,4-Bis(4-nitrobenzazo)resorcinol-6-sulphonic acid

别名 BRS

结构式



分子式 $C_{18}H_{11}N_6O_9S$ **分子量** 487.38

理化性质 红棕色粉末。

理化参数

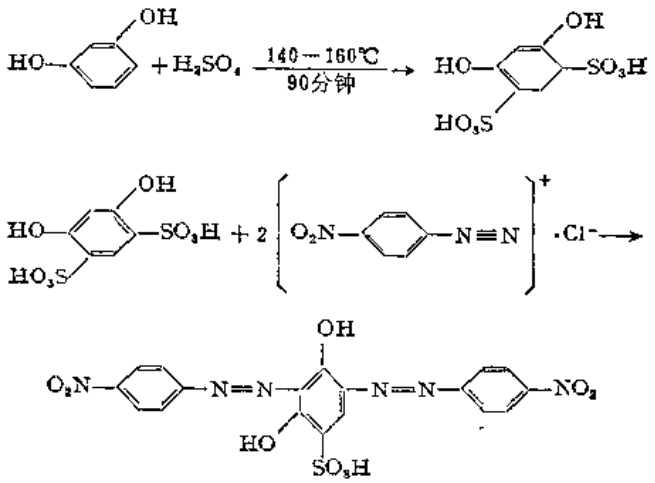
1. 离解常数 pK_1 7.64 pK_2 11.64

2. pH变色范围

第一变色范围（黄） 6.8～8.2（红）

第二变色范围（红）10.5～13（蓝紫）

合成方法[1]



取一定量间苯二酚与浓硫酸在140～160℃反应90分钟，冷却混合物并立即用玻璃漏斗真空过滤，用少许浓硫酸湿润之，用真空吸滤30分钟。

将2.76 g对硝基苯胺加入5ml 2*M*HCl中，尽快加入理论量的亚硝酸钠（1.38 g），用冰冷却。然后将9 g间苯二酚-4,6-二磺酸加入约200ml沸水中，再加30 g醋酸钠，用冰冷却，加入0.02*M*重氮盐。偶合较慢时可将混合液加热至30℃并保温1小时，快速吸滤沉淀物并用少量水洗涤。

将粗品溶于热水（200ml），加碳酸钠（约10 g）至碱性，用固体氯化钠进行盐析，以5％容量的重量计，*W*/*V*），冷却。将溶液冲稀至二倍体积，吸滤以收集红棕色沉淀，然后再将沉淀物溶于400ml热水中，趁热过滤，加2*M*HCl至热溶液以刚果红检验呈酸性，过滤沉淀，经洗涤后干燥之。

为检验产品质量，用纸色谱作分析时，（1）20％氨水：异戊醇：吡啶＝1:1:1；（2）以20％氨水展开，R_f❶值为0.6。

用途 作酸碱指示剂时配成饱和溶液（浓度约0.1％），亦可作镁的选择性定性试剂。

参 考 文 献

〔1〕 J. Jenik, F. Renger; *Talanta*, 17, 231, (1970).

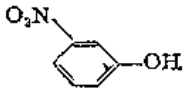
❶ 纸色谱或薄层色谱中的比移值，指分离物斑点中心与起始点间的距离与溶剂前沿与起始点距离的比值。

间 硝 基 酚　　Ⅱ-2(1)-0021

m-Nitrophenol

别名　3-硝基酚　3-Nitrophenol

结构式



分子式　$C_6H_5NO_3$　　**分子量**　139.11

理化性质　黄色晶体，存放后呈棕色，熔点96～97℃，适量地溶于水，易溶于乙醇。

理化参数

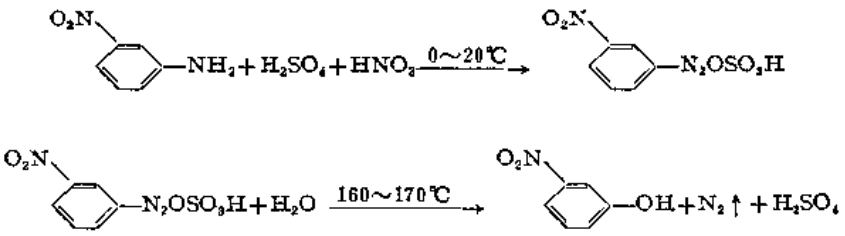
1．离解常数

介　质	水（离子强度）(t=20℃)			
	0	0.05	0.1	0.5(NaCl)
pK_1	8.35～0.01	8.30	8.25	8.15

介　质	(V/V) % 乙醇溶液								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
pK_1	8.5	8.75	8.97	9.15	9.40	9.64	9.92	10.24	10.73

2．pH变色范围　水溶液（无色）6.8～8.6（橙黄）

合成方法[1,2]



将150 g间硝基苯胺在搅拌下慢慢加至稀硫酸（250ml H_2SO_4+1250ml H_2O）中，并将温度降至0℃，在搅拌下慢慢加入75 g亚硝酸钠的水溶液中以进行重氮化。将温度保持在15℃以下，当反应完毕后应为深棕色透明液体，然后将此重氮盐在搅拌下慢慢加至125℃的热稀硫酸中，加完后保温1～2小时，放冷，将结晶滤出，用水洗至pH 3～4，用离心机甩干，可用减压蒸馏法提纯，产率80～85%（以间硝基苯胺量计）。

用途　作为酸碱指示剂使用时配成0.08%水溶液或0.3%乙醇溶液。

参 考 文 献

[1] *Beil.*, 6, 222.

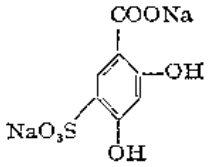
[2] A. F. Holleman: *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 21, 435, (1902).

5-磺基-β-二羟基苯甲酸　　Ⅱ-2(1)-0025

5-Sulpho-β-resorcylic acid

别名　5-磺基-2,4-二羟基苯甲酸二钠盐

结构式



分子式　$C_7H_4Na_2O_7S$　　**分子量**　278.15

理化性质　钠盐呈暗棕色固体。

理化参数　pH变色范围　水溶液（黄）7.0～8.5（红，带绿色荧光）

合成方法[1]　将 6.40 g β-二羟基苯甲酸溶于最少量的乙醇内，滴加 15ml 试剂级浓硫酸，搅拌，反应温度不得超过室温。将此混合物在水浴上回流 6 小时，冷却，用30%（W/V）碳酸钠溶液中和剩余的硫酸，但不要过量。在80℃蒸发，尽可能浓缩至最少体积，加过量的乙醇沉淀中和时生成的硫酸钠结晶。过滤，用乙醇洗涤直至洗液呈无色。蒸去乙醇，于 100℃以下在磁蒸发皿内蒸干，得深棕色粉末产品。产量：8 g。

用途　作为指示剂使用时配成的 1 %钠盐水溶液，每10ml 被滴定的溶液加指示剂1～2滴。

参 考 文 献

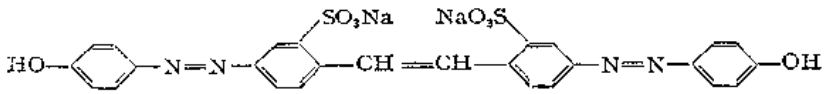
[1] G. C. Shivahare, M. K. Mathur; *Anal. Chim. Acta*, 57, 457, (1971)。

亮　　黄　　Ⅱ-2(1)-0026

Brilliant yellow

别名　4,4′-双（对羟基苯偶氮）-2,2′-芪二磺酸二钠盐　4,4′-Bis〔(4-hydroxybenzene) azo〕stilbene-2, 2′-di-sulphonic acid; disodium salt

结构式



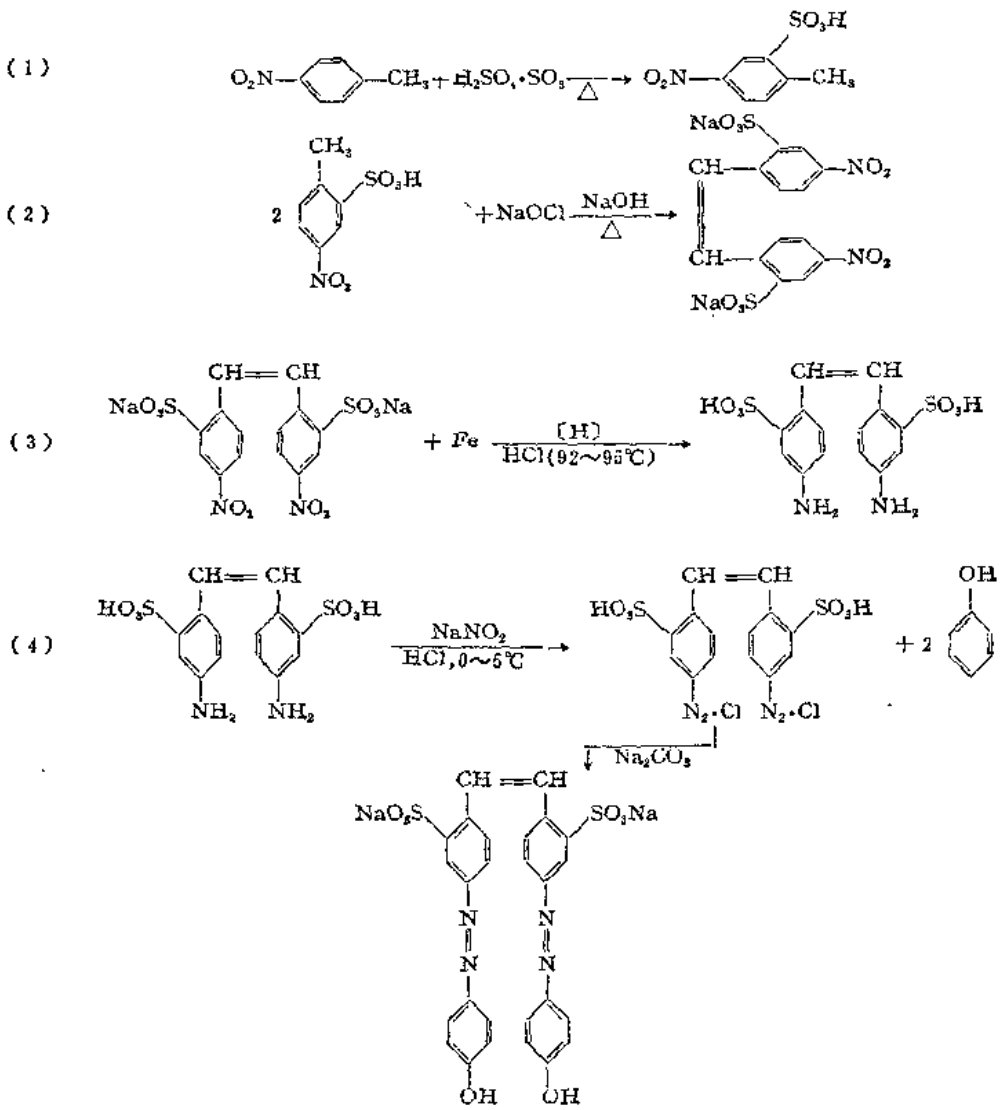
分子式　$C_{26}H_{18}N_4Na_2O_8S$　　**分子量**　624.55

理化性质　浅棕色粉末，易溶于水，溶液呈黄色。

理化参数

1. 离解常数　水溶液$pK_{HL}=7.0$
2. pH变色范围　水溶液（黄）7.0～9.4（红棕）

合成方法[1,2]



（1）将25%发烟硫酸加热到75℃，加至对硝基甲苯中，在119～120℃反应2小时后，倒入冰水中，放置4小时。滤出沉淀并放入热水中，用碳酸钠中和至微碱性，冷却，滤出沉淀。

（2）将干燥好的对硝基甲苯邻磺酸钠溶于温水中，在常温下加氢氧化钠，在53～54℃搅拌4小时，加次氯酸钠和35%氢氧化钠的混合物，反应6小时后趁热过滤，放冷并过夜后盐析，滤出沉淀。

（3）将铁粉与乙酸煮沸2小时，把上述沉淀溶于热水中，在猛烈搅拌下于92～95℃加到铁粉的乙酸溶液中，保温1小时，冷至85℃，用碳酸钠中和至微碱性，滤去铁粉，加浓盐酸至酸性，放置过夜，滤出沉淀，用水洗至中性，然后用碱溶酸沉法得粗中间产品。

（4）中间产品用碱溶解，冷却。加浓盐酸，在0～5℃加亚硝酸钠以进行重氮化，然后加苯酚水溶液，并一次加入碳酸钠溶液，温度不得超过90℃，经2小时后加热到70℃，然后将沉淀滤出，用水洗3～4次，滤干得成品。

用途 除作酸碱指示剂外，亦可作检验钴、镁和镍的试剂。

参 考 文 献

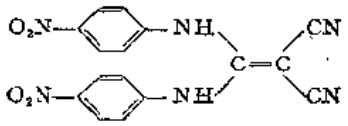
〔1〕 *Beil.*, 16, 312.
〔2〕 R. Meyer, Schäfer: *Ber.*, 27, 3356, (1894).

2-氰基-3,3-双（对硝基苯胺）丙烯腈　　Ⅱ-2(1)-0027

2-Cyano-3,3-bis(*p*-nitroanilino)acrylonitrile

别名　CPNA

结构式



分子量　$C_{16}H_{10}N_6O_4$　　**分子量**　350.29

理化参数

1. 离解常数

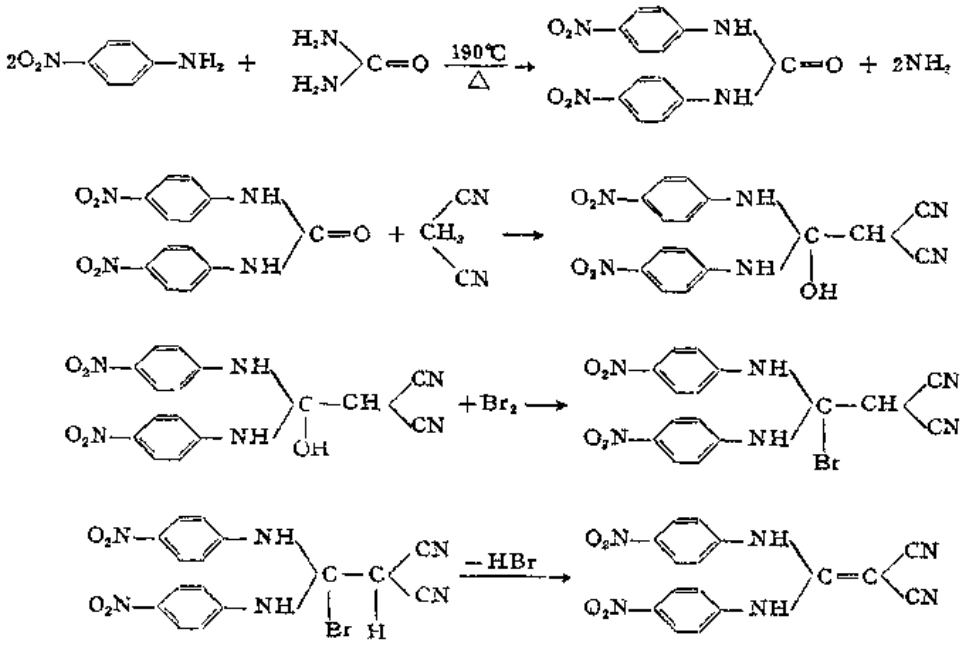
水溶液　pK_1 7.72±0.03　pK_2 13.21±0.02

2. pH变色范围

第一变色范围（无色）7.2～7.8（黄）

第二变色范围（黄）12.6～13.4（橙）

合成方法[1,2]



取2mol对硝基苯胺和1mol尿素，在190℃反应得*N*,*N'*-双对硝基苯基脲，再与丙二腈缩合得2-氰基-3-羟基-3,3-双（对硝基苯胺）丙烯腈，再经溴化得2-氰基-3-溴-3,3-双（对硝基苯胺）丙烯腈，脱溴化氢得2-氰基-3,3-双（对硝基苯胺）丙烯腈。

用途　作为指示剂使用时配成0.5%乙醇溶液，每100ml被滴定溶液中加入2滴指示剂。

参 考 文 献

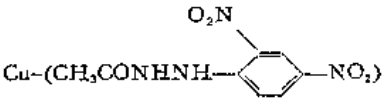
〔1〕 R. O. Toole: *C. A.*, 17, 1792(1923), *Beil.*, 12(Ⅱ), 393.
〔2〕 G. J. Clark: *Anal. Chem.*, 45(9), 1751, (1973).

铜-1-(2′,4′-二硝基本)-2-乙酰肼络合物 Ⅱ-2(1)-0028

Copper-1-(2′,4′-dinitrobenzene)-2-acetylhydrazine complex

别名 铜-DBAH(1:1)络合物

结构式



分子式 $C_8H_8N_4O_5$—Cu **分子量** 303.96

理化性质 络合物在pH7.8～9.0稳定，在pH8.5，I=0.1时，$\lg\beta=8.5$。DBAH的酸色呈浅黄色，碱色呈橙色。

理化参数

1. 离解常数 pK 7.7
2. pH变色范围（浅黄色）7.62～7.80（绿）

在pH7.62时为游离指示剂的颜色，pH7.80时络合物形成，呈现络合物的颜色(绿色)。

合成方法[1] 将0.01M(0.024%) DBAH乙醇溶液与0.01M $CuSO_4$溶液以1:1比例混合成铜-DBAH络合物。

用途 作指示剂使用时在5ml乙醇中溶解约1mg当量的苯甲酸，加30ml水，0.2ml0.01M DBAH乙醇溶液及0.2ml0.01M $CuSO_4$溶液。

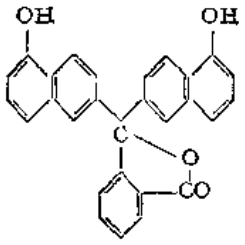
参 考 文 献

〔1〕 L. Legradi; *Talanta*, 19, 1470, (1970).

α-萘 酚 酞 Ⅱ-2(1)-0029

α-Naphtholphthalein

结构式



分子式 $C_{28}H_{16}O_4$ **分子量** 418.45

理化性质 浅红色或红棕色光泽结晶，熔点253～255℃，难溶于水，易溶于乙醇。

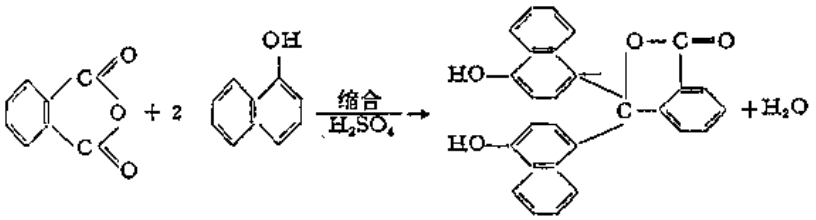
理化参数

1. 离解常数 水溶液

$$pK_1\ 5.26(K_1=5.5\times10^{-6})\ pK_2 8.0(9.9\times10^{-9})$$

2. pH变色范围　水溶液（无色或橙黄色）7.3～8.7（蓝绿色）

合成方法[1-3]



将7 g α-萘酚和3.8 g苯酐研成细末，加0.75ml浓硫酸进行缩合，并搅拌至成绿色粘稠状物，于60℃保温19小时，冷却，反应物结成固体。将其粉碎，用冰水浸泡，使反应物成松散状棕黄色粉末。滤干，用水洗涤，将反应物溶于1％氢氧化钠溶液中，加热到60℃，过滤，冷却并放置过夜，用1:1盐酸中和至呈酸性（中和时温度不超过10℃），析出略带粉色的结晶，过滤，结晶在低温下干燥后即为成品。

若须进一步提纯，可将其溶于0.1%$NaHCO_3$溶液中，过滤后溶液清亮，用盐酸酸化并滤出析出物，产品纯度良好。

用途　作为酸碱指示剂常用0.1％乙醇溶液。溶液中盐及醇的存在不影响指示剂终点颜色的判断。

参 考 文 献

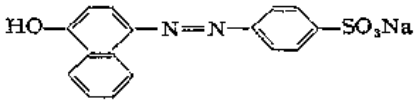
〔1〕 *Beil.*, 18(Ⅰ),384.
〔2〕 E. A. Werner; *J. Chem. Soc.*, 113,20,(1918).
〔3〕 J. Formanek and J. Knop; *Zeitschrift für Analytische Chemie*, (*Fresenius*),56,285,(1917).

金莲橙OOO　　Ⅱ-2(1)-0030

TropaeolinOOO

别名　α-苯酚偶氮对苯磺酸钠盐　α-Naphtholazo-*p*-benzenesulphonic acid, sodium salt

缩构式

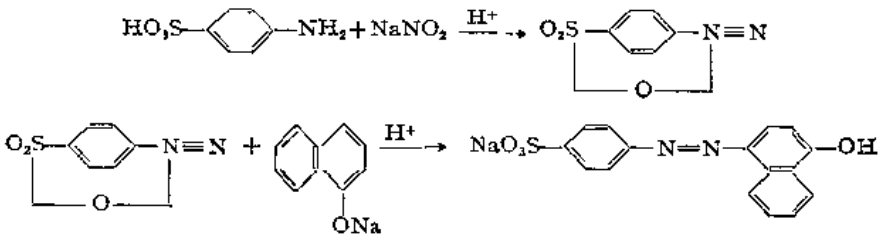


分子式　$C_{16}H_{11}N_2NaO_4S$　　**分子量**　350.32

理化性质　红棕色粉末，溶于水及乙醇中。

理化参数　pH变色范围　水溶液（黄绿色）7.4～8.9（浅红）

合成方法[1,2]



取7.7 g对氨基苯磺酸、2.7 g亚硝酸钠，溶于40ml水中，冷却至1～2℃后，在搅拌下滴加至3.5ml硫酸（d＝1.84）及35ml水之混合物中，重氮化毕，再徐徐加入以5.5 g 1-萘酚、7 g氢氧化钠与85ml水所配成的溶液，加完后放置片刻即有结晶出现。加热使结晶溶解，过滤，用15%氯化钠溶液盐析。1小时后过滤沉淀并在40～50℃干燥，得约8 g产品。

用途 作为酸碱指示剂使用时配成1%水溶液。

参 考 文 献

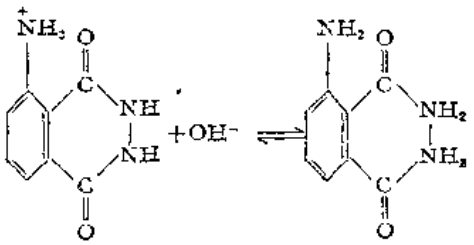
〔1〕 K. Fries: *Ber.*, 54, 713, (1921).
〔2〕 F. M. Rowe: *C. I.*, 151, (1924)

鲁 米 诺 Ⅱ-2(1)-0031

luminol

别名 3-氨基苯二甲酰肼 3-Aminophthalhydrazide

结构式



分子式 $C_8H_9N_3O_2$ **分子量** 179.18

理化性质 黄色粉末，熔点～280℃。

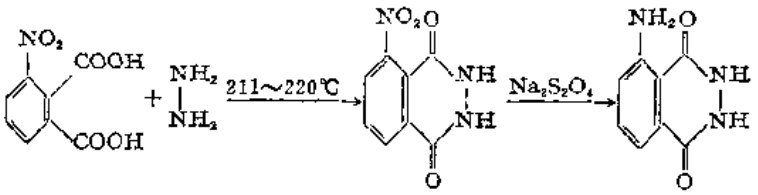
理化参数

1. 离解常数

介质	水（离子强度）		（t＝25℃）		
	0.004	0.01	0.07	0.1	0.5
pK	6.33	6.26	6.23	6.20	6.12

2. pH变色范围 7.7～9.0（滴定在紫外线照射下进行，产生强烈的蓝色荧光为终点）。

合成方法[1,2]



将10 g 3-硝基苯二甲酸加入20ml 8%肼水溶液，用直接火加热使固体溶化。加30ml乙二醇，在蒸发器内蒸去溶液中的过量水分，在215～220℃加热2分钟（使杂环闭合），冷却后得黄色硝基化合物。冷却，加50ml 10%氢氧化钠溶液，搅拌，在此深棕红色的溶液中加入30 g连二硫酸钠（含二分结晶水），搅拌，加热至沸，保温5分钟，再加入2ml醋酸，搅拌，冷却得亮黄色产物。放置过夜，过滤得1～2 g产物。

用途 0.01%水溶液，该溶液在长时间内稳定，不变质。

参 考 文 献

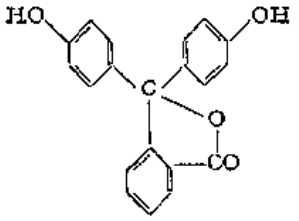
〔1〕 E, C, Horning: *Org.Synth.,Coll.* Vol. 3, 69, 656, (1955)。
〔2〕 L.Erdey, I.Buzas, K. Vigh; *Talanta*, 13, 469, (1966)。

酚 酞 Ⅰ-2(1)-0032

Phenolphthalein

别名 3,3-双（对羟基苯基）酞 3,3-Bis(*p*-hydroxyphenyl)phthalide

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}O_4$ **分子量** 318.33

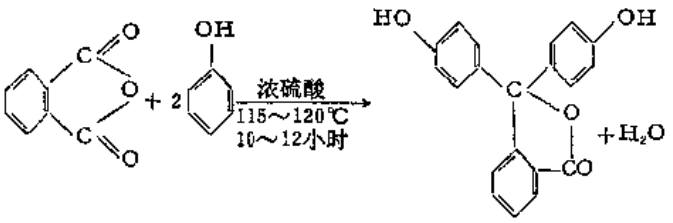
理化性质 白色或微带黄色的白色晶状粉末，无嗅，在空气中不稳定，熔点258℃，不溶于水，1g本品可溶于13ml乙醇或70ml乙醚中，易溶于碱性水溶液中。

理化参数

1. 离解常数 水溶液 pK_1 9.1

2. pH变色范围 水溶液（无色）8.2～9.8（紫红色）

合成方法[1]



取250g苯二甲酸酐加热溶于200g浓硫酸以配成溶液，待其冷却至115℃后，加500g熔融的苯酚并在115～120℃加热10～12小时。将热熔融物倒入沸水中，用水煮至苯酚气味完全消失。用温热的极稀碱溶液萃取不溶于水的残留物。在所得的溶液中加醋酸使之产生沉淀并在加入几滴盐融后将其放置24小时。在析出的粗品内加入活性炭和无水乙醇，煮沸。过滤，浓缩滤液，用水除去树脂状的杂物，将所得的乳状液在水浴上加热至析出结晶，然后用甲醇进行重结晶，亦可在15～18mmHg压力下进行升华。

用途 作指示剂使用时常配成0.1%乙醇溶液，本指示剂为融碱滴定中最常用指示剂之一，其优点是滴定体系温度的变化、蛋白质及胶体的存在对滴定终点的指示近于无影响。

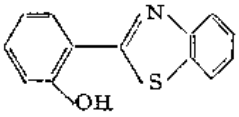
参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*,18,143～144.

2-(邻-羟基苯基)苯并噻唑　　Ⅰ-2(1)-0033

2(-O-Hydroxyphenyl)benzothiazole

结构式



分子式　$C_{13}H_9NOS$　　**分子量**　227.29

理化性质　黄色针状体，熔点130℃，几乎不溶于水，微溶于乙醇。

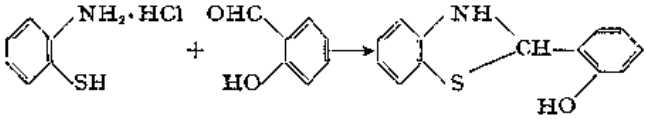
理化参数

1. 离解常数[1]

介质	50%乙醇(20℃)	50%二噁烷(25)	50%二噁烷(39.6°)
pK_{H2L^+}	<3	<2	<2
pK_{HL}	10.10	10.18	10.37

2. pH变色范围　水溶液　8.3～10.3

合成方法[2]



取4.8 g邻氨基巯酚盐酸盐，溶于60 g水以配成溶液，待用。再取3.7 g水杨醛，溶于40 g乙醇。将上述两种溶液加以混合，此时立即出现结晶，将结晶与溶液在水浴上加热片刻，过滤，干燥，粗品用乙醇进行重结晶，纯品为无色片状结晶。

用途　酸碱指示剂。

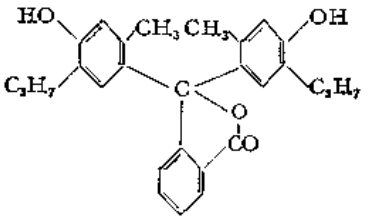
参 考 文 献

〔1〕 *Stability Constants of Metal-ion Complexes*, Special Publication, No 17,968.
〔2〕 M. Chasz; *Ber.*, 49, 1145(1916).

百 里 酚 酞　　Ⅰ-2(1)-0034

Thymolphthalein

结构式



分子式　$C_{28}H_{30}O_4$　　**分子量**　430.55

理化性质　白色粉末，熔点253°(257°)，几乎不溶于水，可溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数　水溶液　pK_1 10.0

2. pH变色范围　水溶液（无色）9.3～10.5（蓝）

合成方法　参见本章本节溴百里酚蓝一节。

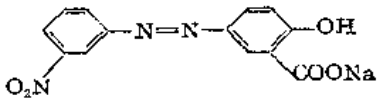
用途　作指示剂溶液常配成0.04或0.1%乙醇溶液，配制方法为称取一定量指示剂溶于50ml乙醇后缓慢加水稀至100ml。

茜素黄GG　　Ⅱ-2(1)-0035

Alizarin yellow GG

别名　5-〔(间硝基苯)偶氮〕水杨酸一钠盐　5-〔(*m*-Nifrophenyl) azo〕Salicylic acid Monosodium salt；媒染黄I Mordant yellowI；C. I. 14025

结构式



分子式　$C_{13}H_8N_3NaO_5$　　**分子量**　309.22

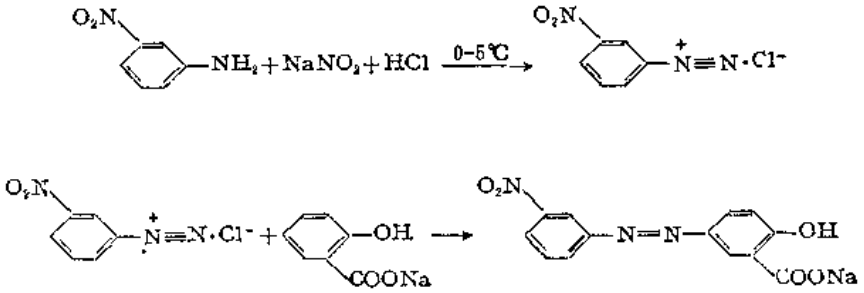
理化性质　黄色粉末，易溶于水。

理化参数

1. 离解常数　水溶液　pK_{HL} 11.0

2. pH变色范围　水溶液（亮黄）10.0～12.0（橙）

合成方法[1,2]



将100 g间硝基苯胺加至400ml盐酸和1.5l水中，加热溶解后，冷却至0～5℃，加540 g亚硝酸钠溶于水的饱和溶液，始终在5～10℃进行重氮化，之后将重氮盐慢慢加入116 g饱和水杨酸钠的水溶液中，温度控制在15℃以下并严格控制pH在6，继续搅拌4小时，放置过夜，过滤得粗品。

粗品用热水溶解，加活性炭及少许氢氧化钠，将pH控制在9，过滤，冷却，结晶即为成品。

用途　作指示剂使用时常用25%乙醇配成0.025%溶液。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 16,247.

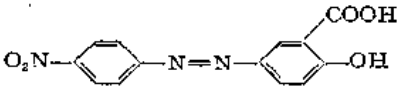
〔2〕 F.M. Rowe; *C.I.*, 56,(1924).

茜 素 黄 R　　Ⅱ-2(1)-0036

Alizarin yellowR

别名　对硝基苯偶氮水杨酸　*p*-Nitrophenylazosalicylic acid

结构式



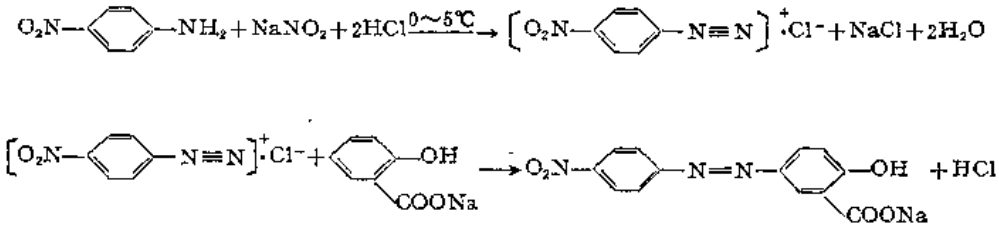
分子式　$C_{13}H_9N_3O_5$　　**分子量**　287.22

理化性质　橙棕色针状体，熔点253～257℃（分解），易溶于乙醇及稀碱溶液，难溶于水。

理化参数

1. 离解常数　水溶液　pK_{HL} 11.05
2. pH变色范围　水溶液（黄）10.1～12.1（红）

合成方法[1,2]



将对硝基苯胺加入水中，加盐酸并加热溶解，冷却至0～5℃，将亚硝酸钠溶液逐渐分次加入，温度不超过5℃，然后将重氮盐进行过滤。在搅拌下慢慢将重氮盐加入水杨酸钠中，加完后继续搅拌半小时，放置4小时，加热至沸，然后慢慢冷却，过滤即为粗品。

将粗品溶于沸水中，加活性炭及碳酸钠，煮沸10分钟，趁热过滤，在滤液中再加少量活性炭，通蒸汽至沸，冷却时析出结晶，滤出结晶即为成品。

用途　作为指示剂，用90%乙醇配成0.05%溶液。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 16, 247.

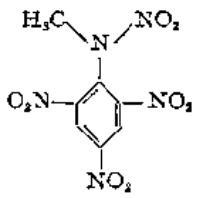
〔2〕 R. Meldola; *J. Chem. Soc.*, 47, 666, (1885).

N-甲基-*N*-2,4,6-四硝基苯胺　　Ⅱ-2(1)-0037

N-Methyl-*N*-2,4,6-tetranitroaniline

别名　甲基苦基硝胺　Methylpicrylnitramine

结构式



分子式 $C_7H_5N_5O_8$ **分子量** 287.15

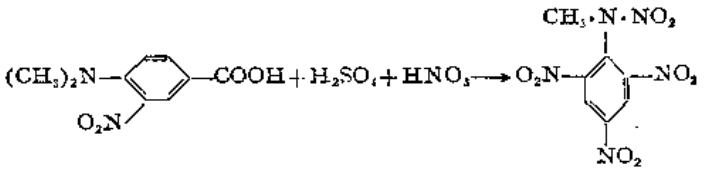
理化性质 浅黄色结晶，熔点127～129℃，不溶于水，微溶于乙醇中。

理化参数

1. 离解常数 水溶液 $pK_{dL}=11.9$
2. pH变色范围 水溶液 10.8～13.0

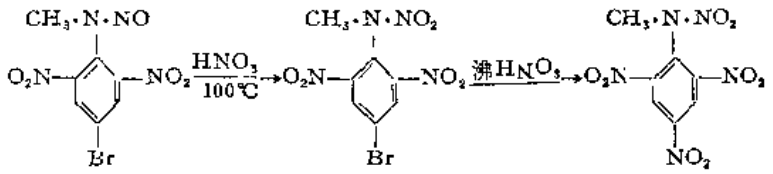
合成方法

方法一[1]



取5.5 g二甲氨基硝基苯甲酸，溶于25ml冷浓硫酸中，在5～10℃向其内加入10ml比重为1.52的硝酸，然后立即加热至45℃，冷却，放置24小时，倒入冷水中，将所得粗品用乙醇进行重结晶，纯品为黄色晶体，熔点129℃。

方法二[2]



取3 g 4-溴-2,6-二硝基苯基甲基亚硝胺，在回流下加25ml发烟硝酸，煮沸5.5小时，冷却所得溶液，倒入水中，收集黄色固体，用乙醇重结晶，熔点127℃。

用途 作酸碱指示剂使用时配成乙醇溶液。

参 考 文 献

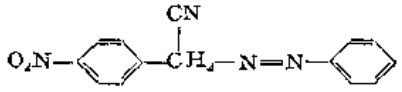
[1] F. Reverdin: *Ber.*, 40, 2446, (1907).

[2] G.R.Clemo, J.M.Smith: *J. Chem. Soc.*, 2422, (1929).

α-（苯基偶氮）-4-硝基苄氰 Ⅱ-2(1)-0038

α-(Phenylazo)-4-nitrobenzyl cyanide

结构式



分子式 $C_{14}H_{11}N_4O_2$ **分子量** 267.27

理化性质 熔点201℃。

理化参微

1. 离解常数

介质	水	乙醇			丙酮		
		25%	50%	75%	25%	50%	75%
pK	12.10	11.10	11.35	11.75	11.20	10.80	10.30

2. pH变色范围　水溶液（黄）11.5～12.50（紫）

合成方法[1]

1. 4-硝基苄氰的制备　在2.9 g苄基氰内滴加2.5ml94～98%硝酸，搅拌，温度控制在不高于30℃，加完后再继续搅拌30分钟，将此混合物加入50ml水中并用碱中和，过滤，中间体4-硝基苄氰用乙醇重结晶，熔点116℃，产率1.4 g。

2. α-(苯基偶氮)-4-硝基苄氰的制备　将0.93 g苯胺溶于25ml1*M*盐酸及5ml水中，滴加0.69 g亚硝酸钠的饱和水溶液，将重氮盐溶液过滤，加入1.62 g 4-硝基苄氰先溶于110ml乙醇中的溶液，然后用1*M*氢氧化钠溶液中和，过滤，结晶在100℃干燥，产率0.6g，熔点201℃。

用途　用96%乙醇配成0.1%溶液，使用时每25～30ml被滴定溶液中加此指示剂溶液约10滴。

参 考 文 献

[1] L.Legradi; *Talanta*, 17, 161, (1970).

第二节　金属指示剂

本节收集了88种较为常见或是最近提出的金属指示剂。表中各种常数介质的溶剂，除非另有说明，否则均为水溶液，离子强度（μ）以摩尔浓度（*M*）表示。→0表示外推至离子强度为零的常数值；0.1*M*表示离子强度以所加1-1价惰性介质浓度为0.1mol/l；0.1*M*$NaClO_4$表示保持0.1mol/l $NaClO_4$的浓度。

酸的离解常数为

$$H_nL \rightleftharpoons H^+ + H_{n-1}L^- \qquad K_{a_1} = \frac{[H^+][H_{n-1}L^-]}{[H_nL]}$$

$$H_{n-1}L^- \rightleftharpoons H^+ + H_{n-2}L^{2-} \qquad K_{a_2} = \frac{[H^+][H_{n-2}L^{2-}]}{[H_{n-1}L^-]}$$

$$\vdots$$

$$H_{n-(n-1)}L^{(n-1)-} \rightleftharpoons H^+ + H_{n-n}L^{n-} \qquad K_{a_n} = \frac{[H^+][H_{n-n}L^{n-}]}{[H_{n-(n-1)}L^{(n-1)-}]}$$

例如水杨酸，是二元酸，以H_2L表示，则其离解常数的数学式为：

$$H_2L \rightleftharpoons H^+ + HL^- \qquad K_{a_1} = \frac{[H^+][HL^-]}{[H_2L]} = 10^{-3.0} \qquad pK_{a_1} = 3.0$$

$$HL^- \rightleftharpoons H^+ + L^{2-} \qquad K_{a_2} = \frac{[H^+][L^-]}{[HL^-]} = 10^{-13.6} \qquad pK_{a_2} = 13.6$$

酸效应系数α是络合剂总浓度$[L]_{总}$和络合剂有效浓度$[L^-]$的比值，其数学式为

$$\alpha = \frac{[L]_{总}}{[L^-]}$$

α与络合剂逐级离解常数和溶液酸度的关系式为

一元酸　$\alpha = 1 + \frac{[H^+]}{K_{a_1}}$

二元酸 $\alpha = 1 + \frac{[H^+]}{K_{a_2}} + \frac{[H^+]^2}{K_{a_2}K_{a_1}}$

三元酸 $\alpha = 1 + \frac{[H^+]}{K_{a_3}} + \frac{[H^+]^2}{K_{a_3}K_{a_2}} + \frac{[H^+]^3}{K_{a_3}K_{a_2}K_{a_1}}$

$\vdots$ $\vdots$

六元酸 $\alpha = 1 + \frac{[H^+]}{K_{a_6}} + \frac{[H^+]^2}{K_{a_6}K_{a_5}} + \frac{[H^+]^3}{K_{a_6}K_{a_5}K_{a_4}} + \frac{[H^+]^4}{K_{a_6}K_{a_5}K_{a_4}K_{a_3}} + \frac{[H^+]^5}{K_{a_6}K_{a_5}\cdots K_{a_2}} + \frac{[H^+]^6}{K_{a_6}K_{a_5}\cdots K_{a_1}}$

因此，根据指定的pH和络合剂的离解常数便可以计算出该络合剂在某酸度条件下的酸效应系数。由于该数值较大，故常以其对数值$\lg\alpha$表示。

络合物形成常数一般以逐级形成常数的对数值表示，即 $\lg K_1$，$\lg K_2$，……表示。例如：

$$M^{2+} + L^- \rightleftharpoons ML^+ \qquad K_1 = \frac{[ML^+]}{[M^{2+}][L^-]}$$

$$ML^+ + L^- \rightleftharpoons ML_2 \qquad K_{a_2} = \frac{[ML_2]}{[ML^+][L^-]}$$

但有的数值仅有积累形成常数，则以β表示，例如β_2，β_3分别表示络合物的第二级和第三级的积累形成常数。积累形成常数与逐级形成常数的关系式为

$$\beta_1 = K_1 \qquad \lg\beta_1 = \lg K_1$$

$$\beta_2 = K_1 \cdot K_2 \qquad \lg\beta_2 = \lg K_1 + \lg K_2$$

$$\beta_3 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \qquad \lg\beta_3 = \lg K_1 + \lg K_2 + \lg K_3$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$\beta_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdots\cdots K_n \qquad \lg\beta_n = \lg K_1 + \lg K_2 + \lg K_3 + \cdots \lg K_n$$

也有的地方以$K_{2,1}$或$\beta_{2,1}$表示，它们分别表示金属离子和试剂以2:1络合的第二级逐级形成常数或第二级积累形成常数。

指示剂颜色转变点的pM值是指：形成络合物ML(1:1)的颜色与指示剂阴离子L的颜色不同，当[ML]=[L]时，可观察到溶液颜色的变化，此时溶液中残留的金属离子的浓度负对数称为pM值。例如

$$M + L \rightleftharpoons ML \qquad K_{ML} = \frac{[ML]}{[M][L]}$$

$$\lg K_{ML} = \lg\frac{[ML]}{[L]} - \lg[M]$$

因 [ML]=[L] 则

$$pM = -\lg[M] = \lg K_{ML}$$

此式表明，颜色转变点的pM值等于指示剂与金属离子络合物稳定常数的对数。它是衡量指示剂灵敏度的标志，pM值越大，指示剂的灵敏度越高。

若考虑到指示剂酸效应的影响，则

$$pM = \lg K_{ML} - \lg\alpha = \lg K_{ML}'$$

式中$\lg\alpha$为指示剂酸效应系数的对数值；$\lg K_{ML}$和$\lg K_{ML}'$分别表示络合的绝对稳定常数和条

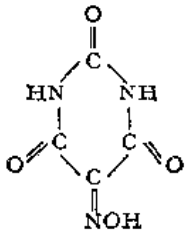
件稳定常数的对数值。如果尚有其他配位体对金属离子的影响以及络合比不是1:1而是1:2或1:n，则pM值还需进一步校正，这里不再赘述。颜色转变点pM值是相对于试剂浓度为$10^{-5}M$。

紫尿酸　　Ⅰ-2(2)-0001

Violuric acid

别名　5-肟基巴比土酸　5-Oximidobarbituric acid；四氧嘧啶肟 Tetraoxopyrimidine Oxime

结构式



分子式　$C_4H_3N_3O_4$　　**分子量**　157.09

理化性质　斜方形晶体，微溶于水，水溶液呈紫色，溶于醇。熔点240～241℃（分解）。

理化参数

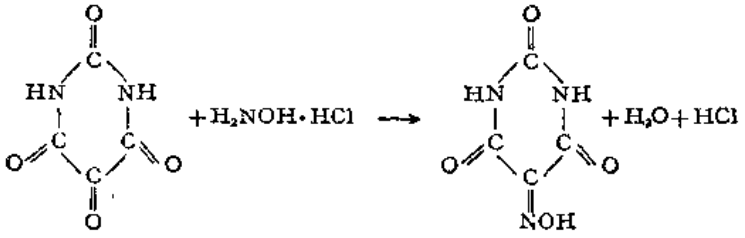
1. 离解常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	4.6	10.1	13.5	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	25.2	22.2	19.2	16.6	13.7	11.6	9.6	7.6	5.6	3.9	2.6	1.5	0.62	0.12

合成方法[1]



将8.4 g四氧嘧啶溶于15ml水中，在其中加入4.2 g溶于15ml水的$NH_2OH\cdot HCl$溶液。将混合物煮沸2～4分钟，在室温下放置冷却。析出的紫尿酸滤出。用少量冷水洗两次。产量约6.7 g。熔点为244～245℃。

用途　用于络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH5～8，醋酸盐缓冲液，终点橙至紫蓝[1]

参 考 文 献

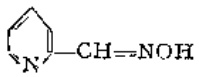
〔1〕 П.П.Солодовников: ЖАХ, 18(8), 1026, (1963).

2-醛肟吡啶　　Ⅰ-2(2)-0002

2-Pyridine oldoxime

别名　吡啶醛肟　Picolinaldehyde axime

结构式



分子式　$C_6H_6N_2O$　　**分子量**　122.13

理化性质　白色针状结晶，溶于水和乙醇，熔点113.5℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）24℃；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	3.5	10.2	—

2. 酸效应系数

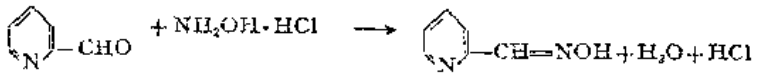
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	11.7	9.71	7.82	6.32	5.22	4.20	3.30	2.20	1.23	0.41

3. 络合物形成常数〔温度（t）24℃，离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.2	9.6	10.8	9.4	11.4	6.5	5.2①	8.1	5.5
lgK_2	4.4	8.7	6.0	8.0	10.3	5.7	3.9①	6.2	5.3
lgK_3				5.1	8.4			5.0	

① 温度（t）25℃，离子强度（μ）0.3M $NaClO_4$。

合成方法[1]



取一定摩尔数的盐酸羟胺，溶于少量水中，在冷却下用20%氢氧化钠溶液中和至中性后，再加适量的氢氧化钠溶液，以便缩合时保持溶液为碱性。在冷却和搅拌下滴加等摩尔数的2-吡啶甲醛。滴加完毕后继续搅拌30分钟，滤出结晶，即为粗品。

提纯方法[1]

将粗制品用水反复重结晶可得白色针状结晶。熔点113.5℃。

用途　用于络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Fe^{2+}	pH5，50～70℃，终点微黄绿至粉红

参 考 文 献

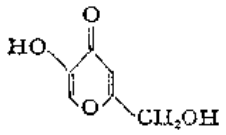
〔1〕 Georg Lénart: *Ber.*, 47,809,(1914).

曲 酸 Ⅱ-2(2)-0003

Kojic acid

别名 5-羟基-2-羟甲基-4H-吡喃-4-酮 5-Hydroxy-2-hydroxymethyl-4H-pyran-4-one

结构式



分子式 $C_6H_6O_4$ **分子量** 142.11

理化性质 从丙酮中结晶得柱状晶体。易溶于水，醇，微溶于醚，不溶于苯。熔点152℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L^-
pK	7.75	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	6.75	5.75	4.75	3.75	2.75	1.76	0.82	0.19

3. 络合物形成常数〔温度（t）20～23℃；离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Al^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	La^{3+}
lgK_1	7.7	2.5	4.6	6.6	5.7①	5.7①	5.4①	9.2	5.5①	5.1①
lgK_2	6.5	—	—	5.2	5.4①	5.7①	5.1①	8.0	5.2①	4.2①
lgK_3	5.3	—	—	—	—	—	—	7.2	—	—

金属离子	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Tm^{3+}	U^{4+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	6.2①	2.9②	4.0②	4.9	5.2①	5.4①	6.0①	4.9③	7.2④	5.4①	4.9
lgK_2	5.6①	2.2②	2.8②	3.8	4.6①	5.2①	5.6①	—	5.5④	5.4①	4.2
lgK_3	—	—	—	—	—	—	—	—	3.4④	—	—

① t=25℃, μ=2.0M $NaClO_4$; ② t=25℃, μ=0.1M KNO_3; ③ t=18～22℃, μ=1M $NaNO_3$; ④ t=20℃, μ=0.1M KNO_3

合成方法[1]

每升中含有200 g葡萄糖，1.125 g硝酸铵，0.054 g磷酸，0.1 g氯化钾和0.5 g硫酸镁的培养基，在灭菌前将其pH调至3.6，在72℃放置48～72小时，将产生曲酸的黄曲霉菌株接种在其中。该培养基应含有10～25%的糖类以供发酵。接种操作在25～32℃，pH2～5时进行。在搅拌下通入空气，通气速度为每分钟每体积发酵介质内通入空气0.5～1.5体积。每升

溶液可得液曲酸50 g。

用途 用于络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Fe^{3+}	pH2,氯乙酸缓冲液，次甲基蓝作屏蔽，终点红至绿[2]

参考文献

[1] C.A.54,11372e,(1960).

[2] L. Sommer, Z. Kolarik; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 21,1645,(1956).

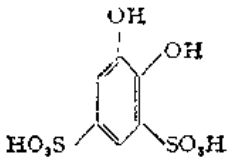
钛铁试剂

Ⅱ-2(2)-0004

Tiron

别名 儿茶酚二磺酸 Catecholdisulphonic acid; 1，2-二羟基苯-3，5-二磺酸 1，2-Dihydroxybenzene-3,5-disulphonic acid

结构式



分子式 $C_6H_6O_8S_2$ **分子量** 270.23

理化性质 无色结晶粉末，溶于水，不溶于非极性溶剂，在各种pH值下，其水溶液均无色。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）20～22℃；离子强度（μ）0.1MKCl]

		H_3L^{3-}	L^{4-}
pK	7.7	--	--

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	[illegible]	11	12	13
lgα	18.3	16.8	14.3	12.8	10.3	8.31	6.38	4.78	3.82	2.60	1.6[illegible]	[illegible]	0.15

3. 络合物形成常数[温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1MKCl]

金属离子	Al^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Hf^{4+}
lgK_1	19.0①	4.1	12.88	5.8	7.69②	8.19②	12.8②	20.7	5.24①	2.47
lgK_2	12.1①	—	9.37	—	5.3②	6.22②	11.0②	15.2	—	—
lgK_3	2.4①	—	—	—	—	—	—	11.0	—	66.9 (lgβ_3)

金属离子	In^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sr^{2+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	8.75	6.86	8.6③	8.56②	11.59②	4.55③	15.9③	16.74③	9.0②	24.15②
lgK_2	—	—	6.8③	6.34②	6.83②	—	—	14.20③	7.91②	—

① t=25℃, $\mu\to0$; ② t=25℃, μ=1MNaClO$_4$; ③ t=25℃, μ=0.1M KNO$_3$

合成方法[1-3] 将邻苯二酚及硫酸搅拌至完全溶解后，冷至25℃以下，加发烟硫酸，在水浴上加热至固体状态，再继续保温四小时，最后将其慢慢加入水中，加入活性炭并煮沸，过滤。滤液中加入碳酸钡，过滤，滤液中加入碳酸钠，过滤，将滤液减压浓缩，冷却，过滤除去氯化钠，再将滤液浓缩，结晶在80℃干燥。

另一方法是将6 g 氢氧化钠溶于2 g 水中，加5 g 6-溴-2,4-二磺酸苯酚的二钠盐，在100～120℃加热15分钟，用盐酸酸化即得产品。产率为80%（二钠盐）。

提纯方法[4] 钛铁试剂粗制品可用热水重结晶。试剂的纯度用测量水溶液摩尔吸光度的方法进行确定。在pH＝10.8，λ_{max}＝260nm，$\varepsilon=6.99\times10^3$即可。

用途 用于络合滴定指示剂，配成2％水溶液。

金属离子	方法提要
Fe^{3+}	pH2～3，醋酸盐缓冲液，温热，终点从蓝至无色或黄[5,6]

参考文献

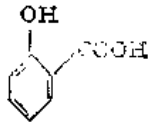
〔1〕 *J. P.* 4327.(1952).
〔2〕 *C. A.* 48,5215e.(1954).
〔3〕 J. Pollak and E. Gebauer: *Monatsh. Chem.*, 47,112.(1926).
〔4〕 H. Hamaguchi, N. Onuma, R. Kuroda and R. Sugishta: *Anal. Chim. Acta*, 9,563.(1962).
〔5〕 K. L. Cheng, R. H. Bray, T. Kurtz: *Anal. Chem.*, 25,347.(1953).
〔6〕 G. Schwarzenbach, H. Flaschka: "Die Komplexometrische Titration", Fünfte Auflage, Ferdinand Euke, Stutlgart, p. 191,1965.

水杨酸 Ⅱ-2(2)-0005

Salicylic acid

别名 2-羟基苯甲酸 2-Hydroxybenzoic acid

结构式



分子式 $C_7H_6O_3$ **分子量** 138.12

理化性质 白色结晶粉末，见光变暗。溶于醇和醚，微溶于水，水溶液为无色液体。76℃升华。

理化常数

1. 离解常数〔温度（t）20℃，离子强度（μ）0.1～0.15MKCl〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.0	13.6	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	14.6	12.6	10.9	9.90	8.60	7.60	6.60	5.50	4.60	3.60	2.60	1.61	0.70	0.15

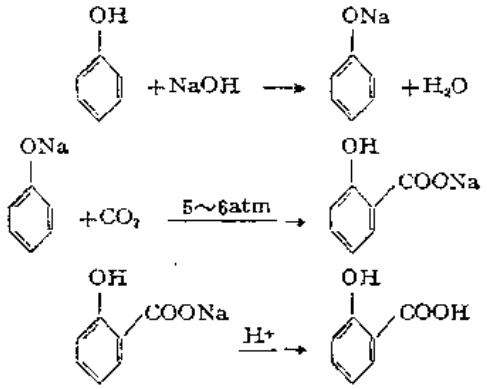
3. 络合物形成常数〔温度（t）20℃，离子强度（μ）0.1～0.15MKCl〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	La^{3+}	Mn^{2+}
$\lg K_1$	14.11①	12.51②	5.6	2.63③	6.72	10.60	6.55	16.48④	2.64③	5.9
$\lg K_2$	—	9.65②	—	—	4.70	7.85	4.70	11.68④	—	3.9
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	—	8.68④	—	—

金属离子	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pr^{3+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	2.7③	6.95	2.7③	4.25⑤	12.08②	13.38⑥	6.85
$\lg K_2$	—	4.80	—	3.35⑤	8.75②	—	—
$\lg K_3$	—	—	—	2.45⑥	—	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	1.55⑤	—	—	—

① $t=26\sim28℃$, $\mu\to0$; ② $t=20℃$, $\mu=0.1M$ KNO_3; ③ $t=30℃$, $\mu=0.1M$ KCl, ④ $t=18℃$, $\mu=0.25M$; ⑤ $t=25℃$, $\mu=0.1M$ $NaClO_4$; ⑥ $t=25℃$, $\mu=0.1M$ KNO_3

合成方法[1,2]



将苯酚与50%氢氧化钠热溶液一起反应，加热至130℃，真空蒸干。反应物冷却至100℃，放入加压釜内，通入二氧化碳，压力为5～6atm。在140～170℃保持12 小时，使反应 完全，真空蒸馏除去酚。加压羧化一小时后，按以上条件再回收苯酚。将固状物溶于水，加稀盐酸使水杨酸沉淀析出，过滤得粗制品。

提纯方法[3] 水杨酸的粗品可用热水、无水甲醇或环已烷重结晶，也可在氮气流中升华。

用途 用于络合滴定指示剂，配成2 %甲醇溶液。

金 属 离 子	方 法 提 要
Fe^{3+}	pH1.8～3,醋酸盐缓冲液，温热，终点由红到无色或黄[4,5,7]
Ti^{4+}	pH2～3,醋酸盐缓冲液，加入过氧化氢，Fe^{3+},终点从紫到无色[6]

参 考 文 献

〔1〕 Kirk Othmer, :"Encyclopedia of Chemical technology",Second Edition, John Wiley and Sons, Inc. Vol. 17,p. 721～742,1968.

〔2〕 医药产品生产工艺汇编，第一集，p.100～101,(1966)。

〔3〕 D. D. Perrin:"Purification of Laboritory Chemicals",Pergamon Press Ltd., 255,1976.

〔4〕 K. L. Cheng, T. Kurtz. R. H. Bray:*Anal. Chem.*, 24,1640, (1952); 25,347,(1953).

〔5〕 E. Körös, L. Barcza:*Chemist Analyst*, 48,69,(1959).

〔6〕 W. Lieber:*Z. Anal. Chem.*, 177,429(1960).

〔7〕 B. M. Desai, J. V. Parghi:*Curr. Sci.*, 46(6),557(1977);*Anal. Abstr.*, 34,6B 179,(1978).

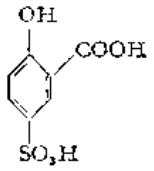
磺基水杨酸

Ⅱ-2(2)-0005

Sulphosalicylic acid

别名 2-羟基-5-磺基苯甲酸 2-Hydroxy-5-sulphobenzoic acid

结构式



分子式 $C_7H_6O_6S$ **分子量** 218.18

理化性质 白色结晶粉末，易溶于水，水溶液为无色液体。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.51	11.72	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	12.2	10.3	8.83	7.73	6.72	5.72	4.72	3.72	2.72	1.73	0.80	0.18

3．络合物形成常数〔温度（t）20℃，离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
lgK_1	13.2①	11.5①	16.7②	6.83	6.13①	9.56①	9.50③	8.29	8.15	7.67
lgK_2	9.63①	8.87①	12.4②	5.57	3.69①	—	6.80③	6.60	6.30	6.03
lgK_3	6.06①	—	—	—	—	—	—	—	—	—
金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	Lu^{3+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pr^{3+}
lgK_1	5.90③	14.6④	7.60	7.58	8.40	8.43	5.25⑤	7.39	6.42①	7.08
lgK_2	4.00③	10.5④	6.10	6.07	6.75	7.03	3.40⑤	5.62	3.82①	5.61
lgK_3	—	6.94④	—	—	—	—	—	—	—	—
金属离子	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Tb^{3+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	
lgK_1	3.96⑥	7.65	8.42	12.4⑦	8.34	11.1①	11.7⑦	8.35	6.05③	
lgK_2	—	593	6.19	—	6.61	8.06	—	6.81	4.60③	

① t=25℃，μ=0.1M $NaClO_4$；② t=15℃，μ=0.25；③ t=20℃，μ=0.10～0.15M KCl；④ t=18℃，μ=0.25；⑤ t=25℃，μ=0.1M KCl；⑥ t=18～20℃，μ=0.01M HNO_3；⑦ t=25℃，μ=0.1M KNO_3

合成方法[1] 在小烧杯中加入10 g水杨酸和50 g浓硫酸（约20ml），置于铁丝网上，徐徐加热半小时，冷却后，过滤，得粗品。

提纯方法[1] 将粗品放入烧杯中，加入饱和氯化钠溶液，充分搅拌以洗去不纯物，过滤，反复用饱和氯化钠溶液洗至成无色结晶，即为产品。

用途 用于络合滴定指示剂，配成1～2%水溶液。

金属离子	方法提要
Fe^{3+}	pH1.5～3,乙酸盐缓冲液，温热，终点由红紫至无色或黄[2~6,7,8]
Tl^{3+}	pH2.6,加Fe^{3+},终点由红紫至无色[6]

参考文献

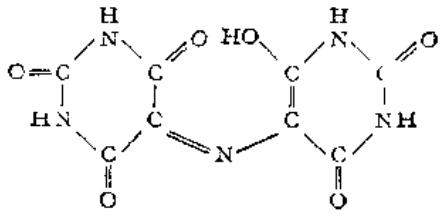
〔1〕 *Chem. Abstr.*, 57, 14994 b.(1962).
〔2〕 H. Flaschka; *Mikrochemie ver. Mikrochim. Acta*, 39, 38,(1952).
〔3〕 E. Körös and L. Barcza; *Chemist, Analyst*, 48, 69,(1959).
〔4〕 M. I. Rozenberg; Zavod. Lab. 24, 1060,(1958); *Cf. Chem. Abstr.* 54, 13954,(1960).
〔5〕 A. A. Bashkirtseva and E. M. Yakimets; *Trudy Ural Politekh.*, 117,(1960); *Cf. Chem. Abstr.*, 56, 4092,(1962).
〔6〕 R. C Aggarwal and A. K. Srivastava; *Bull. Soc. Chem. Japan*, 39, 2178(1966); *Cf. Chem. Abstr.*, 66, 8068(1967).
〔7〕 B. M. Desai, J. V. Parghi; *Indian, J. Chem. Sect. A.*, 15(2), 1119, (1977); *Anal. Abstr.*, 35, 5B 138,(1978).
〔8〕 抚顺钢厂研究所综合分析室：分析化学，4(4)，299,(1976).

红紫酸铵　　Ⅱ-2(2)-0007

Murexide

别名　5,5′-次氮基二巴比土酸（铵盐）5,5′-Nitrilo-dibarbituric acid (ammonium salt)；MX

结构式



分子式　$C_8H_5N_5O_6$　　**分子量**　267.17

理化性质　带有绿色光泽的紫红色结晶粉末。不易溶于冷水和乙醇。较易溶于热水，水溶液呈紫色，在碱性溶液中呈深蓝色。

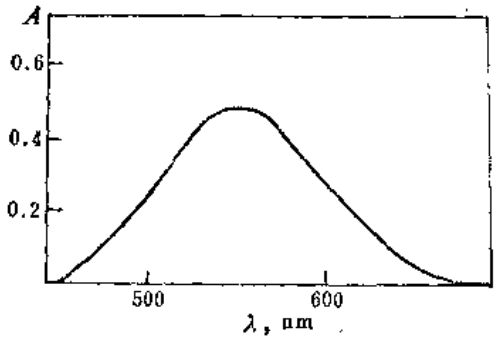
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	1.6	8.7	10.3	13.5	14～14.5	—
颜色	黄	紫蓝	蓝	—	—	—

2. 吸收光谱

在0.05M NaOH溶液中红紫酸铵的吸收光谱，λ_{max}为552nm。



3．酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	17.7	15.1	13.0	11.0	9.0	7.0	5.01	3.08	1.49	0.49	0.08

4．络合物形成常数〔温度（t）12℃；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

金属络合物	CaH_2L	CaH_3L	CaH_4L	CdH_2L	CeH_2L	CoH_2L	CuH_2L
lg$K$	6.0①	3.6	2.6	4.2①	3.65	2.46	15①
金属络合物	DyH_2L	ErH_2L	EuH_2L	GdH_2L	HoH_2L	InH_2L	LaH_2L
lg$K$	3.78	3.48	4.17	4.08	3.71	4.61	3.43
金属络合物	LuH_2L	NdH_2L	NiH_2L	PrH_2L	ScH_2L	SmH_2L	TbH_2L
lg$K$	3.45	4.04	3.36	3.78	4.50	4.20	3.95
金属络合物	TmH_2L	YH_2L	YbH_2L	$Zn(HL)_2$			
lg$K$	3.36	3.36	3.41	9.3①			

① t＝室温，μ＝0.1M

5．颜色转变点的pM值

pH		6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Ca^{2+}		2.6	2.8	3.4	4.0	4.6	5.0	5.0
	Cu^{2+}	6.4	8.2	10.2	12.2	13.6	15.8	17.9	—
	Ni^{2+}	4.6	5.2	6.2	7.8	9.3	10.3	11.3	—

合成方法[1,2,3] 在氨和脱水剂（如乙酸酐）存在下，用仲醇处理四氢嘧啶可得到红紫酸铵，且产率很高。不能用伯醇处理，因它能使之形成醛-氨。形成的这种混合物会使红紫酸铵分解。其制备方法如下：

称取100 g 四氢嘧啶，溶于2 l 异丙醇和 150ml 乙酸酐中，在沸腾的溶液中通入100 l 氨气，将溶液冷却，分离出固体，用乙醇洗涤，干燥，得92 g红紫酸铵。也可用双四氢吡啶与乙酸铵在沸腾的乙酸中进行合成。

提纯方法[1,2,3] 用水重结晶，可得具有金属光泽的绿色结晶（分析纯）。

用途 用于络合滴定指示剂，配成1%水溶液。

* 按三元酸计算，即K_{a_1}＝1.6，K_{a_2}＝8.7，K_{a_3}＝10.3。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH>10,NaOH溶液，含25%乙醇，终点从粉红至紫蓝[4~6]
Co^{2+}	pH8～10,氨缓冲液，终点从黄至紫蓝[7~10]
Cu^{2+}	pH4,乙酸盐缓冲液，终点由橙至红[11]
	pH7～8,氨缓冲液，终点由黄至紫蓝[7,12]
Mn^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由橙至红[11]
Ni^{2+}	pH8.5～11.5,氨缓冲液，终点由黄至红紫[7,13,14,21]
Sc^{3+}	pH2.6,HCl溶液，终点由黄至紫蓝[15,16]
	pH3～7.5,终点由黄至紫蓝[17]
Th^{4+}	pH2.5,终点由黄至粉红[18]
Zn^{2+}	pH8～9,氨缓冲液，终点由粉红至紫蓝[19,20]
	pH>11.5,一乙醇胺，终点由粉红至紫蓝

参 考 文 献

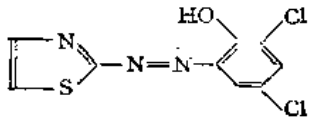
〔1〕 *DD* 17589; 19597
〔2〕 *Chem. Abstr.*, 55, 3630 e, (1961).
〔3〕 D. Davidson; *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1821, (1936).
〔4〕 G. Schwarzenbach, W. Biederman and F. Bangerter; *Helv. Chim. Acta*, 29, 811, (1946).
〔5〕 R. Belcher, R. A. Close and T. S. West; *Talanta*, 1, 238, (1958).
〔6〕 O. Weber and G Rady; *Periodica Polytech*, 7, 289, (1963); *Cf. Chem. Abstr.*, 61, 11305, (1964).
〔7〕 H. Flaschka; *Mikrochemie ver. Mikrochim. Acta*, 39, 38, (1952).
〔8〕 H. Flaschka and H. Abdine; *Chemist-Analyst*, 44, 30, (1955).
〔9〕 F. Wehber; *Z. Anal. Chem.*, 166, 186, (1959).
〔10〕 S. Misumi and T. Taketatsu; *Bull. Chem. Soc., Japan*, 32, 593(1959); *Cf. Chem. Abstr.*, 54, 6386, (1960).
〔11〕 I. M. Jurist and P. G. Shakhova; *Zavod. Lab.*, 25, 799, (1959); *Cf., Chem. Abstr.*, 53, 18745, (1959).
〔12〕 E. M. Yakimets and N. M. Chernavina; *Trudy Ural. Politekh. Inst.*, 57, 106, (1956); *Cf. Chem Abstr.*, 52, 18071, (1958).
〔13〕 S. W. F. Harris and T. R. Sweet; *Anal. Chem.*, 24, 1062, (1952).
〔14〕 I. I. Kalinichenko; *Zavod. Lab.*, 24, 266(1958); Cf., *Chem. Abstr.*, 54, 10665, (1960).
〔15〕 G. Beck; *Anal. Chim. Acta*, 1, 69, (1947).
〔16〕 B. S. Tsyvina and O. V. Konkova; *Zavod. Lab.*, 25, 1430, (1959); *Cf. Chem. Abstr.*, 54, 8460, (1960).
〔17〕 S. P. Sangal; *Microchem. J.* 9, 38, (1966).
〔18〕 S. P. Sangal and A. K. Dey; *Talanta*, 10, 1115, (1963).
〔19〕 J. S. Fritz, M. O. Fulda, S. L. Margerum and E. J. Lane; *Anal. Chim. Acta*, 10, 513, (1954).
〔20〕 A. A. Ashton; *Chemist-Analyst*, 52, 49, (1963).
〔21〕 唐山机车车辆厂检验科：理化检验，3，15，(1976)。

邻（2-噻唑偶氮）-2,4-二氯苯酚　　Ⅱ-2(2)-0008

O-(2-Thiazolylazo)-2,4-dichlorophenol

别名　TADC

结构式



分子式　$C_9H_5Cl_2N_3OS$　　**分子量**　274.12

理化性质 橙红色结晶粉末。不溶于水，溶于乙醇。熔点112～116℃（分解）。

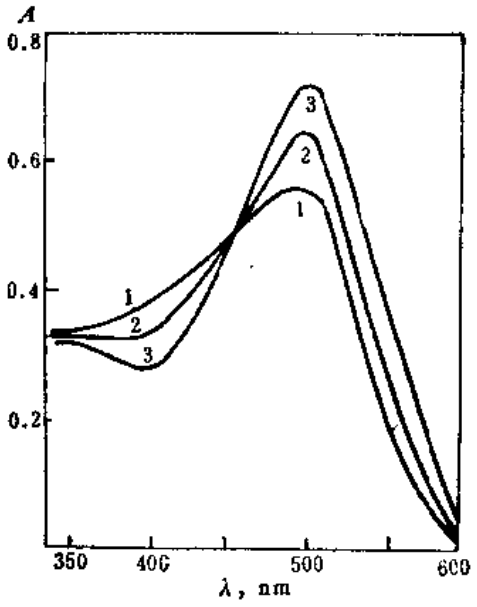
理化参数

1．离解常数*〔温度（t）室温；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	—	5.38	—

2．吸收光谱

TADC的浓度为$8\times10^{-5}M$的10%（V/V）1,4-二氧六环水溶液的吸收光谱。（1）pH 4.80；（2）pH5.50；（3）pH6.26。λ_{max}=500nm



3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.38	3.38	2.38	1.40	0.53	0.11	0.01

合成方法[1,2] 2-氨基噻唑15 g（0.15mol）溶于26ml浓硫酸和120ml水中，冷却至5℃以下，慢慢加入含有10.5 g亚硝酸钠的水溶液100ml，约30分钟加完，放置备用。另取24.5 g 2,4-二氯苯酚溶于50ml乙醇中，慢慢加入上述重氮盐，混合液于5℃以下放置30分钟，加入50ml冰水。分离沉淀，得粗品。

提纯方法 热乙醇反复重结晶，产率18%。

用途 用于络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Hg^{2+}	pH3.8～5，柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液，终点由深紫蓝至橙或淡红橙[1]

* 介质为10%（V/V）1,4-二氧六环水溶液。

参 考 文 献

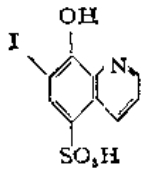
[1] F. Kai: *Bull. Chem. Soc. Japan*, 43, 759, (1970).
[2] 川越灵: 分析化学(日), 11(6), 621, (1962).

高 铁 试 剂 Ⅰ-2(2)-0009

Ferron

别名 7-碘-8-羟基喹啉-5-磺酸 7-Iodo-8-hydroxy-quinoline-5-sulphonic acid

结构式



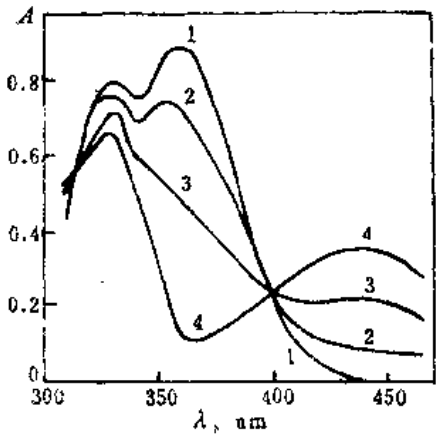
分子式 $C_9H_6INO_4S$ **分子量** 351.11

理化性质 黄色结晶粉末。微溶于水和乙醇，不溶于醚。熔点260～270℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1MKCl]

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	2.50	7.40	—



2. 吸收光谱

高铁试剂的浓度为$2.6\times10^{-4}M$

（1）pH<1；（2）pH2.00

（3）pH2.45；（4）pH4～5。λ_{max}=330nm或360nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	7.9[illegible]	6.02	4.52	3.41	2.40	1.42	0.55	0.10	0.01

4. 络合物形成常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1MKCl]

金属离子	Al^{3+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	7.6	1.9①	3.0②	7.0①	7.3	11.8①	8.9	3.8②	5.3	9.0
$\lg K_2$	7.1	—	—	4.4①	6.3	9.3①	8.4	2.4②	4.3	8.0
$\lg K_3$	5.6	—	—	—	5.0	—	7.9	—	—	—

金属离子	Pb^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	8.2①	2.4①	7.1
$\lg K_2$	—	—	6.1

① t 及 μ 没标明；② $t=25℃$，$\mu\to0$

合成方法[1,2] 将100 g 8-羟基喹啉在不断搅拌下分次加入盛有160ml发烟硫酸（20%SO_3）的烧瓶内，同时在瓶外用冰水冷却，使温度不超过45～50℃。在所有的8-羟基喹啉加完后，温度仍保持在50℃左右。将烧瓶移出冰浴，搅拌至温度降至30℃，8-羟基喹啉全部溶解为止。将300ml水在不断搅拌下分三次加入混合物中。第一次加入时温度升至90℃，第二次加入时温度为120℃，第三次加入后，使混度降至70℃，溶液中开始析出晶体，温度降至35℃时，大量晶体析出，然后在搅拌下加入1000ml水，使晶体与溶液分离，结晶用水洗至无硫酸根，过滤，抽干，以乙醇洗涤，干燥（以8-羟基喹啉计算产率近100%）。

将15 g氢氧化钠溶于60ml水中，然后加入100 g 8-羟基喹啉-5-磺酸，充分搅拌。边搅拌边加入碘化钾溶液（140 g溶于125ml水中），再加入1800ml次氯酸钠溶液（4%有效氯），充分搅拌和摇动。注意在反应已趋完全时不要再多加次氯酸钠。当次氯酸钠加完后，混合物呈黄绿色，放置30分钟。然后用60～80 g亚硫酸氢钠去破坏过量的次氯酸钠，用200～300 mlHCl(1:1)将溶液的pH调至1，此时则得到高铁试剂粗品，抽滤，先用水洗涤，再用乙醇洗，粗品可用浓硫酸精制。产率为85～87%。

用途 用于络合滴定指示剂，配成7%丙酮溶液。

金属离子	方法提要
Fe^{3+}	pH2～3，终点从绿至无色或黄[3]

参考文献

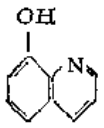
〔1〕 A. L. Coll, and G. R. Coll; *Affinidad*, 28: 163, (1951).
〔2〕 *B. P.*, 329, 888.
〔3〕 G. D. Bettignies; *Bull., Soc. Chim france*, 1335, (1956).

8-羟基喹啉 Ⅱ-2(2)-0910

8-Hydroxy quinoline

别名 喔星 Oxine

结构式



分子式 C_9H_7NO **分子量** 145.16

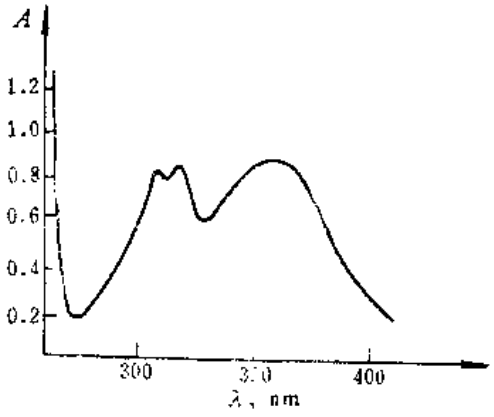
理化性质 白色或淡黄色晶体或结晶性粉末。熔点75～76℃（分解）。不溶于水，易溶于乙醇，苯，三氯甲烷，丙酮和稀酸。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.5M NaCl〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	5.0	9.9	—

2．吸收光谱



80ppm的8-羟基喹啉于0.5M H_3PO_4溶液中的吸收光谱。λ_{max}=318nm或365nm

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	12.9	10.9	8.90	6.90	5.20	3.94	2.90	1.90	0.45	0.25

4．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Ag^+	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}
lgK_1	5.20	2.07①	3.36	3.27①	7.2②	9.1②	12.2②	8.0②	12.3②	14.5③
lgK_2	4.36	—	—	—	6.2②	8.1②	11.2②	7.0②	11.3②	13.5③
lgK_3	—	—	—	—	—	—	—	—	10.3②	12.5③

金属离子	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	12.0	4.7①	6.8②	9.9②	9.0④	6.84	2.89	10.45	11.3	11.0	8.52
lgK_2	11.9	—	5.8②	8.8②	—	—	0.3	9.95	9.6	9.2	7.32
lgK_3	11.4	—	—	—	—	19.5 (lgβ_3)	—	9.45	—	—	—
lgK_4	—	—	—	—	—	—	—	8.95	—	—	—
lgK_5	—	—	—	—	—	—	—	3.5	—	—	—

① t=20℃，$\mu\to0$；② t=20℃，μ=0.01；③ t=20℃，μ=0.1M $NaClO_4$；④ t=25℃，$\mu\to0$

合成方法[1,2] 将88g邻氨基苯酚，45g邻硝基苯酚，200g甘油（预先干燥），45ml冰乙酸放入圆底烧瓶中，混匀。在混和物中分次加入120ml浓硫酸，每次加入后均要摇匀，而且烧瓶外需用冷水冷却。装上冷凝管，将温合物加热至开始沸腾为止。蒸出未反应的邻氨基苯酚（约75ml，可再用）。然后在油浴上（145℃）回流8小时，用水蒸汽蒸馏的方法除去未反

应的邻硝基苯酚。冷却，用氢氧化钠溶液中和，并以水蒸汽蒸馏的方法回收产品。产率按邻氨基苯酚计算约90～98%。

用途 用于络合滴定指示剂，配成0.05%的0.5%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cd^{2+}	pH8.5～10，含35～70%1,4-二氧六环或乙醇[5]
Cu^{2+}	pH5～6.5，含35～70%1,4-二氧六环或乙醇，次甲基蓝[6]
Fe^{3+}	pH2～2.2，乙酸盐缓冲液，终点由暗绿到无色或黄[4]
	pH2～4，35～70%1,4-二氧六环或乙醇[5]
Mn^{2+}	pH8～10，35～70%1,4-二氧六环或乙醇[6]
Ni^{2+}	pH5.5～6.5，35～70%1,4-二氧六环或乙醇[3]
Pb^{2+}	pH9～10，35～70%1,4-二氧六环或乙醇[5]
Zn^{2+}	pH5.5～9.5，35～70%1,4-二氧六环或乙醇[3]

参考文献

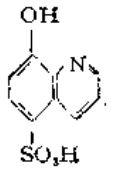
[1] A. Das and S. L. Mukherjee; *Sci. Cult.*, 16, 47[illegible] (1951).
[2] K. Bedall and O. Fisher; *Ber.*, 14, 442, 1366, (1881); *Ber.*, 15, 684(1882).
[3] A. C. Spinola Costa; *Anais assoc. brasil. quim.*, 19, 21, (1960); *Chem. Abstr.*, 55, 13164, (1961).
[4] A. Szepesy and L. Barcza; *Acta Pharm. Hung.*, 28, 149, (1958); *Chem. Abstr.*, 52, 15337, (1958).

8-羟基喹啉-5-磺酸

8-Hydroxyquinoline-5-Sulphonic acid

别名 HQS

结构式



分子式 $C_9H_7NO_4S$ **分子量** 225.22

理化性质 浅黄色针状结晶或粉末。微溶于水和乙醇，不溶于醚。加热至213℃分解。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$]

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.88	8.43	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lg\alpha$	10.3	8.31	6.38	4.68	3.46	2.43	1.45	0.57	0.10	0.01

3. 络合物形成常数[温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1M KNO_3]

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Er^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}
$\lg K_1$	2.31①	3.52①	7.70	6.1①	8.11	11.0②	11.9	7.16①	8.4[illegible]	11.6
$\lg K_2$	—	—	6.50	5.0①	6.95	10.1②	10.0	6.18①	6.7[illegible]	11.2

$\lg K_3$	—	—	—	3.9①	5.36	—	—	5.22	—	—
金属离子	Gd^{3+}	La^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}
$\lg K_1$	6.64①	5.63①	4.06	5.65	6.3①	9.02	8.53①	6.2①	6.58②	2.75①
$\lg K_2$	5.73①	4.50①	3.57	5.05	5.3①	7.75	7.60①	5.2①	5.70①	
$\lg K_3$	4.90①	3.70①	—	—	4.4①	6.16	—	4.3②	4.76②	

金属离子	Th^{4+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	9.56	8.52	11.8	7.54
$\lg K_2$	8.73	7.16	—	6.78
$\lg K_3$	7.62	—	—	—
$\lg K_4$	6.12	—	—	—

① $t=25℃$, $\mu\to0$; ② $t=30℃$, $\mu=0.1M$KCl; ③ $t=20℃$, $\mu=0.01$

合成方法[1] 100 g 8-羟基喹啉在不断搅拌下分数次加入盛有160ml发烟硫酸（20% SO_3）的烧瓶内，瓶外用冰浴冷却以免温度超过45～50℃。8-羟基喹啉加完后仍需将温度保持在50℃左右，不断搅拌，使8-羟基喹啉全部溶解为止。取下烧瓶外冰浴，分三次共加入300ml水，边加边搅拌，第一次加入时温度升至90℃，第二次加入水时温度升至120℃，第三次加入水后使温度降至70℃，溶液中开始析出结晶，温度降至35℃时晶体大量形成，然后在搅拌下加入1000ml水使晶体分离，结晶用水洗至无硫酸根，过滤，抽干，以乙醇洗涤，干燥（以8-羟基喹啉计算，产率近100%）。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Zn^{2+}	pH 10，氨缓冲液，终点由黄变金黄

参考文献

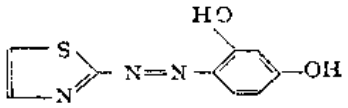
〔1〕 A. L. Coll and G. R. Coll: *Affinidad*, 28, 163, (1951).

4-(2-噻唑偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0012

4-(2-Thiazolylazo)-resorcinol

别名 TAR

结构式



分子式 $C_9H_7N_3O_2S$ **分子量** 221.24

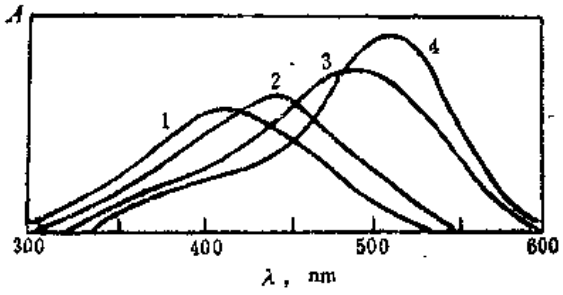
理化性质 棕色粉末。不溶于水，溶于乙醇。

理化参数

1.离解常数〔温度（t）18～22℃；离子强度（μ）0.1MNaClO$_4$〕

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{3-}
pK	1.0	6.2	9.8	——
颜色	-	黄	橙	红

2. 吸收光谱



TAR在不同pH值的吸收光谱，（1）pH1.04；（2）pH6.17，λ_{max}= 440nm；（3）pH 9.97；（4）pH11.96；λ_{max}=515nm

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	14.0	12.0	10.0	8.00	6.03	4.21	2.86	1.81	0.86	0.21	0.03

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$，50%甲醇〕

金属离子	$BiHL^{2+}$	$CaHL^+$	$CdHL^+$	$Cd(HL)_2$	$CrHL^{2+}$	$CuHL^+$	CuL
lg$K$	13.1①	3.5	6.96①	16.0	10	11.6①	13.6①
金属离子	$Fe(HL)_2$	$GaHL^{2+}$	$Mn(HL)_2$	$PbHL^+$	$PbHL^+$	$ScHL^{2+}$	$Sc(HL)_2^+$
lg$K$	21.6	12.0	13.1	8.34①	9.7	10.4	20.3
金属离子	$TiOHL$	$TlHL^{2+}$	UO_2L	UO_2HL^+	$VOHL^+$	$VO(HL)_2$	$ZnHL^+$
lg$K$	13.0	12.0	11.4①	9.8①	11.2	21.0	7.19①
金属离子	$Zn(HL)_2$	$ZrOHL^+$					
lg$K$	17.2	13.0					

① t=18～22℃，μ=0.1M $NaClO_4$

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8
pM	Bi^{3+}	7.6	8.9	9.9	10.9	11.9	12.7	13.0	
	Cd^{2+}	1.5	2.8	3.8	4.8	5.8	6.6	7.0	
	Pb^{2+}	2.8	4.1	5.1	6.1	7.1	7.9	8.2	8.3
	Zn^{2+}	1.7	3.0	4.0	5.0	6.0	6.8	7.1	7.2

合成方法[1,2]

将5 g 2-氨基噻唑溶于40ml6N HCl中，在冰浴上冷却；再将3.5 g 亚硝酸钠溶于少量水中。上述两溶液中各加入一些碎冰，边搅拌边将亚硝酸钠滴入2-氨基噻唑溶液中，加完后继续在冰浴中放10分钟，使其重氮化更完全。

---

* 以二元酸计算lgK_{a_1}=6.2；lgK_{a_2}=9.8

另外，将5.5 g间苯二酚溶于100ml4*N*HCl或乙酸中，用冰浴冷却，边搅拌边将上述重氮盐溶液慢慢地滴加至间苯二酚溶液中进行偶合反应。在0℃放置30分钟，加入含100 g乙酸钠的300ml水溶液，溶液的颜色变为红紫色，2～3小时之后，抽滤析出的沉淀，即得粗产品。

提纯方法[1,2] 粗品用乙酸-水溶液再结晶，产率为35%。另外还可以利用TAR与银生成络合物的方法进行精制。

用途 用于络合滴定指示剂，0.1%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Cd^{2+}	吡啶缓冲液，终点由红变黄[3]
Co^{2+}	pH4～7，乙酸盐或吡啶缓冲液，终点由红变黄[1]
Cu^{2+}	pH4～7，乙酸盐或吡啶缓冲液，终点由红变黄[1]
Ni^{2+}	pH4～7，乙酸盐或吡啶缓冲液，终点由红变黄[1]
Pb^{2+}	吡啶缓冲液，终点由红变黄[3]
Tl^{3+}	pH1.2～5.6，终点由红变黄[3,4]
Zn^{2+}	吡啶缓冲液，终点由红变黄[3]

参考文献

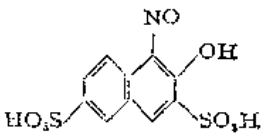
〔1〕 B. S. Jensen: *Acta Chemica Scandinavica*, 14, 927, (1960).
〔2〕 中川和田：日本化学会志，83, 1185, (1962).
〔3〕 V. Svoboda: *Talanta*, 4, 201, (1960).
〔4〕 张志华，尹仲湖，俞汝勤：化学通报，1, 34, (1966); *Chem. Abstr.*, 66, 8087, (1967)。

亚硝基R盐 Ⅰ-2(2)-0013

Nitroso-R-Salt

别名 1-亚硝基-2-萘酚-3,6-二磺酸 1-Nitroso-2-naphthol-3, 6-disulphonic acid; NRS

结构式



分子式 $C_{10}H_7NO_8S_2$ **分子量** 333.29

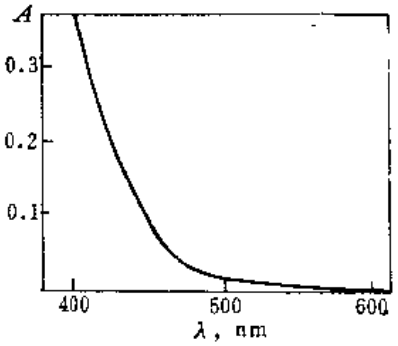
理化性质 黄色结晶，溶于水，不溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（*t*）25℃；离子强度（*μ*）→0〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
p*K*	—	—	7.1	—

2. 吸收光谱



亚硝基R盐水溶液的吸收光谱。$\lambda_{max}=420nm$。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	6.10	5.10	4.10	3.10	2.10	1.13	0.35	0.05

4．络合物形成常数〔温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Mn^{2+}
lgK_1	3.4	4.42	13.3	7.7	4.73	4.65	4.92	4.70	4.37	2.70
lgK_2	2.6	—	—	7.3	—	—	—	—	3.36	—
lgK_3	—	—	—	—	—	—	—	—	3.41	—

金属离子	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Sm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.01	6.9	4.64	—	5.15	4.48	4.74	4.5
lgK_2	—	5.6	2.73	8.8	—	3.35	—	2.6
lgK_3	—	4.8	—	—	—	3.46	—	—

5．颜色转变点的pM值

pH		3	4	5	6	7	8～14
pM	Cu^{2+}	4.4	5.4	6.4	7.7	8.9	9.6
	Ni^{2+}	2.8	3.8	4.8	5.9	6.9	7.4
	Pb^{2+}	—	—	2.5	3.5	4.2	4.6

合成方法[1,2] 1．R盐的制备 取浓硫酸（比重1.84）60 g放于圆底烧瓶中，在油浴上加热至125℃，慢慢加入14.4 g β-萘酚粉末，烧瓶用带有粗玻璃管的塞子塞紧，在油浴上加热4小时（若温度过高，则产量降低），产物倾入200ml冰水中，在搅拌下加入氯化钠细粉60 g，此时β-萘酚-3,6-二磺酸钠析出，放置4～6小时后，吸滤，以20%氯化钠洗涤并在100～110℃烘干。R盐可在水中重结晶提纯。

2．亚硝基R盐的制备 取35 g R盐溶子400ml水中，加10ml浓盐酸，冷至5℃，边搅拌边慢慢滴加含7.2 g亚硝酸钠的水溶液20ml，约30分钟加完，继续搅拌15分钟，过滤，沉淀加到50ml水中，以除去杂质，过滤，用10ml冷水洗两次，15ml乙醇洗一次，即得亚硝基R盐。

用途 络合滴定指示剂，0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，终点由金黄至绿[3,4]
Ni^{2+}	pH3，终点由黄至绿[4]

参 考 文 献

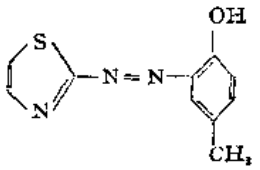
〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p.60～61,冶金工业出版社，1960。
〔2〕 桐荣恭二，本水昌二：日本化学杂志，92 92,(1971).
〔3〕 A. C. Selse Costa and M. Da Conceicao Rocka; *Anais. Assoc. Brazil* Quim., 19, 29,(1961); *Chem. Abstr.*, 55, 13164,(1961).
〔4〕 H. F. Conaghan, N. S. Wales Dept. Mines; *Tech. Rept.*, 4, 104, (1956); *Chem. Abstr.*, 54, 15090, (1960).

2-(2-噻唑偶氮)对甲苯酚　　Ⅰ-2(2)-0014

2-(2-Thiazolylazo)-*p*-cresol

别名　TAC

结构式



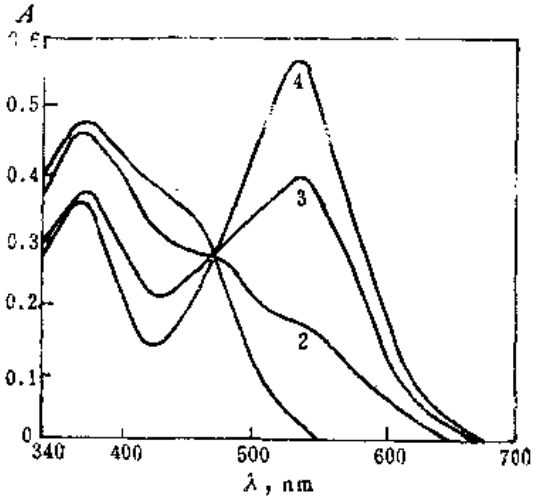
分子式　$C_{10}H_9N_3OS$　　**分子量**　219.26

理化性质　橙色结晶粉末，难溶于水，溶于乙醇，熔点129℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）-；离子强度（μ）-〕

	HL	L^-
pK	6.95	—



2. 吸收光谱

TAC的吸收光谱，TAC为$5\times10^{-5}M$〔10%(V/V)1,4-二氧六环-水溶液〕

（1） pH=7.05；（2） pH=8.56；

（3） pH=9.12；（4） pH=11.30。λ_{max}=370nm或530nm(pH≥9.12)。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.95	6.95	5.95	4.95	3.95	2.95	1.95	0.99	0.28	0.04

4. 络合物形成常数

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	—	10.5	6.1	—	8.3	6.1
$\lg K_2$	14.5	5.8	6.1	7.6	7.9	5.4
	($\lg\beta_2$)			($\lg\beta_2$)		

合成方法[1,2] 5 g 2-氨基噻唑溶于40ml6*N*盐酸中，在冰浴上冷却；另将3.5 g 亚硝酸钠溶于少量水中。上述两种溶液中均加入一些碎冰，边搅拌边将亚硝酸钠滴入2-氨基噻唑溶液内。加完后在冰浴中继续放置10分钟，使重氮化反应更完全。

另取5.4 g 对甲基苯酚溶于100ml4*N*盐酸或乙酸中，用冰浴冷却，边搅拌边将上述重氮盐滴入对甲基苯酚溶液中。在0℃放置30分钟，加入100 g 乙酸钠（预先溶于300ml水中），溶液颜色变为红紫色，2～3小时后，将沉淀吸滤，得粗品。

提纯方法

粗品可用乙酸-水溶液重结晶，产率57%。若要得到高纯度的试剂，可在沸水浴上真空升华。

用途 络合滴定指示剂，0.1%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，乙酸盐缓冲液或吡啶，终点由蓝绿至黄[1]
	pH12，氢氧化钠溶液，终点由淡紫至淡黄[3]
Co^{2+}	pH4～7，乙酸盐或吡啶缓冲液，终点由烟色至黄[1]
Ni^{2+}	pH4～7，乙酸盐或吡啶缓冲液，终点由蓝绿至黄[1]

参考文献

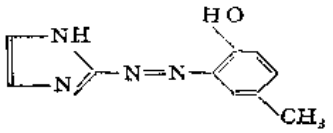
[1] B. S. Jensen, *Acta Chemica Scandinavica*, 14, 927(1960).
[2] 中川和由：日本化学会志，83, 1185, (1962).
[3] W. R. Douglas: *Anal. Chim. Acta*, 33, 567, (1965).

2-(2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅰ-2(2)-0015

2-(2-Imidazolylazo)-4-methylphenol

别名 2-IAC 2-(2-Imidazolylazo)-4-Cresol。

结构式



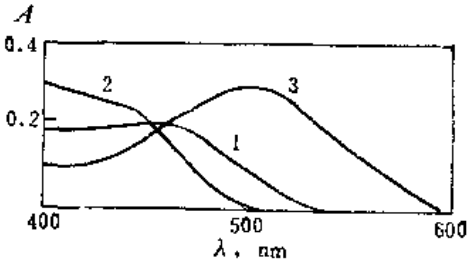
分子式 $C_{10}H_{10}N_4O$ **分子量** 202.22

理化性质 褐色结晶，不溶于水，溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	—	3.68	9.22	—



2. 吸收光谱

$2\times10^{-5}M$ 2-IAC吸收光谱。(1)H_3L^+；(2)H_2L；(3)HL^-，λ_{max}=510nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	10.9	8.91	6.98	5.39	4.24	3.22	2.22	1.25	0.42	0.07	0.01

4. 络合物形成常数*〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	11.8	8.95
lgK_2	—	8.70

合成方法[1] 1.4g 2-氨基-4-甲基苯酚溶于3.7ml浓盐酸和10ml水中，冷至0℃，加入含1.1g亚硝酸钠水溶液进行重氮化。另取含1.4g咪唑的6%氢氧化钠溶液50ml，冷至0～5℃，滴加上述重氮盐溶液。全部加完后，慢慢升温至10～15℃，放置过夜。溶液用冰乙酸中和至有褐色沉淀析出。过滤，得产品。

提纯方法 粗品用氢氧化钠溶液溶解，冰乙酸中和至沉淀析出，返复进行2～3次。沉淀用冰乙酸溶解，加水则有沉淀析出，抛弃最初的沉淀，最后用50%左右的乙酸，使沉淀析出，过滤。沉淀用乙醇和水重结晶数次。将沉淀溶于氢氧化钠溶液中，用冰乙酸中和，得2-IAC纯品。

用途 络合滴定指示剂，$10^{-3}M$ 1,4-二氧六环溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，终点由蓝紫至黄[1]
Ni^{2+}	pH5～8，终点由红紫至黄[1]

参考文献

〔1〕 和田弘子，中川元吉：分析化学(日)，24(4)，239，(1975)。

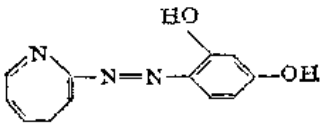
* 溶剂为20%(V/V)1,4-二氧六环水溶液。

4-(2-吡啶偶氮)间苯二酚　　Ⅱ-2(2)-0016

4-(2-Pyridylazo)-resorcinol

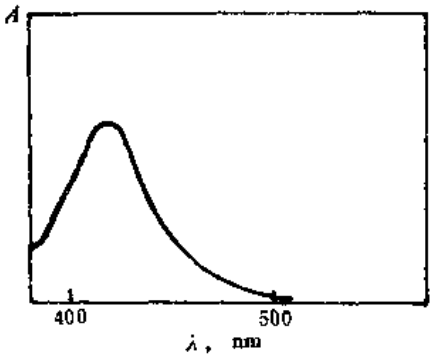
别名　PAR

结构式



分子式　$C_{11}H_9N_3O_2$　　**分子量**　215.21

理化性质　棕色粉末。难溶于水和醇；较易溶于酸性或碱性溶液。其钠盐易溶于水。



理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.0	5.5	12.1	—
颜色	黄	—	—	—

2. 吸收光谱

PAR在pH6水溶液的吸收光谱。$\lambda_{max}=425nm$

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	15.6	13.6	11.6	9.61	7.72	6.22	5.11	4.10	3.10	2.10	1.13	0.35

4. 络合物形成常数〔温度（t）18～22℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Al^{3+}	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Ga^{3+}	In^{3+}	La^{3+}
lgK_1	11.5	17.2	11.5	10.0	16.5	10.6	10.1	14.6	—	9.2
lgK_2	—	—	10.1	7.1	—	—	—	11.6	25.6 ($\lg\beta_2$)	—

金属离子	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Tl^{3+}	UO_2^{2+}	VO_2^+
lgK_1	9.7	11.1	13.2	11.9	10.5	12.8	11.4	14.8	12.5①	16.5②
lgK_2	18.9	—	26.6	14.7	—	—	—	11.0	8.4①	—

金属离子	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	10.2	11.1	11.6
lgK_2	—	—	13.7

① t=25℃，μ=0.1；② t=15℃，μ=0.1

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6
pM	Bi^{3+}	4.2	6.2	8.2	10.2	—	—
	Cd^{2+}	—	—	1.5	3.5	5.5	7.5

* 按二元酸计算$K_{a_1}=5.5$，$K_{a_2}=12.1$。

Pb^{2+}	—	0.9	2.9	4.9	6.9	8.9
Sc^{3+}	—	—	3.8	5.8	8.8	11.8
Zn^{2+}	—	0.6	2.6	4.6	6.6	8.6

合成方法[1] 1.2 g 金属钠溶于18.5ml无水乙醇中制得乙醇钠。另取 5 g 2-氨基吡啶溶于5ml无水乙醇中，加入5 g 亚硝酸异戊酯。上述两溶液混和并在水浴上回流2～2.5小时。生成的重氮盐不经分离便可使用。然后将 8 g 间苯二酚溶于5ml无水乙醇中，加入上述重氮盐进行偶合。在冷却下通入二氧化碳，则逐渐形成PAR二钠盐。过滤，即得PAR 粗品。用乙醚洗涤沉淀，未反应的间苯二酚可溶于乙醚而除去。产品在真空中干燥。纯品为棕色无定形粉末，经分析PAR为含两分子的结晶水。

用途 络合滴定指示剂。0.05%或0.2%水溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH1～2,硝酸溶液，终点由红至黄[2,3,4]
Cd^{2+}	pH8～11,六次甲基四胺或氨缓冲液，终点由红至黄[2,3]
Cu^{2+}	pH5～11,六次甲基四胺或氨缓冲液，终点由红至黄或绿[2,3]
Hg^{2+}	pH3～6,六次甲基四胺，终点由红至黄[8]
In^{3+}	pH2.5,乙酸溶液，加热，终点由红至黄[5]
Mn^{2+}	pH9,氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至黄[3]
Ni^{2+}	pH5,乙酸盐缓冲液，加热，终点由红至黄[4]
Pb^{2+}	pH5～6,六次甲基四胺或氨缓冲液，终点由红至黄[2,5,6]
RE^{3+}	pH6,六次甲基四胺，终点由红至黄[3]
Th^{4+}	pH2.3～2.8,终点由红至黄[7]
Tl^{3+}	pH11.7,终点由红至黄[8]
Zn^{2+}	pH6～11,六次甲基四胺或氨缓冲液，终点由红至黄[2,8]

参 考 文 献

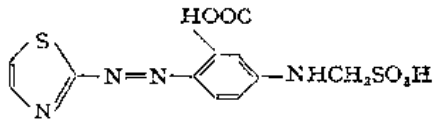
[1] J. Geary and F. Bottomley: *Talanta*, 14,537,(1967).
[2] M. Hnilickova and L. Sommer: *Coll. Czech. Chem. Comms.* 26,2189,(1961).
[3] P. Wehber: *Z. anal. Chem.* 156,186,(1959).
[4] G. Gattow and D. Schott: *Z. anal. Chem.*, 188, 10,(1962).
[5] A. J. Busev and N. A. kanaev: *Nauch. Dokl. Vyssh.*, 299(1959);*Chem. Abstr.*, 53, 18747,(1959).
[6] P. Wehber: *Z. anal. Chem.*, 158, 10,(1957).
[7] G. Sangal, S. P. Sangal and S. P. Mushran: *Microchem. J.*,11,513,(1966).
[8] A. J. Busev and V. G. Tiptsova: *Zhur. Anal. Khim*, 15,573(1960);*Chem. Abstr.*, 55, 15223,(1961).

2-(2-噻唑偶氮)-5-磺酸甲氨基苯甲酸 Ⅰ-2(2)-0017

2-(2-Thiazolylazo)-5-sulphomethylaminobenzoic acid

别名 TASMB

结构式



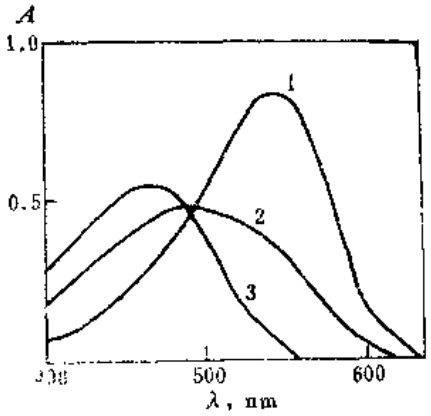
分子式 $C_{11}H_{10}N_4O_5S_2$ **分子量** 342.35

理化性质 红色结晶。溶于水。熔点220℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{3-}
pK	1.1	3.2	—
颜色	红紫	红	黄



2. 吸收光谱

试剂浓度$1.99\times10^{-5}M$，（1）酸度1.2M，λ_{max}= 550nm；（2）pH1.65，λ_{max}=490nm；（3）pH4.5～11.0，λ_{max}=470nm

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4
lgα	2.55	1.28	0.41	0.06

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	6.7	4.8

合成方法[1] 取3-氨基苯甲酸（0.02mol）和羟甲基磺酸钠（0.02mol），加入40ml水，在水浴上加热30分钟，得黄色透明溶液。另取2-氨基噻唑（0.02mol）加入3M盐酸，冷却至0℃，用亚硝酸钠重氮化。将上述3-磺酸甲氨基苯甲酸的黄色溶液冷却至0℃，并加至噻唑重氮盐溶液中进行偶合，过滤得粗品。

提纯方法 粗品用少量水溶解，通过滤纸柱（用东洋滤纸制成的滤纸粉末，100～200目）进行精制。用水饱和过的正丁醇展开。柱上分成四层颜色。再用水饱和过的正丁醇流洗，开始流出的粉红色部分和其次流出的黄色部分不要，第三流出的红紫色部分收集于烧瓶中，减压蒸去正丁醇得红色结晶。

用途 络合滴定指示剂，$5\times10^{-4}M$水溶液。

金属离子	方法提要
Ni^{2+}	pH4～7，乙酸盐缓冲液，40℃，终点由紫红至黄[1]

参考文献

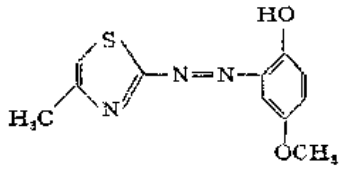
〔1〕 石附朋典，和田弘子，中川元吉；分析化学（日），28(9)，535，(1979)。

4-甲氧基-2-(4-甲基-2-噻唑偶氮) 苯酚 Ⅱ-2(2)-0018

4-Methoxy-2-(4-methyl-2-thiazolylazo)-phenol

别名 MTAHA；2-(2-羟基-5-甲氧基苯偶氮)-4-甲基噻唑 2-(2-Hydroxy-5-methoxy-phenylazo)-4-methylthiazol；MMT

结构式



分子式 $C_{11}H_{11}N_3O_2S$ **分子量** 249.29

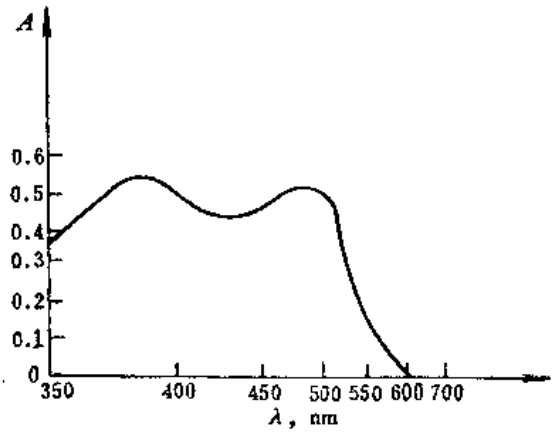
理化性质 粗品为红褐色结晶，纯品为橙黄色结晶，溶于乙醇，不溶于水。熔点为116.3℃。

理化参数

1. 离解常数

	H_2L^+	HL	L^-
pK	0.77	7.98	—

2. 吸收光谱



MTAHA异戊醇溶液的吸收光谱。λ_{max}=385nm和490nm。

3. 酸效应系

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	6.98	5.98	4.98	3.98	2.98	1.98	1.03	0.29	0.04

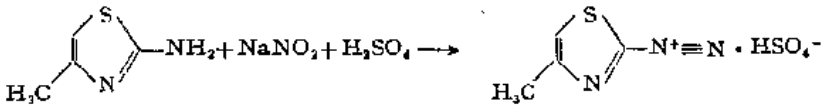
4. 络合物形成常数

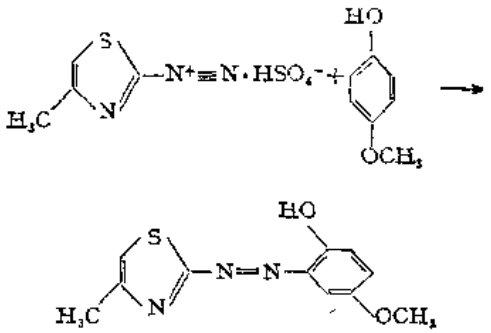
金属离子	Cu^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	9.8	5.9

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9～14
pM	Cu^{2+}	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	9.8
	Zn^{2+}	—	—	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.8	5.9

合成方法[1]





将11.4 g 2-氨基-4-甲基噻唑溶于10ml5N硫酸中。在0℃慢慢加入100ml1N 亚硝酸钠进行重氮化，所得溶液呈淡黄色。在0℃放置1小时。另取12 g 对甲氧基苯酚溶于少量乙醇中。将上述重氮盐加至对甲氧基苯酚中进行偶合。于0℃放置3小时，析出红褐色结晶，过滤得粗品。

提纯方法 用乙醇-水混合液重结晶。经提纯后的结晶为橙黄色固体。熔点116.3℃。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH5～7，终点由绿至红紫[1]
Zn^{2+}	pH9，终点由蓝至红紫[2]

参考文献

〔1〕 T. Yanagihara, N. Matano and A. Kawase, *Japan Analyst*, 7, 496, (1958); *Chem. Abstr.*, 54, 16288, (1960).

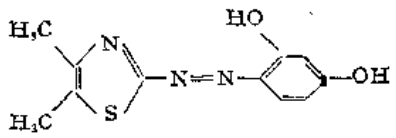
〔2〕 T. Yanagihara, N. Matano and A. Kawase, *Japan Analyst*, 8, 10, (1959); *Chem. Abstr.*, 55, 10211, (1961).

4-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮) 间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0019

4-(4,5-Dimethyl-2-Thiazolylazo)-resorcinol

别名 DMTAR

结构式



分子式 $C_{11}H_{11}N_3O_2S$ **分子量** 249.29

理化性质 橙色针状结晶，溶于乙醇，难溶于水，熔点289℃（分解）。

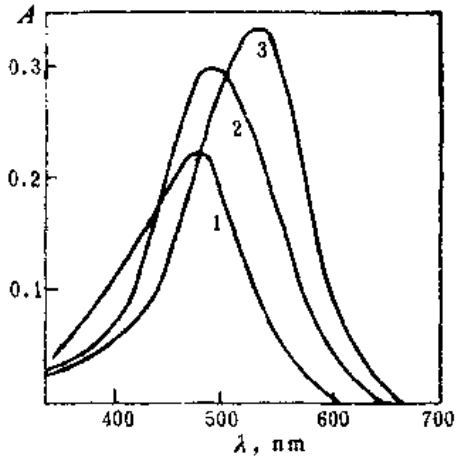
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度*(μ)0.1M〕

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	1.76	6.98	11.2	—

* 10%(V/V)乙醇-水溶液。

2. 吸收光谱



DMTAR在10%(V/V) 乙醇-水溶液的吸收光谱。(1) pH=1.80; (2) pH=9.32; (3) pH=12.10。λ_{max}分别为475nm，500nm和525nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	17.0	14.4	12.2	10.2	8.18	6.22	4.49	3.24	2.20	1.23	0.41	0.06

4. 络合物形成常数〔温度 (t)25℃; 离子强度 (μ)0.1M〕

金属离子	$CuHL^+$	Cu^{2+}
$\lg K_1$	9.14①	16.85①
$\lg K_2$	—	6.65②

① 10%(V/V)乙醇-水; ② 30%(V/V)乙醇-水

合成方法[1] 4,5-二甲基-2-氨基噻唑的重氮盐与等摩尔的间苯二酚偶合，即得粗品。

提纯方法 用热乙醇重结晶，得橙色针状结晶，产率15%，熔点289℃（分解）。

用途 络合滴定指示剂，$10^{-3}M$乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH3.8～7.5,乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至黄[2]

参考文献

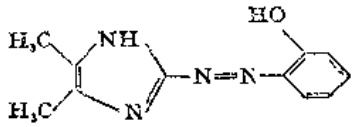
〔1〕 F. Kai, W. Akashi: *Anal. lett.* 13(A16), 1451, (1980).
〔2〕 F. Kai, S. Suzuki, Y. Tohya: *Anal. lett.*, 15(A1), 77, (1982).

2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮) 苯酚 Ⅱ-2(2)-0020

2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolylazo)phenol

别名 2-MIAP

结构式



分子式 $C_{11}H_{12}N_4O$ **分子量** 216.25

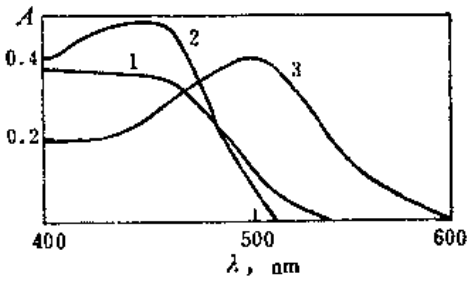
理化性质 褐色结晶，不溶于水，溶于乙醇。

理化参数

1．离解常数（温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M）

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	—	4.50	9.40	—

2．吸收光谱



$2\times10^{-5}M$ 2-MIAP吸收光谱。（1）H_3L^+；（2）H_2L，$\lambda_{max}=450$；（3）HL^-，$\lambda_{max}=500$nm。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	11.90	9.90	7.90	5.92	4.52	3.41	2.40	1.42	0.55	0.10	0.01

4．络合物形成常数*〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	12.5	9.53
lgK_2	—	9.61

合成方法[1] 2-氨基苯酚的重氮盐与4,5-二甲基咪唑的碱性溶液偶合。放置过夜，用冰乙酸中和至有褐色沉淀析出，过滤。

提纯方法 沉淀用氢氧化钠溶液溶解，冰乙酸中和至沉淀析出，返复进行2～3次。沉淀用冰乙酸溶解，加水使沉淀析出，抛弃最初的沉淀，最后大约用50%乙酸使沉淀析出，过滤。用乙醇和水重结晶数次，沉淀溶于氢氧化钠溶液中，用冰乙酸中和得2-MIAP纯品。

---

* 溶剂为20%（V/V）1,4-二氧六环水溶液。

用途 络合滴定指示剂，$10^{-3}M$ 1,4-二氧六环溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，终点由紫至黄[1]
Ni^{2+}	pH5～8，终点由红至黄[1]

参考文献

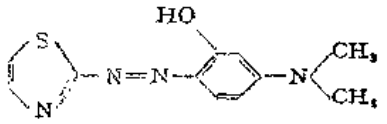
〔1〕 和田弘子，中川元吉：分析化学（日），24(4)，239，(1975)。

2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚 Ⅱ-2(2)-0021

2-(2-Thiazolylazo)-5-dimethylaminophenol

别名 3-二甲氨基-6-(2-噻唑偶氮)苯酚 3-Dimethyl-amino-6-(2-thiazolylazo)-phenol；TAM

结构式



分子式 $C_{11}H_{12}N_4OS$ **分子量** 248.31

理化性质 暗紫红色针状结晶，难溶于水，溶于乙醇。熔点216℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	3.13	8.65	—

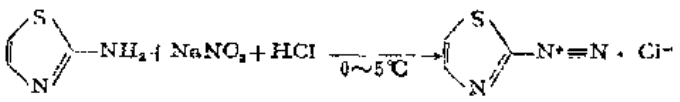
2. 酸效应系数

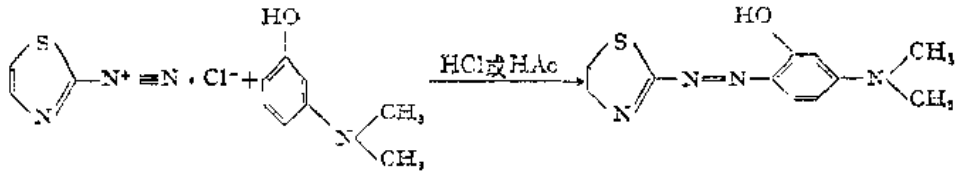
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	9.78	7.81	6.02	4.70	3.66	2.65	1.66	0.74	0.16	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	6.4 (pH5.2)	8.2
lgK_2	5.37 (pH13)	7.6

合成方法[1]





5 g 2-氨基噻唑溶于40ml6N盐酸中，用冰水冷却至0～5℃，边搅拌边滴加含 3.5 g 亚硝酸钠的水溶液进行重氮化，加毕后放置10分钟，使重氮化趋完全。另取7 g 间二甲氨基苯酚溶于100ml4N盐酸或冰乙酸中，将上述重氮盐滴加在间二甲氨基苯酚的溶液中，充分搅拌，很快便析出黄褐色的TAM盐酸盐结晶。放置30分钟，加 100 g 乙酸钠(预先溶于300ml水中)，放2～3小时后，用布氏漏斗滤出沉淀，即为粗品。

提纯方法 粗品用乙醇-水混合液重结晶，得暗紫色针状结晶。产品6.3 g 。相当于理论产率的53%。熔点216℃。

用途 络合滴定指示剂，0.1%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	乙酸盐或吡啶缓冲液，终点紫蓝至粉红[1]
Co^{2+}	同上[2]
Ni^{2+}	同上[2]

参考文献

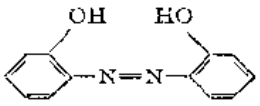
〔1〕 川瀬：分析化学（日），12，709，(1963)。
〔2〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.* 14,927,(1960).

1-(2-羟基苯偶氮)-2-羟基苯　　Ⅱ-2(2)-0022

1-(2-Hydroxyphenylazo)-2-hydroxybenzene

别名 DHAB；1-(2-羟基-1-苯基偶氮)-2-羟基苯　1-(2-Hydroxy-1-phenylazo)-2-hydroxy benzene

结构式



分子式 $C_{12}H_{10}N_2O_2$　　**分子量** 214.22

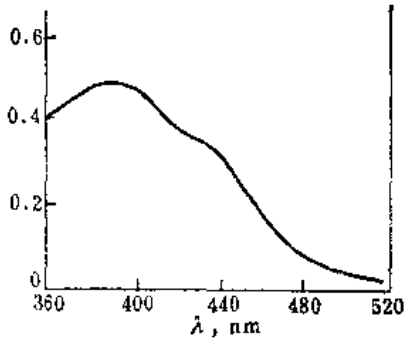
理化性质 黄色结晶粉末，易溶于乙醇，难溶于水。熔点171.5℃

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	7.8	11.5	—
颜色	黄	红紫	—

2. 吸收光谱



DHAB的浓度为$4\times10^{-5}M$，pH4.65时的吸收光谱。$\lambda_{max}=390nm$。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	17.3	15.3	13.3	11.3	9.30	7.31	5.36	3.71	2.53	1.51	0.62	0.12	0.01

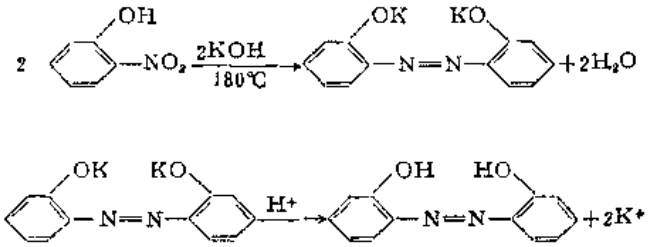
4. 络合物形成常数(温度（t）—；离子强度（μ）—)

金属离子	Al^{3+}	Ga^{3+}	In^{3+}	Mg^{2+}
lgK_1	16.0	15.9	16.0	6.4
lgK_2	6.60	8.5	5.6	—

5. 颜色转变点的pM值

pH		7	8	9	10	11	12	13	14
pM	Mg^{2+}	1.1	2.7	3.9	4.9	5.8	6.4	6.4	6.4

合成方法[1,2]



在1 l 烧杯中，将190 g 氢氧化钾溶于65ml水，在冷却下，边搅拌边加入35 g 邻硝基苯酚的粉末，加完后继续搅拌并加热，当温度升至170℃时，应缓缓加热，180℃开始反应，该反应是放热反应，温度慢慢上升。反应时有泡沫出现，应防止喷出烟雾。当温度升至190℃且不再有泡沫时，反应即告完成。操作时量要小，注意安全。将半液状的反应物冷却至150℃时，将其转移至2.5 l 水中，以电磁搅拌器搅拌，并使溶液的体积达3 l，在不断搅拌下加1:1盐酸，直至产物沉淀完全（pH2）。用布氏漏斗过滤，将滤出物在空气中干燥数小时，再在无水硫酸镁干燥器内干燥一夜。粗品的产量为50%。

提纯方法 粗品放在烧瓶内，加入350ml苯，2～3 g 活性炭，加热至沸，趁热过滤，滤液冷至室温并不断的搅拌，然后放在冰箱内冷却。母液可蒸发再结晶。产品为亮黄色针状结晶，精制产率为25%。熔点171.5℃。

用途 络合滴定指示剂，乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由黄至红紫[1]

参考文献

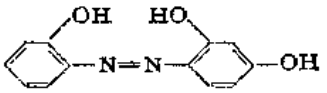
〔1〕 H. Diehl, J. Ellingboe: *Anal. Chem.*, 32, 1120(1960).
〔2〕 R. Willstätter, M. Benz: *Ber.*, 39, 3492, (1906).

4-(2-羟基苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0023

4-(2-Hydroxy phenylazo)-resorcinol

别名 HBR

结构式



分子式 $C_{12}H_{10}N_2O_3$ **分子量** 230.22

理化性质 亮黄色结晶粉末，难溶于水，溶于乙醇。熔点183～184℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	6.6	8.7	12.2	—
颜色	—	红	—	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	24.5	21.5	18.5	15.5	12.5	9.60	7.05	4.99	3.38	2.22	1.23	0.41	0.06

3. 络合物形成常数〔温度（t）常温，离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	3.4	4.7

4. 颜色转变点的pM值

pH		9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	0.2	1.2	2.2	3.0	3.4	3.4
	Mg^{2+}	1.5	2.5	3.5	4.3	4.7	4.7

合成方法[1] 取一定量的邻氨基苯酚，在酸性溶液中用亚硝酸钠重氮化（0～5℃），然后与等摩尔的间苯二酚在碱性溶液中偶合，放置并滤出结晶，即为粗品。

提纯方法 用乙醇重结晶，得棕色晶体。183～184℃分解。若用苯重结晶，熔点为123℃。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由黄至红[1]
Mg^{2+}	同上[1]

参考文献

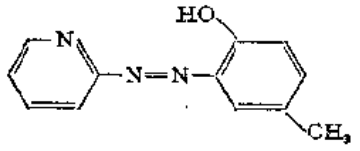
〔1〕 H. Diehl, J. Ellingboe: *Anal. Chem.*, 32(9), 1120, (1960).

2-(2-吡啶偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0024

2-(2-Pyridylazo)-4-methylphenol

别名 PAC 2-(2-Pyridylazo)-4-Cresol

结构式



分子式 $C_{12}H_{11}N_3O$ **分子量** 213.24

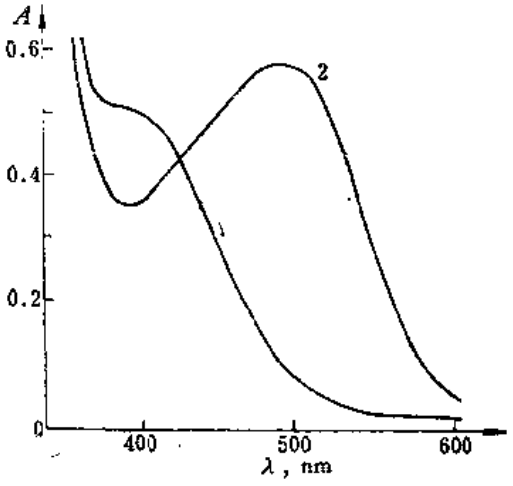
理化性质 红色针状结晶，难溶于水，溶于乙醇。熔点111.7℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	2.60	9.15	—
颜色	黄	黄	—

2. 吸收光谱



PAC的吸收光谱：（1）pH4.6～7.2；（2）pH9.5，λ_{max}=490nm。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	9.76	7.85	6.30	5.17	4.15	3.15	2.15	1.18	0.38	0.06	0.01

4．络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	13.7	—	8.36
lgK_2	8.3	22.14 ($\lg\beta_2$)	8.30

5．颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11～14
pM	Cu^{2+}	3.9	5.9	7.4	8.5	9.5	10.8	12.6	14.6	16.2	16.8	17.0
	Ni^{2+}	—	1.5	4.5	6.5	8.7	10.7	12.7	14.7	16.3	16.9	17.1
	Zn^{2+}	—	0.6	2.6	4.6	6.6	8.6	—	—	—	—	—

合成方法[1] 1.2g金属钠加至18.5ml无水乙醇中，制得乙醇钠。另取5g 2-氨基吡啶溶于5ml无水乙醇中，加6g亚硝酸异戊酯。在搅拌下，将上述两溶液混合，装上冷凝回流装置，在水浴上加热回流2小时进行重氮化。液体由黄色变成暗褐色。将8g 4-甲基苯酚溶于5ml无水乙醇中，分数次加至重氮盐溶液内。冷却后通入二氧化碳进行偶合。放置一夜，用乙醚萃取，蒸去乙醚，再减压蒸去未反应的4-甲基苯酚。残留物溶于1N氢氧化钠，用盐酸中和使试剂析出。再用乙醚萃取，加1N氢氧化钠，摇动，使试剂进入水相，杂质进入乙酸相。氢氧化钠溶液用盐酸中和至沉淀析出。按上述操作重复一次，最后析出的结晶呈针状。

提纯方法 在1mmHg压力下于80～100℃真空升华。所得纯品为红色针状结晶。熔点111.7℃。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH5～7，乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至黄[1]
Cd^{2+}	pH8，氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[1]
Pb^{2+}	pH6，乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至黄[1]
Zn^{2+}	pH6～10，乙酸盐或氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[1]

参考文献

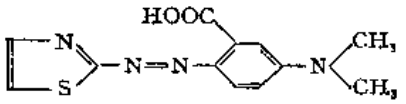
〔1〕 中川元吉、和田弘子：日本化学杂志，83(10)，1098，(1962)。

2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯甲酸 Ⅰ-2(2)-0025

2-(2-Thiazolylazo)-5-dimethylaminobenzoic acid

别名 TAMB

结构式



分子式 $C_{12}H_{12}N_4O_2S$ **分子量** 276.32

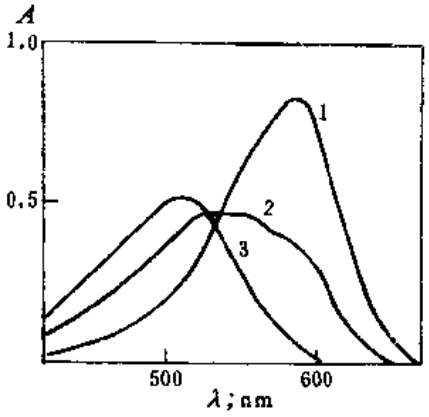
理化性量 暗红色结晶。溶于稀碱溶液，难溶于水，熔点230℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数*〔温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	1.7	3.3	—
颜色	紫	红紫	橙黄

2. 吸收光谱



$1.42\times10^{-5}M$ 2%（V/V）1,4-二氧六环水溶液的TAMB吸收光谱。

（1）酸度1.2M 盐酸；（2）pH2.73；（3）pH4.5～11.0。λ_{max}分别为585，550，505nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	3.08	1.49	0.49	0.08	0.01

4. 络合物形成常数**〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	7.6	5.5

合成方法[1] 2-氨基噻唑的重氮盐与3-二甲氨基安息香酸偶合，可得粗品。

提纯方法 将粗品溶于稀碱溶液中，用乙酸中和，使之沉淀析出，反复精制数次，得暗红色结晶。

---

* 溶剂为2%（V/V）的1,4-二氧六环水溶液。

** 溶剂为2%（V/V）1,4-二氧六环水溶液。

用途 络合滴定指示剂，$5\times10^{4}M$ 50%(V/V) 1,4-二氧六环水溶液。

金属离子	方法提要
Ni^{2+}	pH4～7,乙酸盐缓冲液，55℃,终点由微蓝紫至橙[1]

参考文献

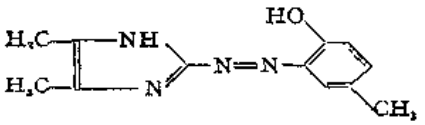
〔1〕 石附朋典，和田弘子，中川元吉：分析化学(日) 28(9),535,(1979).

2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0026

2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolylazo)-4-methylphenol

别名 2-MIAC 2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolylazo)-4-Cresol

结构式



分子式 $C_{12}H_{14}N_4O$ **分子量** 230.27

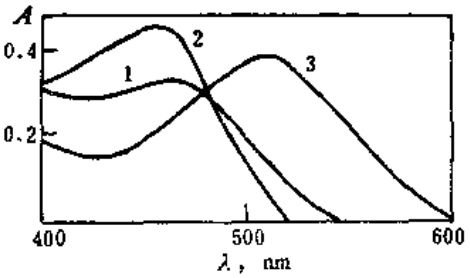
理化性质 褐色结晶，不溶于水，溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L^+	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	—	4.65	9.62	—

2. 吸收光谱



$2\times10^{-5}M$ 2-MIAC的吸收光谱。(1) H_3L^+；(2) H_2L；(3) HL^-。λ_{max}分别为470，450，510nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	12.27	10.27	8.28	6.36	4.78	3.64	2.62	1.63	0.72	0.15	0.02

4. 络合物形成常数*〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	12.4	9.75
$\lg K_2$	—	9.88

合成方法[1] 2-氨基-4-甲基苯酚的重氮盐与4,5-二甲基咪唑的碱性溶液偶合。放置过夜。用冰乙酸中和至褐色沉淀析出，过滤得产品。

提纯方法 沉淀用氮氧化钠溶液溶解，冰乙酸中和至沉淀析出，返复进行2～3次。沉淀用冰乙酸溶解，加水有沉淀析出，抛弃最初的沉淀，最后大约用50%乙酸析出沉淀，过滤。用乙醇和水重结晶数次，沉淀溶于氮氧化钠溶液中，用冰乙酸中和得2-MIAC纯品。

用途 络合滴定指示剂，$10^{-3}M$ 1,4-二氧六环溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，终点由蓝至黄[1]
Ni^{2+}	pH5～8，终点由紫至黄[1]

参考文献

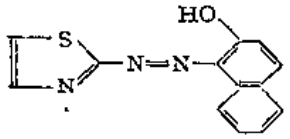
〔1〕 和田弘子，中川元吉：分析化学（日），24(4)，239，(1975)。

1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚 Ⅰ-2(2)-0027

1-(2-Thiazolylazo)-2-naphthol

别名 TAN

结构式



分子式 $C_{13}H_9N_3OS$ **分子量** 255.30

理化性质 橙红色针状结晶。难溶于水，能溶于乙醇、氯仿等有机溶剂中。熔点140℃。

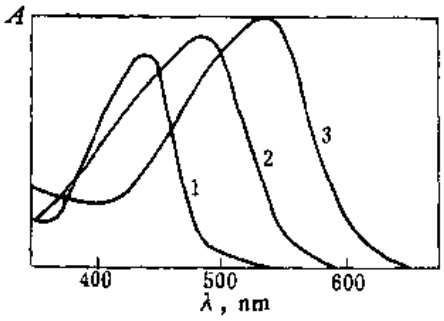
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.05M $NaClO_4$〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	0.88	9.1	—
颜色	绿	橙	红

* 溶剂为20%（V/V）1,4-二氧六环水溶液。

2．吸收光谱



TAN的吸收光谱（1）pH1.0以下；（2）pH3.9～6.2；（3）pH10.0以上。λ_{max}分别为430，490，530nm。

3．酸效应系

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	8.35	7.13	6.10	5.10	4.10	3.10	2.10	1.13	0.35	0.04

4．络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.05M $NaClO_4$〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Eu^{3+}	Ho^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.67	9.18	9.50	10.9	9.56	12.76	9.81	9.87
lgK_2	—	8.70	10.50	11.6	9.20	11.60	9.51	9.87
lgK_3	—	—	—	—	8.84	10.44	9.21	—
lgK_4					8.48	9.28	8.91	

5．颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10～14
pM	Ag^+	0.3	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.3	8.7
	Cu^{2+}	2.5	3.9	5.4	7.3	9.3	11.3	13.3	15.3	16.7	17.5
	Zn^{2+}	1.5	2.8	3.8	5.0	6.5	8.5	10.5	12.5	13.9	14.7

合成方法[1] 1g 2-氨基噻唑溶于10ml 5N H_2SO_4中，加入0.7g亚硝酸钠（溶于10ml 1N H_2SO_4），冷至0℃并进行重氮化。放置片刻，与溶解于10%氢氧化钠溶液中的1.4g β-萘酚进行偶合。立即得到TAN的红色沉淀。过滤，用10%氢氧化钠溶解，1:1乙酸中和至沉淀析出，过滤，即得产品。

提纯方法 上述产品用乙醇-水返复重结晶，最后在120～130℃(2～3mmHg)真空升华精制。

用途 络合滴定指示剂，0.1%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[2,3]
In^{3+}	pH3～8，终点由红至黄[3,4]
Pb^{2+}	pH7，吡啶，终点由紫蓝至黄[2,3]
Tl^{3+}	pH1.2～5.5，终点由粉红至黄[6]
Zn^{2+}	pH7，吡啶，终点由粉红至黄[2,3]

参 考 文 献

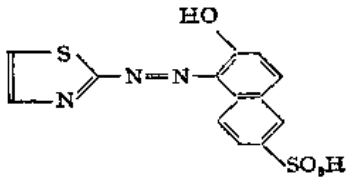
〔1〕 中川元吉 和田弘子：日本化学杂志，83(11),1185,(1962)。
〔2〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.*, 14, 927,(1960).
〔3〕 V. Svoboda: *Talanta*, 4 201,(1960).
〔4〕 H. Wada, G. Nakagawa: *Bunsehi Kagaku*, 14, 28,(1965); *Chem. Abstr.*, 62, 12419,(1965).
张志华，尹仲潮，俞汝勤：化学通报，1，34,(1966)。

1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚-6-磺酸　　I-2(2)-0028

1-(2-Thiazolylazo)-2-naphthol-6-Sulphonic acid

别名 TAN-6S

结构式



分子式 $C_{13}H_9N_3O_4S_2$　　**分子量** 335.35

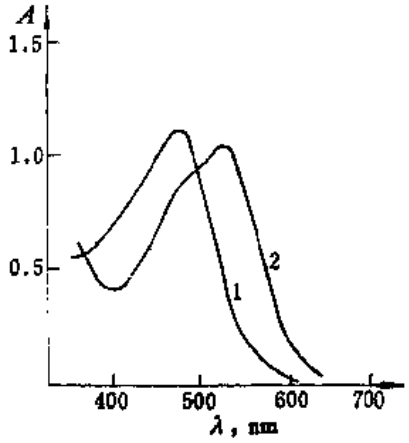
理化性质 黄色结晶粉末。溶于水，熔解时分解。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

	HL^-	L^{2-}
pK	8.44	—
颜色	黄	—

2. 吸收光谱



TAN-6S的吸收光谱，溶液浓度约 $10^{-4}M$，（1）在酸性溶液；（2）在碱性溶液。λ_{max}分别为480，530nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.44	6.44	5.44	4.44	3.44	2.44	1.46	0.57	0.11	0.01

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pd^{2+}	UO_2^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	7.7	11.1	—	4.3	8.5	13.0	8.2	6.3
$\lg K_2$	6.6	—	16.7 ($\lg\beta_4$)	3.3	8.3	5.7	5.5	5.7

合成方法[1,2] TAN-6S与TAM的制备方法相似。在盐酸溶液中使2-氨基噻唑重氮化，重氮盐与等摩尔的2-萘酚-6-磺酸进行偶合。产率为50%。

用途 络合滴定指示剂，0.1%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄（绿）[2,3]
Co^{2+}	pH4～7，吡啶，终点由紫蓝至黄[2,3]
Ni^{2+}	pH4～7，吡啶，终点由紫蓝至黄[2,3]
Pb^{2+}	pH7，吡啶，终点由蓝紫至黄[2,3]
Zn^{2+}	pH7，吡啶，终点由红紫至黄[2,3]

参 考 文 献

〔1〕 川瀬晃：分析化学(日)，12，709，(1963)。
〔2〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.*, 14, 927～932, (1960).
〔3〕 V. Svoboda: *Talanta*, 4, 201, (1960).

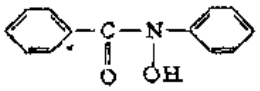
N-苯甲酰-*N*-苯胺 Ⅱ-2(2)-0029

N-Benzolyl-*N*-phenylhydroxylamine

别名 BPHA

N-苯基苯氧肟酸 *N*-Phenyl benzo hydroxamic acid

结构式



分子式 $C_{13}H_{11}NO_2$ **分子量** 213.23

理化性质 白色结晶粉末。25℃在水中的溶解度为0.04 g/100 g水，易溶于苯、甲苯、氯仿、四氯化碳、醇、醚、酮和酯。熔点120～121℃，160℃分解。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L^-
pK	8.15	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lg\alpha$	7.15	6.15	5.15	4.15	3.15	2.15	1.18	0.38	0.06

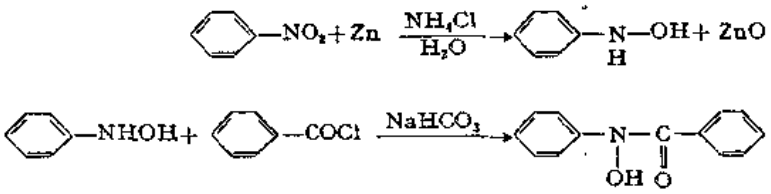
3. 络合物形成常数〔温度（μ）常温，离子强度0.1M〕

金属离子	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Th^{4+}
$\lg K_1$	5.28	12.64	
$\lg K_2$	—	12.16	15.6 ($\lg\beta_2$)
$\lg K_3$	—	11.88	26.4 ($\lg\beta_4$)

4. 颜色转变点的pM值

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10～14
pM Fe^{3+}	—	—	—	1.1	2.1	3.1	4.1	4.9	5.3	5.3
Ga^{3+}	5.9	8.2	11.2	14.2	17.2	20.2	23.2	25.6	26.8	26.8
Th^{4+}	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	11.6	14.8	16.4	16.4

合成方法[1,2]



在搅拌下，将氯化铵和硝基苯加入50℃水中，慢慢加入锌粉，温度控制在60～65℃，加完后继续搅拌30分钟。趁热过滤，即得苯胺。

苯胺溶液用少量碳酸氢钠调至微碱性，慢慢加入苯甲酰氯。将pH控制在7～8之间，温度控制在20～25℃。苯甲酰氯加完后，继续搅拌1小时，滤出沉淀并用水洗至中性。于70℃以下干燥。

所得苯甲酰苯胺磨细，慢慢加至稀氨水中，温度保持在25℃。过滤，滤液冷却，加入稀乙酸至pH2，过滤，干燥，即得产品。

提纯方法 粗品用乙醇—苯重结晶后，再用乙酸乙酯重结晶一次，或者用乙醇重结晶两次。

用途 络合滴定指示剂，配成1%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4.2～5.4，终点由淡绿黄至蓝[2]
Fe^{3+}	pH1～1.5，盐酸溶液，50～60℃，终点由紅紫至黄[3,4]
	pH2.7～2.9，乙酸盐，CyDTA①滴定，终点紫红至绿黄[3]
V(Ⅳ)	pH2.5～4.5，乙酸盐缓冲液，50%乙醇，终点粉紅至蓝[3]

① 环己二胺四乙酸。

参 考 文 献

〔1〕 D. E. Ryan, G. D. Lutrrick: *Can, J.Chem.*, 31, 9,(1953).

〔2〕 S. C. Shome: *The Analyst*, 75,28,(1950).

〔3〕 H. R. Das, S. C. Chome: *Anal. Chim. Acta*, 35,256(1961).

〔4〕 I. P. Alimarin, Y-H. Tse: *Vestn. Moskov. Univ. Ser. Khim*, 59 (1961); *Anal. Abstr.*, 8, 4176, (1961).

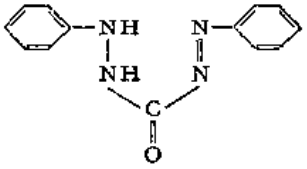
〔5〕 V. R. M. Kaimal, S. C. Chome: *Anal Chim: Acta*, 27, 594, (1962).
〔6〕 P. Ram, T. Dinesh, S. K. Sharma, R. L. Singhal; *Acta Cienc. Indica*, (*Ser*)*Chem.*, 8(4), 218, (1982); *Anal. Abstr.*, 44, 6B158, (1983).

二苯基卡巴腙 Ⅱ-2(2)-0030

Diphenyl Carbazone

别名 2-苯酰肼苯偶氮甲酸 2-Phenylhydrazide phenylazo formic acid

结构式



分子式 $C_{13}H_{12}N_4O$ **分子量** 240.26

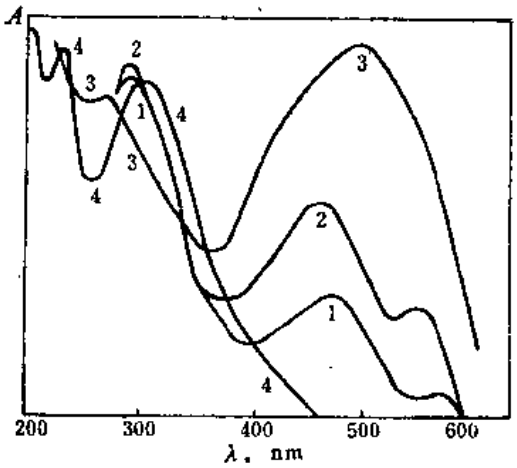
理化性质 橙红色针状结晶或粉末。难溶于水；能溶于乙醇、氯仿、四氯化碳、苯和甲苯等有机溶剂。熔点153～158℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	—	8.0	—

2. 吸收光谱



二苯基卡巴腙的吸收光谱。浓度为 $10^{-4}M$；（1）甲苯溶液；（2）四氯化碳溶液；（3）pH10.5 的水溶液；（4）pH1.0的水溶液，λ_{max}=300nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.04	0.30	0.04

4. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Ga^{3+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	V(Ⅴ)	Zn^{2+}
$\lg K_1$	9.8	7.2	—	6.0	3.5 (pH5.3)	5.8
$\lg K_2$	9.7	—	10.2 ($\lg\beta_2$)	—	—	—
$\lg K_3$	9.5	—	—	—	—	—

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9～14
pM	Cu^{2+}	2.8	3.8	5.2	7.9	10.9	13.9	16.9	18.9	19.0

合成方法[1] 2.42g(0.01mol) 1,5-二苯卡巴肼在加热下溶于50ml分析纯丙酮中，加入1.23g(0.01mol) 氯酸钾溶于50ml 2N硫酸的溶液，用30ml蒸馏水冲稀，加热至微沸（沸点范围65～67℃），然后很快地加入含有0.2g（准确称量）$FeSO_4 \cdot 7H_2O$的水溶液10ml，并开始计算时间。加入$FeSO_4$溶液时，反应物的颜色立即变成火红色。继续搅拌和加热片刻。过2.5分钟后，一次加入300ml冷蒸馏水，立即生成棕红色的悬浮液，过几秒钟后析出橙红色絮状物（二苯基卡巴腙）。仔细过滤，即得粗品。

提纯方法 粗品用丙酮-水或乙醇—水（体积比为1:1）重结晶。产品带光泽的红棕色针状或片状结晶，产率为59%。

用途 络合滴定指示剂，配成0.2%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Hg^{2+}	pH1,盐酸，终点由蓝紫至无色[2]
Pb^{2+}	pH4.5～6.5，乙酸盐缓冲液，终点由红至无色[3]
V(Ⅴ)	pH4.5～5.5,乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至无色[4,5,3]

参考文献

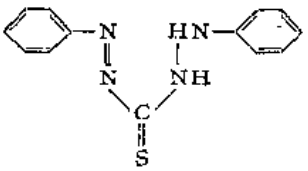
〔1〕 B. Friese, F. Umland: *Z. anal. Chem.*, 286, 107, (1977).
〔2〕 F. Sierra, G. A. Mora, C. S. Pedreno: *Anal. real. Soc. espan (Madrid)*, 55B, 365, (1959); *Chem. Abstr.*, 54, 5323, (1960).
〔3〕 I. Sajo: *Magyar Kém. Folyóirat*, 62, 176(1956); *Anal. Abstr.*, 3, 3257, (1956).
〔4〕 I. Sajo: *Acta Chim. Acad. Sci. Hung*, 16, 115, (1958); *Chem. Abstr.*, 52, 19664, (1958).
〔5〕 I. Sajo: *Talanta*, 10, 493, (1963).

双硫腙 Ⅱ-2(2)-0031

Dithizone

别名 二苯基硫卡巴腙 Diphenylthiocarbazone; 2-苯酰肼苯偶氮硫代甲酸 2-Phenylhydrazide-phenylazo-thioformic acid

结构式



分子式 $C_{13}H_{12}N_4S$ **分子量** 256.33

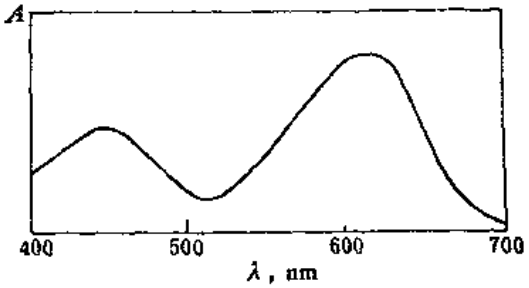
理化性质 蓝黑色结晶粉末。溶于氯仿、四氯化碳，不溶于水（溶解度为5×10^{-5}g/l），微溶于乙醇（溶解度为0.3g/l），熔点196℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $KClO_4$〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	4.7	—	—
颜色	绿	黄	—

2. 吸收光谱



双硫腙在四氯化碳溶液中的吸收光谱。λ_{max}=450nm和620nm

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.70	2.70	1.71	0.78	0.18	0.02

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度*0.1M NaCl〕

金属离子	$Cd(HL)_2$	$Co(HL)_2$	$Cu(HL)_2$	$Hg(HL)_2$	Ni^{2+}	Zn^{2+}	$Zn(HL)_2$
lgK_1	—	—	—	—	5.8②	6.2②	—
lgβ_2	13	13	22.3	40.3①	—	—	10.8

① t=25℃，μ=0.6～2.7MHCl；② t=25℃；μ=0.1，50%1,4-二氧六环

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6～14
pM	Cd^{2+}	—	2.6	4.6	6.4	7.6	8.0
	Hg^{2+}	9.9	11.9	13.9	15.7	16.9	17.3
	Zn^{2+}	—	—	2.4	4.2	5.4	5.8

合成方法[1] 13g苯肼溶于60ml乙醚中。用力振荡后，向烧瓶中滴加5.2ml二硫化碳。立即装上冷凝器，振荡数分钟。产生白色沉淀过滤，用乙醚洗涤，得产品15g左右。

上述β-苯二硫代二氨基脲苯肼盐在水浴上加热，并不断搅拌，冒出二硫化碳，产物为淡黄色胶状物。若有氨气出现，用水和冰冷却。再加入15ml无水乙醇，在搅拌下稍加热。这时胶状物变为结晶产物。吸滤，用乙醇洗涤，得二苯基硫代二氨基脲7.5g。

将上述产品加到氢氧化钾溶液中（6g氢氧化钾溶于60ml无水甲醇中），装上冷凝器在

* 为四氯化碳溶液。

水浴上加热煮沸。有色溶液用冰冷却，过滤，用硫酸酸化滤液至刚果红试纸变色，析出深蓝色沉淀，过滤，将沉淀物再溶入氢氧化钾溶液中，用硫酸再次酸化，过滤，用水洗至无硫酸根为止，在40℃下烘干，得产品约3 g。

提纯方法[2] 称一定量双硫腙溶于氯仿或四氯化碳中，用2%氨水萃取，使双硫腙进入水相，水相用氯仿或四氯化碳萃取数次，弃去有机相，直至有机相不再呈现红色为止。然后加入提纯过的氯仿或四氯化碳，用提纯过的盐酸酸化至弱酸性，使二硫腙进入有机相，再用纯水洗涤有机相两次。经提纯的双硫腙有机溶液保存于棕色瓶中，放在暗处备用。使用时用氯仿或四氯化碳稀释至所需要的吸光度（或透过率）。双硫腙的氯仿溶液一周内适用。也可以将上述双硫腙的溶液浓缩、结晶，以固体的形式保存备用。

用途 络合滴定指示剂，配成0.03%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2.5～5,20%吡啶，终点由红至绿[3]
	pH4.5,60%乙醇，终点由红至绿[4]
Cd^{2+}	pH4～5,20%吡啶，终点由红至微绿黄[3]
	pH4.5,60%乙醇，终点由红至微绿黄[4]
In^{3+}	pH4.5,60%乙醇，终点由红至绿[4]
Ni^{2+}	pH5,20%吡啶，终点由红至黄绿[3]
	pH4.5,60%乙醇，终点由红至黄绿[4]
Pb^{2+}	pH3.5～6.4,20%吡啶，终点由粉红至黄[3,5]
	pH4.5～5,40%乙醇，终点由红至黄绿[6,7,8]
Zn^{2+}	pH6～7,20%吡啶，终点由粉红至黄[8]
	pH4.5,50%乙醇，终点由红至绿紫[4,7,9]
	pH4.6,50%丙酮，终点由粉红至绿黄[10,11]

参 考 文 献

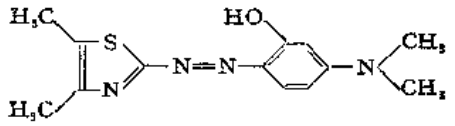
〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，冶金工业出版社，p. 66, 1960。
〔2〕 杭州大学化学系分析室：《分析化学手册》第一分册，化学工业出版社，p. 145, 1979。
〔3〕 A. C. Selse Costa: *Chemist Analyst*, 47, 39, (1958).
〔4〕 S. Hara, BunSek: *Kagaku*, 10, 629, (1961); *Chem. Abstr.*, 56, 6, (1962).
〔5〕 B. N. Bhattacharya, N. Gupta: *Indian J. Appl. Chem*, 23, 164, (1960); *Chem. Abstr*, 55, 10202, (1961).
〔6〕 S. Kotrly: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 22, 1765, (1957).
〔7〕 S. Hara: *Bunseki kagaku*, 10, 633, (1961); *Chem. Abstr.*, 56, 17, (1962).
〔8〕 S. Kotrly: *Mikrochim. Acta*, 407, (1964).
〔9〕 E. Wänninen, A. Ringbom: *Anal. Chim. Acta*, 12, 308, (1955).
〔10〕 A. Holasek, M. Dugandzic: *Mikrochim Acta*, 488, (1959).
〔11〕 M. Dugandzic, H. Flaschka, A. Holasek: *Clin. Chim. Acta*, 4, 819(1959); *Chem. Abstr.*, 54, 3570, (1960).

2-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚 Ⅱ-2(2)-32

2-(4,5-Dimethyl-2-thiazolylazo)-5-dimethylaminophenol

别名 DMTAM

结构式



分子式 $C_{13}H_{16}N_4OS$ **分子量** 276.36

理化性质 橙色针状结晶。溶于乙醇，不溶于水，熔点233℃。

理化参数

1. 离解常数*〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	—	11.58	—
颜色	—	黄	橙红

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	10.6	9.58	8.58	7.58	6.58	5.58	4.58	3.58	2.58	1.69	0.68	0.14	0.02

3. 络合物形成常数**〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.89	11.20	13.73	7.11	—	10.47	9.66
lgK_2	8.62	—	8.07	7.27	23.20 ($\lg\beta_2$)	—	9.26

合成方法[1] 2-氨基-4,5-二甲基噻唑，按常规方法制成重氮盐。然后与等摩尔5-二甲氨基苯酚偶合，即得产品。

提纯方法 用热乙醇重结晶可得橙色针状结晶，产率15%。

用途 络合滴定指示剂，$10^{-5}M$乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～8，终点由紫红或绿至黄或橙红[1]

参考文献

〔1〕 F. Kai, W. Akashi; *Anal. let*, 13, 1451, (1980).

茜素红 S

Ⅱ-2(2)-0033

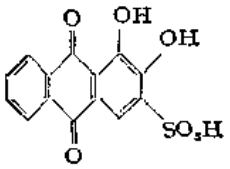
Alizarin red S

别名 茜素S Alizarin S; ARS; 1,2-二羟基蒽醌-3-磺酸1,2-Dihydroxyanthraquinone-3-Sulphonic acid

* 介质为60%(V/V)1,4-二氧六环水溶液。

** 介质为60%(V/V)1,4-二氧六环水溶液。

结构式



分子式 $C_{14}H_8O_7S$ **分子量** 320.26

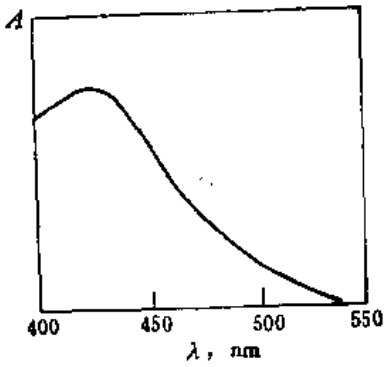
理化性质 棕黄色结晶粉末，易溶于水，微溶于醇，不溶于苯及氯仿。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.5M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
$\lg K$	—	5.5	11.0	—
颜色	—	黄	红	红紫

2. 吸收光谱



ARS在pH4水溶液的吸收光谱。λ_{max}=425nm

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lg\alpha$	14.5	12.5	10.5	8.51	6.62	5.12	4.01	3.00	2.00	1.04	0.30	0.04

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cr(Ⅵ)	Cu^{2+}	Ga^{3+}	HfO^{2+}	In^{3+}	La^{3+}	Mo(Ⅵ)	Nb(Ⅴ)
$\lg K_1$	—	11.0①	4.7	4.1	—	—	—	—	—	—
$\lg K_2$	7.4 (pH3.5)	—	—	—	9.5 (pH4)	10.4	9.4 (pH4)	8.6 (pH4)	9.6 (pH3.5)	—
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.1

金属离子	Pb^{2+}	Sc^{3+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}	V(Ⅴ)	W(Ⅵ)	Y^{3+}	$Zr(OH)_2L$
$\lg K_1$	4.7	—	—	4.5 (pH5)	—	—	—	49.0
$\lg K_2$	—	9.2 (pH4)	8.2 (pH4.5)		8.5 (pH3.5)	7.8 (pH3)	9.6 (pH4)	—

① t=20℃，μ=0.1M KNO_3

合成方法[1] 将茜素加入15%发烟硫酸，于105～110℃磺化，保温3小时，冷却，倾入蒸馏水中，在60℃加氯化钠盐析，加热至70℃，放置过夜，过滤。用10%氯化钠溶液洗涤后，将其溶于蒸馏水中，加活性炭，加热至80℃，过滤并加入碳酸钠溶液，放置，过滤。用乙醇和盐酸（9:1）溶液浸泡结晶，不断搅拌，放置过夜，结晶在80℃以下干燥。

提纯方法 上述茜素红用热水溶解，再加活性炭脱色，过滤，滤液边搅拌边加氨水，直至有少量结晶析出，再搅拌20分钟，放置过夜，过滤，产品在70～80℃干燥。

用途 络合滴定指示剂，配成0.05～0.2%水溶液。

金属离子	方法提要
RE^{3+}	pH4～4.5，乙酸盐缓冲液，加热，终点由红至黄[2,3]
	pH4～4.5，次甲基蓝作屏蔽，终点红至绿
Sc^{3+}	pH2，加热，靛蓝胭脂红作屏蔽，终点由红至绿[4]
Th^{4+}	pH4.5～6.5，乙酸盐缓冲液，终点红至黄[5]
	pH1.5～3.8，乙酸盐缓冲液，终点红至黄[3,6,7,8]
Y^{3+}	pH5，终点由玫瑰至黄[9]

参考文献

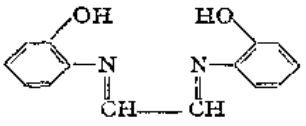
〔1〕 Yutaka Hosoda:(日本)有机合成化学协会志，9,187,(1951).
〔2〕 G. Brunisholz, R. Coheen, *Hev, Chim. Acta*, 39,324,(1956).
〔3〕 Yu. A. Chernikhov, R. S. Tramm, K. S. Pevzner: *Zavod. Lab.*, 26, 921, (1960); *Chem. Abstr.*, 54, 24124,(1960).
〔4〕 B. S. Tsyvina, O. V. Koukova: *Zavod. Lab.* 25, 1430,(1959); *Chem. Abstr.*, 54, 8460,(1960).
〔5〕 S. P. Sangal: *Microchem. J.*, 9,38,(1965).
〔6〕 J. J. Fritz, J. J. Ford: *Anal. Chem.*, 25,1640,(1953).
〔7〕 E. G. Gwens, J. H. Yoe: *Anal. Chim. Acta*, 23,321,(1960).
〔8〕 G. Sangal, S. P. Sangal, S. P. Mushran: *Microchem. J.*, 11,513,(1966).
〔9〕 S. P. Sangal: *Chim. Anal.*, 47,596,(1965).

乙二醛双缩（2-羟基苯胺） Ⅰ-2(2)-0034

Glyoxal-bis(2-hydroxy anil)

别名 GBHA；GHA；2,2′-(联二亚甲基二次氮基)二苯酚 2,2′-(Ethanediylidenedinitrilo)-diphenol

结构式

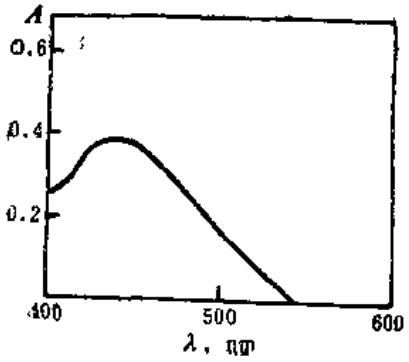


分子式 $C_{14}H_{12}N_2O_2$ **分子量** 240.26

理化性质 白色结晶或粉末。溶于甲醇，乙醇，丙酮，三氯甲烷，吡啶，二甲基甲酰胺；微溶于水。熔点204℃。

理化参数

1. 吸收光谱

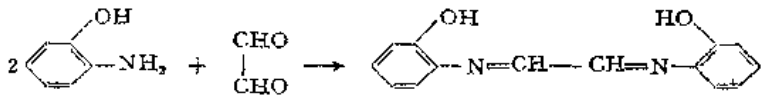


GBHA 于碱性甲醇-水溶液的吸收光谱。$\lambda_{max}=440nm$。

2. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Sc^{3+}
$\lg K_1$	4.3 (0.08MNaOH)	—
$\lg K_2$	—	5.9 (pH4.5)

合成方法[1]



4.4g新升华的邻氨基苯酚溶于1l 80℃的水中，加2.95g 40%乙二醛水溶液，在80℃保温30分钟。然后于冰箱内放置12小时，滤出无色针状结晶，用水洗涤，并用甲醇进行重结晶。产量4.4g（相当于理论产率的91%）。在60℃用P_2O_5干燥剂真空干燥12小时，熔点为204℃。

本品在pH1.5～11的范围内对酸和碱稳定。

用途 络合滴定指示剂。配成0.004～0.04M甲醇溶液，0.02%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH13，氢氧化钠溶液，10%乙醇，终点由红至黄[2,3]
Cd^{2+}	pH11，氨缓冲液，终点由红紫至黄[4]

参考文献

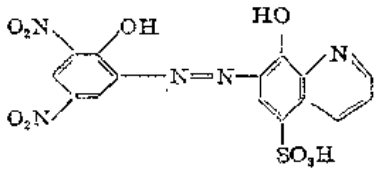
〔1〕 E. Bayer; *Chem. Ber.*, 90, 2335, (1957).
〔2〕 M. Vrchlabsky, A. Okáč; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 27, 246, (1962).
〔3〕 D. W. Skerry; *Clin. Chim. Acta*, 12, 593, (1965).
〔4〕 M. Vrchlabsky, A. Okáč; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 27, 492, (1962).

7-(2-羟基-3,5-二硝基苯偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅰ-2(2)-0035

7-(2-Hydroxy-3,5-dinitrophenylazo)-8-hydroxyquinoline-5-Sulphonic acid

别名 苦胺偶氮磺喹星 Picraminazosulfoxine; HDNPAZOXS

结构式



分子式 $C_{15}H_9N_5O_9S$ **分子量** 435.33

理化性质 棕色结晶粉末，溶于水，难溶于乙醇，不溶于乙醚。

理化参数

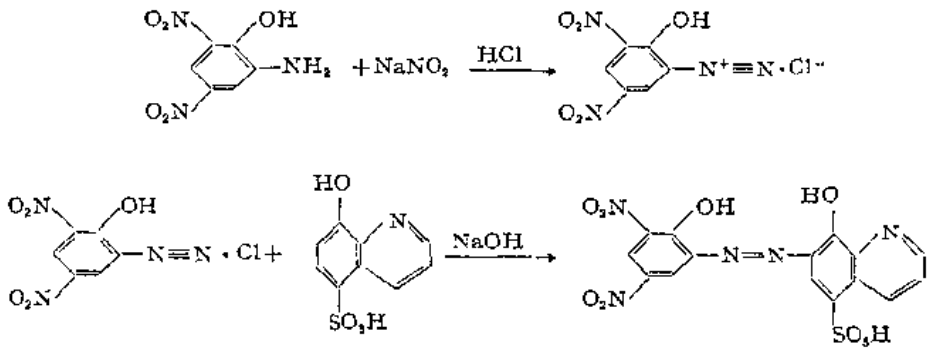
1．离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.0	8.1	11.74	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	19.8	16.9	14.1	11.9	9.84	7.84	5.87	4.09	2.79	1.75	0.81	0.19	0.02

合成方法[1]



1g苦氨酸在加热下溶于120ml 95%乙醇中，过滤。所得透明溶液倒入盛有6ml 1:1盐酸的烧瓶中。由滴液漏斗中慢慢滴加14ml 10%亚硝酸钠溶液（烧瓶放在冰浴中冷却）。经1小时反应后，用布氏漏斗滤出结晶，水洗，得重氮盐。

取2.4g 8-羟基喹啉-5-磺酸溶于微碱性溶液中，边搅拌边加入2.5g浆状苦氨酸重氮盐。立刻有棕色结晶析出。

提纯方法 在加热下，将沉淀溶于尽量少的水中，过滤，边搅拌边加浓盐酸至pH1，立即有偶氮化合物析出。过滤，沉淀用95%的乙醇洗，再以乙醚洗。在60～70℃干燥，可得3.6g产品，相当于理论产值的90%。

用途 络合滴定指示剂，配成0.05%水溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH1～2，终点由粉红至蓝[1]

参考文献

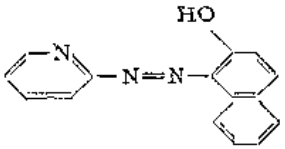
〔1〕 С. И. Гусев, Л. М. Щурова, З. А. Битовт; *ЖАХ*, 21(5), 568,(1966).

1-(2-吡啶偶氮)-2-萘酚　　Ⅱ-2(2)-0036

1-(2-Pyridylazo)-2-naphthol

别名 *o*-PAN; PAN

结构式



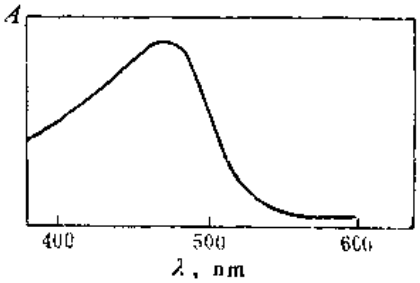
分子式 $C_{15}H_{11}N_3O$ **分子量** 249.27

理化性质 橙红色粉末。溶于醇和醚，难溶于水。熔点138～141℃。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）常温，离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^{2-}
pK	1.90	12.2	—
颜色	紫红	黄	粉红



2．吸收光谱

PAN在氯仿溶液中的吸收光谱。$\lambda_{max}=472nm$

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	12.3	10.5	9.23	8.20	7.20	6.20	5.20	4.20	3.20	2.20	1.23	0.41	0.06

4．络合物形成常数〔温度（t）18～22℃；离子强度（μ）0.05M〕

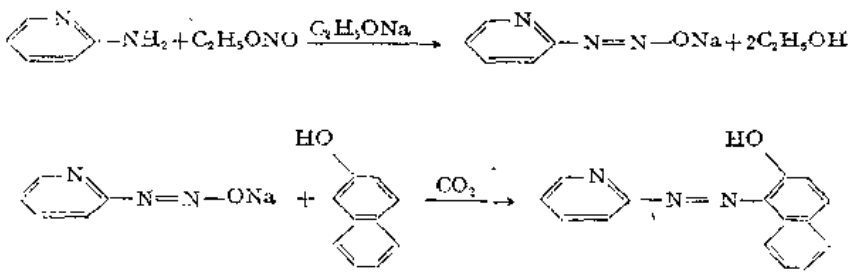
金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Eu^{3+}	Ho^{3+}	Mn^{2+}	Tl^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	12.15	12.6①	12.39	12.76	—	2.3	12.7
lgK_2	12.01		11.41	11.60	15.3① (lgβ_2)	—	11.8
lgK_3	—	—	10.42	10.44	—	—	—
lgK_4		—	9.45	9.28	—	—	—

① t=29～33℃，μ=0.1M $NaClO_4$。

5．颜色转变点的pM值

pH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Co^{2+}	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.6	12.0
	Ni^{2+}	3.5	4.5	6.0	7.9	9.9	11.9	13.9	15.9	17.9	19.5	20.3
	Zn^{2+}	2.0	3.0	4.0	5.0	6.5	8.3	10.3	12.3	14.3	15.9	16.7

合成方法[1]



无水乙醇与金属钠反应生成乙醇钠，然后将其加入α-氨基吡啶的乙醇溶液并通入亚硝酸乙酯蒸气，反应温度在45～50℃之间，通完后保温8小时。过滤，用乙醚洗涤所得重氮盐。

将重氮盐加至2-萘酚的乙醇溶液中，在45～50℃通入二氧化碳进行偶合，6小时后滤出结晶，用蒸馏水洗涤即得粗品。

提纯方法 用乙醇（粗品:乙醇为1:7）精制，在80℃以下干燥，所得产品密封保存。

用途 络合滴定指示剂，配成0.01～0.1%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH1～3,终点由红至黄[2,3]
Cd^{2+}	pH6,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[1]
Cu^{2+}	pH2.5,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[1,4]
	pH10,氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[5,6]
In^{3+}	pH2.5,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[7]
Ni^{2+}	pH4,乙酸盐缓冲液，加热，终点由粉红至黄[4]
Th^{4+}	pH2～3.5,硝酸溶液，终点由红至黄
UO^{2+}	pH4.4,六次甲基四胺-异丙醇，终点由红至黄[8,9]
Zn_2^{2+}	pH5.7,乙酸盐缓冲液，终点由粉红至黄[1,4]

参考文献

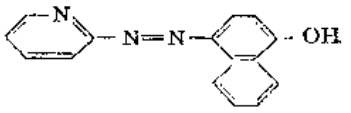
[1] K. L. Cheng, R. H. Bray: *Anal. Chem.*, 27, 782, (1955).
[2] A. I. Busev: *Zhur. Anal. Khim*, 12, 386, (1957); *Chem. Abstr.*, 52, 1841, (1958).
[3] G. Gattow, D. Schott: *Z. anal. Chem.*, 188, 10, (1962).
[4] K. L. Cheng: *Anal. Chem.*, 30, 243, (1958).
[5] H. Flaschka, H. Abdine: *Chemist Analyst*, 45, 2, (1956).
[6] H. Flaschka, H. Abdine: *Chemist Analyst*, 45, 58, (1956).
[7] K. L. Cheng: *Anal. Chem.*, 27, 1582, (1955).
[8] E. Lassner, R. Scharf: *Z. Anal. Chem.*, 164, 398, (1958).
[9] A. Brück, K. F. Lauer: *Anal. Chim. Acta*, 37, 325, (1967).

4-(2-吡啶偶氮)-1-萘酚　　Ⅱ-2(2)-0037

4-(2-Pyridylazo)-1-naphthol

别名 *p*-PAN

结构式



分子式 $C_{15}H_{11}N_3O$　　**分子量** 249.27

理化性质 橙红色结晶粉末。溶于醇和醚，难溶于水。熔点126～127℃。

理论参数

1. 离解常数[温度（*t*）30～36℃；离子强度0.1*M*]

	H_2L^+	HL	L^-
p*K*	3.0	9.1	—
颜色	黄	黄	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lg\alpha$	10.1	8.14	6.40	5.14	4.10	3.10	2.10	1.13	0.35	0.05

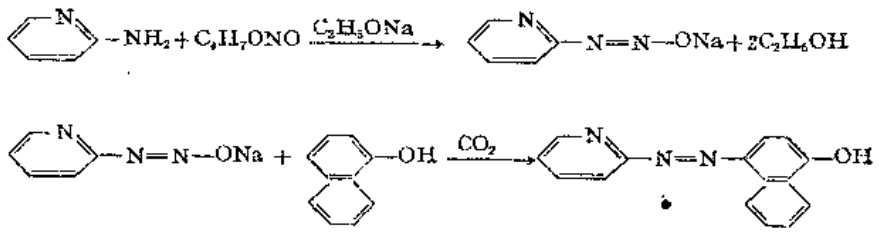
3. 络合物形成常数[温度（t）30～36℃；离子强度*(μ)0.1M]

金属离子	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
$\lg\beta_4$	20	23	19.4

4. 颜色转变点的pM值

pH		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11～14
pM	Cu^{2+}	—	2.2	4.8	6.8	8.8	10.8	12.8	14.2	15.0	15.0
	Ni^{2+}	1.8	5.2	7.8	9.8	11.8	13.8	15.8	17.2	18.0	18.0
	Zn^{2+}	—	1.6	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	13.6	14.4	14.4

合成方法[1]



2.4 g 金属钠溶于60ml无水乙醇，制得乙醇钠。10 g 2-氨基吡啶溶于少量乙醇中，加入上述乙醇钠和10 g 亚硝酸丁酯。将此混合物回流6.5小时，则生成棕色重氮盐沉淀。取19 g 经升华过的1-萘酚溶于乙醇中，加入上述重氮盐，加热回流 5 小时，通二氧化碳，放置过夜。过滤得粗品。

提纯方法 粗品用50%（V/V）的甲醇水溶液重结晶。得产品1～1.5 g 。熔点126～127℃。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4.5，乙酸盐缓冲液，终点由红至黄

参考文献

[1] D. Betteridge, P. K. Todd, Q. Fernando, H. Freiser; *Anal. Chem.*, 35(6), 729, (1963).

铬蓝 SE

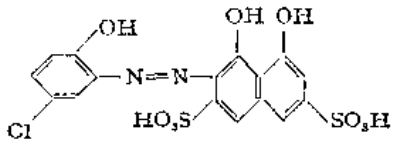
Ⅱ-2(2)-0038

Eriochrome blue SE

别名 2-(5-氯-2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 2-(5-Chloro-2-hydroxy phenylazo) -1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid；酸性铬海军蓝 B Acid Chrome navy blue B；铬坚牢蓝2B Chrome fast blue 2B

* 50%1,4-二氧六环。

结构式



分子式 $C_{16}H_{11}ClN_2O_9S_2$ **分子量** 410.72

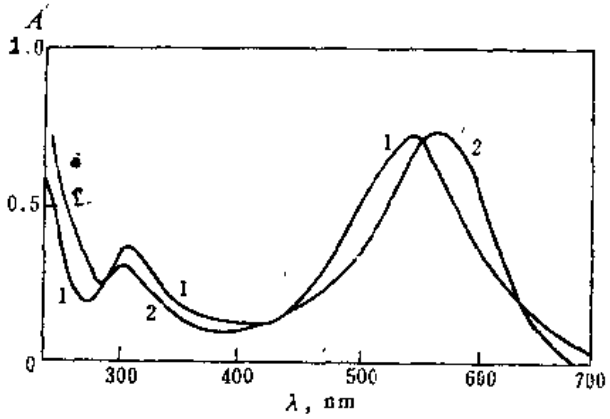
理化性质 暗紫色粉末。溶于水为玫瑰色；溶于氢氧化钠溶液中呈蓝紫色；微溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	8.0	10.5	11.9	—
颜色	—	蓝	蓝	—

2. 吸收光谱



铬蓝SE的吸收光谱。（1）水溶液；（2）1.0N NaOH溶液。λ_{max}分别为540，570nm。

3. 酸效应系数

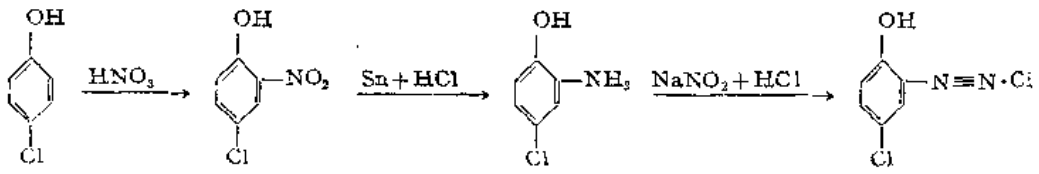
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	27.4	24.4	21.4	18.4	15.4	12.4	9.44	6.70	4.44	2.52	1.08	0.25	0.03

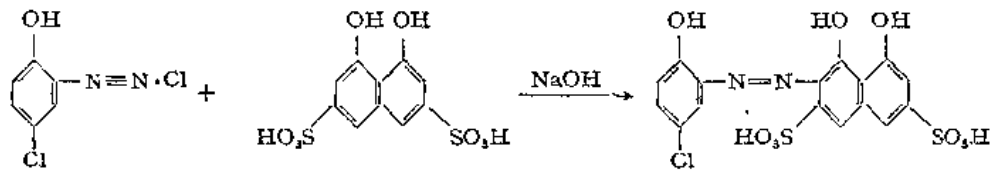
4. 络合物形成常数

5. 颜色转变点的pM值

pH		9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	0.6	2.6	3.9	4.8	5.0	5.0

合成方法[1]





将对氯苯酚加入稀硝酸中进行硝化，在3小时内加完，反应温度为20～25℃，搅拌保温16小时，过滤并洗去游离酸，用乙醇重结晶。将所得对氯邻硝基酚加入稀盐酸中，加热至80℃，慢慢加入锡屑进行还原。搅拌4小时，去掉过量的锡，用碳酸钠中和至pH6，滤出沉淀，用热乙醇提取，冷却结晶。将对氯邻氨基酚加到稀盐酸中，冷至0℃，加亚硝酸钠溶液进行重氮化，反应温度不超过8℃，过滤，用冰冷却。

将变色酸溶于稀氢氧化钠溶液中，冷至5℃，加入上述重氮盐，温度不超过10℃，过滤，滤液用冰乙酸酸化至pH7～8，沉淀过滤得粗品。

提纯方法 粗品溶于氢氧化钠溶液中，过滤，滤液用冰乙酸酸化，加无水乙醇，析出沉淀，滤得纯品。密封保存。

用途 络合滴定指示剂。配成0.1%的25%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH>12，NaOH溶液，终点由红至蓝[2]
	pH11.5，终点由红至蓝[3]
	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[4]
Cd^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由粉红至蓝[5]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[4][5]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至蓝[5]
Ni	pH10，氨缓冲液，终点由紫至蓝[5]
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由粉红至蓝[5]

参考文献

[1] *C. I*, 16680.
[2] H. Flaschka, A. A. Abd El Raheem, F. Sadek; *Z. Physiol. Chem.*, 310, 97, (1958).
[3] J. S. Bullock, R. H. Maier; *Anal. Chim. Acta*, 20, 419, (1959).
[4] G. S. Kovacs, K. E. Tarnok; *Anal. Chim. Acta* 21, 297, (1959).
[5] A. A. Abd El Raheem, A. M. Amin; *Z. anal. Chem.*, 163, 340, (1958).

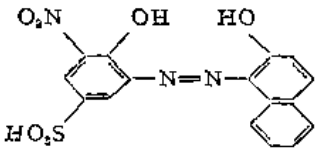
铬坚牢灰RAS

Ⅱ-2(2)-0039

Eriochrome fast grey RAS

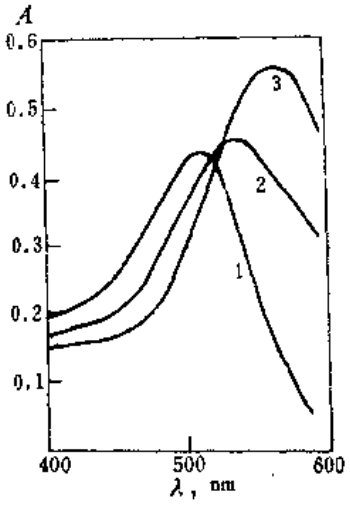
别名 4-(2-羟基-3-硝基-5-磺酸苯偶氮)-2-萘酚 4-(2-Hydroxy-3-nitro-5-Sulphophenylazo)-2-naphthol；羊毛黑N Wool black N

结构式



分子式 $C_{16}H_{11}N_3O_7S$ **分子量** 389.34

理化性质 橙色结晶粉末。溶于水和醇，微溶于丙酮。



理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.83	10.53	10.7	—
颜色	橙	紫蓝	—	

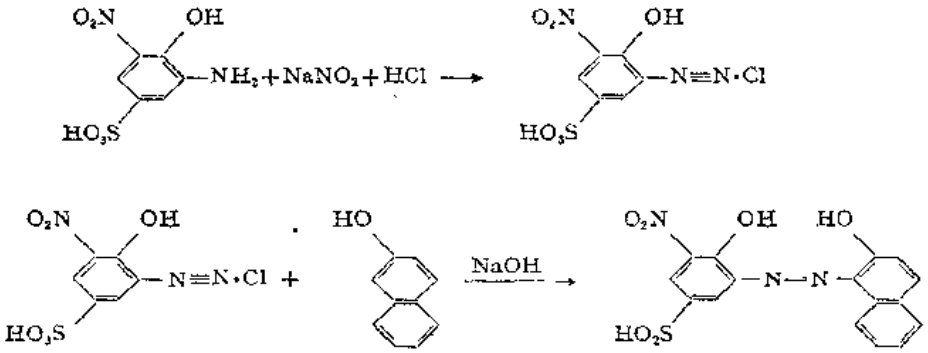
2. 吸收光谱

铬坚牢灰RAS的吸收光谱。试剂浓度为$4\times10^{-5}M$；（1）pH1.7；（2）pH4.1；（3）pH5.05。λ_{max}分别为515，540，570nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	22.1	19.1	16.1	13.5	11.3	9.23	7.23	5.23	3.23	1.36	0.22	0.02

合成方法[1]



取一定量6-硝基-4-磺基-2-氨基酚溶于热的10%氢氧化钠溶液中，冷却后再加入30%盐酸，在10～15℃下用亚硝酸钠重氮化。另取与上述重氮盐等摩尔的2-萘酚溶于氢氧化钠溶液中，边搅拌边加入上述黄色重氮盐，温热至45℃，使偶合完全、酸化、过滤、干燥即为成品。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2～2.5，硝酸溶液，终点由紫蓝至橙[2]
Fe^{3+}	pH2，硝酸溶液，终点由黄至橙[2]
Th^{4+}	pH2～2.5，硝酸溶液，终点由玫瑰至橙[2]
Zn^{2+}	pH8，氨缓冲液，终点由猩红至紫蓝[2]

参 考 文 献

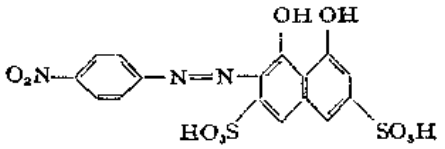
〔1〕 F. M. Rowe; *C. I.*, 172(1924).
〔2〕 H. Khalifa; *Anal. Chim. Acta*, 17, 194(1957).

铬 变 素 2B　　Ⅰ-2(2)-0040

Chromotrope 2B

别名　2-(4-硝基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸　2-(4-Nitrophenylazo)-1, 8-dihydroxynaphthalene-3, 6-disulphonic acid; 铬变素红4B　Chromotrope red 4B

结构式



分子式　$C_{16}H_{11}N_3O_{10}S_2$　　**分子量**　469.40

理化性质　浅红棕色粉末。溶于水呈黄色；不溶于醇。

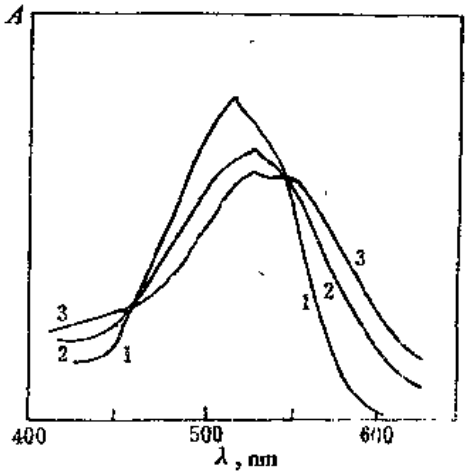
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	3.68	6.8	9.3	9.86	—

2. 吸收光谱

铬变素2B在水溶液中的吸收光谱。（1）pH7.0；（2）pH9.0；（3）pH10.0。λ_{max}分别为510，530，530nm。



3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	17.2	15.2	13.2	11.2	9.16	7.16	5.16	3.18	1.34	0.27	0.03

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	Sc^{3+}	Th^{4+}	Y^{3+}
lgK_1	9.8 (pH6.0)	4.9 (pH4.5)	4.0	4.6 (pH6.0)

合成方法　取对硝基苯胺2.8 g于250ml烧杯中，加1N盐酸100ml，冷至0～5℃，边搅拌边滴加含有1.4 g亚硝酸钠的溶液5ml，加完后继续搅拌20分钟，加1 g尿素。

6.4 g变色酸溶于80ml水中，用氢氧化钠调至pH5～6，加25 g乙酸钠，冷却至0～5℃，

* 以二元酸计算pKa_1=9.3; pKa_2=9.86。

边搅拌边加入上述重氮盐，加完后继续搅拌30分钟，放置3小时。沉淀过滤，将沉淀溶于60ml热水中，过滤，滤液加入热乙醇100ml，冷却，析出沉淀过滤，干燥，即得成品。

提纯方法 将样品溶于尽量少的热水中，加适量热乙醇（水：乙醇为6:10），冷却，过滤，干燥，即得精制品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.2%水溶液。

金属离子	方法提要
Th^{4+}	pH2.7，终点由紫蓝至粉红[1]

参考文献

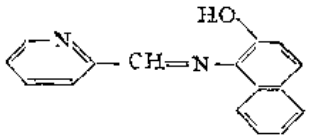
〔1〕 S. P. Sangal, A. K. Dey; *Z. Anal. Chem.*, 183, 178, (1961).

2-吡啶醛-2′-羟基萘 Ⅱ-2(2)-0041

2-Pyridinealdehyde-2′-hydroxynaphthyline

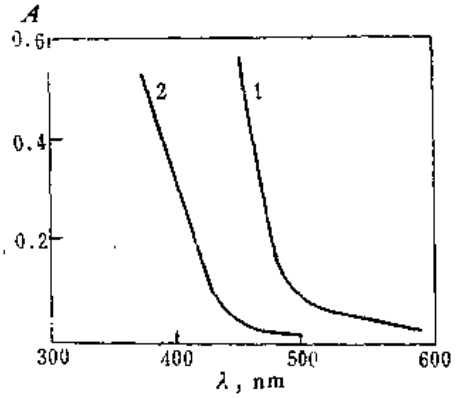
别名 PHN

结构式



分子式 $C_{16}H_{12}N_2O$ **分子量** 248.28

理化性质 黄绿色针状结晶。难溶于水，溶于乙醇。熔点149℃。



理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	3.75	8.25	—

2. 吸收光谱

PHN在pH3.5，乙醇溶液的吸收光谱。（1）配制二天之后；（2）新配制，λ_{max}=350nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	10.0	8.01	6.07	4.44	3.27	2.25	1.27	0.44	0.07	0.01

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}
lgK_1	9.70

合成方法[1] 取37.2 g 1-氨基-2-萘酚，加100 ml水，振摇混匀，在水浴上加热溶解，滴加16.2 g吡啶-2-甲醛，则有棕紫花色沉淀析出。得粗品。

提纯方法 粗品用乙醇重结晶，得黄绿色针状结晶，熔点149℃。

用途 络合滴定指示剂，配成$8.1\times10^{-3}M$乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH3.5～4.5，乙酸盐缓冲液，终点由微红橙至亮蓝[2]

参考文献

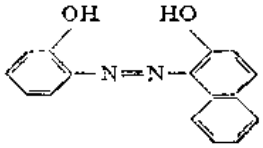
〔1〕 饭盛 和代，饭盛 喜代春，森 幸子：分析化学（日），24(7)，414，(1975)。
〔2〕 饭盛 和代，饭盛 喜代春，山崎 数恵：分析化学（日），30(11)，731，(1981)。

1-(2-羟基苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0042

1-(2-Hydroxy phenylazo)-2-naphthol

别名 HBN 1-(2-Hydroxy-1-benzeneazo)-2-naphthol

结构式



分子式 $C_{16}H_{12}N_2O_2$ **分子量** 264.28

理化性质 橙色结晶粉末。易溶于乙醇，不溶于水。熔点192℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	7.7	12.4	—
颜色	—	紫红	紫蓝

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	18.1	16.1	14.1	12.1	10.1	8.11	6.18	4.58	3.42	2.40	1.42	0.56	0.10

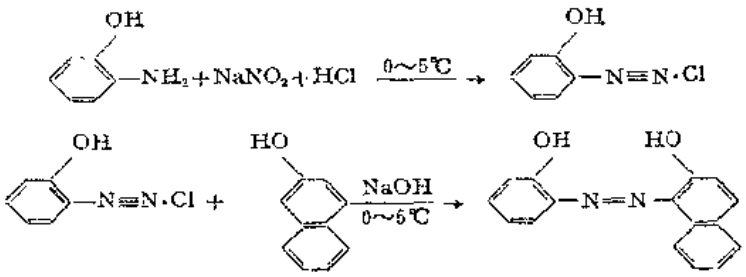
3. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Hg^{2+}
lgK_1	4.7	7.0

4. 颜色转变点的pM值

pH	7	8	9	10	11	12	13	14
pM Ca^{2+}	—	0.1	1.3	2.3	3.3	4.2	4.6	4.7
Mg^{2+}	0.8	2.4	3.6	4.6	5.6	6.5	6.9	7.0

合成方法[1,3]



取一定量的邻氨基苯酚按常规方法进行重氮化。再与等摩尔量的β-萘酚，在碱性条件下偶合。酸化即得产品。

提纯方法 乙醇重结晶。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由橙至紫红[1]
	pH12.5～13，NaOH溶液，终点由红橙至紫蓝[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由橙至紫红[1]
Sr^{2+}	pH12.5～13，NaOH溶液，终点由红橙至紫蓝[2]

参 考 文 献

〔1〕 H. Diehl, J. Ellingboe: *Anal. Chem*, 32(9), 1120, (1960).
〔2〕 B. Budesinsky: *Coll. Czech. Chem. Comms*, 23, 895, (1958).
〔3〕 H. D. K. Drew, J. K. Landquist: *J. Chem. Soc*, 292, (1938).

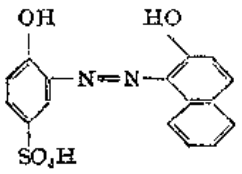
铬紫B　　Ⅱ-2(2)-0043

Eriochrome Violet B

别名 4-羟基-3-(2-羟基萘偶氮)苯磺酸 4-Hydroxy-3-(2-hydroxynaphthylazo)-benzenesulphonic acid；

橙洛铬紫R Solochrome violet R；酸性茜素紫N Acid alizarin violet N

结构式



分子式 $C_{16}H_{12}N_2O_5S$　　**分子量** 344.34

理化性质 橙色粉末。溶于水和乙醇，微溶于丙酮。

理化参数

1. 离解常微〔温度（t）25℃；离子强度（μ）→0〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	—	7.0	13.0	—
颜色	—	红	蓝	红紫

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\lg\alpha$	18.0	16.0	14.0	12.0	10.0	8.04	6.30	5.64	4.00	3.00	2.00	1.04	0.30

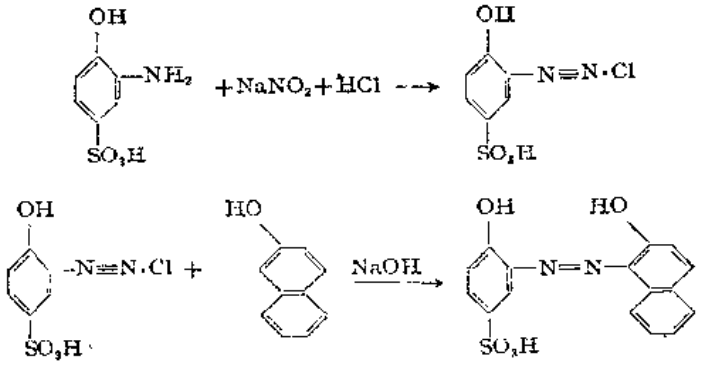
3．络合物形成常数（温度（t）25℃；离子强度（μ）→0）

金属离子	Al^{3+}	Ca^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	18.4	6.6	21.8	8.6	15.9	12.5	13.5
$\lg K_2$	13.2	3.0	—	5.0	10.5	5.3	7.4

4．颜色转变点的pM值

pH		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	—	—	—	0.3	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.3	6.6
	Cu^{2+}	9.8	11.8	13.8	15.5	16.8	17.8	18.8	19.8	20.8	21.5	21.8
	Mg^{2+}	—	—	0.6	2.3	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.5	8.9
	Ni^{2+}	3.9	5.9	7.9	9.6	11.5	13.4	15.4	17.4	19.4	20.8	21.4
	Pb^{2+}	0.5	2.5	4.5	6.2	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.0
	Zn	1.5	3.5	5.5	7.2	8.5	9.5	10.5	12.0	13.9	15.3	15.9

合成方法[1]



189 g（1mol）2-氨基-4-磺酸苯酚溶于10%氢氧化钠溶液中，冷却后逐渐加入浓盐酸使其成为盐酸盐析出，冷却至0～5℃，逐渐滴加含1.1mol亚硝酸钠的饱和水溶液进行重氮化。搅拌并放置30分钟。然后与144g（1mol）β-萘酚于碱性溶液中进行偶合，搅拌并放置30分钟，酸化即得产品。

提纯方法 用酸碱沉进行纯化。

用途 络合滴定指示剂，配成0.01%水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12.5～13，NaOH溶液，终点由红橙至红紫[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由粉红至紫红[3]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，VC，终点由粉红至紫蓝[3]
Sr^{2+}	pH12.5～13，NaOH溶液，终点由红橙至红紫[2]

参 考 文 献

〔1〕 F. M. Rowe; *C. J.* 160,(1924).
〔2〕 B. Budesinshy; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 23,895,(1958).
〔3〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West; *Chemist Analyst*, 46,86(1957).

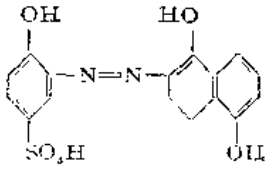
铬 黑 PV

Ⅱ-2(2)-44

Eriochrome black PV

别名 2-(1,5-二羟基-2-萘偶氮)-1-羟基苯-4-磺酸 2-(1.5-Dihydroxy-2-naphthylazo)-1-hydroxybenzene-4-Sulphonic acid；钙铬黑PV *Calcochrome black PV*；铬坚牢黑PV Chrome fast black PV

结构式



分子式 $C_{16}H_{12}N_2O_6S$ **分子量** 360.34

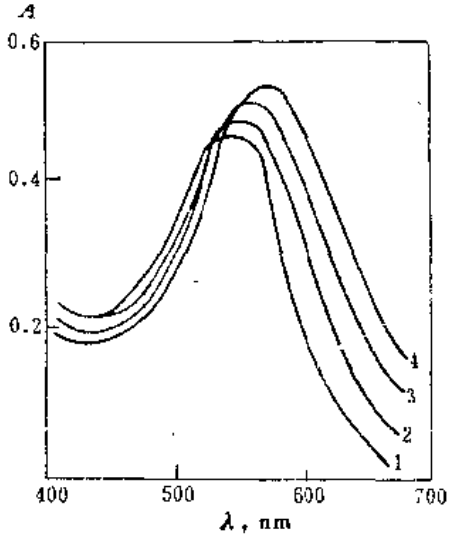
理化性质 黑色粉末，溶于水和乙醇，微溶于丙酮。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	4.1	7.0	11.0	—
颜色	红	紫蓝	蓝	—

2. 吸收光谱



铬黑PV水溶液的吸收光谱。（1）pH6.03；（2）pH6.60；（3）pH7.05；（4）pH 7.58。λ_{max}=550～590nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	19.1	16.1	13.1	10.4	8.05	6.04	4.30	3.04	2.00	1.04	0.30	0.04

4. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	ZnHL
$\lg K_1$	14.2

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8～14
pM	Zn^{2+}	5.1	7.1	9.1	10.8	12.2	13.2	13.9	14.2

合成方法[1] 取一定量的2-氨基-4-磺基苯酚溶于10%氢氧化钠溶液中，冷却后逐渐滴加浓盐酸，使其形成盐酸盐析出，冷却至0～5℃，逐渐加入等摩尔的亚硝酸钠饱和水溶液进行重氮化，搅拌后并放置30分钟。再与等摩尔的β-萘酚的碱性溶液偶合，搅拌后放置30分钟，酸化即得成品。

用途 络合滴定指示剂，配成$10^{-3}M$水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红至蓝[2,3]
Cd^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[3,4]
Fe^{2+}	pH4，乙酸盐缓冲液，终点由橙至红[2]
Fe^{2+}	pH4，乙酸盐缓冲液，终点由黄至红[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[2~5]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，羟胺，终点由红至蓝[2~4]
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由红紫至蓝[3]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[2~4]

参 考 文 献

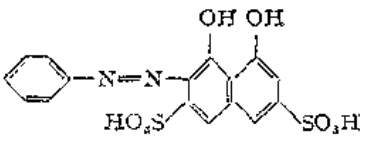
〔1〕 Morgan and M. Smith; *J. Soc. Dyers Colour*, 41, 233(1925); *US* 722715.
〔2〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West; *Chemist Analyst*, 47, 2, (1958).
〔3〕 B. Budesinsky; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 23, 895, (1958).
〔4〕 H. Khalifa. M. M. Khater; *Z. anal. Chem.*, 183, 241(1961).
〔5〕 F. Hegemann, H. Thomann; *Ber. dent. Keram. Ges*, 38, 45(1961); *Chem. Abstr*, 62, 16, (1965).

铬变素 2R　　Ⅰ-2(2)-0045

Chromotrope 2R

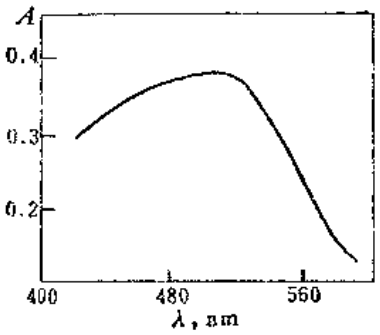
别名 2-(1-苯基偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸　2-(1-Phenylazo)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid；铬变素红2R　Chromotrope red 2R

结构式



分子式 $C_{16}H_{12}N_2O_8S_2$ **分子量** 424.40

理化性质 棕红色粉末。溶于水呈鲜红色，难溶于醇。



理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1MKCl〕

	H_2L^{3-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	9.3	14.6	—

2. 吸收光谱

铬变素2R在水溶液中的吸收光谱。λ_{max}=520nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	8.30	7.30	6.30	5.30	4.30	3.30	2.30	1.32	0.48	0.08

4. 络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Al^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Ni^{2+}	Th^{4+}
lgK_1	18.41	9.2	17.23	22.4	12.0	10.7

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10～14
pM	Th^{4+}	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.2	10.7

合成方法[1] 苯胺4.7ml置于盛有250ml0.5N盐酸的400ml烧杯中，冷却至0～4℃，在搅拌下慢慢滴加含有3.8g亚硝酸钠的水溶液10ml，10分钟加完，继续搅拌30分钟，加2g尿素。

18.5g变色酸溶于100ml水中，有沉淀需过滤，滤液放于500ml烧杯中，加25g乙醇钠，冷却至0～5℃，加水50ml，不断搅拌，将上述重氮盐加到变色酸溶液中，约2小时加完，继续搅拌3～4小时。

反应后加入20～30g氯化钠盐析，过滤，将沉淀溶于200ml水中，再以20～30g氯化钠第二次盐析，过滤，将沉淀溶于100ml水中，加热，用快速滤纸趁热过滤，滤液加乙醇100ml，放置6小时，快速滤纸过滤。常温鼓风干燥，研细。

用途 络合滴定指示剂，配成0.2%水溶液。

金属离子	方法提要
Th^{4+}	pH2，硝酸溶液，40℃，终点由紫蓝至粉红[2,3]

参考文献

〔1〕 五二所：理化检验 4,20,(1973)。
〔2〕 G. Schwarzenbach, H. Flaschka: "Die Komplexometrische Titration", Fünfte Auflage, Ferdinand Enke, Stuttgart, 1965。
〔3〕 S. P. Sangal, A. K. Dey; *Z. anal. Chem*, 183, 178, (1961).

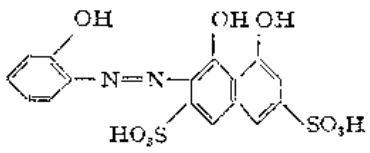
* 按一元酸计算pKa_1=9.3。

酸性铬深蓝　　Ⅱ-2(2)-0046

Acid Chrome dark blue

别名　2-(2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸　2-(2-Hydroxyphenylazo)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid；酸性铬蓝T　Acid Chrome blue T

结构式



分子式　$C_{16}H_{12}N_2O_9S_2$　　**分子量**　440.40

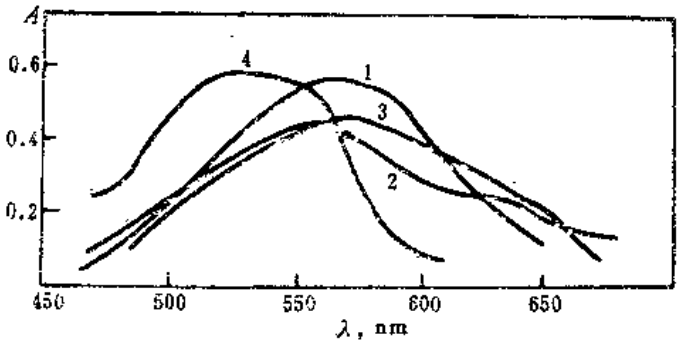
理化性质　暗红色粉末。溶于水，难溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M]

	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	7.56	9.30	12.4	—
颜色	—	—	蓝	—

2. 吸收光谱



酸性铬深蓝水溶液的吸收光谱。（1）pH>13；（2）pH10.6；（3）pH7.6；（4）pH 4.0～2.0，λ_{max}=525 nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	26.3	23.3	20.3	17.3	14.3	11.3	8.37	5.85	3.89	2.48	1.42	0.55	0.10

4. 络合物形成常数[温度（t）室温；离子强度（μ）0.1M]

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgβ_2	6.2	9.28	8.5	7.11	10.5

5. 颜色转变点的pM值

pH		10	11	12	13	14
pM	Ba^{2+}	—	—	—	1.2	1.2
	Ca^{2+}	—	1.5	3.1	4.3	4.3
	Mg^{2+}	—	0.7	2.3	3.5	3.5
	Sr^{2+}	—	—	0.9	2.1	2.1
	Zn^{2+}	0.7	2.7	4.3	5.5	5.5

合成方法[1] 取邻氨基苯酚28 g（0.25*M*）于400ml烧杯中，加水30ml，在80～90℃下，边搅拌边加入30ml浓盐酸，冷却至0℃，加入含有17.5 g（0.25摩尔）$NaNO_2$的溶液80ml，30分钟加完，继续搅拌15分钟。

91 g（0.25*M*）变色酸二钠盐溶于100ml水中，加乙酸钠30 g，边搅拌边滴加上述重氮盐，反应温度保持在0～5℃，加完后放置3～4小时，加浓盐酸酸化，析出沉淀，过滤，沉淀在50～60℃烘干。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12，氢氧化钠溶液，终点由红至蓝紫[2,3]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[2,3]
Mn^{2+}	pH8.5～9.0，氨缓冲液，终点由红至蓝
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由红紫至蓝[4,5]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[2,6]

参考文献

[1] 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p. 19，1960。
[2] T. B. Styunkel, E. M. Yakimets, D. A. Savinovskii: *Zhur. Anal. Khim.*, 8, 163, (1953); *Chem. Abstr* 47, 10407, (1953)。
[3] T. B. Styunkel, E. M. Yakimets: *Elek. Stantsii*, 28, 10(1957); *Chem. Abstr.*, 52, 1519, (1958)。
[4] T. B. Styunkel, Z. A. Mikhaleva: *Trudy Ural. Politekh.* Inst., 159, (1960); *Chem. Abstr*, 55, 23165, (1961)。
[5] A. I. Lazarev, V. I. Lazareva: *Zavod. Lab.*, 25, 542, (1959); *Chem., Abstr.*, 53, 15868, (1959)。
[6] Yu. I. Belavskaya: *Zavod. Lab.*, 22, 422, (1956); *Chem. Abstr*, 51, 2409, (1957).

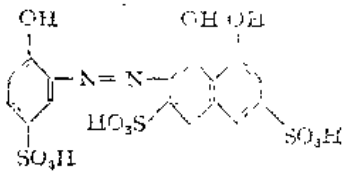
酸性铬蓝K

Ⅱ-2(2)-0047

Acid Chrome blue K

别名 2-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 2-(2-Hydroxy-5-Sulphophenylazo)-1,8-dihydroxy naphthalene-3,6-disulphonic acid；铬坚牢海军蓝R Chrome fast navy blue R

结构式



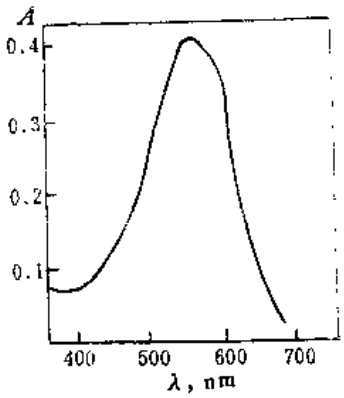
分子式 $C_{16}H_{12}N_2O_{12}S_3$ **分子量** 520.46

理化性质 暗红色粉末。溶于水呈玫瑰红色，在碱性溶液中呈灰蓝色。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）20℃；离子强度（μ）0.2M $NaNO_3$]

	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	6.7	10.2	14.6	—
颜色	—	—	蓝	—



2. 吸收光谱

酸性铬蓝K在水溶液中的吸收光谱。λ_{max}=550nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	28.5	25.5	22.5	19.5	16.5	13.6	11.0	8.82	6.83	5.01	3.66	2.61	1.61	[illegible]

4. 络合物形成常数[温度（t）20℃；离子强度（μ）0.2M $NaNO_3$]

金属离子	Mg^{2+}
lgβ_2	15.8

5. 颜色转变点的pM值

pH		10	11	12	13	14
pM	Mg^{2+}	0.8	3.5	5.6	7.6	9.4

合成方法 取一定量的2-氨基-4-磺基苯酚制成重氮盐，再与等摩尔的变色酸偶联，即得产品。详细步骤参见铬黑PV及酸性铬深蓝的合成。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH[illegible] NaOH溶液，终点由红至蓝[1]
Cd^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至紫蓝[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由[illegible][3]
Mn^{2+}	pH8.5～9，氨缓冲液，终点由红至蓝
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由红至紫蓝[3]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至紫蓝[2]

参 考 文 献

[1] T. B. Styunkel, E. M. Yakimets: *Zavod. Lab.*, 24, 23, (1958); *Chem. Abstr.*, 52, 18072, (1958).
[2] A. I. Lazarev, V. I. Lazareva: *Zavod. Lab.*, 25, 542, (1959); *Chem. Abstr.*, 53, 15868, (1959).
[3] T. B. Styunkel, Z. A. Mikhaleva: *Trudy Ural. Politekh. Inst.*, 159, (1960); *Chem. Abstr.*, 55, 23165, (1961).

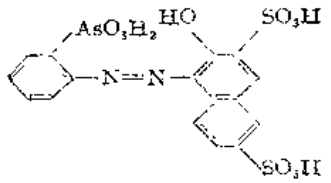
钍 试 剂 Ⅰ-2(2)-0048

Thoron (Thorin; Thoronol)

别名 2-(2-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)苯肿酸 2-(2-Hydroxy-3,6-disulph[illegible]-1-napl[illegible]

ylazo)-benzene arsonic acid；APANS；1-(2-胂羧基苯偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸1-(2-Arsono phenylazo)-2-naphthol-3,6-disulphonic acid

结构式



分子式 $C_{16}H_{13}AsN_2O_{10}S_2$ **分子量** 532.32

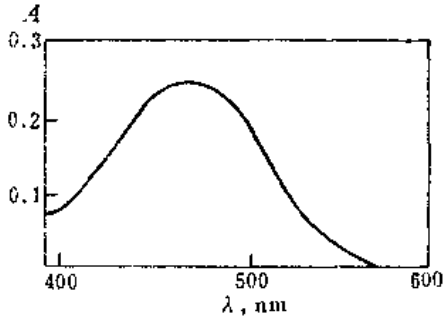
理化性质 鲜红色结晶或粉末。溶于水和稀酸，呈橙色；碱性溶液呈橙红色；浓硫酸溶液呈玫瑰红。在酸性溶液中较稳定，在碱性溶液中易分解。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M]

	H_4L^-	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	—	3.7	8.3	11.8	—
颜色	橙	—	—	橙	红

2. 吸收光谱



钍试剂在水溶液中的吸收光谱。λ_{max}=480nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
%	20.8	17.8	14.9	12.3	10.1	8.10	6.12	4.28	2.88	1.82	0.86	0.21	0.03

4. 络合物形成常数[温度（t）30℃；离子强度（μ）0.1M]

金属离子	Al^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Ga^{3+}	Hf^{4+}	In^{3+}
lgK_1	10.5	3.4	15.68	5.5	8.97	12.48	15.31	9.9	8.2	9.9
金属离子	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Sc^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}
lgK_1	—	9.7	5.9	8.96	13.86	9.02	4.4	9	4.3	8.9
$lg\beta_2$	28.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
金属离子	Th^{4+}	U(Ⅳ)	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}				
lgK_1	—	—	19.3	—	9.6	11.4				
$lg\beta_2$	10.1 (pH$_1$)	10.0 (0.2MHCl)		8.6 (pH$_4$)	—	—				

5. 颜色转变点的pM值

pH		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pM	La^{3+}	3.1	7.1	11.1	14.7	17.5	19.7	21.5	22.9	23.3	23.3

合成方法[1] 2.2 g 邻氨基苯胂酸溶于40ml水中，加3ml 浓盐酸，冷却至0~5℃，[illegible]亚硝酸钠溶液，约10分钟加完，再搅拌15分钟，即得邻氨基苯胂酸的重氮盐。

4.3g R-盐溶于含有4 g 无水碳酸钠的20ml 水中，边搅拌边滴加上述重氮盐，加完后放置 2 小时。加浓盐酸酸化，过滤，沉淀风干即得产品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.5%水溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2~3，HNO_3溶液，终点由红至黄[2]
Th^{4+}	pH1~3，HNO_3溶液，终点由紫蓝至黄[2,3]
U(Ⅳ)	pH1~1.8，$HClO_4$溶液，30℃，终点由玫瑰红至橙黄[4]
Sc^{3+}	pH4.5~6.5，终点由粉红至黄[5]
Y^{3+}	pH6，终点由玫瑰红至黄[6]

参 考 文 献

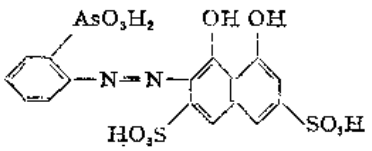
〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p. 53，1960.
〔2〕 G. Rady, L. Erdey: *Z. anal. Chem.*, 152, 253, (1956).
〔3〕 J. J. Fritz, J. J. Ford: *Anal. Chem.*, 25, 1640, (1953).
〔4〕 P. N. Palej, L. Sui: *Zhur. Anal. Khim*, 16, 51, (1961); *Chem. Abstr.*, 56, 1997, (1962).
〔5〕 S. P. Sangal: *Microchem. J.* 9, 38, (1965).
〔6〕 S. P. Sangal: *Chim. Anal.* (*Paris*), 47, 596, (1965).

偶氮肿 Ⅰ　　Ⅱ-2(2)-0049

Arsenazo Ⅰ

别名 2-(2-胂羧基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 2-(2-Arseno phenylazo) -1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid；铀试剂Ⅰ Uranon Ⅰ

结构式



分子式 $C_{16}H_{13}AsN_2O_{11}S_2$　　**分子量** 548.32

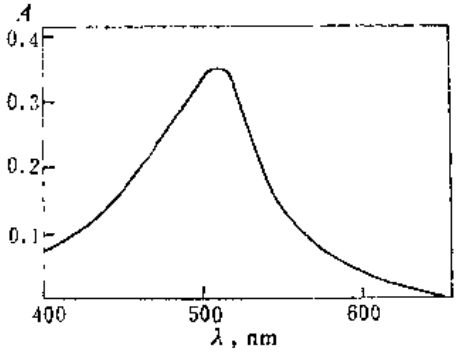
理化性质 棕紫色粉末，易溶于水。在酸性和中性溶液中呈橙红色；在碱性溶液中呈玫瑰红色。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	0.1	1.2	2.7	7.9	10.5	12.0	—
颜色	粉红	—	橙红	—	橙红	—	—

2、吸收光谱



偶氮肽Ⅰ在pH8.5水溶液中的吸收光谱。$\lambda_{max}=510nm$。

3、酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	29.1	25.2	21.6	18.4	15.4	12.4	9.45	6.75	4.53	2.62	1.12	0.30	0.04

4、络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	LaH_2L	NbH_3L	PuH_3L	$Pu(OH)H_4L$	ThH_4L	TiH_4L	UO_2H_4L	ZrH_4L
lgK_1	29.8	8.6 ($lgK_{2,1}$)	7.7	6.6	3.0	4.0	3.4	4.0
pH	—	0～4	—	—	1.5～2.3	1.5～2.5	1.0～1.5	0.5～1.5

合成方法[1] 2.0g邻氨基苯肽酸溶于20ml含有0.6g无水碳酸钠的水溶液中，加入含0.7g亚硝酸钠的水溶液5ml，保持温度为0～5℃，边搅拌边滴加30ml浓盐酸。得棕黄色重氮盐溶液。

4.6g变色酸溶于20ml水中，加50g乙酸钠，冷却至0～5℃，边搅拌边滴加上述重氮盐，在20分钟内加完，放置3小时，用浓盐酸酸化，将沉淀过滤，得粗品。

提纯方法 上述粗品溶于60ml热水中，用氢氧化钠溶液中和至pH6，过滤，在滤液中加100ml热乙醇，冷却，过滤，于110℃烘干。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由紫至橙红[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由紫至橙红[2]
Pu(Ⅳ)	0.1～0.2M盐酸，终点由蓝紫至粉红[3]
RE^{3+}	pH5.5～6.5，吡啶，终点由紫至橙红[2]
	pH6.5，六次甲基四胺，终点由紫至橙红[4]
Th^{4+}	pH1.7～3.0，终点由紫至橙[2,5]
UO_2^{2+}	pH1.7，终点由蓝至橙[6]
Y^{3+}	pH5.5～6.5，吡啶，终点由紫至橙红[2]

* 按四元酸计算 $pK_{a_1}=2.7$，$pK_{a_2}=7.9$；$pK_{a_3}=10.5$；$pK_{a_4}=12.0$。

参 考 文 献

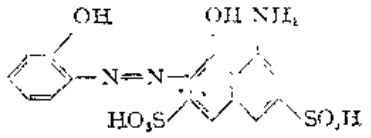
〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p. 55，1960.
〔2〕 J. S. Tritz, R. T. Oliver, D. J. Pietrzyk: *Anal. Chem.* 30, 1111, (1958).
〔3〕 P. N. Palei, W. Chang: *Zhur. Anal. Khim.*, 15, 598., (1960); *Chem. Abstr.*, 55, 15223, (1961).
〔4〕 V. M. Peskova, M. I. Gromova, N. M. Aleksandrova: *Zhur., Anal. Khim.*, 17, 218, (1962); *Z. anal. Chem.*, 194, 293, (1963).
〔5〕 V. M. Peskova, M. I. Gromova, I. P. Efimov, A. V. Isachenko: *Vestnik Moskov. Univ. Khim, Ser.* II. 16, 59, (1961); *Chem. Abstr.*, 56, 7980, (1962).
〔6〕 A. E. Klygin, N. A. Nikolskaya: *Zhur. Anal. Khim.*, 16, 110, (1961); *Chem. Abstr*, 56, 9417, (1962).

2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-3,6-二磺酸　　Ⅰ-2(2)-0050

2-(2-Hyaroxyphenylazo)-1-hydroxy-8-aminonaphthalene-3,6-disulphonic acid

别名　HBANS-3,6　2-(2-Hydroxy-1-benzeneazo)-8-amino-1-naphthol-3,6-disulphonic acid

结构式



分子式　$C_{16}H_{13}N_3O_8S_2$　　**分子量**　439.41

理化性质　暗红色粉末。易溶于水，难溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	L^{5-}
pK	8.4	11.9	—
颜色	—	蓝	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	18.3	16.3	14.3	12.3	10.3	8.30	6.32	4.45	3.00	1.91	0.95	0.25	0.03

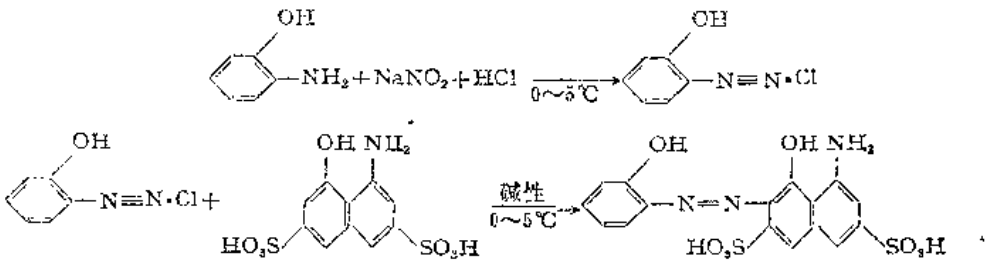
3. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	4.4	5.7

4. 颜色转变点的pM值

pH		8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	—	1.4	2.5	3.4	4.1	4.4	4.4
	Mg^{2+}	1.3	2.7	3.8	4.7	5.4	5.7	5.7

合成方法[1,2]



取一定量的邻氨基苯酚，在酸性溶液中，在低温下用亚硝酸钠进行重氮化。然后与等摩尔的H-酸在碱性溶液中于低温下偶合。放置半小时后，用氯化钠盐析得蓝黑色固体，过滤，固体用5％氯化钠溶液泡洗，低温干燥即为成品。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[1]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[1]

参考文献

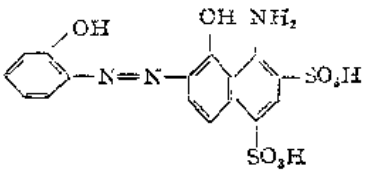
[1] H. Diehl, J. Ellingboe; *Anal. Chem.*, 32(9), 1120, (1960).
[2] J. L. Hartwell, L. F. Fieser; "Org. Synth. Coll.", Vol. Ⅱ, p. 145～147, 1955.

2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-5,7-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0051

2-(2-Hydroxyphenylazo)-1-hydroxy-8-aminonaphthalene-5,7-disulphonic acid

别名 HBANS-5,7 2-(2-Hydroxy-1-benzeneazo)-8-amino-1-naphthol-5,7-disulfonic acid

结构式



分子式 $C_{16}H_{13}N_3O_8S_2$ **分子量** 439.41

理化性质 暗红色粉末。易溶于水，难溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl〕

	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	7.4	11.6	—
颜色	—	紫红	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	17.0	15.0	13.0	11.0	9.00	7.02	5.15	3.70	2.60	1.61	0.70	0.15	0.02

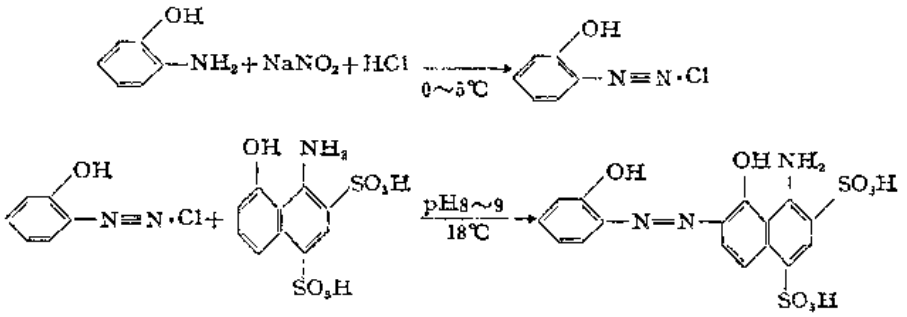
3. 络合物形成常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2}
lgK_1	4.7	6.1

4. 颜色转变点的pM值

pH		7	8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	—	1.0	2.1	3.1	4.0	4.6	4.7	4.7
	Mg^{2+}	1.0	2.4	3.5	4.5	5.4	6.0	6.1	6.1

合成方法[1,2]



取82 g (0.21M)88%1-氨基-8-萘酚-2,4-二磺酸，加入500ml水，8 g (0.2M)氢氧化钠(溶于30ml水中)，冷却至18℃。

另取19.0 g邻氨基苯酚溶于50ml水及50ml盐酸溶液中，在0～5℃下，滴加含14 g亚硝酸钠的饱和溶液，并以淀粉-碘化钾试纸检验重氮化反应的程度。重氮化完毕后，将重氮盐溶液加至上述的1-氨基-8-萘酚-2,4-二磺酸溶液中，在搅拌下进行偶合，用无水碳酸钠或乙酸钠调节pH至8～9。偶合完成后，用氯化钠盐析。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由红橙至紫红[1]
Mg^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由红橙至紫红[1]

参考文献

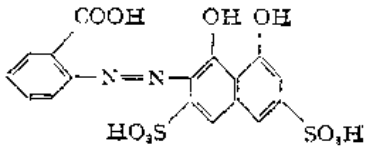
〔1〕 H. Diebl, J Ellingboe; *Anal. Chem.*, 32(9), 1120, (1960).
〔2〕 J. L. Hartwell, L. F. Fieser; "Org. Synth, Coll". , Vol. 2, p. 145～147, 1955.

铬变酸2C　　Ⅱ-2(2)-0052

Chromotrope 2C

别名 2-(2-羧基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 2-(2-Carboxylphenylazo)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid

结构式



分子式 $C_{17}H_{12}N_2O_{16}S_2$ **分子量** 468.41

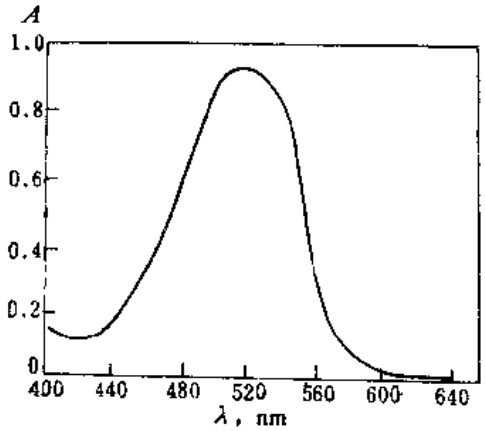
理化性质 微棕色无定形粉末。易溶于水，水溶液呈粉红色。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M $NaClO_4$〕

	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	3.20	10.17	—

2. 吸收光谱



铬变素2C在pH3.0的水溶液的吸收光谱。试剂浓度为0.05%。λ_{max}=510nm。

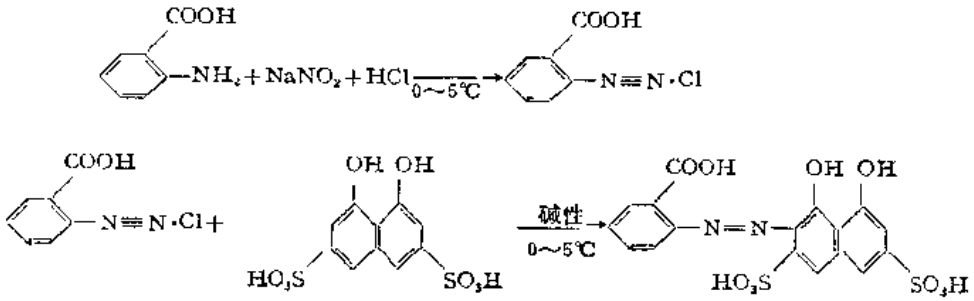
3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	11.4	9.40	7.58	6.23	5.18	4.17	3.17	2.17	1.20	0.39	0.06

4. 络合物的形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	Th-HL
lgK_1	5.8

合成方法[1]



取2g邻氨基苯甲酸，6ml水和4ml浓盐酸于玻璃研钵内加以研磨混合。悬浮物用少量水冲洗至25ml圆底烧瓶内。烧瓶装上搅拌器并于冰浴上冷却至0～5℃，通过滴液漏斗在3分钟内加入含1.2g亚硝酸钠的水溶液3ml。将制得的重氮盐抽滤并保持温度在5℃以下。

取5.4g变色酸的钠盐溶于含有1.5g氢氧化钠的碱性溶液中，边搅拌边加入上述重氮盐溶液。在5℃以下搅拌2小时以保证反应完全。所得溶液加热近沸，加入大量乙酸钠进行盐析。沉淀过滤，将沉淀溶于60ml沸水中，过滤以除去不溶物。滤液加入100ml无水乙酸，析出沉淀过滤，用少量乙醇洗涤。产量约4.5g。

用途 络合滴定指示剂，配成0.2%水溶液。

金属离子	方法提要
Fe^{3+}	pH2～3.8，乙酸盐缓冲液，终点由蓝紫至红[1]
Th^{4+}	pH2～3.6，乙酸盐缓冲液，终点由蓝紫至红[1]
Zr^{4+}	pH1.4～2.8，盐酸溶液，终点由红紫至红[1]

参考文献

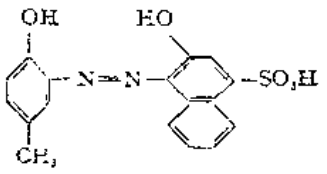
〔1〕 A. K. Majumdar, C. P. Savariar; *Z. anal. Chem.*, 174, 197, (1960).

钙镁试剂 Ⅰ-2(2)-0053

Calmagite

别名 1-(2-羟基-5-甲基苯偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 1-(2-Hydroxy-5-methylphenylazo)-2-naphthol-4-sulphonic acid

结构式



分子式 $C_{17}H_{14}N_2O_5S$ **分子量** 358.36

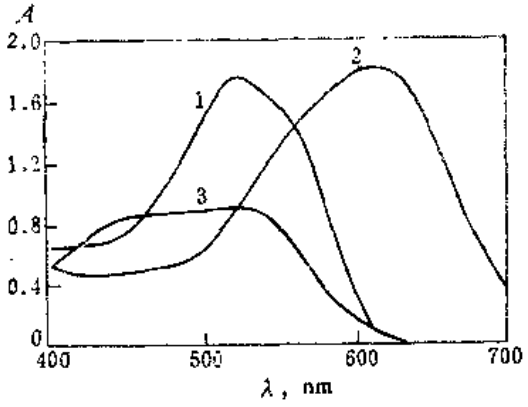
理化性质 红色结晶，溶于水，醇和氢氧化钠溶液中。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^-	HL^{3-}	L^{5-}
pK	8.1	12.4	—
颜色	红	蓝	橙

2. 吸收光谱



钙镁试剂的吸收光谱。离子强度为0.100M；试剂浓度为$9.1\times10^{-5}M$。（1）pH2.14；（2）pH10.29；（3）pH13.8。λ_{max}分别为530，620，490nm。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	18.5	16.5	14.5	12.5	10.5	8.50	6.53	4.75	3.45	2.41	1.42	0.55	0.10

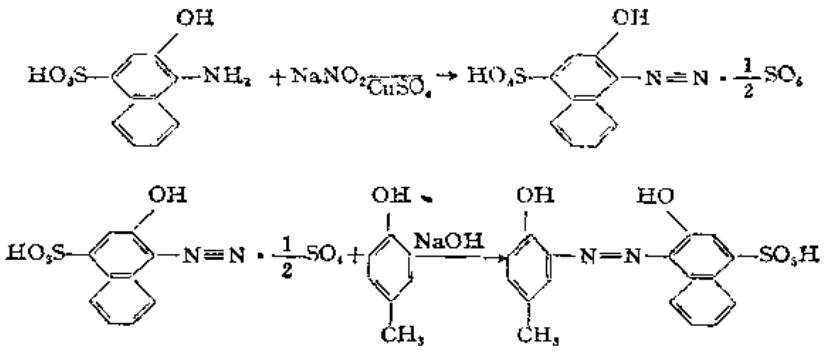
4．络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Th^{4+}
lgK_1	6.1	8.1	33.2
			(lgβ_2)

5．颜色转变点的pM值

pH		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Ca^{2+}	—	—	—	—	1.3	2.7	3.7	4.7	5.6	6.1
	Mg^{2+}	—	—	—	1.6	3.3	4.7	5.7	6.7	7.6	8.1
	Th^{4+}	3.2	7.2	11.2	15.2	18.6	21.4	23.4	25.4	27.2	28.2

合成方法[1,2]



取48 g 1-氨基-2-萘酚-4-磺酸细粉加入240ml水，4ml饱和硫酸铜溶液，在10～15℃加入含14g亚硝酸钠的饱和溶液，重氮化完成后，1-氨基-2-萘酚-4-磺酸的沉淀完全消失，溶液呈黄色（若有不溶解的杂质可过滤）。在此溶液中加入60ml浓盐酸，重氮盐全部析出，过滤后以稀盐酸洗涤。此重氮盐很稳定，可在80～100℃下烘干而不分解。

取22 g对甲基苯酚溶于含有16 g氢氧化钠的100ml水中，加入200ml饱和氢氧化钠溶液。

另取55 g上述重氮盐悬浮于100ml水中，边搅拌边将重氮盐加至对甲基苯酚的溶液中。加完后慢慢升温至60℃并保温至偶合完全（取一滴滤液置于滤纸上，滴加重氮盐，观察是否还有染料沉淀析出。若不析出，证明已偶合完全）。将溶液过滤，滤液用浓盐酸调至强酸性。冷却并滤出染料。用100ml氯化钠的酸性溶液（每升溶液含150 g氯化钠和50ml浓盐酸）洗两次。所得产品在空气中干燥。用石油醚萃取，以除去未反应的对甲基苯酚，再用丙酮提取染料。回收丙酮（除去无机盐）得成品。产率27%。纯度80%。

用途 络合滴定指示剂，配成0.05%，水溶液或0.1%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[1,2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[1,2]

参考文献

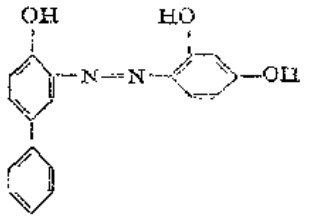
[1] F. Lindström, H. Diehl: *Anal. Chem.*, 32(9), 1123, (1960).
[2] J. Schmidt, W. Maier: *Ber.*, 64, 767, (1931).

4-(2-羟基-5-苯基-1-苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0054

4-(2-Hydroxy-5-phenyl-1-benzeneazo)resorcinol

别名 2-(2,4-二羟基苯偶氮)-4-苯基-1-羟基苯 2-(2,4-Dihydroxy phenylazo)-4-phenyl-1-hydroxybenzene; HPBR

结构式



分子式 $C_{18}H_{14}N_2O_3$ **分子量** 306.31

理化性质 橙红色结晶粉末，易溶于乙醇和苯，难溶于水。熔点123.5℃。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl]

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	5.7	8.1	11.4	—
颜色	—	—	红	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	23.2	20.2	17.2	14.2	11.2	8.28	5.70	3.76	2.45	1.42	0.55	0.10	0.01

3. 络合物形成常数[温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl]

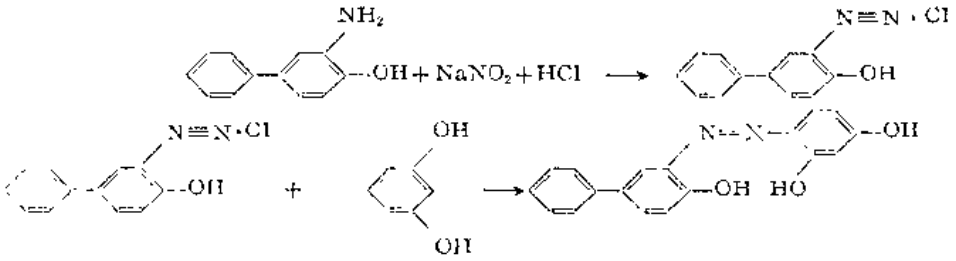
金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$\lg K_1$	3.1	5.1

4. 颜色转变点的pM值

pH	8	9	10	11	12～14
pM Ca^{2+}	—	0.7	1.7	2.5	3.1
Mg^{2+}	1.3	2.7	3.7	4.5	5..

合成方法

参考文献[1]所拟定的方法



取0.1mol的2-氨基-4-苯基苯酚溶于稀盐酸中，冷却至0～5℃，滴加含有0.11mol亚硝酸钠的饱和溶液，进行重氮化，加完后继续搅拌30分钟。与等摩尔的间苯二酚的碱性溶液进行偶合。反应完毕后加浓盐酸至强酸性，析出结晶，过滤，干燥即为成品。

提纯方法 可以用苯进行重结晶。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由黄至红[1]

参考文献

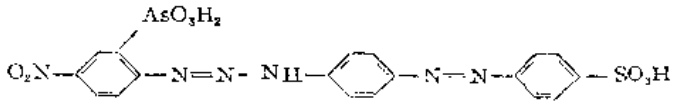
[1] H. Diehl, J. Ellingboe; *Anal. Chem.*, 32(9), 1120, (1960).

硫胂（铅试剂） Ⅱ-2(2)-0055

Sulfarsen

别名 4′-[2-胂羧酸-4-硝基苯重氮胺基]偶氮苯-4″-磺酸 4′-[2-Arsono-4-nitrophenylthiazoamido]-azobenzene-4″-Sulphonic acid; Sulfarsazen

结构式



分子式 $C_{18}H_{15}AsN_6O_8S$ **分子量** 550.34

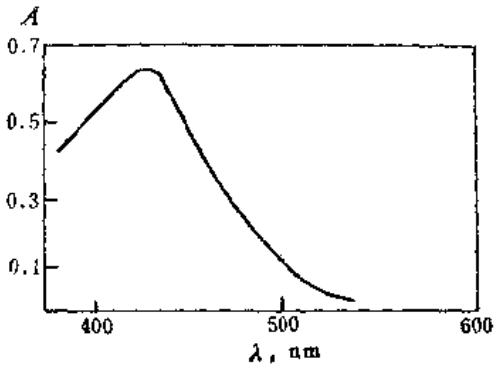
理化性质 橙红色粉末，易溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.08MKCl〕

	H_4L^-	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}
pK	5.12	8.52	11.7	—

2. 吸收光谱



硫肼在pH9.5～10水溶液的吸收光谱，试剂浓度为$2\times10^{-5}M$。$\lambda_{max}=430$nm。

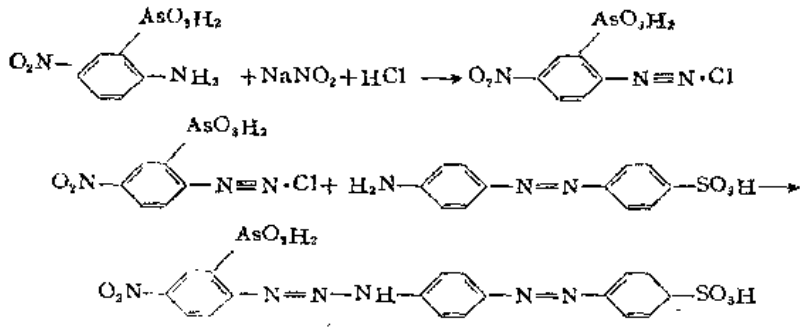
3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	22.3	19.3	16.3	13.3	10.6	8.25	6.22	4.32	2.82	1.71	0.88	0.18	0.02

4. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.08MKCl〕

金属离子	CdHL	NiHL	PbHL	ZnHL
lgK_1	6.42	5.32	10.52	6.8
		(pH9.5～10)		

合成方法[1]



2.62 g 4-硝基-2-胂羧基苯胺加20ml水，与10ml 1N氢氧化钠混匀。再加入含有0.7 g亚硝酸钠的水溶液10ml。滴加63ml稀盐酸（含有3ml浓盐酸）。过滤，除去不溶物，滤液中加入5 g乙酸钠。

取3 g 4-氨基偶氮苯-4-磺酸钠溶于300ml 1:2乙醇水溶液中，滴加上述重氮盐，并保持温度为10～12℃。加完后，保温1小时。过滤，用50ml乙醇洗沉淀。糊状物于空气中干燥至恒重，得产品4 g。

提纯方法 用1:1的吡啶水溶液重结晶。

用途 络合滴定指示剂

金属离子	方法提要
Cd^{2+}	pH8～10，终点由红橙至黄[2]
Ni^{2+}	pH8～10，终点由红橙至黄[2]
Pb^{2+}	pH9.5～10，终点由粉红至黄[2]
Zn^{2+}	pH9.3～9.6，终点由红橙至黄[2]

参考文献

[1] А. М. Лукин, и Г. С. Петрова; *ЖАХ*, 15(3), 295, (1960).
[2] M. Z. Partashnikova, I. G. Shafran; *Zhur. Anal. Khim.*, 20, 313, (1965).

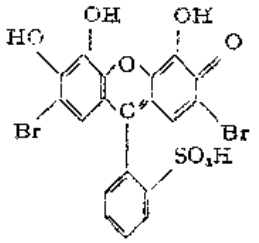
溴连苯三酚红

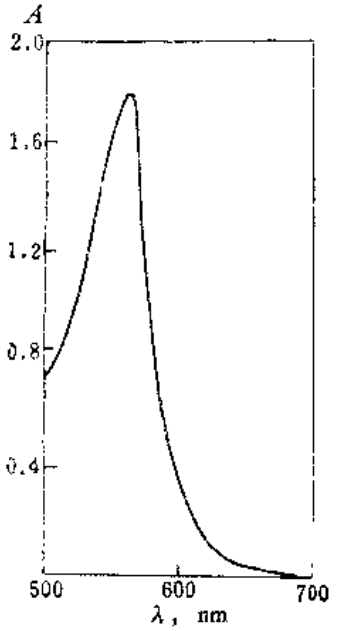
Ⅱ-2(2)-0056

Bromopyrogallol red

别名 3′,3″-二溴磺棓酚 3′,3″-Dibromsulphongallein

结构式





分子式 $C_{19}H_{10}Br_2O_8S$ **分子量** 558.13

理化性质 红棕色粉末。溶于乙醇；微溶于水。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_4L^-	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	0.16	4.39	9.13	11.27	—
颜色	黄	橙	红	紫	蓝

2. 吸收光谱

溴连苯三酚红吸收光谱。10ml$10^{-4}M$试剂加10mlpH 6.0缓冲液。λ_{max}=570nm。

3. 酸效应系数*

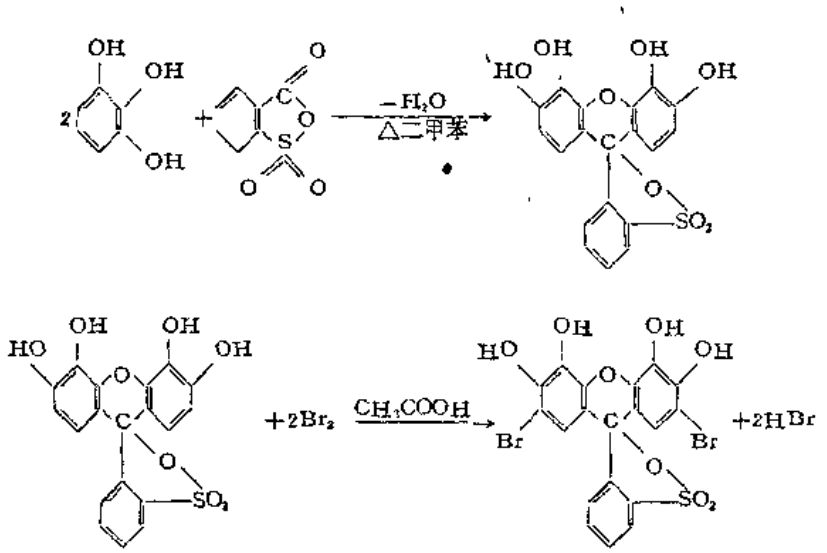
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	21.8	18.8	15.8	12.9	10.5	8.41	6.40	4.43	2.64	1.36	0.46	0.07

4. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

* 按三元酸计算pK_{a_1}=4.39，pK_{a_2}=9.13，pK_{a_3}=11.27。

金属离子	Nb(V)
$\lg K_2$	12
$\lg K_3$	18.4
pH	6.0

合成方法



1. 邻苯三酚红的合成[1]

（1）缩合　取276 g（1.5mol）磺基苯甲酸酐和378 g（3mol）邻苯三酚，加480ml无水二甲苯，在油浴上加热回馏脱水。脱水后改为水蒸汽蒸馏回收二甲苯，滤出悬浮物，水洗。结晶溶于含有190 g碳酸钠的7500ml水溶液中，过滤，滤液中加入660ml 1:1盐酸，使邻苯三酚红沉淀析出。边搅拌边加热至80℃，冷却，此时邻苯三酚红由松散结晶转变为棱形结晶，得360 g，产率为57.5%。

（2）无水结晶的制备　8.37 g邻苯三酚红水合物加入200ml无水二甲苯，煮沸18小时，分出5.3ml水，冷却并滤出固体，用二甲苯洗，于100℃真空干燥，得8 g无水邻苯三酚红。

2. 溴邻苯三酚红的合成[2]　将精制过的5.5g邻苯三酚红悬浮于40ml冰乙酸中，加热至沸，边搅拌边滴加溴的乙酸溶液（2.5ml溴溶于20ml冰乙酸中），反应保持在低于溶液的沸点下进行，当邻苯三酚红溶解后，冷至室温并滤出沉淀，用冰乙酸洗去游离溴，空气干燥。产物可用冰乙酸或者冰乙酸与丙酮的混合液重结晶。

用途　络合滴定指示剂，用50%乙醇配成0.05%的溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2.3，硝酸溶液，终点由酒红至黄[3,4]
Cd^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至红[4]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝至紫蓝[4]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝至紫蓝[4]
Ni^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至红[4]
Pb^{2+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由蓝紫至红[5]
Re^{3+}	pH7，乙酸铵缓冲液，终点由蓝至红[3]

参 考 文 献

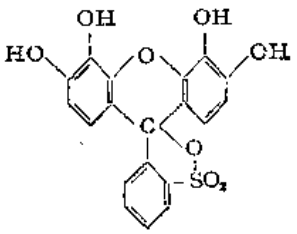
〔1〕 Z. Vodák, O. Leminger: *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 21, 1525, (1956).
〔2〕 F. J. Welcher: "Organic Aralytical Reagent", Vol. Ⅳ., 478, 1948.
〔3〕 A. Jenicková, V. Suk, M. Malát: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 21, 1257. (1956).
〔4〕 G. Gattow, D. Schott: *Z. anal. Chem.*, 188, 10, (1962).
〔5〕 A. Jenicková, M. Malát, V. Suk: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 21, 1599, (1956).

连苯三酚红　　Ⅱ-2(2)-0057

Pyrogallol red

别名　连苯三酚磺酞　Pyrogallolsulphonphthalein；　磺棓栖　Sulphongallein

结构式



分子式　$C_{19}H_{12}O_8S$　　**分子量**　400.35

理化性质　棕色粉末。溶于乙醇；微溶于水。

理化参数

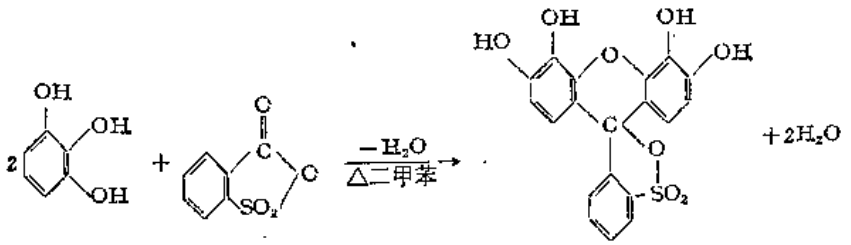
1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.56	6.28	9.75	11.94	—
颜色	黄	橙	红	紫蓝	蓝

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	26.5	22.6	19.1	16.0	13.0	10.2	7.77	5.70	3.76	2.13	1.01	0.27	0.04

合成方法[1]



1. 水合物的制备　取276 g（1.5mol）邻磺基苯甲酸酐和378 g（3mol）邻苯三酚加至480ml无水二甲苯中，在油浴上加热脱水，回馏脱水后改为水蒸汽蒸馏回收二甲苯，滤出悬浮的结晶，用热水洗至滤液出现橙色。将结晶溶于含有190 g碳酸钠的7500ml水中，过滤，滤液加660ml 1:1盐酸，析出的结晶边搅拌边加热至80℃，此时砖红色沉淀转变为绿棕色的

棱形结晶。趁热滤出，用热水洗去绿色，在100℃干燥，得360 g（产率为57.5%）。邻苯三酚磺酞的一水合物为稍带金属光泽的绿棕色厚棱形结晶。在300℃以上熔融。微溶于大多数极性溶剂。易溶于热的含水甲醇或乙醇中，因此可利用甲醇或乙醇重结晶。不溶于非极性溶剂。

2．无水邻苯三酚磺酞的制备　将8.37 g一水合物置于反应器内，加200ml无水二甲苯，煮沸18小时。此过程中可分离出0.3ml水（以1mol 0.36ml计算）。将产物过滤，用二甲苯洗涤，在100℃真空干燥，得产物8.0 g。无水邻苯三酚磺酞为棕红色结晶粉末。与潮湿空气接触，可吸收1mol水，恢复一水合物。因此用元素分析难以得到正确的结果。

用途　络合滴定指示剂，用50%乙醇配成0.05%的溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2～3，硝酸溶液，终点由红至橙黄[2]
Co^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至红[2]
Ni^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至红[2]
Pb^{2+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至红[3]

参考文献

〔1〕 Z. Vodák, O. Leminger; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, Vol. 21, 1525.(1956).
〔2〕 V. Suk, M. Malát, A. Jenicková; *Coll. Czech. Chem. Comms*, 21, 418,(1956).
〔3〕 A. Jenickova, M. Malát, V. Suk; *ibid.*, 21, 1599, (1956).

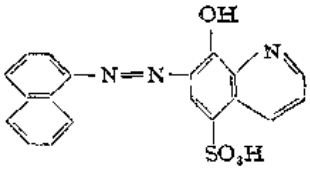
萘基偶氮喹啉

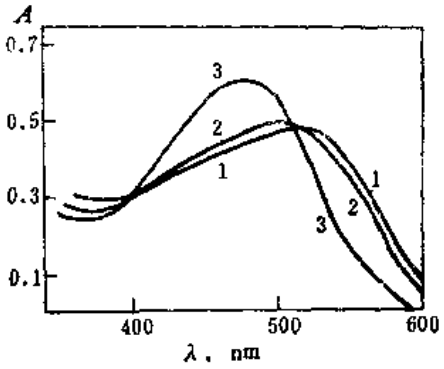
Ⅰ-2(2)-0058

Naphthylazoxine

别名　7-(萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸　7-(Naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-Sulphonic acid

结构式





分子式　$C_{19}H_{13}N_3O_4S$　　**分子量**　379.38

理化性质　玫瑰紫粉末。溶于乙醇和水。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.05	7.53	—
颜色	—	紫红	黄

2．吸收光谱

萘基偶氮喹啉浓度为$2\times10^{-5}M$的吸收光谱。

（1）pH4；（2）pH6；（3）pH8。λ_{max}分别为530，500，480nm。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	8.58	6.62	4.87	3.53	2.53	1.54	0.64	0.13	0.01

4．络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ga^{3+}	Cu^{2+}
lgK_1	2.0 (pH2.5)	9.7

合成方法[1] 0.1mol的1-萘胺细粉，加入50ml水、30ml浓盐酸、50g碎冰，冷却至10℃左右，边搅拌边滴加含7g亚硝酸钠的水溶液30ml。用淀粉-碘化钾试纸检验重氮化是否完全。

另取22.5g（0.1mol）8-羟基喹啉-5-磺酸细粉，加入200ml1.2M氢氧化钠，边搅拌边加入上述重氮盐，反应过程保持溶液的pH8～10。沉淀过滤即为粗品。

提纯方法 将粗品溶于少量温热（50℃）的二甲基甲酰胺中，过滤除去不溶物。在滤液中加入水，加水的量为二甲基甲酰胺体积的二或三倍。放置4小时，滤出结晶，在真空干燥器内干燥。

用途 络合滴定指示剂，配成4% 1,4-二氧六环水溶液。

金属离子	方法提要
Cd^{2+}	pH5.5～6.5，乙酸盐缓冲液，终点由黄至红[1]
Cu^{2+}	pH4～6.5，乙酸盐缓冲液，终点由黄至红[1]
Pb^{2+}	pH6～6.5，乙酸盐缓冲液，酒石酸，终点由黄至红[1]
Ga^{3+}	pH2.2～2.8，70～80℃，终点由黄至紫[3]
In^{3+}	pH2.5～3.0，70～80℃，终点由黄至紫红[2]
Tl^{3+}	pH4～4.5，酒石酸，终点由黄至红[4]
Zn^{2+}	pH6～6.5，乙酸盐缓冲液，终点由黄至红[1]

参考文献

〔1〕 J. S. Fritz, W. J. Lane, A. S. Bystruff: *Anal. Chem.*, 29, 821, (1957).

〔2〕 A. J. Busev, L. L. Talipova: *Vestn. Mosk. Univ. Ser.* Ⅱ, Khim., 17, 73, (1962); *Chem. Abstr.* 57, 6603, (1962); Chem. Abstr. 57, 14427, (1962).

〔3〕 A. J. Busev, L. L. Talipova, L. M. Skrebkova: *Zhur. Anal. Khim.*, 17, 180, (1962)

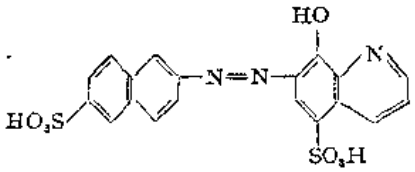
〔4〕 A. J. Busev, L. L. Talipova: *Uzbeksk. Khim. Zhur.* 6, 24, (1962).

萘基偶氮喹啉6S　　Ⅱ-2(2)-0059

Naphthylazoxine 6S

别名 7-(6-磺酸-2-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 7-(6-Sulpho-2-naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-Sulphonic acid；NAS

结构式



分子式 $C_{19}H_{13}N_3O_7S_2$ **分子量** 459.44

理化性质 橙黄色粉末，溶于水和乙醇

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.1	7.4	—
颜色	—	粉红	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	8.50	6.53	4.75	3.45	2.40	1.42	0.55	0.10	0.01

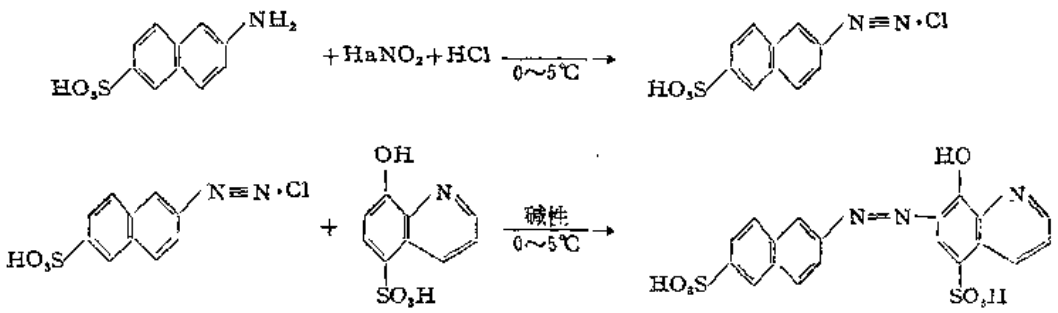
3．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	6.3	10.4	7.2
lgK_2	—	9.0	—

4．颜色转变点的pM值

pH		2	3	4	5	6	7	8	9	10～14
pM	Cd^{2+}	—	1.5	2.8	3.9	4.9	5.7	6.2	6.3	6.3
	Zn^{2+}	0.7	2.4	3.7	4.8	5.8	6.6	7.1	7.2	7.2

合成方法



4.46 g（0.02mol）6-磺基-2-萘胺置于100ml烧杯内，加20ml水，小心加热使其溶解。加入20ml浓盐酸，稍冷成糊状物，冷却至0～5℃，边搅拌边滴加含有1.4 g（0.02mol）亚硝酸钠的8ml水溶液，并用淀粉-碘化钾试纸检验重氮化完成与否。

4.5 g（0.02mol）8-羟基喹啉-5-磺酸细粉置于400ml烧杯内，加入40ml水溶解。冷却至0～5℃，边搅拌边交替加入重氮盐和1.2N氢氧化钠溶液，反应过程保持pH5～8之间，搅拌10～30分钟。加氯化钠盐析，过滤即为粗品。

提纯方法 将粗品在70℃溶于少量水中，过滤，除去不溶物。在70℃加入1,4-二氧六环至水体积的4～5倍，冷却，过滤，100℃干燥一夜。

用途 络合滴定指示剂，配成0.5%水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10,三乙胺丙酮，终点由黄至粉红[1]
Cd^{2+}	pH6,丙酮，终点由黄至粉红[1]
Cu^{2+}	pH6,丙酮，终点由黄至粉红[1]
Mg^{2+}	pH10,氨缓冲液，丙酮，终点由黄至粉红[1]
Zn^{2+}	pH6,丙酮，终点由黄至粉红[1]

参考文献

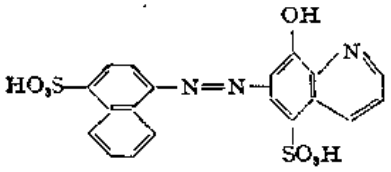
〔1〕 J. J. Fritz, J. E. Abbink, M. A. Payne; *Anal. Chem.* 33(10), 1381,(1961).

7-(4-磺酸-1-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅰ-2(2)-0060

7-(4-Sulpho-1-naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-Sulphonic acid

别名 SNAZOXS；7-(4-磺酸-1-萘偶氮) 喔星-5-磺酸 7-(4-Sulpho-1-naphthylazo) oxine-5-Sulphonic acid

结构式



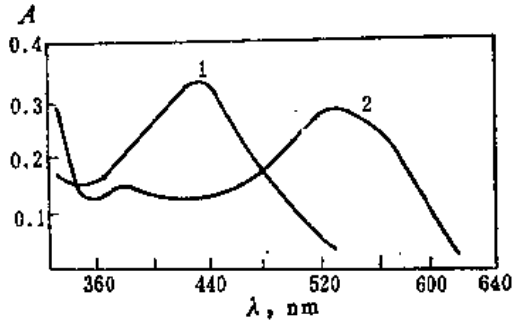
分子式 $C_{19}H_{13}N_3O_7S_2$ **分子量** 459.44

理化性质 橙黄色粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）3.0M〕

	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.0	7.0	—
颜色	紫红	粉红	橙



2. 吸收光谱

SNAZOXS浓度为 $2\times10^{-5}M$ 的吸收光谱。

（1）pH2.6；（2）pH11。λ_{max} 分别为430，530nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	8.00	6.04	4.30	3.04	2.00	1.04	0.30	0.04

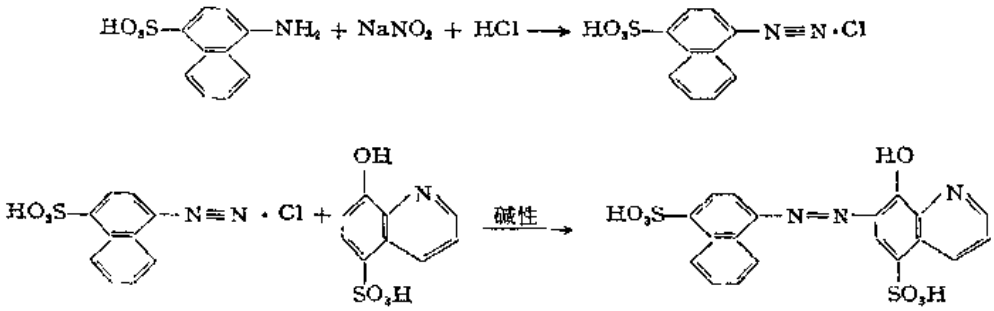
4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.8	10.0	6.9
lgK_2	—	8.8	—

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8～14
pM	Cu^{2+}	2.0	4.0	5.8	7.9	9.8	11.8	13.2	13.8
	Zn^{2+}	—	0.9	2.6	3.9	4.9	5.9	6.6	6.9

合成方法[1,2]



5g 1-萘胺-4-磺酸钠溶于含有3～5g碳酸钠35ml的水溶液中，冰水冷却，用9ml 20%盐酸酸化，边搅拌边滴加8ml20%亚硝酸钠溶液（3～5分钟内加完），加完后放置10分钟。

另取4.5g 8-羟基喹啉-5-磺酸溶于30ml10%氢氧化钠溶液中，边搅拌边加入上述重氮盐。若溶液碱性不够，可补加10%氢氧化钠溶液至碱性，加完后放置1小时，用浓盐酸调节至pH7～8，滤出沉淀，干燥即为成品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2～3，硝酸溶液，终点由黄至紫红[3]
Cd^{2+}	pH6，吡啶，终点由黄至粉红[3]
Cu^{2+}	pH5，乙酸盐缓冲液，终点由黄至粉红[3]
Fe^{3+}	pH2～3，硝酸溶液，终点由黄至紫红[3]
Ga^{3+}	pH2～2.6，邻苯二甲酸氢钾缓冲液，热溶液，终点由黄至紫红[4]
In^{3+}	pH2.5～3，硝酸溶液，终点由黄至紫红[1,3]
Zn^{2+}	pH4.5～6，乙酸盐缓冲液或吡啶，终点由黄至粉红[3]

参 考 文 献

[1] A. J. Busev, L. L. Talipova; *Vestn. Mosh. Univ. Khim.*, 17(2), 73,(1962); *Chem. Abstr.*, 57, 6603*a*, (1962).

[2] F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. I, P, 351～352, 1948.

[3] C. Guerrin, M. V. Sheldon, C. N. Reilley; *Chemist Analyst*, 49, 36, (1960).

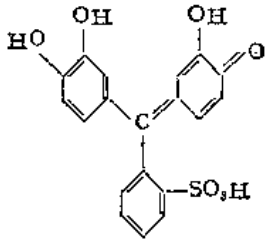
[4] A. J. Busev, L. M. Skrebkova, L. L. Talipova; *Zhur. Anal. Khim.*, 17, 831, (1962); *Z. anal. Chem.*, 201, 149,(1964).

邻苯二酚紫 Ⅰ-2(2)-0061

Pyrocatechol violet

别名 3,3′,4′-三羟基品红酮-2″-磺酸 3,3′,4′-Trihydroxyfuchsone-2″-sulphonic acid; 儿茶酚紫 Catechol violet; 儿茶酚磺酞 Pyrocatechol sulfon phthalein; PV

结构式



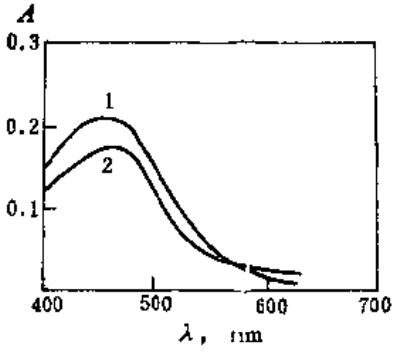
分子式 $C_{19}H_{14}O_7S$ **分子量** 386.36

理化性质 具有金属光泽的红棕色结晶或粉末。易溶于水和醇，不溶于非极性溶剂。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	7.82	9.76	11.73	—	—
颜色	红	黄	紫	红紫	蓝



2．吸收光谱

PV在水相和有机相溶液中的吸收光谱。（1）水相；（2）有机相。λ_{max} 分别为 455，470nm。

3．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	26.3	23.8	20.3	17.3	14.3	11.3	8.37	5.74	3.59	1.93	0.82	0.19	0.02

4．络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.2M〕

金属离子	Al^{3+}	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Ga^{3+}	In^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	19.3	27.1	8.1	9.0	16.5	22.2	18.1	4.4	7.1	9.4
lgK_{1H}①	—	—	9.5	9.2	6.4	—	—	11.0	10	9.2
lg$\beta_{2,1}$②	24.1	32.3	—	—	—	26.8	22.9	—	—	—

金属离子	Pb^{2+}	Th^{4+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	13.3	23.4	10.4	27.4
lgK_{1H}①	8.7	—	8.5	—
lg$\beta_{2,1}$②	—	27.8	—	31.6

① K_{1H}表示$ML+H^+ \rightleftharpoons MHL$的平衡常数，$K_{1H}=\frac{[MHL]}{[H][ML]}$；

② $\beta_{2,1}$指金属离子与络合剂以2:1络合的积累形成常数

5．颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Al^{3+}	—	—	1.9	3.4	5.2	8.0	11.0	13.6	15.8	17.4	18.5	19.1	—
	Bi^{3+}	3.0	4.5	6.8	9.8	12.8	15.8	18.8	21.4	23.6	25.2	26.3	26.9	27.1
pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Cd^{2+}	—	—	—	—	—	—	2.3	3.9	5.2	6.2	7.3	7.9	8.1

Co^{3+}	—	—	—	—	—	—	2.9	4.5	5.9	7.1	8.2	8.8	9.0
Cu^{2+}	—	—	—	1.6	3.6	5.7	8.2	10.8	13.0	14.6	15.7	16.3	16.5
Ga^{3+}	—	—	3.2	5.0	7.9	10.9	13.9	16.5	18.7	20.3	21.4	22.0	22.2
In^{3+}	—	—	1.3	2.8	4.3	6.8	9.8	12.4	14.6	16.2	17.3	17.9	18.1
Mg^{2+}	—	—	—	—	—	—	—	—	2.9	3.5	3.9	4.2	4.4
Mn^{2+}	—	—	—	—	—	—	1.8	3.4	4.6	5.5	6.3	6.9	7.1
Ni^{2+}	—	—	—	—	—	—	3.3	4.9	6.3	7.5	8.6	9.2	9.4
Pb^{2+}	—	—	—	—	—	4.7	6.7	8.4	9.8	11.4	12.5	13.1	13.3
Th^{4+}	—	2.3	3.8	6.1	9.1	12.1	15.1	17.7	19.9	21.6	22.6	23.2	23.4
Zn^{2+}	—	—	—	—	—	—	3.6	5.3	6.9	8.5	9.6	10.2	10.4
Zr^{4+}	2.7	4.4	7.1	10.1	13.1	16.1	19.1	21.7	23.9	25.5	26.6	27.2	27.4

合成方法[1] 取438.4 g邻磺基苯甲酸铵，加137.4 g三氯化磷及800ml苯，搅拌回流3～3.5小时。反应物加1600ml苯，冷至40℃，过滤，残渣用400ml苯（40℃）洗涤。洗液与滤液合并，蒸发至约600ml，放置，使晶体析出。过滤，以少量苯洗沉淀，并于60℃真空干燥，即得邻磺酰苯酰亚胺，约300g（熔点123～126℃）。

取37 g上述产品与22 g邻苯二酚于100～110℃下熔融90分钟，然后溶于100ml乙酸中，吸滤，以50ml乙酸洗沉淀，并于100℃下干燥，即得产品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH2～3，硝酸溶液，终点由蓝至黄[2,8]
Cd^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝至微红紫[2,4]
Co^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至微红紫[2,4]
Cu^{2+}	pH5～6.3，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[2,5]
	pH6～7，吡啶，终点由蓝至黄绿
	pH9.3，氨缓冲液，终点由蓝至红紫
Fe^{3+}	pH3～6，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[2,5,6]
Ga^{3+}	pH3.8，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[2]
In^{3+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[7]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝至微红紫[2,4]
Mn^{2+}	pH9.3，氨缓冲液，羟胺，终点由蓝至微红紫[2,4]
Ni^{2+}	pH8～9.3，氨缓冲液，终点由蓝至紫蓝[2,4,8]
Pb^{2+}	pH5.5，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[2]
Th^{4+}	pH2.5～3.5，硝酸溶液，终点由红至黄[2,9]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝至微红紫[2,4]

参考文献

〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p. 20，1960.
〔2〕 M. Malát, V. Suk: *Chemist Analyst*, 45, 30, (1956).
〔3〕 G. Gattow, D. Schott: *Z. anal. Chem.*, 188, 10, (1962).
〔4〕 M. Malát, V. Suk, A. Jenicková: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 19, 1156, (1954).
〔5〕 Z. Sir, Pribil: *ibid*, 21, 866, (1956).
〔6〕 B. Singh, M. S. Mankotia, H. S. Lamba: *Bull. Chem. Soc. Japan*, 37, 1412, (1964); *Chem. Abstr.*, 61, 1071, (1965).

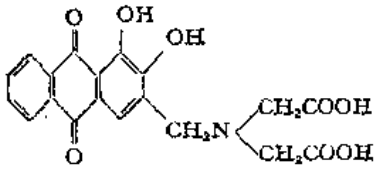
〔7〕 J. Doležal, Z. Sir, K. Jancek; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 21, 1300, (1956).
〔8〕 J. S. Fritz, B. G. Barbara; *Anal. Chem.*, 34, 102, (1962).
〔9〕 Yu. A. Chernikov, V. F. Lukyanov, A. B. Kozlova; *Zhur. Anal. Khim.*, 14, 567, (1959); *Chem. Abstr.*, 54, 9510, (1960).

茜素络合剂 Ⅱ-2(2)-0062

Alizarin Complexone

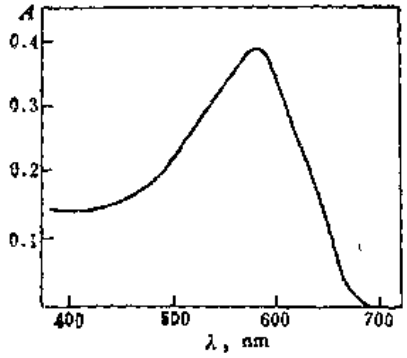
别名 3-〔二(羧甲基)氨甲基〕-1,2-二羟基蒽醌 3-〔Di(Carboxymethyl)aminomethyl〕-1,2-dihydroxyanthraquinone; 茜素荧光蓝 Alizarin fluorine blue

结构式



分子式 $C_{19}H_{15}NO_8$ **分子量** 385.32

理化性质 姜黄色粉末。在pH>5时微溶于水；pH<5时溶解度降低。熔点180℃(分解)。



理化参数

1. 离解常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1M〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.57	5.53	10.35	12.19	—

2. 吸收光谱

茜素络合剂在pH4.5时的吸收光谱。$\lambda_{max}=590nm$。

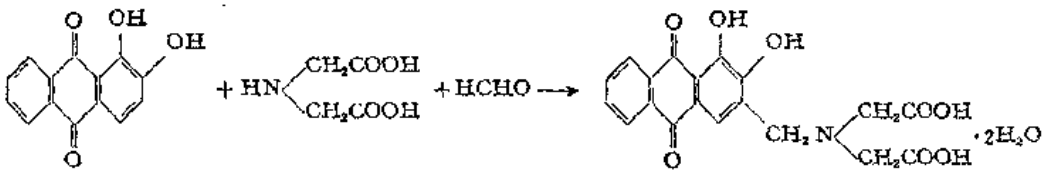
3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	26.7	22.7	19.2	16.1	13.2	10.7	8.55	6.54	4.56	2.70	1.22	0.41	0.06

4. 络合物形成常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	AlHL	Fe(Ⅲ)HL
lgK_1	14.5	19.5

合成方法[1,2]



16g茜素和22.5g亚氨基二乙酸悬浮于30ml水中，用含13.5g氢氧化钠的60ml水溶液处理。边搅拌边滴加37%甲醛10ml。混合物用水稀释至230ml。加热至75℃，边搅拌边滴加

37%甲醛7ml，保温14小时，稀释至750ml，在45℃用5N盐酸处理至无沉淀出现为止。滤出结晶为粗品。

提纯方法 将粗品溶于500ml蒸馏水中，加入2N氢氧化钠使之溶解。在45℃加5N盐酸，使之重新沉淀析出。放置两小时后滤出沉淀。先用少量盐酸洗，再用少量乙醇-乙酸（1:1）洗，即得纯品。

再将上述纯品溶于少量水，在45℃加乙酸-乙酸钠（pH5）缓冲液，若有沉淀可过滤，滤液用乙酸提取除去未反应的茜素，用5N盐酸酸化，放置过夜，滤出结晶，用乙醇-乙醚洗，真空干燥（70℃以下）。产率13%。熔点180℃（分解）。密封保存。

用途 络合滴定指示剂，配成0.5%水溶液。

金属离子	方法提要
Ba^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由蓝至红[1,2]
Ca^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由蓝至红[1,2]
Cd^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由蓝至红[1,2]
Cu^{2+}	pH4.3,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[1,2]
In^{3+}	pH4,乙酸盐缓冲液，加热，终点由红至黄[1,2]
Pb^{2+}	pH4.3,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[1,2]
Sr^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由蓝至红[1,2]
Zn^{2+}	pH4.3,乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[1~3]

参考文献

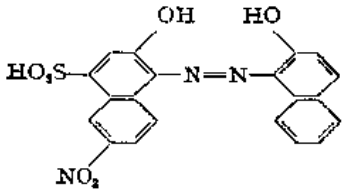
〔1〕 R. Belcher, M. A. Leonard, T. S. West; *J. Chem. Soc*, 2390, (1958).
〔2〕 M. A. Leonard, T. S. West; *J. Chem. Soc.*, 4477(1960).
〔3〕 J. B. Headridge; *Analyst*, 85, 379, (1960).

铬黑A　　Ⅰ-2(2)-0063

Eriochrome Black A

别名 1-(2-羟基-1-萘偶氮)-6-硝基-2-萘酚-4-磺酸 1-(2-Hydroxy-1-naphthylazo)-6-nitro-2-naphthol-4-Sulphonic acid；搪洛铬黑AS Solochrome black AS；铬坚牢黑A Chrome fast black A；滂铬黑A Pontachrome black A

结构式



分子式 $C_{20}H_{13}N_3O_7S$　　**分子量** 439.39

理化性质 棕黑色粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.08M〕

	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	6.2	13.0	—
颜色	红	蓝	橙

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	17.2	15.2	13.2	11.2	9.23	7.41	6.06	5.01	4.00	3.00	2.00	1.04	0.30	0.04

3．络合物形成常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.02M]

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_f	5.3	7.2

4．颜色转变点的pM值

pH		7	8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	—	0.3	1.3	2.3	3.3	4.3	5.0	5.3
	Mg^{2+}	1.1	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	6.9	7.2

合成方法[1]

1．亚硝化　30gβ-萘酚溶于含有8.4g氢氧化钠的360ml水中，温热溶解，冷至0℃，加15g亚硝酸钠，边搅拌边滴加50ml比重为1.32的硫酸，在1.5小时加完，继续搅拌1小时，生成物为α-亚硝基-β-萘酚，过滤，用水洗净，产品为淡黄色固体。

2．还原和磺化　60g亚硫酸氢钠溶于200ml水中，加6N氢氧化钠10ml以中和亚硝化的游离酸，在此液中加入上述制得的α-亚硝基-β-萘酚，加水稀释至400～500ml，过滤，除去不溶物。再将溶液稀释至700ml，边搅拌边加入浓硫酸400ml，加温至35～40℃。并在50℃下保持2小时，放置3～4小时，过滤，用水洗净，在110℃烘干，所得产品为1-氨基-2-萘酚-4-磺酸（简称1,2,4-酸）约60g。

3．重氮化　取1,2,4-酸24g，加水120ml，加饱和硫酸铜溶液2ml，在10～15℃加入5N亚硝酸钠溶液20ml，溶液呈棕黄色，若有未溶杂质可过滤。在滤液中加入30ml浓盐酸，使重氮盐全部析出，过滤，用稀盐酸洗涤。此重氮盐稳定，可于80～100℃烘干而不分解。

4．硝化　取烘干的1,2,4-酸重氮盐24g，边搅拌边加至75g浓硫酸中，冷却并保持在0～5℃，慢慢滴加由11g 60%硝酸和22g浓硫酸组成的混合酸。搅拌4小时，将温度升至15～20℃，然后将此溶液倒入盛100g碎冰的容器内，硝化物结晶析出，过滤，用水洗涤。

5．偶合　15gβ-萘酚溶于100ml 10%氢氧化钠溶液中，加入含有20g碳酸钠的水溶液250ml。慢慢滴加上述硝化产物。在50～60℃下搅拌三小时，加浓盐酸使产品析出，过滤，烘干，可得铬黑A 45g。

用途　络合滴定指示剂，配成0.1%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH10，氨缓冲液，80℃，终点由红至蓝[2]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[3]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至蓝[2,3]
Ni^{2+}	pH10，氨缓冲液，80℃，终点由酒红至蓝[2]
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由红至蓝[2]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[2]

参 考 文 献

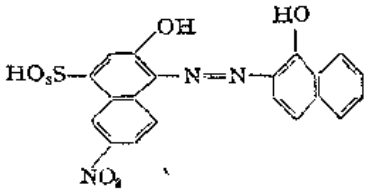
〔1〕 吉林冶金所，辽宁冶金所：《有机试剂合成》，p. 17～19，1960.
〔2〕 A. A. ABD EL Raheem, A. M. Amin: *Anal. Chim. Acta*, 19, 327, (1958).
〔3〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46, 86, (1957).

铬 黑 T　　Ⅱ-2(2)-0064

Eriochrome black T

别名 1-(1-羟基-2-萘偶氮)-6-硝基-2-萘酚-4-磺酸　1-(1-Hydroxy-2-naphthylazo)-6-nitro-2-naphthol-4-Sulphonic acid；钙铬黑T Calcochrome black T；铬黑TK Chrome black TK；搔洛铬黑T Solochrome black T

结构式



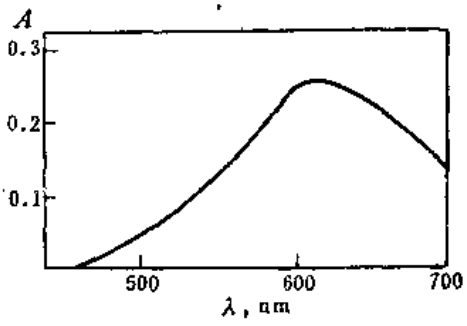
分子式 $C_{20}H_{13}N_3O_7S$　　**分子量** 439.39

理化性质 棕黑色粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.08M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.9	6.4	11.5	—
颜色	红	红	蓝	橙



2. 吸收光谱

铬黑T在pH9.6水溶液中的吸收光谱。λ_{max}=616nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	15.9	13.9	11.9	9.9	7.92	6.05	4.70	3.51	2.50	1.51	0.62	0.12	0.01

4. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.3M $NaClO_4$〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	3.0	5.4①	12.74	20.0	21.38	7.0①	9.6	13.19	12.9
lgK_2							8.0		7.1

① t=18～22℃；μ=0.02M

* 以二元酸计算，pK_{a_1}=6.4，pK_{a_2}=11.5。

5．颜色转变点的pM值

pH		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Ca^{2+}	—	—	—	0.8	1.8	2.8	3.8	4.7	5.3	5.4
	Mg^{2+}	—	—	1.0	2.4	3.4	4.4	5.4	6.3	6.9	7.0
	Zn^{2+}	2.7	5.0	6.9	8.3	9.3	10.4	11.9	13.6	14.8	15.0

合成方法[1,2] 将1-氨基-2-萘酚-4-磺酸溶于水并调节溶液的pH为3，加饱和硫酸铜及亚硝酸钠溶液进行重氮化，过滤，滤液中加入盐酸，则析出黄色重氮盐。重氮盐溶于浓硫酸，并用硝酸-硫酸混合酸硝化。硝化液倒入冰水中，析出黄色沉淀，过滤，用饱和食盐水洗涤。

1-萘酚溶于氢氧化钠溶液中，加入上述硝化物进行偶合，搅拌5～6小时，放置20小时，然后通蒸汽至90℃，加乙酸中和，冷却至30℃以下，沉淀吸滤，用蒸馏水洗涤，干燥即为成品。

提纯方法 *O,O'*-二羟基芳基偶氮类试剂均可用下列方法提纯。

1．若二甲基铵盐，可用二甲基甲酰胺重结晶。

2．将染料溶于温热的20%甲醇水溶液中，加入对甲苯胺至甲苯胺鎓盐沉淀，冷却后用热水重结晶。

3．粗品用无水乙醚萃取而提纯。

4．在纤维粉末柱上用丙醇-乙酸乙酯-水（5:5:4）作洗脱液进行色层分离。其方法如下：

粗品先用热乙醇处理，以除去杂质，然后再将其溶于20%的甲醇水溶液中，并进行色层分离。层析柱分三个区域，洗脱最上层的红紫色区，可得纯净的染料。若在浓洗出液中加浓盐酸，沉淀则为三水合一钠盐。

用途 络合滴定指示剂，配成0.05～0.5%乙醇溶液，1:200NaCl。

金属离子	方法提要
Cd^{2+}	pH6.8～11.5，氨缓冲液，终点由红至蓝[3,4]
In^{3+}	pH8～10，氨缓冲液，热，酒石酸，终点红至蓝[5,6]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[3,7,8,16]
Mn^{2+}	pH8～10，氨缓冲液，抗坏血酸，终点红至蓝[7,9]
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，终点由红至蓝[10,11]
Re^{3+}	pH8～9，氨缓冲液，酒石酸，终点由红至蓝[3,12,13]
Zn^{2+}	pH6.8～10，氨缓冲液，终点由红至蓝[3,14]
Zr^{4+}	0.5～2*M*盐酸，100℃，终点由蓝紫至粉红[15]

参考文献

〔1〕 *C. A.* 24:2125.
〔2〕 F. Lindstrom, H. Diehl: *Anal. Chem.*, 32, 1123, (1960).
〔3〕 W. Biedermann, G. Schwarzenbach. *Chimia*, 2, 56, (1948).
〔4〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46, 86, (1957).
〔5〕 H. Flaschka: *Z. anal., Chem.*, 140, 6, (1953).
〔6〕 J. Dolezal, Z. Sir, K. Janáček: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 21, 1300, (1956).
〔7〕 H. Flaschka, F. Sadek: *Mikrochim. Acta*, 1, (1957).
〔8〕 M. Ursula: *Z. anal. Chem.*, 212, 419, (1965).
〔9〕 P. Wehber: *Z. anal. Chem.*, 154, 122, (1957).
〔10〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46, 86, (1957).

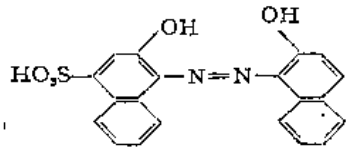
〔11〕 R. Přibil, Z. Roubal: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 19, 1162, (1954).
〔12〕 J. Kinnunen, B. Wennerstrand: *Chemist Analyst*, 46, 92, (1957).
〔13〕 M Maki: *Bunseki Kagaku*, 6, 779(1957); *Chem. Abstr.*, 53, 2921, (1959).
〔14〕 E. G. Brown, T. J. Hayes: *Anal. Chim. Acta.*, 9, 1, (1953).
〔15〕 V. G. Goryushina, E. V. Romanova: *Zavod*, Lab., 23, 781, (1957); *Chem. Abstr.*, 54, 8465, (1960).
〔16〕 霍克若：理化检验，1, 46, (1975)。

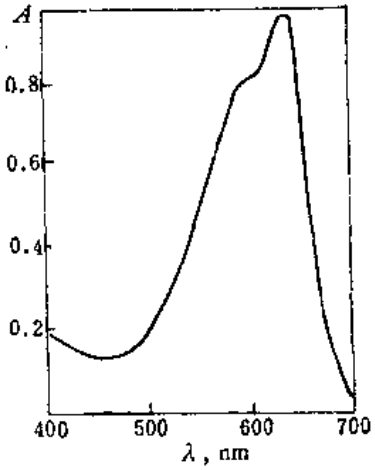
铬 蓝 黑 R　　Ⅰ-2(2)-0065

Eriochrome blue black R

别名 1-(2-羟基-1-萘基偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 1-(2-Hydroxy-1-naphthylazo)-2-naphthol-4-Sulphonic acid；钙试剂 Calcon；酸性铬蓝黑 Acid Chrome blue black；搀洛铬暗蓝 B Solochrome dark blue B

结构式





分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_5S$　　**分子量** 394.39

理化性质 棕黑色粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	1.0	7.3	13.5	—
颜色	—	红	蓝	粉红

2. 吸收光谱

铬蓝黑R浓度为$3.78\times10^{-5}M$，在pH12.3水溶液中的吸收光谱。$\lambda_{max}=650$nm。

3. 酸效应系数

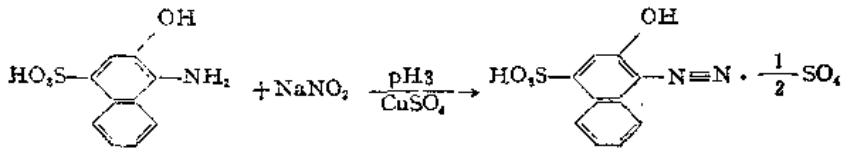
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	18.8	16.8	14.8	12.8	10.8	8.82	6.98	5.58	4.51	3.50	2.50	1.51	0.61

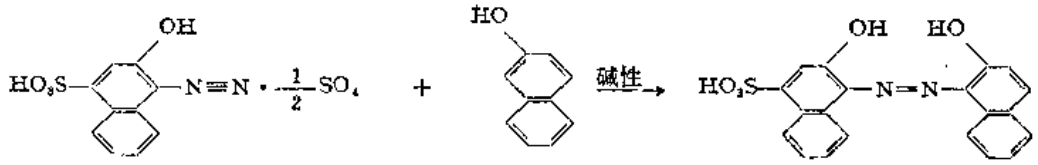
4. 络合物形成常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Cu^{2+}	$Cu(OH)L$②	Mg^{2+}	Zn^{2+}	$Zn(NH_3)L$③
lgK_1	5.25①	21.2	4	7.64	12.5	16.4

① $t=18\sim20$℃，$\mu=0.02M$；② $\frac{[Cu(OH)L^{2-}]}{[CuL^-][OH^-]}=10^4$；③ $\frac{[Zn(NH_3)L^-]}{[Zn^{2+}][NH_3][L^{3-}]}$

合成方法[1]





1-氨基-2萘酚-4-磺酸重氮盐与等摩尔β-萘酚在碱性条件下偶合。然后酸析，便可得铬蓝黑R。详细步骤可参照铬黑A($C_{20}H_{13}O_7N_3S$)的合成。

用途 络合滴定指示剂，配成0.5%甲醇或乙醇溶液

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH11.5,氨缓冲液，终点由粉红至蓝[3]
	pH12.3～13,乙胺，终点由粉红至蓝[3,4]
Cd^{2+}	pH11.5,氨缓冲液，终点由粉红至蓝[2,5]
Mg^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由粉红至蓝[5]
Mn^{2+}	pH10,氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至蓝[2]
Zn^{2+}	pH10,氨缓冲液，终点由粉红至蓝[2,5,6]

参考文献

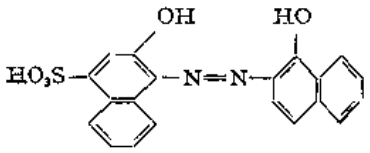
〔1〕 *Beil*, 16,297.
〔2〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46,86,(1957).
〔3〕 P. F. Lott, K. L. Cheng: *Chemist Analyst*, 46,30,(1957).
〔4〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Talanta*, 1,238,(1958).
〔5〕 K. L. Cheng: *Chemist Analyst*, 45,79(1956).
〔6〕 C. N. Reilley, R. W. Schmid: *Anal. Chem.*, 31,887,(1959).

铬蓝黑 B　　Ⅱ-2(2)-0066

Eriochrome blue black B

别名 1-(1-羟基-2-萘偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 1-(1-Hydroxy-2-naphthylazo)-2-naphthol-4-Sulphonic acid；铬坚牢花青G Chrome fest cyanine G

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_5S$　　**分子量** 394.39

理化性质 深紫色粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃，离子强度(μ)0.08M〕

	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	6.2	12.5	—
颜色	红	蓝	橙

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lg$a$	16.7	14.7	12.7	10.7	8.73	6.91	5.56	4.50	3.50	2.50	1.51	0.62	0.12

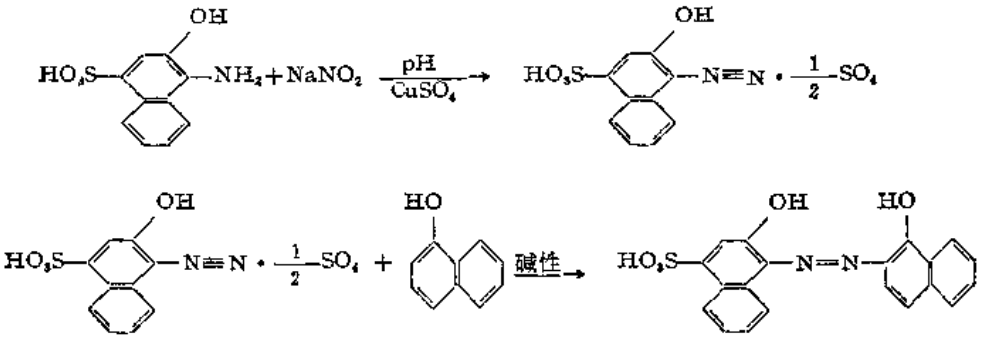
3．络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.08M〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$\lg K_1$	5.7	7.4

4．颜色转变点的pM值

pH	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pM Ca^{2+}	—	0.2	1.2	2.2	3.2	4.2	5.1	5.6	5.7
Mg^{2+}	0.5	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.8	7.3	7.4

合成方法[1]



取12 g（0.05mol）1-氨基-2-萘酚-4-磺酸，加水调成糊状，调节pH至3。加硫酸铜和亚硝酸钠进行重氮化。放置10分钟，过滤，滤液用盐酸酸化，得固体重氮盐。

另取7.5 g（0.05mol）1-萘酚溶于含50 g氢氧化钠的溶液中，在15℃下边搅拌边加入上述重氮盐的混浊液。搅拌至结晶形成，再加入水250ml，用盐酸将pH调至6～7。放置后过滤，固体烘干即为成品。

用途 络合滴定指示剂，配成2%甲醇溶液，0.5%乙醇或水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红至蓝[2,3]
Cd^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[6]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[3~4]
Mn^{2+}	pH10～11.5，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至蓝[5]
U(Ⅳ)	pH1～2，盐酸溶液，加热，终点由蓝至红[5]
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红至蓝[3]
Zr^{4+}	0.1～0.5M，盐酸溶液，加热，终点由蓝至红[6]

参考文献

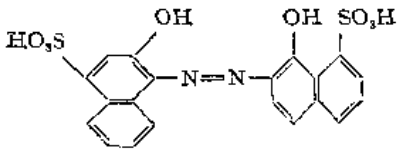
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagent", Vol Ⅳ, 354～355, 1948.
〔2〕 F. Schnerider, A. Emmerich: *Zucker-Beihefte*, 4, 53, (1951).
〔3〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46, 86, (1957).
〔4〕 T. W. Bloxam: *Analyst*, 87, 907, (1962).
〔5〕 J. Korkisch: *Anal. Chem. Acta*, 24, 306, (1961).
〔6〕 J. Korkisch: *Z. anal. Chem.*, 178, 42, (1960).

宫殿坚牢蓝 GGN　　Ⅱ-2(2)-0067

Palatine fast blue GGN

别名 2-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-1-羟基萘-8-磺酸 2-(2-Hydroxy-4-Sulpho-1-naphthylazo)-1-hydroxynaphthalene-8-sulphonic acid;宫殿坚牢蓝GGNA-CF Palatine fast blue GGNA-CF

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_8S_2$　　**分子量** 474.45

理化性质 暗紫蓝色粉末。易溶于水，溶于乙醇。在浓硫酸中溶液呈深绿色，在稀硫酸中溶液呈蓝色，在浓碱中溶液呈紫色。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^{2-}	HL^{4-}	L^{4-}
pK	8.9	12.9	—
颜色	—	蓝	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	19.8	17.8	15.8	13.8	11.8	9.80	7.81	5.85	4.15	2.93	1.91	0.95	0.25	0.03

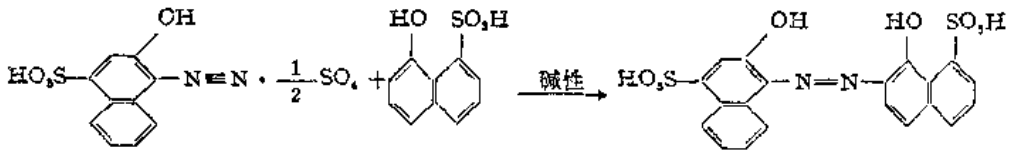
3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	7.3	7.6

4. 颜色转变点的pM值

pH		8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	1.7	3.3	4.6	5.6	6.5	7.2	7.5
	Mg^{2+}	1.8	3.4	4.7	5.7	6.6	7.3	7.6

合成方法[1]



将1-氨基-2-萘酚-4-磺酸的重氮盐悬浮于水中，与等摩尔的1-羟基-8-磺基萘的碱性水溶液或醇溶液混合，搅拌保温，待偶合完全后过滤，滤液用浓盐酸调至强酸性，加无水乙醇将沉淀析出，放置并过滤。于50℃干燥即为成品。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12，氢氧化钠溶液，终点由红至蓝[2]

参考文献

[1] L. Humphries; *C. I.*, 14880,(1971).

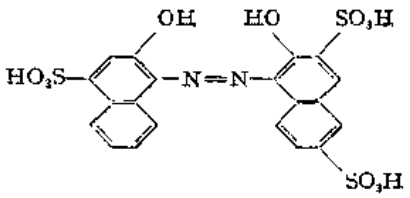
[2] G. P. Hildebrand, C. N. Reilley, See Meitse; "Handbook of Analytical Chemistry", p3～171, 1963.

羟基萘酚蓝 Ⅱ-2(2)-0068

Hydroxy naphthol blue

别名 1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基萘-3,6-二磺酸 1-(2-Hydroxy-4-Sulpho-1-naphthylazo)-2-hydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid

结构式



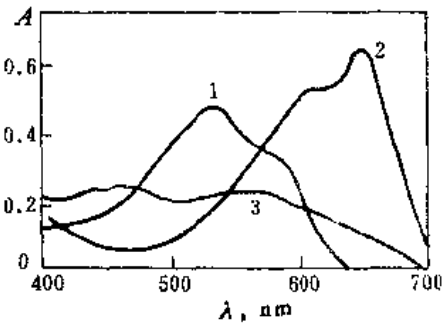
分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_{11}S_3$ **分子量** 554.51

理化性质 暗紫色粉末。易溶于水，难溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）24℃，离子强度（μ）0.1MKCl]

	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	6.44	12.93	—
颜色	红紫	蓝	粉红



2. 吸收光谱

羟基萘酚蓝浓度为 $2.4\times10^{-5}M$ 的吸收光谱。（1）pH3.3，λ_{max}=540nm；（2）pH9.8，λ_{max}=645nm；（3）pH13.8

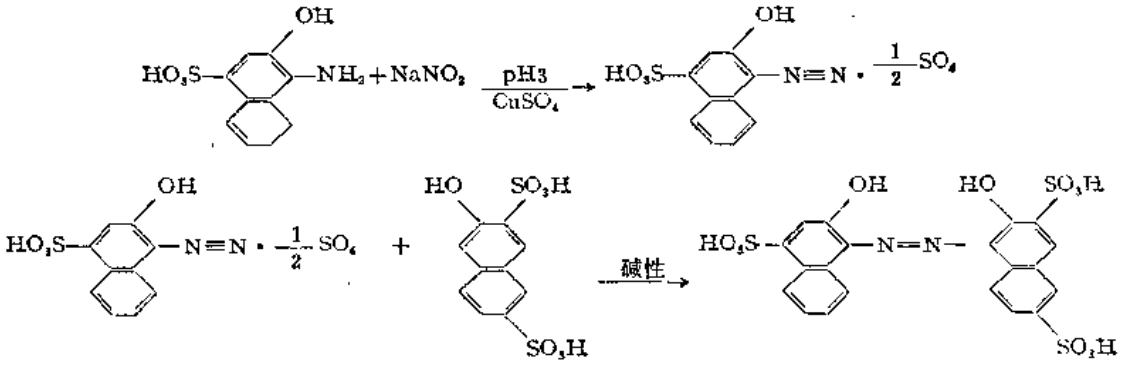
3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	17.4	15.4	13.4	11.4	9.39	7.5	6.04	4.94	3.93	2.93	1.94	0.98	0.27

4. 络合物形成常数[温度（t）24℃，离子强度（μ）0.1MKCl]

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	6.11	7.11

合成方法



1-氨基-2-萘酚-4-磺酸在 pH3 和硫酸铜存在下与亚硝酸钠重氮化，生成重氮盐。用盐酸酸化可得固体重氮盐。1-氨基-2-萘酚-4-磺酸重氮盐与等摩尔R-酸在碱性条件下偶合，可得羟基萘酚蓝。

提纯方法[1] 1g 市售羟基萘酚蓝加15ml乙醇回流1小时，过滤，除去溶于乙醇的杂质。沉淀用 10ml 20% 甲醇水溶液溶解，将混浊溶液离心，直至得到清亮溶液为止。然后在纤维粉末柱上进行色层分离，用丙醇-乙酸乙酯-水混合剂（5:5:4）展开，柱上出现三个色层。将最底层的红色区和在紫外光下呈现黄色中间色区全部除去，只对上层的红紫色主要色区进行洗脱。将洗脱液浓缩至开始有沉淀析出（约8ml）。然后在其中加入2ml35%的盐酸，使染料沉淀析出，分出纯净的指示剂并进行真空干燥，即得含三分子结晶水的一钠盐。本品为暗紫色吸湿性粉末。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12，氢氧化钠溶液，终点由红至蓝[2]

参考文献

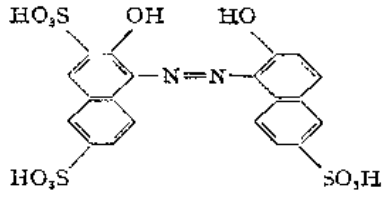
[1] A. Itoh, K. Ueno; *Analyst*, 95, 583, (1970).
[2] R. W. Goebsch; *J. Pharm. Sci.*, 54, 317, (1965).

1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0069

1-(2-Hydroxy-6-Sulpho-1-naphthylazo)-2-naphthol-3,6-disulphonic acid

别名 1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)-R-酸 1-(2-Hydroxy-6-Sulpho-1-naphthylazo)-R-acid

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_{11}S_3$ **分子量** 554.51

理化性质 暗紫色结晶粉末。溶于水，难溶于乙醇。

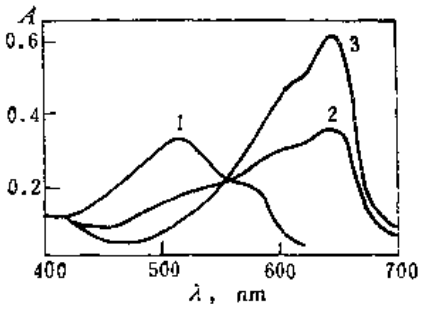
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	5.69	13.4	—
颜色	—	蓝	红

2. 吸收光谱

试剂浓度为 $3\times10^{-5}M$ 水溶液的吸收光谱。（1）pH3.19～3.66；（2）pH5.84；（3）pH7.94～8.37。λ_{max}分别为520，640，640nm。



3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	17.1	15.1	13.1	11.1	9.17	7.57	6.42	5.40	4.40	3.40	2.40	1.42	0.65	0.10

4. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	7.94	6.51

合成方法[1] 亚硝基R盐（二钠盐）在11M盐酸中用氯化亚锡还原。所得氨基化合物溶于水并加入少量硫酸铜，用碳酸钠溶液调节pH5～6，用20%亚硝酸钠重氮化。用盐析的方法得重氮盐。另取2-萘酚-6-磺酸溶于1M氢氧化钠溶液中，并加至重氮盐的0.1M碳酸钠溶液中。混合物于60℃加热2～3小时，在室温放置过夜。酸析，过滤，得粗品。

提纯方法 粗品溶于少量水并逐渐加入浓盐酸。过1～2天之后过滤。如此反复重结晶数次，可得结晶粉末，然后在盛有五氧化二磷和氢氧化钠的干燥器中至少干燥一周。

用途 络合滴定指示剂，配成$10^{-4}M$水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12.5～13，氢氧化钾溶液，终点由紫红至蓝[1]

参考文献

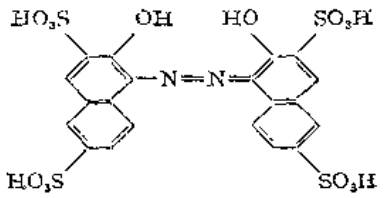
〔1〕 H. Wada, G. Nakagawa; *Anal. Chim. Acta*, 121, 265.(1980).

2,2′-二羟基-1,1′-偶氮萘-3,3′,6,6′-四磺酸 Ⅱ-2(2)-0070

2,2′-Dihydroxy-1,1′-azonaphthalene-3,3′,6,6′-tetrasulphonic acid

别名 1,1′-偶氮-R-酸 1,1′-Azo-R-acid

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_{14}S_4$ **分子量** 634.57

理化性质 暗紫蓝色结晶粉末。溶于水，难溶于乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	5.73	13.5	—
颜色	—	蓝	红

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	17.2	15.2	13.2	11.2	9.30	7.69	6.52	5.50	4.50	3.50	2.50	1.51	0.62	0.12

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
lgK_1	7.94	6.64

合成方法[1] 亚硝基R盐（二钠盐）在11mol盐酸溶液中，用氯化亚锡还原，所得氨基化合物溶于水，并加入少量硫酸铜，用碳酸钠溶液调节 pH5～6，以20%亚硝酸钠溶液重氮化。用盐析方法得重氮盐。另取R-酸溶于1M氢氧化钠溶液中，并将其加至重氮盐的 0.1M 碳酸钠溶液中。混合物于60℃加热2～3小时，在室温放过夜。酸析，过滤，得粗品。

提纯方法 粗品溶于少量水中，并逐滴加入浓盐酸。过1～2天之后，过滤，如此反复重结晶数次，可得结晶粉末，然后用盛有五氧化二磷和氢氧化钠的干燥器至少干燥一周。

用途 络合滴定指示剂，配成$10^{-4}M$水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12.5～13，氢氧化钾溶液，终点由紫红至蓝[1]

参考文献

(1) H. Wada, G. Nakagawa; *Anal. Chim. Acta*, 121, 265, (1980)。

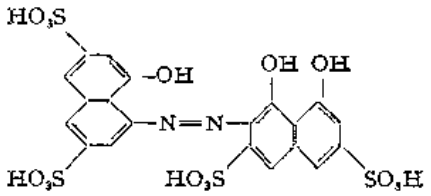
铍试剂 Ⅱ

Ⅱ-2(2)-0072

Beryllon Ⅱ

别名 2-(8-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 2-(8-Hydroxy-3,6-disulpho-1-naphthylazo)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid; DSNADNS

结构式



分子式 $C_{20}H_{14}N_2O_{15}S_4$ **分子量** 650.57

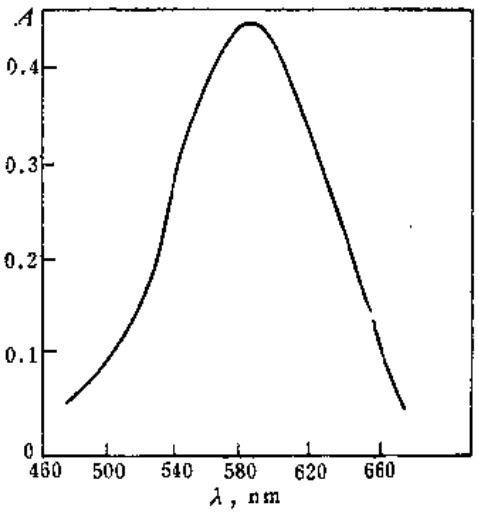
理化性质 暗紫色粉末。溶于水、氢氧化钠溶液和丙酮，不溶于苯和四氯化碳。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_5L^{2-}	H_4L^{3-}	H_3L^{4-}	H_2L^{5-}	HL^{6-}	L^{7-}
pK	2.39	4.43	5.71	7.01	10.88	—

2. 吸收光谱

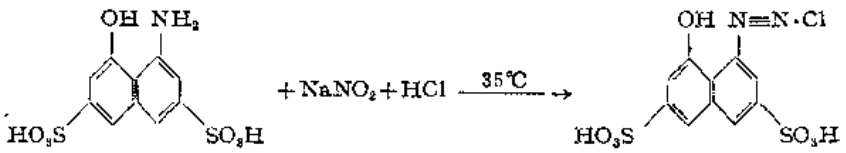


铍试剂Ⅰ水溶液在pH12～13的吸收光谱。$\lambda_{max}=595nm$。

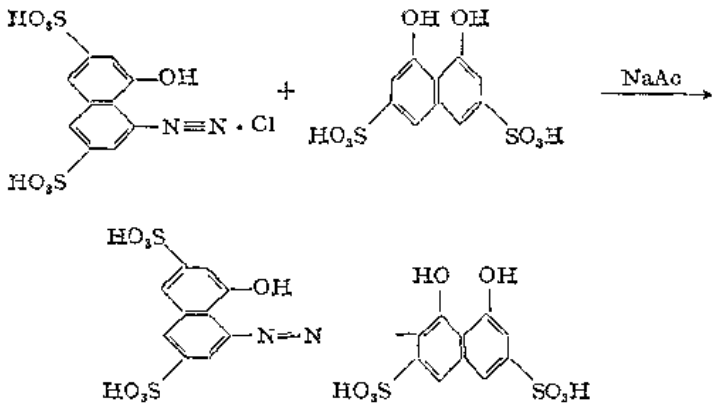
3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	20.6	17.6	14.6	11.6	8.68	6.10	4.20	2.92	1.89	0.93	0.25	0.03

合成方法[1,2]



* 按三元酸计算：pK_{a1}=5.71；pK_{a2}=7.01；pK_{a3}=10.88。



8.5g H-酸和1.5g碳酸钠溶于250ml水中，加热至35℃，边搅拌边于10分钟内将其加入至10ml浓盐酸中，继续搅拌，温度保持在35℃，加入含1.8g亚硝酸钠的水溶液50ml。经10～15分钟重氮化后加入20～30g冰，通常于27℃ H-酸的重氮盐便析出沉淀。

另取9.23g变色酸钠盐、13g乙酸钠溶于50ml水中，冷却至3～4℃，加入上述重氮盐，搅拌3～4小时，用氯化钠盐析，过滤，于45～50℃干燥即为成品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由蓝紫至红紫[3]

参考文献

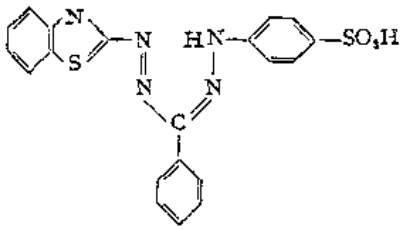
〔1〕 Kajuo Hirro; *Analytical Abstract*, 66, 500, 851, (1964).
〔2〕 罗基奥诺夫等著；马玉甲等译：《中间体及染料化学实验指导》，p176～178, 1955.
〔3〕 郭小伟：化学学报，24，194，(1958).

N-(2-苯并噻唑)-*N'*-(4-苯磺酸)-C-苯基甲臜　　Ⅱ-2(2)-0072

N-(2-Benzothiazolyl)-*N'*-(4-phenyl Sulfonic acid)-C-phenylformazan

别名 BTPFS

结构式



分子式 $C_{20}H_{15}N_5O_3S_2$　　**分子量** 437.49

理化性质 暗紫色针状结晶或粉末。溶于水，醇和丙酮中。

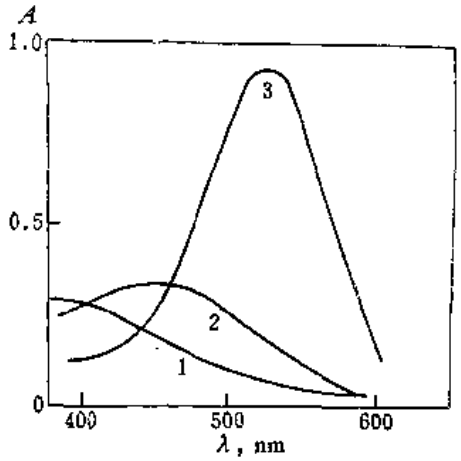
理化参数

1. 离解常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	1.63	8.25	—

2. 吸收光谱

BTPFS 的浓度为$5\times10^{-6}M$水溶液的吸收光谱。（1） pH<1.4；（2） pH3.1～6.9，λ_{max}=450nm；（3）pH>9.0，λ_{max}=530nm。



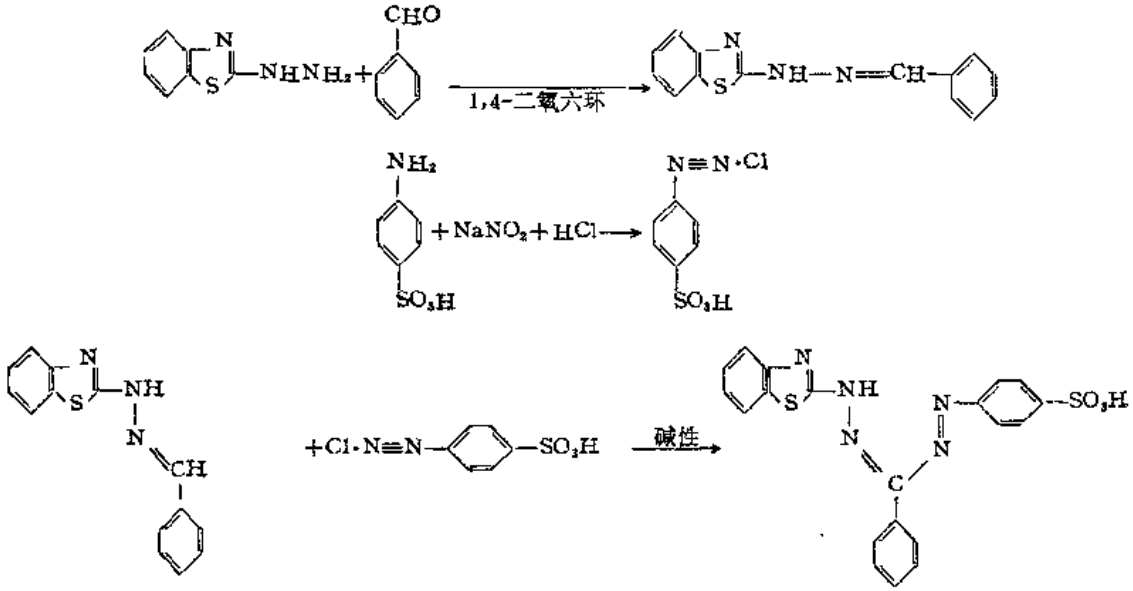
3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	7.25	6.25	5.25	4.25	3.25	2.25	1.27	0.44	0.07

4. 络合物形成常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	9.27	4.04	—	—	9.33	9.26	—	5.20
lgK_2	—	—	23.2 ($\lg\beta_2$)	18.3 ($\lg\beta_2$)	9.05	—	18.1 ($\lg\beta_2$)	—

合成方法[1]



3.4 g 2-肼基苯并噻唑与 2.2 g 苯甲醛置于 1,4-二氧六环中，保温溶解，冷却析出苯甲醛缩-2-肼基苯并噻唑。产品可用乙醇重结晶。

3.5 g 对氨基苯磺酸按常规方法进行重氮化。所得重氮盐在5℃，于碱性条件下与上述苯甲醛缩-2-肼基苯并噻唑偶合，冷却放至次日，用乙酸调至微酸性，用乙酸钠盐析，得暗绿

* 按一元酸计算pK_{a1}=8.25。

色微细结晶。用甲醇重结晶，得1.6g，产率19%，产品为黑紫色针状结晶。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～7，终点由蓝至黄[1]

参考文献

〔1〕 松岛忠久，川濑晃：分析化学(日)，20，(10)，1310，(1971)。

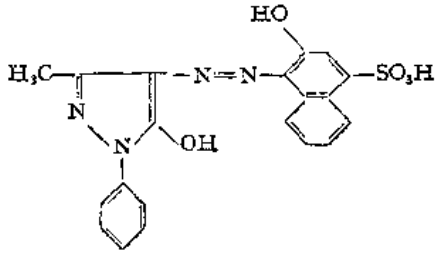
铬红B

Ⅱ-2(2)-0073

Eriochrome red B

别名 4-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-3-甲基-1-苯基-2-吡唑啉-5-酮 4-(2-Hydroxy-4-Sulpho-1-naphthylazo)-3-methyl-1-phenyl-2-pyrazoline-5-one；铬坚牢红B Chrome fast red B；酸性铬红 B Acid chrome red B。

结构式



分子式 $C_{20}H_{16}N_4O_5S$ **分子量** 424.43

理化性质 红棕色粉末，溶于水为橙色溶液，易溶于乙醇，在盐酸溶液中得猩红色沉淀；在硫酸溶液中呈品红色溶液，用水稀释时得猩红色沉淀；在氢氧化钠溶液中呈黄色溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1M〕

	HL^{2-}	L^{3-}
pK	6.28	—

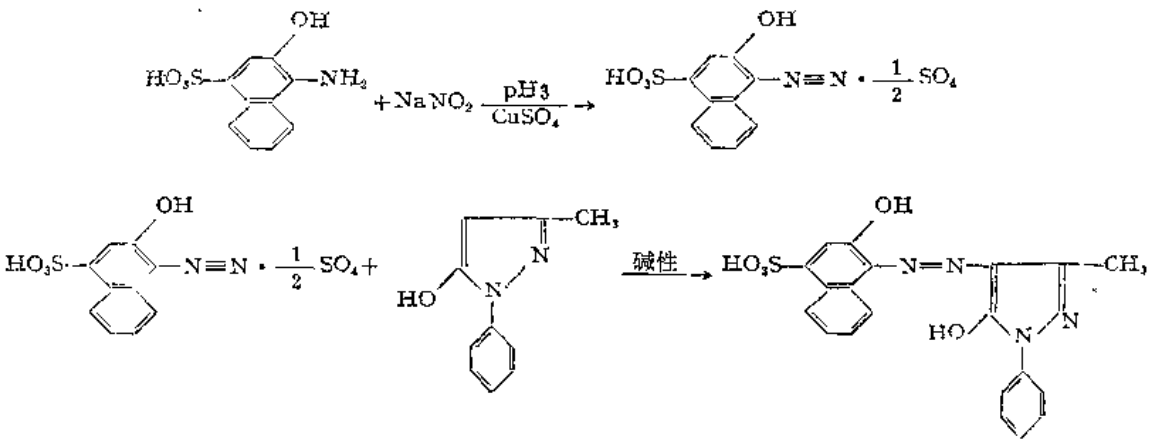
2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	5.28	4.28	3.28	2.28	1.30	0.46	0.08

3. 络合物形成常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	CuHL
lgK_1	8.2

合成方法[1,2]



9 g 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮溶于含有6 g 氢氧化钠和7.5 g 碳酸钠的250ml 水溶液中。边搅拌边滴加12.5 g 干的1-氨基-2-萘酚-4-磺酸重氮盐，搅拌并放置数小时，用氯化钠盐析，吸滤即得成品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%乙醇溶液，0.04%水溶液，1:100氢化钠。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH9～10，氨缓冲液，终点由红至黄[3]
Cu^{2+}	pH2～4.5，氯乙酸缓冲液，终点由粉红至黄[4,5]
Mn^{2+}	pH8～10，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由红至黄[5,6]
Ni^{2+}	pH4～6，乙酸盐缓冲液，终点由粉红至黄[5,6]
	pH7～11，氨缓冲液，加热，终点由粉红至黄[5,7]
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸盐，终点由红至黄[4,5]
Zn^{2+}	pH6.5，六次甲基四胺，终点由红至黄[4,5]
	pH10，氨缓冲液，终点由红至黄

参 考 文 献

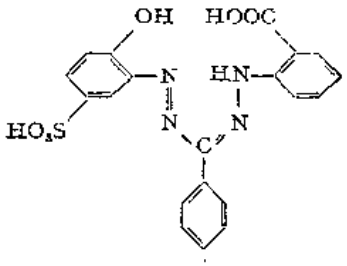
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagent", vol. Ⅳ. 359, 1948.
〔2〕 *C. I.* No. 652, (18760); *C. A.*, 51:7934i, (1957); C. A., 49:15607i, (1955); *C. A.*, 50;10607b, (1956).
〔3〕 P. Wehber: *Z. anal. Chem.*, 158, 10, (1957).
〔4〕 P. Wehber: *Z. anal. Chem.*, 153, 253, (1956).
〔5〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 46, 86, (1957).
〔6〕 P. Wehber: *Z. anal. Chem.*, 154, 122, (1957); 166, 186, (1959).
〔7〕 R. Belcher: *Chim. anal.*, 40, 35, (1958).

锌试剂 Ⅰ-2(2)-0074

Zincon

别名 邻{2-〔α-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)-亚苄基〕肼基}苯甲酸 *O*-{2-〔α-(2-Hydroxy-5-Sulphophenylazo)-benzylidene〕-hydrazino}benzoic acid; 1-(2-羟基-5-磺基苯)-5-(2-羧基苯)-3-苯基甲臜 1-(2-Hydroxy-5-Sulphophenyl)-5-(2-Carboxylphenyl)-3-phenylformazane

结构式



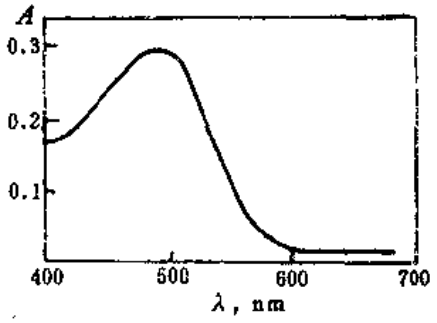
分子式 $C_{20}H_{16}N_4O_6S$ **分子量** 440.43

理化性质 棕色结晶粉末。易溶于水和氢氧化钠溶液中，在碱性溶液中显深红色。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	4.5	8.3	>14	—
颜色	红紫	黄	红橙	紫



2. 吸收光谱

锌试剂在pH8.5～9.5水溶液中的吸收光谱。λ_{max}=490nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	10.8	8.80	6.81	4.92	3.42	2.31	1.32	0.48	0.08	0.01

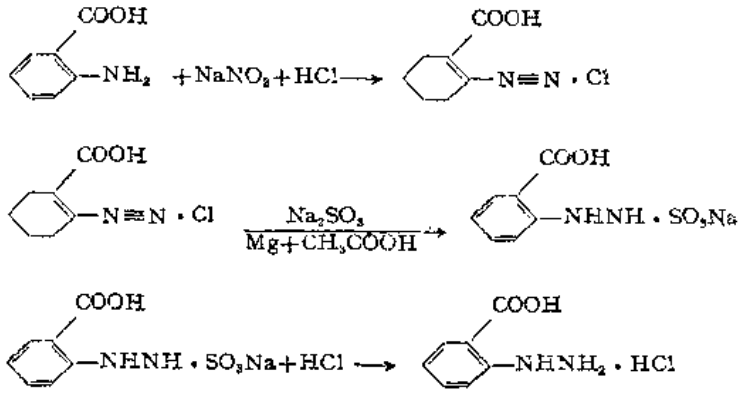
4. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Zn^{2+}	Zn(OH)L
lgK_1	13.1	13

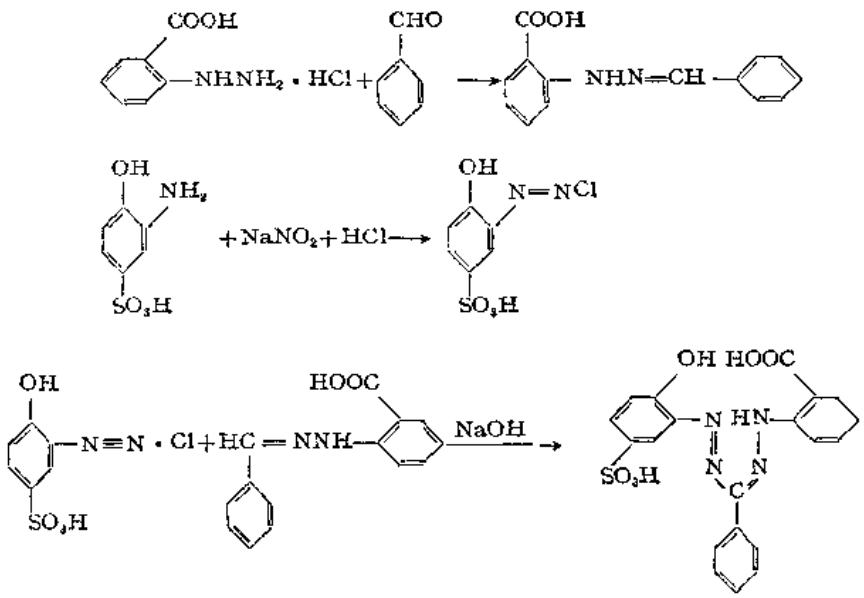
5. 颜色转变点的pM值

pH		5	6	7	8	9	10
pM	Zn^{2+}	0.6	2.7	4.7	6.5	7.9	9.0

合成方法[1,2]



* 按二元酸计算 pK_{a1}=4.5; pK_{a2}=8.3。



取一定量邻氨基苯甲酸，加少量水，搅成糊状，慢慢加入浓盐酸，冷至0℃，加入亚硝酸钠溶液进行重氮化。然后在10℃以下加入糊状的亚硫酸钠，乙酸和镁粉，搅拌保温两小时，等溶液透明时过滤，冷却后加入浓盐酸，冷却并滤出结晶。即为苯肼甲酸。

取一定量的苯肼甲酸饱和水溶液，边搅拌边滴加苯甲醛的乙醇（1:1）溶液，直至出现黄色糊状物，再继续搅拌10～20分钟，过滤得苯腙。

另取与邻氨基苯甲酸等摩尔的2-氨基-4-磺基苯酚，加入冰水和盐酸，在0～5℃滴加亚酸钠进行重氮化（以淀粉-碘化钾试纸控制反应程度）。在上述苯腙中加入26%氢氧化钾溶液，此液与上述重氮盐合并，温度不应高于10℃，边搅拌边滴加26%氢氧化钾溶液至沉淀全溶，放置2小时，过滤，滤液用乙酸酸化，沉淀过滤得成品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Zn^{2+}	pH7.8，三乙醇胺，终点由蓝至黄[2]
	pH9～10，氨缓冲液，终点由蓝至黄[3,4]
Th^{4+}	pH2～3，氯乙酸缓冲液，终点红紫至黄[5]

参考文献

〔1〕 R. A. Brocks, N. J. Salem: *US.* 2,662,074;2,662,075,(1953).
〔2〕 C. N. Reilley, R. W. Schmid: *Anal. Chem.*, 31,887,(1959).
〔3〕 J. Kinnunen, B. Merikanto: *Chemist Analyst*, 44,50,(1955).
〔4〕 J. T. McCall, G. K. Davis, T. W. Stearns: *Anal. Chem.*, 30,1345,(1958).
〔5〕 黎蓝馨：化学学报（增刊），267～269(1981).

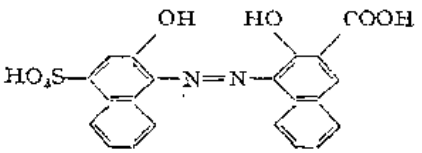
钙羧酸指示剂 Ⅰ-2(2)-0075

Calconcarboxylic acid

别名 1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基-3-萘甲酸 1-(2-Hydroxy-4-Sulpho-1-

naphthylazo)-2-hydroxy-3-naphthoic acid；钙红 Cal-red；伯顿与利达染料 Dye of patton and reeder

结构式



分子式 $C_{21}H_{14}N_2O_7S$ **分子量** 438.40

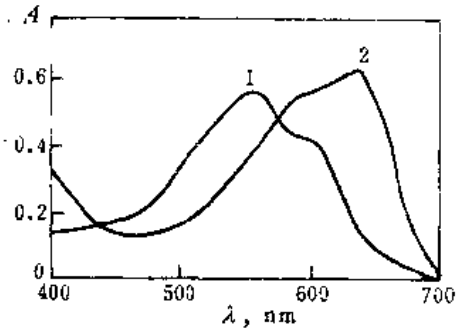
理化性质 紫黑色粉末，易溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)24℃；离子强度(μ)0.1MKCl]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1～2	3.8	9.26	13.67	—
颜色	—	—	红	蓝	粉红

2. 吸收光谱



钙羧酸试剂浓度为$2.4\times10^{-5}M$水溶液的吸收光谱。(1) pH3.7；(2) pH9.9。λ_{max}分别为560，640nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	23.7	20.7	17.8	15.1	13.0	10.9	8.93	6.95	5.12	3.44	2.68	1.68	0.75	0.17

4. 络合物形成常数[温度(t)24℃，离子强度(μ)0.1MKCl]

金属离子	Ca^{2+}
lgK_1	5.85

合成方法 取1-氨基-2-苯酚-4-磺酸的重氮盐与等摩尔的2-羟基-3-萘甲酸，于碱性条件下，在0～5℃进行偶合，再酸化，即可得钙羧酸指示剂。

提纯方法[1] 0.5g钙羧酸指示剂溶于10ml含有20%甲醇的热水中，加入含有150ml对甲苯胺的甲醇溶液。混合液在70℃保温40～50分钟，然后将溶液冷却至40℃，过滤。收集分离出的结晶，用热水进行重结晶，可得到暗紫色的具有吸温性的结晶。

---

* 按三元酸计算pK_{a1}=3.8；pK_{a2}=9.26；pK_{a3}=13.67。

用途 络合滴定指示剂，用1:100硫酸钠或氯化钠配制。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH12～12.5，氢氧化钠，终点由红至蓝[2~4]

参考文献

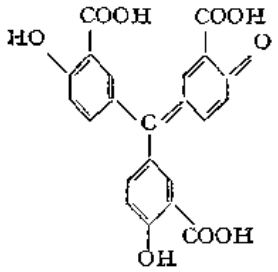
〔1〕 Atuko Itoh, Keihei Ueno; *Analyat*, 95,583,(1970).
〔2〕 J. Patton, W. Reeder; *Anal. Chem.*, 28,1026,(1956).
〔3〕 S. Baczyk; *Z. anal. Chem.*, 202,273,(1964).
〔4〕 H. Ishii; *Bunseki Kagaku*, 15,972(1966); *Chem. Abstr.*, 66,34507,(196).

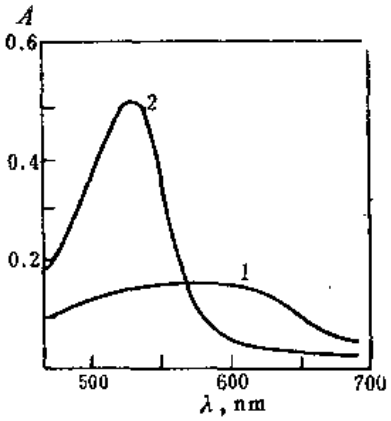
铝试剂 Ⅱ-2(2)-0076

Aluminon

别名 金精三羧酸 Aurintricarboxylic acid；铬紫Chrome violet

结构式





分子式 $C_{22}H_{14}O_9$ **分子量** 422.33

理化性质 棕黄色或暗红色粉末。溶于水和乙醇。

理化参数

1. 吸收光谱

铝试剂水溶液的吸收光谱。（1）pH4.5；（2）pH13，λ_{max}分别为550～600，540nm。

2. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Be^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Pd^{2+}	Sc^{3+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}
$\lg K_1$	4.5	—	4.7	—	4.6	5.0	4.8
$\lg K_2$	—	8.8	—	9.7	—	—	—
pH	5.5	6.0	4.5	4.0	5.5	5.0	5.5

合成方法[1,2] 于20ml浓硫酸中，分次加入10g（0.145mol）固体亚硝酸钠，同时控制加入速度，以便只放出少量的一氧化氮。当溶解完全后，边搅拌边分次加入20g（0.145mol）水杨酸，全部过程约15分钟。然后在20℃将此混合物搅拌至全部固体均溶解，此粘稠液呈亮红色至棕色。将液体放在冰浴上，使温度降至0℃时，边搅拌边慢慢滴加5ml(0.065mol)

35～40%的甲醛溶液，反应温度不得超过5℃。反应完全后，加100 g碎冰块和500ml冰水，并搅拌至形成固体小块为止。

过滤，用冰水洗涤数次，抽干，再溶于1:2(V/V) 氨水中，滤纸过滤。滤液在蒸汽浴上蒸干。约得19.22 g棕黄色玻璃状固体物。产率83～86%。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Al^{3+}	pH4.4,乙酸盐缓冲液，加热，终点由红至蓝紫[3]
Ca^{2+}	pH8.5～9.9,氨缓冲液，终点由红紫至黄[3,4]
Fe^{3+}	pH1～2,丙酮，终点由紫蓝至无色[2]
Mg^{2+}	pH8.5～9.9,氨缓冲液，终点由红紫至黄[3,4]

参考文献

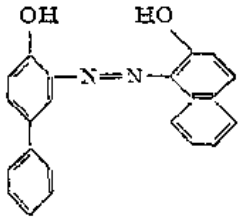
〔1〕 Heisig, Lauer; *Org. Syn. Coll.* vol. 1, p. 54～55, (1929).
〔2〕 W. H. Smith, E. E. Sager, I. J. Stewers; *Anal. Chem.*, 21, 1334, (949).
〔3〕 P. C. Kundu; *Naturwiss*, 48, 644, (961); *Chem. Abstr.*, 56, 10884, (1962).
〔4〕 P. C. Kundu; *Z. anal. Chem.*, 196, 246, (1963).

1-(2-羟基-5-苯基苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0077

1-(2-Hydroxy-5-phenyl phenylazo)-2-naphthol

别名 HPBN 1-(2-Hydroxy-5-phenyl benzeneazo)-2-naphthol

结构式



分子式 $C_{22}H_{16}N_2O_2$ **分子量** 340.37

理化性质 橙红色粉末，溶于乙醇和苯。熔点155℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	8.0	11.8	—
颜色	紫红	—	—

2、酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	17.8	15.8	13.8	11.8	9.80	7.80	5.84	4.10	2.84	1.81	0.86	0.21	0.03

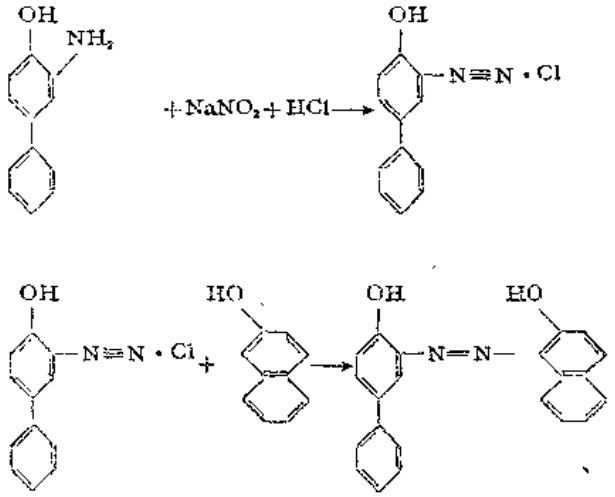
3. 络合物形成常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$\lg K_1$	3.6	6.1

4. 颜色转变点的pM值

pH		7	8	9	10	11	12	13	14
pM	Ca^{2+}	—	—	0.8	1.8	2.7	3.4	3.6	3.6
	Mg^{2+}	0.3	2.0	3.3	4.3	5.2	5.9	6.1	6.1

合成方法[1] 据参考文献拟定了以下步骤。



取1mol的2-氨基-4-苯基苯酚溶于盐酸中，冷却至0～5℃，滴加1.1mol亚硝酸钠的饱和水溶液，滴加完毕后，继续搅拌放置30分钟。再与等摩尔2-萘酚的碱性溶液偶合。加浓盐酸酸化，析出红色结晶，过滤，即得成品。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由橙至紫红[1]
Hg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由橙至紫红[1]

参考文献

[1] H. Diehl, J. Ellingboe: *Anal. Chem.*, 32, 1120, (1960).

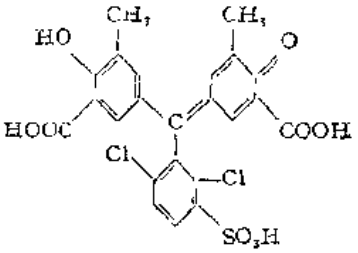
铬天青S

Ⅱ-2(2)-0078

Chromazurol S

别名 3″-磺酸-2″,6″-二氯-3,3′-二甲基-4-羟基品红酮-5,5′-二羧酸 3″-Sulpho-2″,6″-dichloro-3,3′-dimethyl-4-hydroxyfuchsone-5,5′-dicarboxylic acid；阿贝龙；铝铍试剂Alberon

结构式



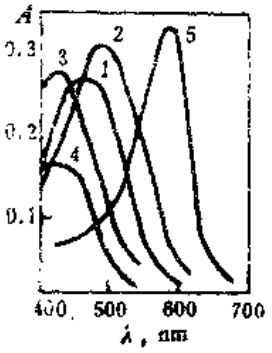
分子式 $C_{23}H_{16}Cl_2O_9S$ **分子量** 539.32

理化性质 棕黑色粉末。易溶于水，呈棕黄色；微溶于乙醇，呈红棕色。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M $NaClO_4$〕

	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.3	4.9	11.5	—
颜色	橙	红	黄	蓝



2. 吸收光谱

铬天青S吸收光谱。（1）pH1.14；（2）pH3.02；（3）pH5.96，λ_{max}=440nm；（4）pH8.44，λ_{max}=440nm；（5）pH12.35。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$lg\alpha$	15.7	12.9	10.4	8.46	6.75	5.53	4.50	3.50	2.50	1.51	0.62	0.12	0.01

4. 络合物形成常数〔温度（t）常温；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Cu_2L	Fe^{3+}	Fe_2L	Fe_2L_2	Hf^{4+}
lgK_1	12.9	10.2	—	9.4	—	15.6	—	—	17.9
$lgK_{2,1}$	—	—	10.8 ($lg\beta_2$)	—	13.7①	—	20.2①	36.2② ($lgK_{2,2}$)	—

金属离子	In^{3+}	Mg^{2+}	Pd^{2+}	Sc^{3+}	Th^{4+}	Ti^{4+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Zr^{4+}
lgK_1	13.2	11.1 ($lg\beta_2$)	13.5	12.6	12.3	12.3	11.7	10.2	16.3

① $K_{2,1}=\frac{[Cu_2L^{2+}]}{[Cu^{2+}]^2[L^{4-}]}$；② $K_{2,2}=\frac{[Fe_2L_2^{3+}]}{[Fe^{3+}]^2[L^{4-}]^2}$

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Al^{3+}	—	—	2.4	4.4	6.1	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.3	12.8	12.9
	Cd^{2+}	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	2.8	4.6	5.6	5.8
	Cu^{2+}	—	—	—	1.0	2.6	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.8	9.3	9.4
	Fe^{3+}	2.3	3.6	5.5	7.5	9.1	10.4	11.4	12.4	13.4	14.4	15.3	15.8	15.9
	In^{3+}	—	0.2	2.8	4.8	6.4	7.7	8.7	9.7	10.7	11.7	12.6	13.1	13.2
	Mg^{2+}	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	3.1	4.9	5.9	6.1
	Sc^{3+}	—	—	2.2	4.2	5.8	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.0	12.5	12.6
	Th^{4+}	—	—	1.9	3.9	5.5	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.7	12.2	12.3
	Zr^{4+}	0.6	3.4	5.9	7.9	9.5	10.8	11.8	12.8	13.8	14.8	15.7	16.2	16.3

合成方法[1~3] 将2,4-二氯-3-甲酰苯磺酸与3-甲基水杨酸进行缩合反应，再用亚硝酰硫酸将其氧化，即可得铬天青S。

提纯方法 40g市售铬天青S溶于240ml水中，过滤除去不溶物，边搅拌边向滤液中加入50ml浓盐酸，沉淀过滤，用2N盐酸洗涤沉淀，抽干。再将沉淀溶于250ml水中，在水浴上加热至70℃。此步骤需重复两次以上。第三次沉淀得成品，在真空下先用固体氢氧化钾干燥，而后用五氧化二磷干燥至恒重。产率50%。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1～0.4%水溶液。

金属离子	方法提要
Al^{3+}	pH4，乙酸盐缓冲液，加热，终点由紫蓝至黄橙[4]
Ca^{2+}	pH11，氨缓冲液，终点由红至黄[4,5]
Cu^{2+}	pH6～6.5，乙酸盐缓冲液，终点由蓝紫至黄(绿)[4,5]
Fe^{3+}	pH2～3，氯乙酸盐缓冲液，终点由蓝至橙[4,6,7]
Mg^{2+}	pH10～11，氨缓冲液，终点由红至黄[4,5]
Ni^{2+}	pH8～11，氨缓冲液，终点由蓝至黄[5,8]
RE^{3+}	pH8，氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[8]
Th^{4+}	pH2～3，硝酸溶液，终点由红紫至橙[5,6,9]
	pH4.8，乙酸盐缓冲液，终点由紫蓝至橙
V(Ⅳ)	pH4，乙酸盐缓冲液，终点由蓝紫至橙[5]

参考文献

〔1〕 US. 877054;*British Patent* 15204;German Patent, 199943.
〔2〕 А. Л. Мартынов, В. Л. Новак, и Б. Е. Резник; *ЖАХ*, 32, 519,(1977).
〔3〕 *C. A.*, 2:1501.
〔4〕 A. J. Barnard, W. C. Broad, H. FlaSchka;*Chemist Analyst*, 46, 18,(1957).
〔5〕 I. S. Mustafin, E. A. Kashkovskaya;*Zavod. Lab.*, 23, 519, (1957);*Chem. Abstr.*, 52, 960,(1958).
〔6〕 [illegible] Weiber, Z. anal. Chem., 149, 419,(1956).
〔7〕 [illegible] *Talanta*, 11, 1268,(1964).
〔8〕 M. Maldt, M. Tenore [illegible] *Czech. Chem. Comms.*, 24, 632,(1959).
〔9〕 S. P. Sangal, A. K. Dey;*Z. anal.* [illegible] 178, 415,(1961).

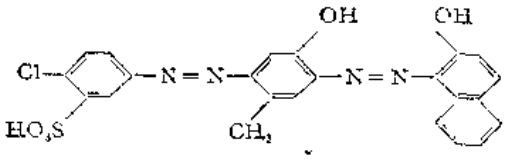
搐洛铬绿 V

Ⅱ-2(2)-0079

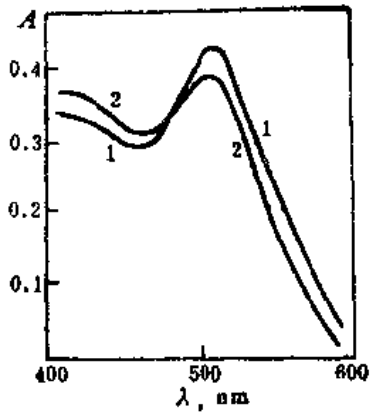
Solochrome green V

别名 5-[1-(2-羟基萘偶氮)-2-羟基-5-甲基-4-苯偶氮]-2-氯苯磺酸 5-[1-(2-Hydroxy naphthylazo)-2-hydroxy-5-methyl-4-phenylazo] -2-Chlorobenzene sulphonic acid；铬绿S Chrome green S

结构式



分子式 $C_{23}H_{17}ClN_4O_5S$ **分子量** 496.92



理化性质 暗绿蓝色粉末。溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)常温；离子强度(μ)0.1M]

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	3.05	9.30	10.12	—
颜色	—	棕	紫蓝	绿蓝

2.吸收光谱

铬洛铬绿V水溶液的吸收光谱。(1) pH1.1；(2) pH4.75。λ_{max}=515nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	17.4	15.4	13.4	11.4	9.42	7.42	5.42	3.44	1.60	0.37	0.05

合成方法[1] 将2-氯-5-氨基苯磺酸制成重氮盐，与2-氨基-4-甲基苯酚在酸性溶液中偶联。所得产品再制成重氮盐，而后与2-萘酚偶合，即可得铬洛铬绿V。

用途 络合滴定指示剂。配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Mn^{2+}	pH11，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由紫蓝至蓝[2]
Zn^{2+}	pH11；氨缓冲液，终点由紫蓝至蓝[2]

参考文献

(1) *US.*, 993549; *Chem. Abstr.*, 5, 2562.
(2) A. M. Amin, H. Khalifa, A. S. Moustafa; *Z. anal. Chem.*, 175.138, (1960).

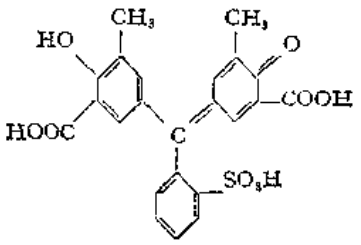
铬天青R

Ⅱ-2(2)-0080

Erlochrome Cyanine R

别名 2″-磺酸-3,3′-二甲基-4-羟基品红酮-5,5′-二羧酸 2″-Sulpho-3,3′-dimethyl-4-hydroxyiuchsone-5,5′-di-Carboxylic acid；茜酚花青RC Alizarol Cyamine RC；铬洛铬青R Solochrome Cyanine R

结构式



* 按二元酸计算：pK_{a_1}=9.30；pK_{a_2}=10.12

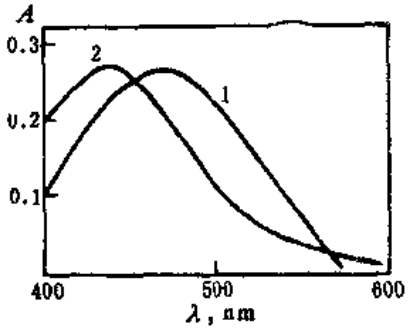
分子式 $C_{23}H_{18}O_9S$ **分子量** 470.43

理化性质 砖红色粉末。溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M $NaClO_4$〕

	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.8	5.7	11.8	—
颜色	橙	红	黄	紫蓝



2. 吸收光谱

铬天青R在水溶液中的吸收光谱。(1) pH1.0；(2) pH6.2。λ_{max}分别为475，440nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	16.4	13.7	11.5	9.51	7.58	5.98	4.82	3.80	2.80	1.81	0.86	0.21	0.03

4. 络合物形成常数〔温度(t)18～22℃；离子强度(μ)0.1M $NaClO_4$〕

金属离子	$Be_2L_2^{4-}$	Fe^{3+}	Fe_2L^{2+}	$Fe_2L_2^{2-}$	Ga^{3+}	In^{3+}
lgK_1	28.3① ($\lg\beta_{2,2}$)	17.9	22.6② ($\lg\beta_{2,1}$)	37.9① ($\lg\beta_{2,2}$)	5.2	4.5

$$①\beta_{2,2}=\frac{[M_2L_2]}{[M]^2[L]^2};\quad ②\beta_{2,1}=\frac{[M_2L]}{[M]^2[L]}$$

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13～14
pM	Fe^{3+}	1.6	4.3	6.3	8.3	10.3	11.9	13.1	14.1	15.1	16.1	17.0	17.7	17.9

合成方法[1] 将邻甲酰苯磺酸与3-甲基水杨酸进行缩合反应，而后用亚硝酰硫酸进行氧化，可得砖红色的铬天青R粉末。

提纯方法 用磺酸型KPC-14离子交换树脂纯化，或用乙醇与水(1:1)混合液重结晶提纯。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1～0.4%水溶液或0.1%乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Al^{3+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由红紫至黄[2]
Ca^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[3]
Cu^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[3]
Fe^{3+}	pH2～3，氯乙酸盐缓冲液，加热，终点由紫蓝至橙[4]
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由紫蓝至黄[3]
Th^{4+}	pH2～2.5，硝酸溶液，终点由红紫至粉红[5,6]
Zr^{4+}	pH1.3～1.5，盐酸溶液，终点由粉红至无色[7]

参 考 文 献

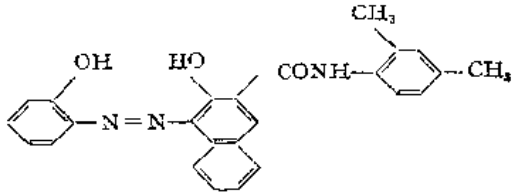
〔1〕 АВТОРС СВИД., 213405.
〔2〕 J. Sajo; *Magyar Kém. Folyóirat.*, 59, 319(1953); *Chemist Analyst*, 46, 18, (1957).
〔3〕 C. Manolin; *Revista Chim(Bucharest)*, 8, 716(1957); *Chem. Abstr.*, 52, 9850, (1958).
〔4〕 L. Sommer, Z. Kolarik; *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 22. 203, (1957).
〔5〕 H. H. Willard, A. W. Mosen, R. D. Gardner; *Anal. Chem.*, 30, 1614, (1958).
〔6〕 G. Sangal, S. P. Sangal, S. P. Muahan; *Microchem. J.* 11, 513, (1966).
〔7〕 J. S. Fritz, M. O. Fulda; *Anal. Chem.*, 26, 1206, (1954).

二甲苯胺蓝Ⅱ　　Ⅱ-2(2)-0081

Xylidylblue Ⅱ

别名　2-〔2-羟基-3-(2,4-二甲基羰酰苯胺)-1-萘偶氮〕苯酚 2-〔2-Hydroxy-3-(2,4-dimethylcarboxanilide)-1-naphthylazo〕phenol；镁试剂Ⅱ　Magon Ⅱ

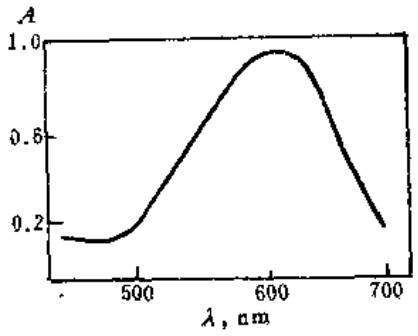
结构式



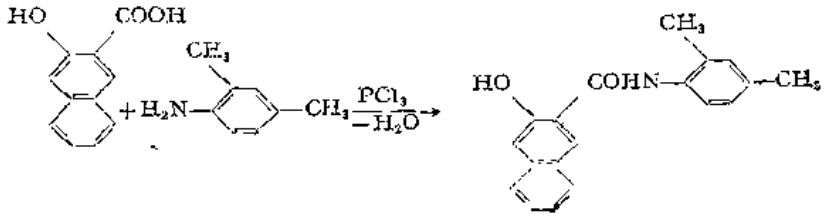
分子式　$C_{25}H_{21}N_3O_3$　　**分子量**　411.5

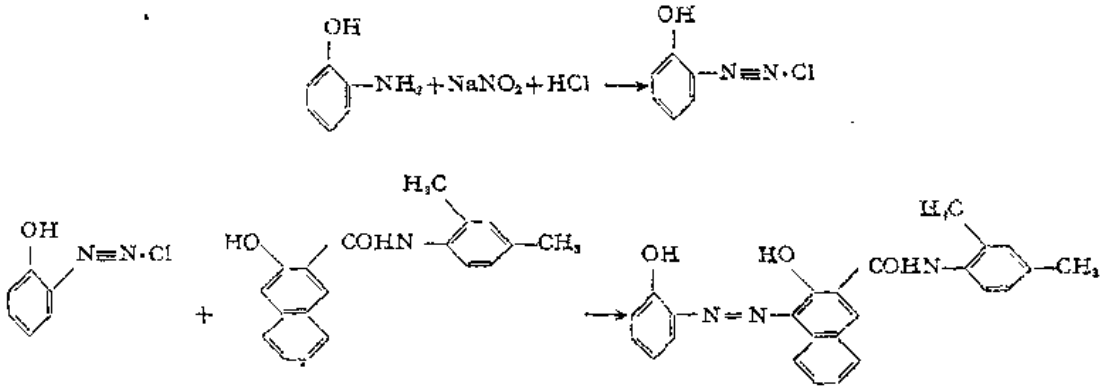
理化性质　红色粉末。溶于有机溶剂，不溶于水。在乙醇中稳定；在酸性中呈红色；在中性或弱碱性溶液中呈蓝色；在强碱性溶液中呈红色。熔点276～277℃。

理化参数　二甲苯胺蓝Ⅱ在pH10的吸收光谱。$\lambda_{max}=610nm$



合成方法





1. 萘酚AS-MX的合成[1] 将等摩尔的2-羟基-3-萘甲酸和2,4-二甲基苯胺置于装有搅拌器、冷凝器、分液漏斗的三口颈圆底烧瓶中，置于油浴上加热回馏，同时滴加三氯化磷、甲苯的混合液。加完后继续回馏3～4小时，冷却并用10%氢氧化钠水溶液中和至pH8。减压蒸馏或经水蒸汽蒸馏回收水和甲苯混合液，冷却，过滤，结晶用水洗至中性，抽干，干燥即得粗品。

粗品用酸碱沉淀一次并进行干燥。然后用无水乙醇重结晶即为成品。

2. 二甲苯胺蓝Ⅰ的合成[2] 取11 g邻氨基酚溶于100ml水和28 g盐酸（比重1.17）中，冷至0～5℃，边搅拌边滴加含7 g亚硝酸钠的饱和水溶液。然后将含有29.1 g萘酚AS-MX的碱性溶液加入其中进行偶合，放置12小时，加酸将二甲苯胺蓝Ⅰ析出，过滤，干燥后即为成品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.01%甲醇溶液。

金属离子	方法提要
Mg^{2+}	pH10～10.5，硼砂缓冲液，30～80%。甲醇，终点由橙至蓝紫[3]

参考文献

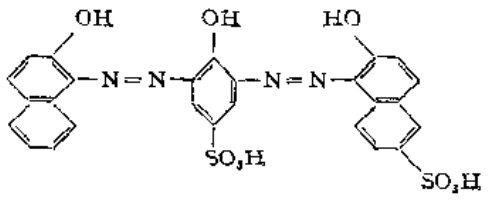
〔1〕 L. Humphries; *C. I.* 37527, (1971); Robert H. Wiss; *Chem. Abstr.*, 40; 2472^9, (1946).
〔2〕 F. M. Rowe; *C. I.* 95, (1924).
〔3〕 R. H. Maier; *Nature*, 183, 461, (1959).

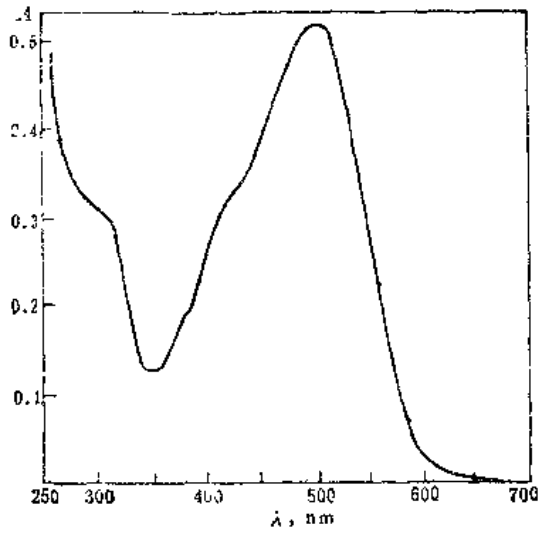
酸性茜素黑SN　　Ⅰ-2(2)-0082

Acid alizarin black SN

别名 1-〔1-羟基-6-(2-羟基萘偶氮)-4-磺酸-2-苯偶氮〕-2-萘酚-6-磺酸 1-〔1-Hydroxy-6-(2-hydroxynaphthylazo)-4-Sulpho-2-phenylazo〕-2-naphthol-6-Sulphonic acid; 酸性铬黑NSN Acid Chrome black NSN; 宫殿铬黑S Palatine chrome black S

结构式





分子式 $C_{26}H_{18}N_4O_9S_2$ **分子量** 594.56

理化性质 蓝黑色粉末。溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M $NaNO_3$〕

	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	5.79	12.8	>14	*
颜色	红	蓝	红紫	—

2. 吸收光谱

酸性茜素黑SN的浓度为$4\times10^{-5}M$，于pH2.5的水溶液的吸收光谱。λ_{max}=500nm。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	16.8	14.6	12.6	10.6	8.66	7.01	5.83	4.80	3.80	2.80	1.81
pH	12	13	14								
lgα	0.86	0.21	0.03								

4. 络合物形成常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M $NaNO_3$〕

金属离子	Co^{2+}
lgβ_4	14.0

合成方法 2,6-二氨基-4-磺基苯酚的一重氮盐先与萘佛酸（2-萘酚-6-磺酸）偶合，然后将另一氨基重氮化，并与2-萘酚偶合，即为酸性茜素黑SN。

用途 络合滴定指示剂，配成0.1%水溶液。

金属离子	方法提要
Ba^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红至蓝[1,2]
Ca^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红至蓝[1~3]
Cd^{2+}	pH8.5，硼砂缓冲液，终点由红至蓝[1,2]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，羟胺，终点由红紫至蓝[1,2]
Ni^{2+}	pH10，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[1,2]
Th^{4+}	pH4，乙酸盐缓冲液，终点由红至橙[1,2]
Zn^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由红紫至蓝[1,2]

参考文献

〔1〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Chemist Analyst*, 47, 2 (1958).
〔2〕 R. A. Close, T. S. West: *Anal. Chim. Acta*, 23, 261, (1960).
〔3〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Talanta*, 1, 238, (1958).

* 按二元酸计算pK_{a1}=5.79；pK_{a2}=12.8。

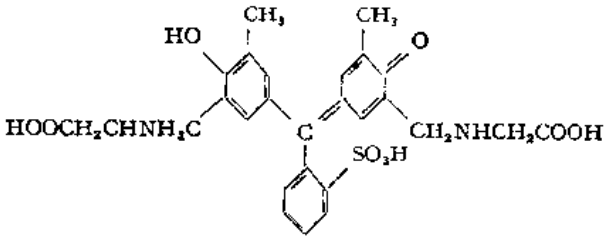
甘氨酸甲酚红

Ⅱ-2(2)-0083

Glycine Cresol red

别名 3′,3″-双（*N*-羧甲基氨甲基）邻甲酚磺酞 3′,3″-Bis(N-Carboxymethylaminomethyl)-*o*-cresolsulphonphthalein

结构式



分子式 $C_{27}H_{28}N_2O_9S$ **分子量** 556.57

理化性质 橙黄色粉末。易溶于水，不溶于碱，用盐酸调节pH3～4产生沉淀，若盐酸过量则溶解。在酸中不稳定。受热易分解而失去络合性能。

理化参数

1. 理解常数〔温度（*t*）常温；离子强度（μ）0.2*M*$NaNO_3$〕

	H_7L^{3+}	H_6L^{2+}	H_5L^+	$H_{1,4}L$	H_3L^-	H_2L	HL	L^{3-}
p*K*	−1.8	0	2.5	4.9	7.1	10.8	12.4	—
颜色	—	—	—	蓝	黄	—	—	—

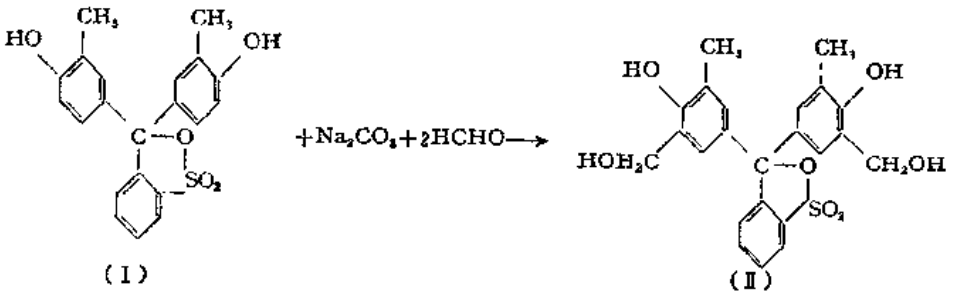
2. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lg*α*	27.3	24.3	21.5	18.3	15.3	12.3	9.55	7.25	5.21	3.26	1.42
pH	12	13									
lg*α*	0.55	0.10									

3. 络合物形成常数〔温度（*t*）常温；离子强度（μ）0.2*M*$NaNO_3$〕

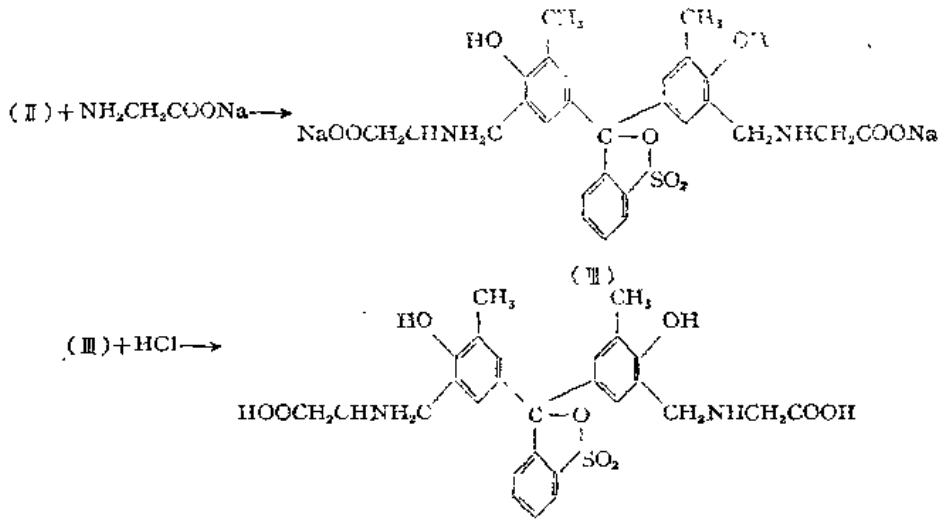
金属离子	$Cu_2L_2^{4-}$
$\lg K_{2,2}$	54.9

合成方法[1]



（Ⅰ） （Ⅱ）

* 以三元酸计算，$pK_{a1}=7.1$；$pK_{a2}=10.8$；$pK_{a3}=12.4$。



将邻甲酚红溶于稀碳酸钠水溶液中，冷却至15℃以下，在搅拌下加入甲醛。将其加至60～70℃的甘氨酸钠溶液中（pH＝7）。此时反应物的pH应在8左右。过滤得清晰溶液，用1:1盐酸溶液中和至pH5～6，过滤，滤液用1:1盐酸溶液调节至pH2～3左右。放置4小时，离心分离固体，用蒸馏水洗涤。干燥得成品。密封和干燥保存。

用途 络合滴定指示剂，配成$2\times10^{-4}M$水溶液。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH4～5，六次甲基四胺，终点由红至黄[1]

参考文献

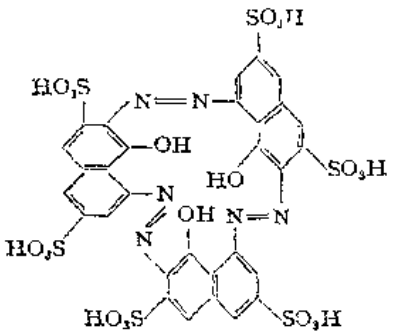
〔1〕 J. Körbl, V. Svoboda, D. Terzijska, R. Přibil: *Chem. and Ind.*, 1624, (1957).

钙色素 Ⅰ-2(2)-0084

Calci Chrome

别名 环-三-7-(1-偶氮-8-羟基萘-3,6-二磺酸) Cyclotris-7-(1-azo-8-hydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid)；钙试剂 Calcion；IREA

结构式



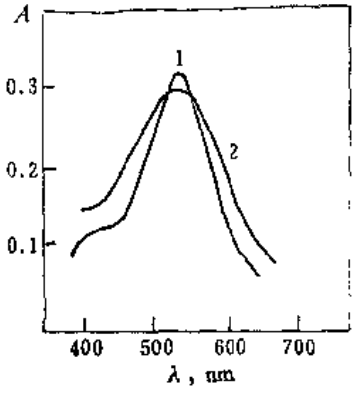
分子式 $C_{36}H_{18}N_6O_{21}S_6$ **分子量** 990.86

理化性质 紫黑色粉末。溶于水；不溶于乙醇、苯、丙酮、三氯甲烷、四氯化碳和异戊醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t)20℃；离子强度(μ)0.2M $NaNO_3$〕

	H_3L^{6-}	H_2L^{7-}	HL^{8-}	L^{9-}
pK	7.1	11.5	—	—
颜色	绯红	红紫	蓝	红



2. 吸收光谱

钙色素在水溶液中的吸收光谱。（1）pH＝7.2；（2）pH＝12.23。λ_{max}＝550nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	16.6	14.6	12.6	10.6	8.60	6.63	4.85	3.55	2.50	1.61	0.62	0.12	0.01

4. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.2M $NaNO_3$〕

金属离子	CaH_2L
lgK_1	26.5

合成方法[1,2] 取H-酸40 g，置于600ml烧杯中，加水200ml，加浓盐酸10ml，搅成悬浮状，将温度保持在20℃左右，慢慢滴加含有7.0g亚硝酸钠的水溶液10ml，在30分钟左右加完，得黄色针状重氮盐。将15 g氮氧化钠溶于40ml水中，冷却至10℃左右，搅拌3小时，最后放置过夜。对深蓝色的糊状物进行吸滤。将沉淀溶于200ml近沸的热水中，必要时过滤。滤液用浓盐酸酸化，吸滤。在100～102℃烘干，可得20 g左右的产品。

提纯方法[3] 将粗品溶于水后，加入铅盐，大部分铅沉淀为氯化铅。痕量铅可以通入硫化氢除去，最后通入氮气除去硫化氢。在减压下浓缩滤液，即得纯品。

用途 络合滴定指示剂，配成0.001M水溶液。

金属离子	方法提要
Ca^{2+}	pH11～13，氢氧化钠溶液，终点由亮粉红至蓝[2] pH13，氢氧化钠溶液，终点由红至蓝[3,4]

安全与贮存 本品易与氨及酸气接触。勿直接与人体接触。使用时戴口罩、胶手套。工作完后，漱口并将手脸洗净。

贮存于玻璃容器中，可长期不变质。其水溶液至少可稳定三个月。

参考文献

〔1〕 谭青林：化学通报，6，54，(1966)。
〔2〕 A. M. Лукин, К. А. Смирнова и Т. Б. Заварихина: *ЖАХ*, 18(4), 444, (1963).
〔3〕 R. A. Close. T. S. West: *Talanta*, 5, 221, (1960).
〔4〕 H. Ishii: *Bunseki Kagaku*, 15, 972(1966); *Chem. Abstr.*, 66, 34507, (1967).

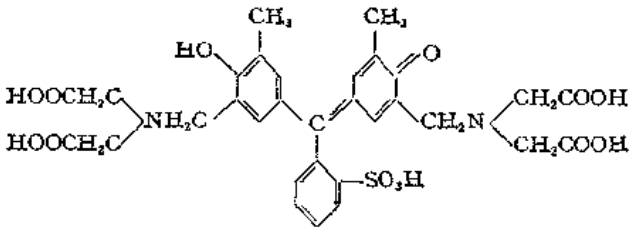
二 甲 酚 橙

Ⅰ-2(2)-0085

Xylenol orange

别名 3,3′-双〔N,N-二(羧甲基)氨甲基甲基〕邻甲酚磺酞 3,3′-Bis〔N,N-di(Carboxymethyl)aminomethyl〕-*o*-Cresolsulphon naphthalein

结构式



分子式 $C_{31}H_{32}N_2O_{13}S$ **分子量** 672.65

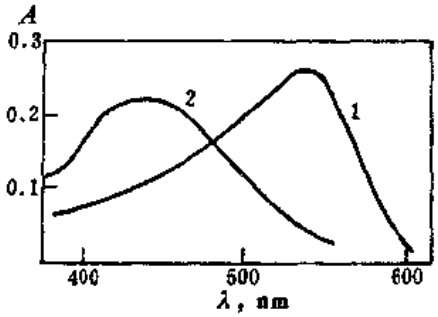
理化性质 红棕色结晶粉末。易潮解。溶于水；不溶于乙醇。在 pH5～6水溶液中呈黄色；中性溶液呈红色；碱性溶液呈红紫色。水溶液久存失效。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.2M KNO_3〕

	H_7L	H_6L^-	H_5L^{2-}	H_4L^{3-}	H_3L^{4-}	H_2L^{5-}	HL^{6-}	L^{7-}
* pK	−1.2	2.6	3.2	6.4	10.4	12.3	—	—
颜色	—	黄	—	黄	红	红	—	—

2. 吸收光谱



二甲酚橙的吸收光谱。(1) pH=1的水溶液；(2) 0.8N $HClO_4$溶液。λ_{max}分别为550，440nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	29.9	25.0	20.6	17.2	14.1	11.3	8.80	6.71	4.72	2.85	1.32	0.48	0.08

4. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.2M〕

金属离子	Bi^{3+}	$Bi_2L_2^{6-}$	Cd^{2+}	$Dy_2L_2^{6-}$	Fe^{3+}	Fe_2L	GaH_5L^{2+}	GaH_2L^-
lgK_1	5.5 (pH1)	75.6 (lg$\beta_{2,2}$)	3.78①	47.6 (lg$\beta_{2,2}$)	5.7 (pH1.3)	39.8 (lg$B_{2,1}$)	7.0	13.4

金属离子	$Gd_2L_2^{6-}$	Hf^{4+}	$LaHL^{2+}$	$LuHL^{2+}$	Nb^{5+}	NdH_2L^{-}	Ni^{2+}	$ScHL^{2+}$
$\lg K_1$	43.1	6.51	11.7	14.1	6.7	6.8②	4.8	18.8
	($\lg\beta_{2,2}$)	(pH0.5)			(pH2.5)		(pH3.0)	

金属离子	$Sc_2L_2^{6-}$	$Sm_2L_2^{6-}$	$Th_2L_2^{4-}$	$Ti_2L_2^{4-}$	Tl^{3+}	$U_2L_2^{4-}$	$(UO_2)_2L_2^{8-}$	$(VO_2)_2L_2^{(6-n)}$
$\lg K_1$	61.2	47.0	59.8	57.8	4.9	69.1	38.6	43.1
	($\lg\beta_{2,2}$)	($\lg\beta_{2,2}$)	($\lg\beta_{2,2}$)	($\lg\beta_{2,2}$)	(pH2.2)	($\lg\beta_{2,2}$)	($\lg\beta_{2,2}$)	($\lg\beta_{2,2}$)

金属离子	YHL^{2-}	$Yb_2L_2^{6-}$	Zn^{2+}	ZnH_2L^{2-}	Zr^{4+}	$Zr_2L_2^{4-}$
$\lg K_1$	12.8	45.7	6.1	6.0	7.6	31.0
		($\lg\beta_{2,2}$)				($\lg\beta_{2,2}$)

① $t=25℃$; $\mu=0.3M$ KNO_3　　② $t=25℃$; $\mu=0.1M$

5. 颜色转变点的pM值

pH		1	2	3	4	5	6	7
pM	Bi^{3+}	4.0	5.4	6.8	—	—	—	—
	Cd^{2+}					4.3	5.5	6.8
	Hg^{2+}	—	—	—	—	7.4	9.0	—
	La^{3+}					4.5	5.6	
	Pb^{2+}	—	—	4.2	4.8	7.0	8.2	—
	Th^{4+}	3.6	4.9	6.3				
	Zn^{2+}	—	—	—	—	4.8	6.5	8.0

合成方法[1]　0.5 g 甲酚红置于1.5ml乙醇、0.45ml 30%氢氧化钠溶液及0.75ml水的混合溶液中。另将0.4 g 氨基二乙酸溶于0.5ml30%氢氧化钠溶液和0.6ml水的溶液中，再将上述甲酚红溶液加入其中，用冰冷却，并滴加0.5ml37%甲醛溶液，摇匀，滴加完毕，在 60～70℃水浴上加热回流约7～9小时并不断的摇动。反应完毕后，减压蒸馏除去乙醇，加入 7.5ml水，滴加15%盐酸使呈酸性，析出沉淀，过滤，用乙醇重结晶，在50～70℃干燥，可得二甲酚橙固体粉末。

提纯方法[2]　从二甲酚橙中除去半二甲酚橙和亚胺二乙酸等杂质，用重结晶法是很困难的。在氧化铝或硅胶粉柱上二甲酚橙容易分解。若用离子交换树脂，则有部分二甲酚橙不能洗脱下来。因此分离和提纯二甲酚橙只能用纤维素粉或尼龙粉。

1. 纤维素粉法　用 10% 乙酸饱和的正丁醇在纤维素粉柱上可将二甲酚橙和半二甲酚橙分开。淋洗次序：甲酚红、半二甲酚橙钠盐、二甲酚橙钠盐、亚胺二乙酸，减压蒸出淋洗溶液。半二甲酚橙通过100目阳离子交换树脂（Diaien SK-1 型号），减压蒸发淋洗液。残留物在真空干燥器中干燥两星期得纯半二甲酚橙。

2. 尼龙粉柱层析　5%乙酸钠水溶液可通过尼龙粉柱将二甲酚橙分为四层。分别淋洗后将淋洗液减压蒸干。二甲酚橙通过 100 目阳离子交换树脂，淋洗液减压蒸发。将所得二甲酚橙在真空干燥器内干燥两星期即得纯品。

称取适量样品，溶于少量水中，于曾用0.1N盐酸处理过的层析纸上点样，放入层析缸，上行展开，取出并干燥，剪下主层，用甲醇将主体浸洗下来，减压蒸干，即得纯品。

用途　络合滴定指示剂，配成0.1%稀乙醇溶液。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	pH1～3，硝酸溶液，终点由红至黄[3～5]
Ca^{2+}	pH10.5，终点由蓝紫至灰[6]
Cd^{2+}	pH5～6，六次甲基四胺，终点由粉红至黄[3,4]
Co^{2+}	pH5～6，六次甲基四胺，1,10-二氮菲，终点由红紫至黄[7]
Cu^{2+}	pH4～6，六次甲基四胺或乙酸盐，终点由红紫至黄[7]
Fe^{3+}	pH1～1.5，硝酸溶液，加热，终点由蓝紫至黄[8]
Hg^{2+}	pH5～6，六次甲基四胺，终点由紫至黄[3,4]
In^{3+}	pH3～4.5，乙酸盐缓冲液，终点由红紫至黄[9,10]
Mg^{2+}	pH10.5，氨缓冲液，终点由红至淡灰[6]
Mn^{2+}	pH10.5，氨缓冲液，抗坏血酸，终点由紫至淡灰[6]
Pb^{2+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由红紫至黄[3,4,5]
RE^{3+}	pH4.5～6，乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[3,9,11,12,13]
Sc^{3+}	pH2.2～5，硝酸或乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[3,4,9]
Th^{4+}	pH1.6～3.5，硝酸溶液，终点由粉红至黄[3,4,11]
Tl^{3+}	pH4～5，乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[9]
U(Ⅳ)	pH1.7～2.2，终点由红至黄[13]
V(Ⅴ)	pH1.8，终点由红至黄[14]
Y^{3+}	pH4.5～6，六次甲基四胺，终点由红至黄[9]
Zn^{2+}	pH5～6，乙酸盐缓冲液，终点由红至黄[3,4,5,15]
Zr^{4+}	1*M*盐酸，加热，终点由红至黄[4,15,16]

参考文献

〔1〕 江见浩一，桐荣恭二等：日本化学杂志，78（7），974，（1957）.
〔2〕 张秀纹：化学试剂，4，22，（1981）。
〔3〕 J. Körbl, R. Přibil, A. Emr: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 27, 226, (1962).
〔4〕 J. Körbl, R. Přibil: *Chemist Analyst*, 45, 102, (1956); 46, 28, (1957).
〔5〕 S. Kotrly, J. Vrestal: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 25, 1148, (1960).
〔6〕 V. Chromy, V. Svoboda: *Talanta*, 12, 437, (1965).
〔7〕 R. Přibil: *ibid*, 3, 91, (1959).
〔8〕 F. Vydra, R. Přibil, J. Körbl: *ibid*, 2, 311, (1959).
〔9〕 J. Kinnunen, B. Wennerstrand: *Chemist Analyst*, 46, 92, (1957).
〔10〕 M. Kopanica, R. Přibil: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 25, 2236, (1960).
〔11〕 Yu. A. Chernikhov, R. S. Tramm, K. S. Pevzner: *Zavod. Lab.*, 26, 921, (1960); *Chem. Abstr.*, 54, 24124, (1960).
〔12〕 S. J. Lyle, Mo. M. Rahman: *Talanta*, 10, 1177, (1963).
〔13〕 B. Bude Sinsky: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 27, 226, (1962).
〔14〕 G. Ka Kabadse, H. J. Wilson: *Analyst*, 86, 402, (1961).
〔15〕 洪水皆，张孝松：化学学报，30，492，（1964）；*Chem. Abstr.*，62，5891，（1965）。
〔16〕 R. Přibil, V. Vesely: *Z. anal. Chem.*, 200, 332, (1964).
〔17〕 鞍钢钢铁研究所化学室：分析化学，2（2），134，（1974）。
〔18〕 武登高：分析化学，1（2），151（1973）。

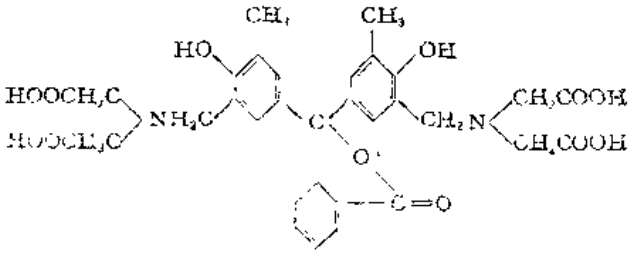
金属酞

Ⅱ-2(2)-0086

Metalphthalein

别名 3,3′-二甲基-5,5′-〔*N*,*N*-二(羧甲基)氨甲基〕-酚酞 3,3′-Dimethyl-5,5′-〔*N*,*N*-di(Carboxymethyl)aminomethyl〕phenolphthalein；邻甲酚酞络合剂 *o*-Cresolphthalein Complexon；酞络合剂 Phthalein Complexon；酞紫 Phthalein purple

结构式



分子式 $C_{32}H_{32}N_2O_{12}$ **分子量** 636.60

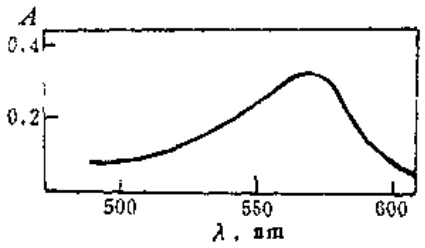
理化性质 白色或浅粉红色结晶粉末。不溶于水；溶于醇、醚和冰乙酸。熔点210℃。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1MKCl]

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	HL^5	L^{6-}
pK	2.2	2.9	7.0	7.8	11.4	12.0	—
颜色	—	—	—	无色	微红	—	—

2. 吸收光谱



金属酞在pH11的吸收光谱。$\lambda_{max}=570nm$。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	37.3	31.5	26.5	22.2	18.2	14.2	10.5	7.63	5.43	3.40	1.56	0.35	0.04

4. 络合物形成常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1MKCl]

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}
lg$K$	6.2	7.8	8.9	15.1
lgβ_{210}	9.2	12.8	14.1	24.9
lgK_{OH} ①	15.6	11.1	10.6	10.7
lgK_{2H} ②	6.7	7.6	7.4	7.7

① $K_{OH}=\frac{[MH_{-1}^{(n-1)}]}{[H^+][M^{n+}][L^{6-}]}$

5. 颜色转变点的pM值

pH		9	10	11
pM	Ba^{2+}	—	2.6	4.6
	Ca^{2+}	3.4	4.5	6.2
	Mg^{2+}	3.6	4.7	7.3

合成方法[1,2] 0.5g甲酚酞加入1.5ml乙醇、0.45ml30%氢氧化钠和0.75ml水。另将0.4g氨基二乙酸溶于0.5ml30%氢氧化钠和0.6ml水中，再加入上述甲酚酞溶液，用冰冷却，再滴加0.3ml37%甲醛，摇动，加完后，装上回流冷凝器，于水浴上在60～70℃保温约7～9小时，并不断摇动。反应完毕后，减压蒸馏，以除去乙醇，然后加入7.5ml水，滴加15%盐酸，使呈酸性，析出沉淀，过滤。用乙醇重结晶，在50～70℃干燥。

用途 络合滴定指示剂。

金属离子	方法提要
Ba^{2+}	pH13.5～11，氨缓冲液，终点由红至玫瑰[3～6]
	pH10.5～11，氨，乙醇，终点由红至无色[2～6]
Ca^{2+}	pH10～11，氨缓冲液，终点由红至粉红[2,3,4]
Cd^{2+}	pH10，氨缓冲液，乙醇，终点粉红至无色[6]
Mg^{2+}	pH10～11，氨缓冲液，终点由红至粉红[2,4]
Sr^{2+}	pH10.5～11，氨缓冲液，终点由红至玫瑰[3,4]
	pH10.5～11，氨，乙醇，终点由红至无色[2]

参 考 文 献

〔1〕 江见治一，桐荣恭二等：日本化学杂志，78(7)，974，(1957)。
〔2〕 G. Anderegg, H. Flaschka, R. Sallmann, G. Schwarzenbach: *Helv. Chim. Acta*, 37, 113, (1954).
〔3〕 J. Körbl, R. Přibil: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 23, 1213, (1958).
〔4〕 B. M. Tucher, J. Australian: *Inst. Agr. Sci.*, 21, 100, (1956); *Chem. Abstr.*, 49, 13820, (1955).
〔5〕 A. J. Cohen, L. Gordon: *Anal. Chem.*, 28, 1445, (1956).
〔6〕 R. Belcher, M. A. Leonard, T. S. West: *Chem. and Ind.*, 128, (1958).

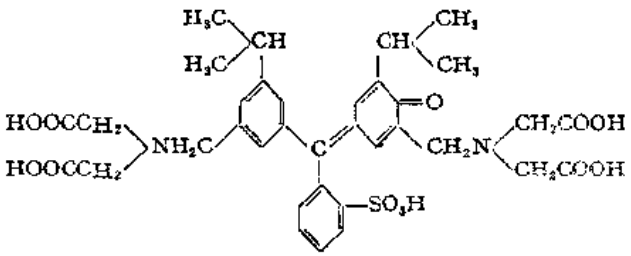
甲基百里酚蓝 Ⅱ-2(2)-0087

Methyl Thymol blue

别名 3,3′-双〔*N*.*N*′-二(羧甲基)氨甲基〕百里酚磺酞 3,3′-Bis〔*N*,*N*′-di(Carboxymethyl)aminomethyl〕-thymolsulphophthalein;

MTB

结构式



分子式 $C_{37}H_{44}N_2O_{13}S$ **分子量** 756.80

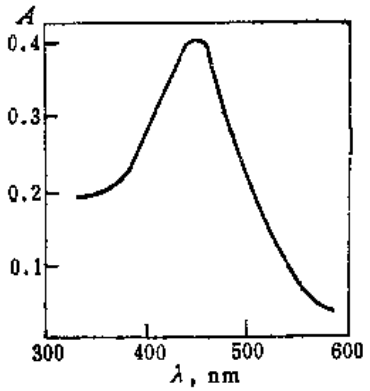
理化性质 具有金属光泽的蓝黑色粉末。溶于水，呈蓝色，但水溶液不稳定；试剂在酸性溶液呈黄色；pH6.5～8.5呈浅蓝色；pH10.5～11.6呈灰色；pH12.7以上呈深蓝色。不溶于乙醇。熔点252～256℃(分解)。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.2M $NaNO_3$〕

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	3.0	3.3	3.8	7.4	11.15	13.4	—
颜色	—	—	—	黄	亮蓝	微绿黄	蓝

2. 吸收光谱



甲基百里酚蓝0.5M硫酸水溶液的吸收光谱。$\lambda_{max}=455nm$。

3. 酸效应系数*

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	34.1	29.1	24.3	20.2	17.0	14.0	11.1	8.65	6.56	4.53	2.78	1.42	0.55	0.10

4. 络合物形成常数〔温度(t)常温；离子强度(μ)0.2M $NaNO_3$〕

金属离子	FeH_2L^-	$La_2L_2^{6-}$	$MnHL^{3-}$	$Y_2H_2L_2^{4-}$	Zr^{4+}
lgK_1	20.6	—	9.2	—	5.0 (pH1)
lg$\beta_{2,2}$	—	35.8	—	50.4①	—

① $\beta_{2,2}=\frac{[Y_2H_2L_2^{4-}]}{[Y^{3+}]^2[H^+]^2[L^{6-}]^2}$

5. 颜色转变点的pM值

pH		4	5	6
pM	Pb^{2+}	4.3	5.9	7.0

合成方法[1] 按Körbl's法进行：2g百里酚蓝，1.5g亚氨基二乙酸溶于25ml冰乙酸中，加少量氢氧化钠作催化剂，再加1ml37%的甲醛，混合物于55℃保温。用纸层析法监视其反应过程，展开剂是丁醇-0.1%乙酸溶液。甲基百里酚蓝钠盐的R_f值接近0，而半甲基百里酚蓝的R_f值为0.16～0.60，未反应的百里酚蓝的R_f值是0.87～1.00，如反应时间在4小时之内，反应产物主要是半百里酚蓝，只有反应时间在7～8小时之间，其反应产物才是甲基百里酚蓝。

提纯方法 在反应完成后，减压蒸出冰乙酸并将粗品溶于少量水中，然后将溶液倒入直径为30mm，长为100mm的纤维柱内，用丁醇－0.1%乙酸混合液淋洗，分段收集洗出液。先收集的洗出液中主要是甲基百里酚蓝，其次是半百里酚蓝，最后是甲基百里酚蓝和少量亚氨基二乙酸钠。

* 按五元酸计算$pK_{a_1}=3.3$；$pK_{a_2}=3.8$；$pK_{a_3}=7.4$；$pK_{a_4}=11.15$；$pK_{a5}=13.4$

从甲基百里酚蓝中分离亚氨基二乙酸钠，必须用离子交换树脂柱和纤维柱对溶液反复进行分离，才能得到>97%纯度的产品。

用途 络合滴定指示剂，配成1:100KNO_3溶液，1%水溶液。

金属离子	方法提要
Ba^{2+}	pH10～11，氨缓冲液，终点由蓝至灰[2]
Bi^{3+}	pH1～3，硝酸溶液，终点由蓝至黄[2～4]
Ca^{2+}	pH12，氨或氢氧化钠溶液，终点由蓝至灰[2,5]
Cd^{2+}	pH5～6，六次甲基四胺，终点由蓝紫至黄[2,3]
	pH12，氨缓冲液，终点由蓝至灰
Cu^{2+}	pH11.5，氨缓冲液，终点由蓝至无灰[2,6]
Fe^{2+}	pH4.5～6，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[3,7]
Hg^{2+}	pH6，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[2]
In^{3+}	pH3～4，乙酸盐缓冲液，终点由蓝至黄[8]
Mg^{2+}	pH10～11.5，氨缓冲液，终点由蓝至灰[2,4]
Mn^{2+}	pH6～6.5，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[2,4,7]
Pb^{2+}	pH6，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[2,3]
RE^{3+}	pH6，六次甲基四胺，终点由蓝至黄[2]
Sc^{3+}	pH2.2或6，硝酸或吡啶溶液，终点由蓝至黄[2,9]
Sn^{2+}	pH5.5～6，吡啶，乙酸盐，终点由蓝至黄[10]
Th^{4+}	pH1～3.5，硝酸溶液，终点由红至蓝[2,4]
Tl^{3+}	pH7～10，酒石酸，终点由红至蓝[11]
Zn^{2+}	pH6～6.5，六次甲基四胺或乙酸盐，终点由蓝至黄[2,3,7,13]
Zr^{4+}	pH0～2.3，氯乙酸缓冲液，加热，终点由蓝至黄[8,12]

参考文献

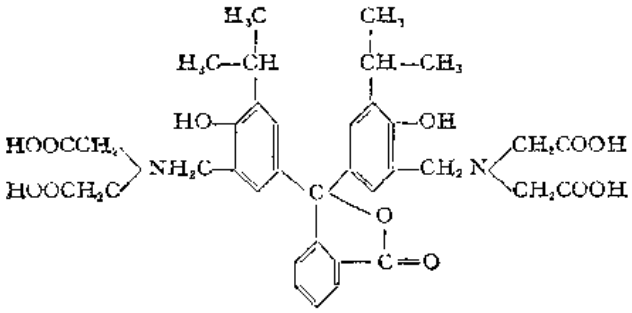
〔1〕 T. Yoshino, H. Imada, T. Kuwano, K. Iwasa: *Talanta*, 16, 151,(1969).
〔2〕 J. KörbL, R. Přibil: *Coll. Czech. Chem. Comms.* 23, 873,(1958).
〔3〕 L. Barcza, E. Körös: *Chemist Analyst*, 48, 94,(1959).
〔4〕 E. Körös, L. Barcza, Z. S. Remport-Horvath: *Ann. Univ. Sci. Budapest*, 2, 269, (1960); Z.anal. Chem. 213, 51, (1965).
〔5〕 R. Belcher, R. A. Close, T. S. West: *Talanta*, 1, 238,(1958).
〔6〕 R. Přibil: *Talanta*, 3,200,(1959).
〔7〕 E. Körös, L. Barcza: *Chemist Analyst*, 48, 69, (1959).
〔8〕 L. Meites: "Handbook of Analytical Chemistry", McGraw-Hill, New York, P. 3—179, 3—193, 3—197,1963.
〔9〕 B. S. Tsyvina, O. V. Koukova: *Zavod. Lab.*, 25, 1430,(1959); *Chem. Abstr.*, 54, 8460.(1960).
〔10〕 I. Dubsky: *Coll. Czech. Chem. Comms.*, 24, 4045,(1959).
〔11〕 F. W. E. Strelow, F. VONS. Toerien: *Anal. Chim. Acta*, 36, 189,(1966).
〔12〕 洪永皆，张孝松：化学学报，30,492(1964); Chem. Abstr., 62, 5891, (1965).
〔13〕 武兵，肖宁娜，张丽萍：分析化学，5(4),290,(1977)。

百里酚酞络合剂 Ⅰ-2(2)-0088

Thymolphthalexon

别名 3,3′-双〔N,N-二(羧甲基)-氨甲基〕百里酚酞 3,3′-Bis〔N,N-di(Carboxymethyl) aminomethyl〕-thymolphthalein

结构式



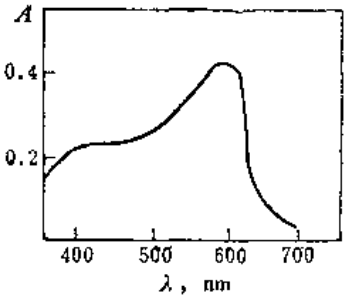
分子式 $C_{36}H_{44}N_2O_{12}$ **分子量** 720.75

理化性质 白色粉末。溶于乙醇，不溶于水。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.2M $NaNO_3$〕

	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	7.4	12.3	—



2. 吸收光谱

百里酚酞络合剂在pH8.2～11.6的水-甲醇溶液中吸收光谱，λ_{max}=600nm。

3. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	19.7	17.7	15.7	13.7	9.70	7.72	5.85	4.40	3.31	2.30	1.32	0.48	0.08

4. 络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.2M $NaNO_3$〕

金属离子	$Ca_2L_2^{8-}$
lg$\beta_{2,2}$	42.7

合成方法[1,2] 0.5g百里酚酞加至1.5ml乙醇，0.45ml30%氢氧化钠及0.75ml水的混合液中。另取0.4g氨基二乙酸溶于0.5ml30%氢氧化钠及0.6ml水的溶液中。将此溶液加至上述百里酚酞溶液中，再滴入0.3ml 37%甲醛溶液，摇匀，滴加完毕后，装上回流冷凝器，在水浴上于60～70℃保温7～9小时，并不断摇动，反应完毕后，减压蒸馏除去乙醇，加7.5ml水，滴加15%盐酸至呈酸性，析出沉淀，过滤，用乙醇重结晶，在50～70℃干燥。

提纯方法[3] 将粗品溶于超过其三倍当量的乙酸钠水溶液中，随后在清亮的滤液中分批加入盐酸，对酞络合剂和百里酚酞络合剂进行分级沉淀。纯品用纸层析法检验，应该显出一个斑点。用乙醇-水-苯酚（6:3:1）洗脱，并用氢氧化钠显色。

用途 络合滴定指示剂，配成1:100硝酸钾溶液。

金属离子	方法提要
Ag^{+}	pH10～11，氨缓冲液，二甲基黄，终点由蓝至亮绿[4]
Ba^{2+}	pH10～11，氢氧化钠或氨，终点由蓝至绿黄[5]
Ca^{2+}	pH10.5～12，氢氧化钠或氨，终点由蓝至无色[5,6]
Mn^{2+}	pH10，氨缓冲液，羟胺，终点由蓝至微红[5,7,8]
Sr^{2+}	pH10～11，氢氧化钠或氨，终点由蓝至绿黄[5]
Th^{4+}	终点由蓝至红[9]

参考文献

〔1〕 江见浩一：日本化学杂志，78(7)，974，(1957)。
〔2〕 J. Körbl; Chem. Listy, 51, 1680, (1957); *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 23, 889, (1958).
〔3〕 G. Anderegg, H. Faschka; *Helv. Chim. Acta*, 37, 113, (1954).
〔4〕 P. Klein, V. Skrivanek; *Chem. Prumysl*, 12, 359(1962); *Z. anal. Chem.*, 196, 285(1963).
〔5〕 J. Körbl, R. Přibil; *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 23, 1213, (1958).
〔6〕 R. Přibil, J. Körbl, B. Kysil, J. Vobora; *ibid*, 24, 1799, (1959).
〔7〕 R. Přibil, M. Kopanica; *Chemist Analyst*, 48, 35, (1959).
〔8〕 K. Stuolar; *ibid*, 49, 106, (1960).
〔9〕 S. C. Srivastava, A. K. Mukher Ji; *Anal. Chim. Acta*, 30, 495, (1964).

第三节　氧化还原指示剂

用于氧化-还原滴定中的指示剂有以下几类：

1．有色物质可作为它自身的指示剂。例如，高锰酸钾溶液颜色是如此之深以致在滴定反应中这种试剂稍一过量即能认辨出来。

2．专用指示剂。是在滴定反应中能与试剂之一以特定方式反应而产生颜色的物质。例如淀粉与碘能生成通常是深蓝色的络合物，又如硫氰酸根离子与铁离子能生成红色络合物等。

3．作为指示剂的物质本身参加氧化还原反应的一类物质，这类物质通常视为真正的氧化还原指示剂。

4．当缺乏有效的内指示剂时，偶尔也可用点滴试验或外指示剂，例如用铁氰根离子检定亚铁离子生成亚铁氰化铁（俗称滕氏蓝）的反应是在滴定容器外的点滴板上进行的。

对于通常称作为氧化还原指示剂的物质，在滴定反应中其本身以如下电对形式存在：

$$\underset{\text{颜色A}}{\text{指示剂}^{+}} + e \rightleftharpoons \underset{\text{颜色B}}{\text{指示剂}}$$

$$E = E_{i}^{\circ} - 0.059\lg\frac{[\text{指示剂}]}{[\text{指示剂}^{+}]}$$

式中，E_{i}°为指示剂电对的标准电位。若上述电对[指示剂]/[指示剂$^{+}$]比率大于或等于10时，那末肉眼只能看到颜色B。相反，则看到的是颜色A，即：

颜色B　$$E = E_{i}^{\circ} - 0.059\lg\frac{10}{1} = E_{i}^{\circ} - 0.059$$

颜色A　$$E = E_{i}^{\circ} - 0.059\lg\frac{1}{10} = E_{i}^{\circ} + 0.059$$

$$\Delta E = \pm 2 \times 0.059 = \pm 0.12(V)$$

由此可知，要引起这类指示剂变色，就需要有0.12V左右的电位变化。

下面列出了某些这类氧化还原指示剂及其观察到的颜色和指示剂的变色电位。在此所指的变色电位是指体系在一定介质中的克式量电位，这一电位值往往要比标准电位更有实用价值。此外，在很多情况下指示剂的氧化态和还原态为弱酸和弱碱，其浓度依溶液的pH值而定。在这种情况下，上面所示的方程式并不十分准确，而常称作为指示剂变色电位的克式量电位更适于应用。

某些氧化还原指示剂的克式量电位

指　示　剂	氧化型颜色	还原型颜色	克式量电位，V	条　件
酚藏红	红	无色	+0.28	1M酸
四磺酸靛蓝	蓝	无色	0.36	1M酸
亚甲蓝	蓝	无色	0.53	1M酸
二苯胺	紫	无色	0.76	1MH_2SO_4
二苯胺磺酸	红-紫	无色	0.85	稀　酸
二苯基联苯胺	紫	无色	0.76	1MH_2SO_4
菲咯因	暗蓝	红	1.11	1MH_2SO_4
硝基菲咯因	暗蓝	红	1.25	1MH_2SO_4
5-甲基菲咯因	—	—	1.02	1MH_2SO_4
5,6-二甲基菲咯因	—	—	0.97	1MH_2SO_4
羊毛罂红	蓝-红	黄-绿	0.98	0.5MH_2SO_4

如果滴定是可行的话，在等当点处的电位将有很大的变化，而所使用的指示剂应该在等当点或接近等当点处改变颜色，而滴定至等当点处时体系电位的变化将足以引起指示剂颜色的变化，藉此判断出滴定终点的到达。

淀　　粉　　Ⅱ-2(3)-0001

Starch

分子式　$(C_6H_{10}O_5)_n$　　**分子量**　(162.14)$_n$

理化性质　多糖类的一种，系右旋葡萄糖的聚合物，是大多数植物积蓄的碳水化合物。无味无臭的白色粉末。随着植物种类的不同，淀粉粒具有不同的形状。一般，其比重在1.499～1.513之间，有吸湿性。商品淀粉约含水分12～18%。不溶于冷水，乙醇和乙醚。和水加温至55～60°，膨胀而变成具有粘性的半透明凝胶或胶体溶液。

理化参数　淀粉可用热水分为两部分，溶化的部分称为直链淀粉，约占10～20%，不溶化部分称为支链淀粉，约占80～90%。

直链淀粉是由右旋葡萄糖的α-1,4键组成的直链分子，遇碘呈蓝色。

支链淀粉是由右旋葡萄糖生成的分枝巨大分子，大部分是α-1,4键，小部分是α-1,6键所组成。遇到碘呈紫到红紫色。

淀粉受α-淀粉酶作用，能使淀粉液化，粘度逐渐下降，以酸或酶分解时，逐渐转变为可溶性淀粉、糊精、麦芽糖、葡萄糖。遇碘呈现的颜色分别为：蓝色、紫、紫红、红色、浅红至无色。

提纯方法　作指示剂使用时只需用市售淀粉，无需另作处理加工。

用途　作指示剂使用时，常配制成0.5%水溶液；称取0.5g可溶性淀粉，用少量水搅拌后，加入100ml沸水中，搅匀，直至溶液透明。如需较长久保存，在配制中加入少量(约2～3ml)的HgI_2作防腐剂。实际应用如下。

被测物	方法提要
Al^{3+}	乙酸缓冲溶液，以8-羟基喹啉沉淀铝，沉淀溶于4MHCl，加入过量KBr、$KBrO_3$标准溶液，放置，加KI，加$Na_2S_2O_3$标准液滴定蓝色消失为终点。As、Be、Ge、Pb、碱金属、碱土金属等不干扰，计算时当量值为Al/12或Al_2O_3/24
AsO_2^-	中性溶液以Na_2CO_3溶液调至pH＝7～8，加少许KI，以淀粉为指示剂，用碘液直接滴定，计算时当量值为As/2或As_2O_3/4
Au^{3+}	取含金量约为1～30mg的试样，经王水和逆王水处理，用含活性炭的纸浆过滤，灰化后，加4滴25%NaCl和2ml王水，加热溶解，加5ml 7%HAc，0.2gNH_4F，2ml 2%EDTA，0.5g KI，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定
Bi^{3+}	用Na_2SO_3和2-甲基喹啉碘化钾试剂处理含有30mg铋的H_2SO_4试液，生成的沉淀滤出，溶于热的1MNaOH，加HCl使溶液呈强酸性，加入KCN以与碘作用生成ICN，以淀粉为指示剂，用KIO_3标准溶液滴定，计算时当量值为Bi/8
Br_2	在碘量瓶中加入过量的KI，并调节溶液酸度约为0.1～0.2M，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定至蓝色消失，Cl_2、I_2和氧化剂有干扰
Br^-	取含1～25mg溴化物试液一份，加1g硼砂，1g碳酸氢钠及足量的氯水，蒸发至约10ml，加5%苯酚水溶液，放置，加1gKI，用H_2SO_4酸化，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$滴定，Cr^{III}、As^{III}、Sb^{III}、V^{IV}、等有干扰，计算时当量值为Br_2/12
硼氢化钠	$NaBH_4$易吸水潮解，迅速称取一份较大样品，溶于NaOH中，取约含20mg的样品溶液，加入20ml0.5NNaOH中，立即加35ml0.25$N$$KIO_3$，充分搅拌后，加入KI2g，加$H_2SO_4$酸化后，暗处放置片刻，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定，计算时当量值为$NaBH_4$/8
氢化铝锂	方法与硼氢化钠的测定相似
氯	样品放入碘量瓶中，加入过量的KI溶液，在中性或微酸性溶液中，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定，Br_2、I_2及氧化剂有干扰，计算时当量值为Cl_2/2
ClO^-	用HAc酸化试液，并加入过量的KI，完成如下反应： $ClO^- + 2I^- + 2H^+ \longrightarrow Cl^- + I_2 + H_2O$ 以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定，计算中当量值为ClO^-/2
漂白粉	常以“有效氯”来表示漂白粉的质量，方法同ClO^-测定
ClO_2^-	试样放入碘量瓶中，加过量KI，用HCl酸化后，以淀粉为指示剂，$Na_2S_2O_3$溶液滴定，Br_2、I_2、HOCl和其他氧化剂有干扰，计算时当量值为ClO_2^-/4
CN^-	于碘量瓶中，加约含30mgHCN的试液，加磷酸酸化，以饱和溴水处理至黄色不变，加2ml5%苯酚溶液振荡至溴颜色全部消失，加0.5gKI，放置片刻，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$滴定，计算时当量值为CN^-/2
Co^{3+}	含钴1.5～250mg的H_2SO_4溶液，加$NaHCO_3$中和并过量5g，加H_2O_2，微热，慢慢加$KHCO_3$，冷却，稀至100ml，加入过量的KI，逐滴加入1:1 HCl中和并过量10ml，放置，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$滴定，定量反应：$2Co^{3+} + 2I^- \longrightarrow 2Co^{2+} + I_2$，计算时当量值为Co/1。Cr、Fe、Mn、Cu、Sb、Mo、V、W干扰测定
Cu^{2+}	取含铜试液1份，加2$N$$H_2SO_4$ 5ml，加水稀至100ml，加1%KI溶液10ml，立即用$Na_2S_2O_3$滴定至浅黄色，加淀粉后，继续滴至浅蓝色，再加10ml 10%KSCN溶液，此时蓝色加深，以$Na_2S_2O_3$滴至蓝色刚好消失，此时溶液呈CuSCN的米黄色悬浊液
$Fe(CN)_6^{3-}$	碘量瓶中加入50ml试液，2gKI和HCl，放置后，加入10ml 1$M$$ZnSO_4$，以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$溶液滴定至蓝色消失，当量值$Fe(CN)_6^{3-}$/1
Hg	取含0.15M HNO_3或0.5M H_2SO_4的含汞试液，滴加0.2M KIO_4沉淀Hg，沉淀过滤并洗涤后，加入2gKI，H_2O10ml，2M HCl10ml，此时反应为： $Hg_5(IO_6)_2 + 34I^- + 24H^+ \longrightarrow 5HgI_4^{2-} + 8I_2 + 12H_2O$ 用$Na_2S_2O_3$溶液滴定析出的碘，计算时当量值为5Hg/16
I_2	试液用$Na_2S_2O_3$滴定至浅黄色，再加入KI淀粉溶液继续滴至蓝色消失，滴定时避免直接光照射
I^-	在碘量瓶中加25ml约0.1M I^-试液，加尿素1g，0.5M $NaNO_2$ 8ml，H_2SO_4 5ml，加塞后，摇匀，放置，加KI2g，以$Na_2S_2O_3$滴定
IO_3^-	把样品加入盛有2M HCl的烧瓶中，加入过量的KI，用$Na_2S_2O_3$滴定，当量值IO_3^-/6
IO_4^-	原理及方法同IO_3^-测定，当量值IO_4^-/8
MnO_4^-	取相当于MnO_4^-浓度0.02M试液一份，加2M HCl10ml或1M H_2SO_4 10ml，KI3g，以$Na_2S_2O_3$滴定
NH_3	在充满惰性气体的烧瓶中加入试液，边摇边加入过量的定量的$Ce(SO_4)_2$标准液及加过量的KI，以$Na_2S_2O_3$滴定
N_2H_4	试液中加过量的$KBrO_3$标准液及HCl，塞上瓶塞，放置，加入过量的KI，用$Na_2S_2O_3$滴定，当量值为N_2H_4/4
羟胺	方法同N_2H_4的测定，当量值为NH_2OH/6
O_2	在碘量瓶中加KI，NaOH和$MnCl_2$处理试液，反应为：$O_2 + 2Mn^{2+} + 4OH^- \longrightarrow 2MnO_2 \cdot H_2O$ $MnO_2 \cdot H_2O + 2I^- + 4H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + I_2 + 3H_2O$ 析出的I_2用$Na_2S_2O_3$滴定，当量值O_2/4

续表

被测物	方　法　提　要
H_2O_2	边搅拌边把样品加入含2gKI的1*M* H_2SO_4溶液中，放置后用$Na_2S_2O_3$标准液滴定析出的碘
Pb	使Pb^{2+}沉淀为$PbSO_4$，溶于NaAc溶液中，[illegible]，[illegible]溶于NaAc-HCl混合液，加KI，用$Na_2S_2O_3$标准液滴定
S^{2-}、HS^-	在含有3*M* HCl试液的封闭烧瓶中加入[illegible]的$KBrO_3$标准液，放置到澄清，加过量的KI，用$Na_2S_2O_3$滴定，当量值$H_2S/8$
SO_2、$S_2O_3^{2-}$ SCN^-	方法及原理相似于S^{2-}的测定，当量值：$SO_2/2$，$S_2O_3^{2-}/8$，$SCN^-/6$
Sb^{3+}	在含酒石酸的试液中，加$NaHCO_3$溶液，调节pH至7～8，以KI-淀粉溶液为指示剂，用碘液滴定，反应为： $SbO(C_6H_4O_6)+I_2+H_2O \longrightarrow SbO_2(C_6H_4O_6)+2I^-+2H^+$ As^{3+}的存在有干扰，计算时当量值为$Sb/2$，$Sb_2O_3/4$
SeO_3^{2-}	酸性试液中加入过量的KI，反应中析出的碘用$Na_2S_2O_3$溶液滴定，当量值$SeO_3^{2-}/4$
Sn^{4+}	取酸度不低于1*M* H_2SO_4或4*M* HCl的含锡量不超过0.2g锡的试液，在CO_2气氛中加入小粒铅，煮沸并冷却，此时反应为：$SnCl_6^{2-}+Pb \longrightarrow Sn^{2+}+Pb^{2+}+6Cl^-$反应中生成的$Sn^{2+}$用标准液滴定
Zn^{2+}	含有相当于0.1g锌的样品放入碘量瓶中，加入10ml酒精，50ml碘标准液，回流1小时，此时反应为： $Zn+I_2 \longrightarrow ZnI_2$ 过量的I_2以淀粉为指示剂，用$Na_2S_2O_3$标准液滴定至蓝色退去，Fe、Mg、Mn有干扰，要预先作空白校正

碘　　Ⅱ-2(3)-0002

Iodine

分子式　I_2　　**分子量**　253.81

理化性质　参见本手册第一分册。

理化参数　参见本手册第一分册。

碘系较弱的氧化剂，其氧化电位低于氧化还原滴定所用的大多数氧化剂：

$$I_2+2e=2I^- \quad E_0=+0.5355V$$

由于该体系的氧化电位低，使碘的选择性较其他氧化剂为高，该体系完全可逆，滴定时终点敏锐。

涉及该体系的容量分析方法有两类，凡被测物之氧化电位低于碘-碘离子体系者一般可用碘氧化，此类对象能用碘标准溶液滴定，称为直接滴定法。用于还原剂的测定，如硫化物，亚硫酸盐、硫代硫酸盐、亚砷酸盐及亚锡等。直接滴定时，可以微微过量的碘所呈现的颜色指示出滴定终点，碘在碘化物存在的水溶液中呈现深黄至琥珀棕色，即使在极稀的溶液中亦能辨认，如透过8cm厚度的液层观察（一般滴定用的锥形瓶体积大于此厚度，颜色的灵敏度为$5\times10^{-5}N$碘溶液，此时浓度约为每升含碘7.5mg，相当于100ml溶液中加入0.1*N*碘液1滴，如溶液为无色，在使用0.02*N*或较浓溶液滴定时可免用指示剂[1]。同时，碘所呈现的黄色，常常并不会随着介质性质的变化而改变。如以0.001*N*碘溶液在0.002*N*碘化钾溶液中，当介质中乙醇加入时，并不影响终点颜色的判断。

[illegible]

二氧化硫　商品中用碘的[illegible]，[illegible]，碘化钾[illegible]及氧化钾[illegible]，置于一起研磨，将此研匀的混合物置于250ml的干燥烧杯中，取一盛有与室温相同温

介　　质	灵　　敏　　度	
	碘　　色	沉粉-碘
水	$4.5\times10^{-5}N$	$2\times10^{-5}N$
20%甲醇	$4.5\times10^{-5}N$	$12\times10^{-5}N$
20%乙醇	$4.5\times10^{-5}N$	$10.5\times10^{-5}N$
40%乙醇	$4.5\times10^{-5}N$	$36\times10^{-5}N$
50%乙醇	$4.5\times10^{-5}N$	无蓝色出现
20%甘油	$10\times10^{-5}N$	$19\times10^{-5}N$
8%蔗糖	$12\times10^{-5}N$	$20\times10^{-5}N$
极稀之胃肠酶	$4.5\times10^{-5}N$	$11\times10^{-5}N$
同上，有硫酸	$4.5\times10^{-5}N$	$4\times10^{-5}N$
0.5%明胶	$22\times10^{-5}N$	$32\times10^{-5}N$

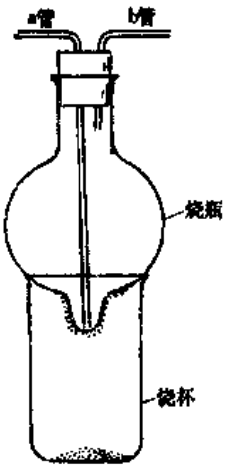


图 2-3-1　碘的升华提纯装置

度的烧瓶置于烧杯上（如图 2-3-1）将烧杯底部微微加热，使碘迅速升华，并结晶于烧瓶底部，等待烧杯内紫色蒸气消失后，移开烧瓶，并从 a 管至 b 管方向通入冷水，使烧瓶收缩而将碘自行破裂取下。收集此晶体，不加碘化钾重行升华一次，重升华时，温度尽量要低，以便得到不含碘化物的纯碘。升华提纯后的碘置于不加润滑剂的干燥器中干燥。注意干燥器中宜用无水氯化钙，不宜应用浓硫酸为干燥剂，以免污染产品。

用途　应用碘标准溶液直接作滴定液，碘本身的浅黄色亦可直接指示终点，标志方法的实际应用如下。

被测物	方　　法　　提　　要
As^{III}	在微碱性溶液中，碘能定量地氧化亚砷酸为砷酸，测定时利用H_2CO_3与$NaHCO_3$的缓冲作用，以控制溶液在微碱性条件下，用碘液直接滴定
碱	在加热条件下，碘与碱按下式完成反应： $6NaOH+3I_2\longrightarrow NaIO_3+5NaI+3H_2O$
Sb^{3+}	在浓的酸式碳酸盐溶液中，以类似于As^{III}的测定方法用碘标准液滴定，近等当点时反应速度很慢，故最好不要用淀粉指示剂而以碘色维持 2 分钟为终点
Sn^{2+}	在酸性溶液中，以碘标准液直接滴定，二价铁、铅、镍、锌、铝、钴、镉，少量锑，一价铜等的存在不干扰
二硫化碳	在氢氧化钾的乙醇溶液中，二硫化碳生成乙基黄原酸盐：$CS_2+C_2H_5OH+KOH\longrightarrow SC(OC_2H_5)SK+H_2O$，后者在中性溶液中与碘按下式反应，$2SC(OC_2H_5)SK+I_2\longrightarrow(SC\langle^{OC_2H_5}_{S}\rangle)_2+2KI$ 测定时称取试样于新配制的KOH乙醇溶液中后，用 1 N乙酸酸化至酚酞呈无色　石蕊呈蓝色，立即以0.01N碘液滴定
半胱氨酸	碘可氧化半胱氨酸为胱氨酸：称取0.2～0.3g盐酸半胱氨酸于100ml无水乙醇中，以0.1N碘液滴定至黄色维持半分钟不退去

参 考 文 献

〔1〕 V.J.Anhorn et al., Ind Eng: *Chem., Anal. Ed.*, 9 591, (1937).

高 锰 酸 钾　　Ⅱ-2(3)-0003

Potassium permanganate

分子式　$KMnO_4$　　**分子量**　158.83

理化性质　深紫色晶体，有金属光泽。味甜而涩。相对密度2.703，在熔点240℃分解，溶于水。遇乙醇即分解。

在不同温度下，高锰酸钾在水中的溶解度如下。

在100g水中的最大溶解度

温度，℃	0	10	20	30	40	50	60
溶解克数	2.83	4.4	6.4	9.0	12.56	16.89	22.2

由于高锰酸钾溶液的氧化电位高于氧电极（尤其在酸性溶液中），因此溶液酸化时将使高锰酸钾溶液的稳定性减小。同时，若溶液中加入碳酸钠或氢氧化钠，分解亦将被加速。

制备与提纯　常用市售试剂级产品，配制标准溶液，其浓度用基准物标定。故不必再经提纯纯化。

用途　在氧化还原滴定法中是一种重要的氧化性滴定剂，在酸性溶液中，MnO_4^-离子能氧化许多物质，而本身还原为Mn^{2+}离子：

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

市售的化学试剂$KMnO_4$常含有少量的硫酸盐，氯化物，硝酸盐等，其标准溶液需按下法配制后标定以确定准确浓度。

配制方法　称取一定量*的高锰酸钾溶解于适当量的煮沸过并已冷却的蒸馏水中，摇均匀后置于棕色瓶中在暗处放置一周，滤去沉淀物，所得溶液保存在棕色瓶内，放置于暗处，使用时标定其浓度，并每周重新标定其浓度一次。

标定方法　精确称取基准物$Na_2C_2O_4$一份，溶于20ml水中，加2N H_2SO_4 20ml，加热至75～85℃，用高锰酸钾溶液滴至稳定的粉红色出现为终点。

以高锰酸钾进行滴定时，一般不再使用其他指示剂，以微量过量的MnO_4^-的浅红色为终点，所以称作为自身指示剂。若用非常稀的高锰酸钾溶液进行滴定时，也可用二苯胺（0.2%在硫酸中的溶液）为指示剂，效果甚好，以MnO_4^-自身指示剂时的实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
AsO_2^-	1M HCl介质中，加0.002M KIO_3溶液1滴，以$KMnO_4$标准液滴定，Sb^{3+}、H_2S的存在有干扰
Br^-	含0.2g溴化物的样品溶于水中，加H_2SO_4酸化，加热至沸，用$KMnO_4$滴定
$C_2O_4^{2-}$	含约为0.3g草酸盐样品溶于稀H_2SO_4中，加热至～80℃，缓慢地以$KMnO_4$滴定到浅红色不再退去为终点
Ca^{2+}	首先将Ca^{2+}沉淀为CaC_2O_4，将沉淀溶解于2M H_2SO_4中，在25～30℃用$KMnO_4$滴定
Ce^{4+}	取含0.3gCe^{4+}的试液200ml，加10ml浓H_2SO_4（或浓HNO_3），2g$(NH_4)_2S_2O_8$，少许$AgNO_3$，煮沸，冷却后，加入过量的$FeSO_4$的标准溶液，用$KMnO_4$标准溶液滴定剩余的Fe^{2+}

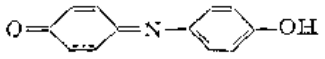
* $KMnO_4$的当量为31.61，制备0.5N溶液1 l需称取$KMnO_4$ 1.6～1.7g，制备0.1N溶液1 l称取3.3～3.5g，制备0.2N溶液1 l，称取6.5～7.0g，以此类推。

续表

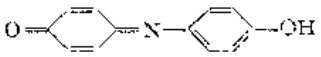
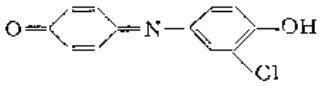
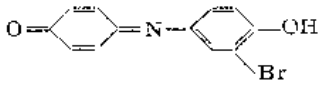
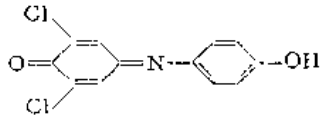
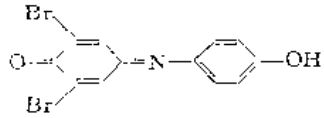
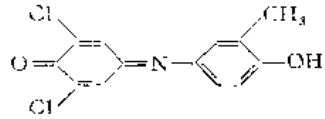
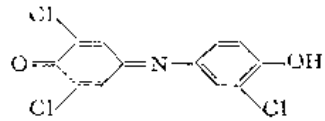
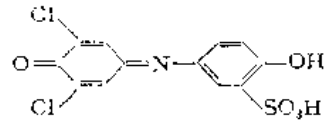
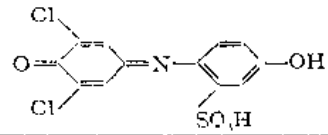
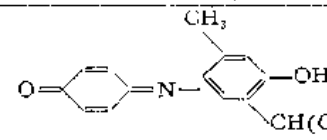
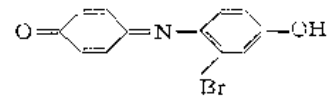
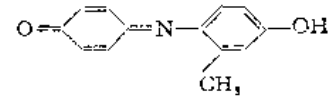
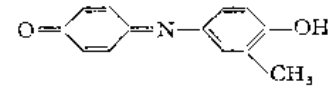
被测物	方　法　提　要
Cr^{3+}	在1M H_2SO_4和0.15M HNO_3试液中，以每mg铬加1mg $AgNO_3$作催化剂，加过量的0.06N $(NH_4)_2S_2O_8$溶液，煮沸，再加入过量的$FeSO_4$标准液，以$KMnO_4$回滴
Fe^{2+}	在0.5～1M H_2SO_4介质中，H_3PO_4或HF存在下，用$KMnO_4$标准液滴定。
$Fe(CN)_6^{4-}$	在每升低于2g亚铁氰化物的溶液中，在保持介质酸度约为0.5M H_2SO_4时，用$KMnO_4$滴定，硫氰化物及有机还原剂不允许存在
I^-	取约含0.1M KI的样品，置于以CO_2气氛保护的碘量瓶中，加水20ml，浓HCl 1ml，逐滴加入$KHCO_3$并稍过量，加HCl酸化，并使酸度达3～5M，加5ml四氯化碳，以$KMnO_4$滴定，反应式为：$5I^- + 2MnO_4^- + 5HCl + 11H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5ICl + 8H_2O$
Mn^{2+}	含0.2M HNO_3或2M H_3PO_4或1.5M H_2SO_4的试液中，加300ml KIO_4，煮沸，逐滴加入溶于少量水中的$Hg(NO_3)_2$ 2～3g，以沉淀除去过量的IO_4^-，加入过量的$FeSO_4$标准溶液，以$KMnO_4$回滴
MnO_2	在CO_2气氛保护下，以1.5M H_2SO_4及$FeSO_4$标准溶液或草酸钠处理样品，用$KMnO_4$滴定剩余的Fe^{2+}或$C_2O_4^{2-}$的量
Mo	含1M H_2SO_4的试液中，先滴加$KMnO_4$到浅红色以校正空白，将溶液通过锌汞齐还原器，把流出液收集在盛有过量的$Fe_2(SO_4)_3$标准溶液中，加入H_3PO_4，用$KMnO_4$滴定，本法适用于测定1%以上的钼
Nb	试液通过锌汞齐还原器，流出液按测定Mo方法处理，计算时当量值为Nb/2或Nb_2O_5/4
羟　胺	含有试液的容器在CO_2气氛保护下，加入30ml $FeNH_4(SO_4)_2$标准液和100ml 3.5M H_2SO_4，煮沸扩冷却后，稀至近300ml用$KMnO_4$滴定
H_2O_2	在H_2SO_4介质中，以$KMnO_4$标准液滴定
$S_2O_4^{2-}$	含$S_2O_4^{2-}$的样品在CO_2气氛中，加入过量的$FeSO_4$标准液，加热处理，冷却后用$KMnO_4$溶液滴定
Sb^{3+}	在5～10℃，3M HCl或2M H_2SO_4介质中，以$KMnO_4$标准液直接滴定，Fe、As、V及有机物有干扰
Tl	取含6～100mg铊的HCl试液，在室温下以$KMnO_4$标准液滴定，反应式为： $2Tl^+ + MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow 2Tl^{3+} + Mn^{3+} + 4H_2O$ 计算中铊的当量值为Tl/2
V(Ⅴ)	0.4M H_2SO_4的试液中，加$KMnO_4$煮沸，保持红色不退，通SO_2 10分钟，待$2VO_2^+ + SO_2 \longrightarrow 2VO^{2+} + SO_4^{2-}$完成后，在$CO_2$气氛，60～80℃条件下以$KMnO_4$标准溶液直接滴定： $5VO^{2+} + MnO_4^- + H_2O \longrightarrow Mn^{2+} + 5VO_2^+ + 2H^+$
W	矿样溶解后，过滤，取滤液以H_2SO_4酸化后，加锌粒将WO_4^{2-}还原为WO_2^+，待多余的金属锌与酸反应完毕后，以$KMnO_4$溶液滴定，计算中当量值为W/1或W_2O_3/2
乙酸酐	在吡啶等催化剂存在下，乙酸酐与草酸定量反应，过量的草酸以$KMnO_4$标准液回滴： $(COOH)_2 + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CO_2 + CO + 2CH_3COOH$
柠檬酸盐、酒石酸盐、水杨酸盐	10ml试液与2～5ml金属硝酸盐溶液，25ml 0.2N $KMnO_4$及10ml 4N NaOH一起反应一定时间，待反应完成后，加7N H_2SO_4 15ml酸化，加入过量的$FeSO_4$标准液，用$KMnO_4$回滴

靛酚及其取代物

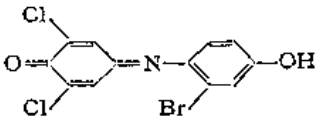
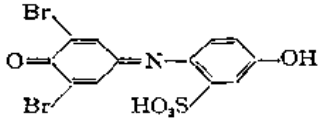
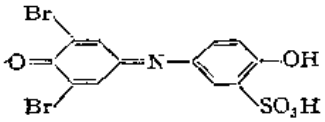
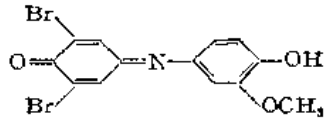
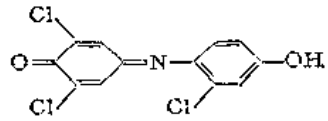
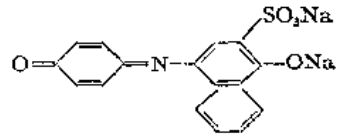
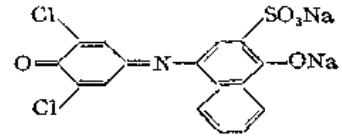
Indophenol and related Compound



别名　吲哚酚

编　号	名　称	结　构　式	分子式	分子量
Ⅱ-2(3)-0016	靛酚 Indophenol		$C_{12}H_9NO_2$	199.21
Ⅱ-2(3)-0015	邻氯靛酚 *o*-Chloroindophenol		$C_{12}H_8ClNO_2$	233.65
Ⅱ-2(3)-0013	邻溴靛酚 *o*-Bromoindophenol		$C_{12}H_8BrNO_2$	278.19
Ⅱ-2(3)-0009	2′,6′-二氯靛酚 2′,6′-Dichloroindophenol		$C_{12}H_7Cl_2NO_2$	258.09
Ⅱ-2(3)-0008	2′,6′-二溴靛酚 2′,6′-Dibromoindophenol		$C_{12}H_7Br_2NO_2$	356.99
Ⅱ-2(3)-0023	2′,6′-二氯-3-甲基靛酚 2′,6′-Dichloro-3-methylindophenol		$C_{13}H_9Cl_2NO_2$	282.12
Ⅱ-2(3)-0005	2′,6′,3-三氯靛酚 2′,6′,3-trichloroindophenol		$C_{12}H_6Cl_3NO_2$	302.53
Ⅱ-2(3)-0011	2′,6′-二氯靛酚-3-磺酸 2′,6′-Dichloroindophenol-3-sulfonic acid		$C_{12}H_7Cl_2NO_5S$	348.15
Ⅱ-2(3)-0012	2′,6′-二氯靛酚-2-磺酸 2′,6′-Dichloroindophenol-2-sulfonic acid		$C_{12}H_7Cl_2NO_5S$	348.15
Ⅱ-2(3)-0048	百里靛酚(2-甲基-5-异丙基靛酚) Thymolindophenol		$C_{16}H_{17}NO_2$	255.16
Ⅱ-2(3)-0014	间溴靛酚 *m*-Bromoindophenol		$C_{12}H_8BrNO$	278.10
Ⅱ-2(3)-0020	间甲基靛酚 *m*-Methylindophenol		$C_{13}H_7NO_2$	199.20
Ⅱ-2(3)-0021	邻甲基靛酚 *o*-Methylindophenol		$C_{13}H_7NO_2$	199.20

续表

编　号	名　称	结　构　式	分子式	分子量
Ⅱ-2(3)-0004	2′,6′-二氯间溴靛酚 2′,6′-Dichloro-*m*-bromoindophenol		$C_{12}H_6BrCl_2NO_2$	346.98
Ⅱ-2(3)-0007	2′,6′-二溴靛酚间磺酸 2′,6′-Dibromoindophenol-*m*-sulfonic acid		$C_{12}H_6Br_2NO_5S$	436.04
Ⅱ-2(3)-0010	2′,6′-二溴靛酚邻磺酸 2′,6′-Bromoindophenol-*o*-sulfonic acid		$C_{12}H_7Br_2NO_3S$	405.05
Ⅱ-2(3)-0022	2′,6′-二溴邻甲氧基靛酚 2′,6′-Dibromo-*o*-methoxyindophenol		$C_{13}H_9Br_2NO_2$	371.02
Ⅱ-2(3)-0006	2′,6′-二氯间氯靛酚 2′,6′-Dichloro-*m*-chloroindophenol		$C_{12}H_6Cl_3NO_2$	302.54
Ⅱ-2(3)-0042	邻磺酸钠-5,6-苯并靛酚钠 Naphthonone-*o*-sulfonate-indophenol		$C_{16}H_9NNa_2O_5S$	373.29
Ⅱ-2(3)-0040	邻磺酸钠-5,6-苯并-2′,6′-二氯靛酚钠 Naphthonone-*o*-sulfonate-5′,6′,dichloroindophenol		$C_{16}H_7Cl_2NNa_2O_5S$	442.17

理化性质　此类试剂系晶状固体，能溶于水、醇、醚、氯仿或苯之中。如靛酚由丙酮中或石油醚中结晶时系片状晶体，熔点160°，能溶于水，醇、醚，氯仿及苯中，百里靛酚系深红色粉末，溶于醇。

理化参数

1．靛酚及其取代物的变色电位（E_0），离解常数（pK_1，pK_2等）及氧化还原平衡常数（pK_0）（t=30℃）

试　剂　名　称	E_0	pK_1	pK_2	pK_0	pH范围
靛酚	0.649	9.4	10.6	8.1	6.3～12.3
邻氯靛酚	0.663	8.4	10.3	7.0	4～12.3
邻溴靛酚	0.659	8.5	10.24	7.1	5.8～11.7

续表

试　剂　名　称	E_0	pK_1	pK_2	pK_0	pH范围
2′,6′-二氯靛酚	0.668	7.0	10.1	5.7	6.3～11.4
2′,6′-二溴靛酚	0.668	7.0	10.05	5.7	7.0～12.3
2′,6′-二氯-3-甲基靛酚	0.639	7.1	10.4	5.5	5.7～11.4
2′,6′,3-三氯靛酚	0.668	7.1	8.75	5.8	5.7～11.4
2′,6′-二氯靛酚-3-磺酸	0.683	7.0	10.2	6.1	1.1～11.5
2′,6′-二氯靛酚-2-磺酸	0.691	7.1	8.76	7.4	3.8～11.5
百里靛酚	0.592	9.85	10.8	7.8	5.7～12.3
间溴靛酚	0.67	—	—	—	—
间甲基靛酚	0.63	—	—	—	—
邻甲基靛酚	0.616	—	—	—	—
2′,6′-二氯间溴靛酚	0.67	—	—	—	—
2′,6′-二溴靛酚间磺酸	0.69	—	—	—	—
2′,6′-二溴靛酚邻磺酸	0.66	—	—	—	—
2′,6′-二溴邻甲氧基靛酚	0.58	—	—	—	—
2′,6′-二氯间氯靛酚	0.64	—	—	—	—
邻磺基-5,6-苯并靛酚钠	0.544	9.1	10.7	8.7	3.9～12.6
邻磺酸钠-5,6-苯并-2′,6′-二氯靛酚钠	0.543	7.46	9.3	6.1	5～11.4

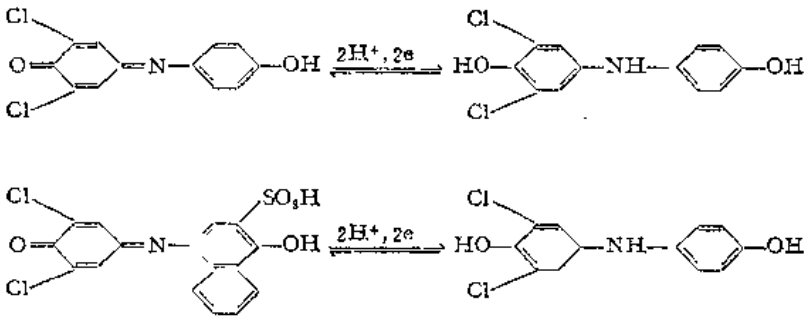
2. 克式量电位

名　　称	E_0	pH; E',(V)					
		0	5	6	7	8	9
靛酚	0.649	0.649	0.38	0.29	0.227	0.17	0.11
2-氯靛酚	0.663	0.663	0.36	0.30	0.232	0.18	0.12
2-溴靛酚	0.659	0.659	0.36	0.30	0.24	0.18	0.12
2,6-二氯靛酚	0.668	0.64	0.34	0.28	0.217	0.16	0.10
2,6-二溴靛酚	0.668	0.668	0.34	0.28	0.22	0.16	0.10
2,6-二氯-3′-甲基靛酚	0.639	0.60	0.30	0.24	0.181	0.121	0.06
2,6,3′-三氯靛酚	0.668	0.67	0.37	0.31	0.254	0.19	0.13
2,6-二氯靛酚-3′-磺酸钠	0.683	—	—	—	—	—	—
2,6-二氯靛酚-2′-磺酸钠	0.691	—	—	—	—	—	—
百里靛酚	0.592	0.59	0.29	0.23	0.174	0.11	0.05
3-溴靛酚	—	0.67	0.37	0.31	0.248	0.19	0.13
2-甲靛酚	—	0.63	0.33	0.27	0.208	0.15	0.09
3-甲靛酚	—	0.616	0.31	0.25	0.19	0.13	0.07
2,6-二氯-2′-溴靛酚	—	0.67	0.37	0.31	0.25	0.19	0.13
2,6-二溴靛酚-2′-磺酸	—	0.69	0.39	0.33	0.28	0.21	0.15
2,6-二溴靛酚-3′-磺酸	0.66	0.66	0.36	0.30	0.24	0.18	0.12
2,6-二溴-3′-甲氧基靛酚	—	0.58	0.28	0.22	0.159	0.10	0.04
2,6-二氯-2′-氯靛酚	—	0.64	0.34	0.28	0.219	0.16	0.10
邻磺酸钠-5,6-苯并靛酚钠	0.54	0.54	0.24	0.18	0.123	0.06	0.00
邻磺酸钠-5,6-苯并-2′,6′-二氯靛酚钠		0.54	0.24	0.18	0.119	0.06	0.00

该体系指示剂的克式量电位值与pH的关系式为：

$$E' = E_0 + \frac{RT}{2F}\lg e\,\frac{[H^+]^3 + K_1[H^+]^2 + K_1K_2[H^+]}{[H^+] + K_0}$$

指示剂变色机理



3．指示剂色泽变化　靛酚及其取代物作为氧化还原指示剂使用时色泽变化相同：其氧化型是具有酸碱指示剂的性质，它的酸式呈红色或蓝色，碱色呈蓝色。还原形是无色或极淡的颜色。

用途　1．作为指示剂　这一类指示剂由于不稳定，因此应用并不广泛，其中最常用的为2,6-二氯靛酚。

作为氧化还原指示剂使用时，常配成0.05%或0.1%的水溶液或乙醇溶液使用。

2,6-二氯靛酚作为指示剂时常与抗坏血酸的使用联系在一起。

靛酚类指示剂在氧化还原滴定中的实际应用。

被测物	方　法　提　要
铁氰化钾	在pH4.7时，可用抗坏血酸作为滴定剂滴定铁氰化钾含量，其反应式为： $2Fe(CN)_6^{3-}+C_6H_8O_6=2Fe(CN)_6^{4-}+2H^++C_6H_6O_6$ 当被滴定溶液体积约为200ml时，可加入0.1%指示剂水溶液1ml，滴定至溶液由蓝色褪至无色为终点
亚铁氰化钾	亚铁氰化钾用亚硝酸盐预先氧化为铁氰化钾，过量的亚硝酸盐加入氨基磺酸来消除后，用抗坏血酸滴定铁氰化钾的含量
高锰酸盐或重铬酸盐	被测定的高锰酸盐（或重铬酸盐）与亚铁氰化钾作用： $MnO_4^-+5Fe(CN)_6^{4-}+8H^+\longrightarrow Mn^{2+}+5Fe(CN)_6^{3-}+4H_2O$ 释出的铁氰化钾用抗坏血酸直接滴定
氯、溴、碘、次氯酸盐，次溴酸盐，亚氯酸盐，溴酸盐，碘酸盐、氯胺-T，过二硫酸盐	测定原理类似于高锰酸盐或重铬酸盐
卤素及其他氧化剂	在碳酸氢钠溶液中，卤素及此类氧化剂与亚铁氰化钾作用，反应后生成的铁氰化钾以抗坏血酸滴定之
过氧化氢	过氧化氢与铁氰化钾反应： $2Fe(CN)_6^{3-}+H_2O_2=2Fe(CN)_6^{4-}+2H^++O_2$ 剩余的铁氰化钾用抗坏血酸滴定
羟　胺	测定原理与过氧化氢相同．与铁氰化钾的反应为： $2NH_2OH+2Fe(CN)_6^{3-}+2OH^-\xrightarrow{pH8\sim10}N_2+2Fe(CN)_6^{4-}+4H_2O$
肼	测定原理与过氧化氢相同，与铁氰化钾的反应： $N_2H_4+4Fe(CN)_6^{3-}+2OH^-\xrightarrow{pH8\sim10}N_2+2Fe(CN)_6^{4-}+4H_2O$

续表

被测物	方　法　提　要
银	在中性或稀硝酸溶液中，银被铁氰化钾定量沉淀，在沉淀物中加入氨水和亚铁氰化钾混合物使产生如下的沉淀转化： $Ag_3Fe(CN)_6+K_4Fe(CN)_6=KAg_3Fe(CN)_6\downarrow+K_3Fe(CN)_6$ 滤去沉淀，用抗坏血酸滴定被置换出的铁氰化钾量
铋、锌、锰	原理与方法类似于银的测定

2．作为滴定剂　2,6-二氯靛酚可作为滴定剂直接滴定抗坏血酸含量，以红色不消失为滴定终点。

标准液配制　称取碳酸氢钠52mg溶解在200ml沸水中，然后溶解2,6-二氯靛酚50mg，放冷后置入冰箱中过夜，滤入250ml容量瓶中，稀至刻度，标准液应贮于棕色瓶保存于冰箱中。

标定：取5ml已知浓度的抗坏血酸标准液，加入1%草酸溶液5ml，摇匀，用上述溶液滴定至溶液呈淡红色，在1分钟内不退色为终点。

测定：称取适量样品，加入等量的2%草酸溶液，倒入组织捣碎机中捣成匀浆，称取一定量浆状样品(其中含抗坏血酸1～5mg)于小烧杯中，用1%草酸溶液将样品移入100ml容量瓶中，稀至刻度，摇匀。将样液过滤，弃去最初数ml(若样液有色，应加入对抗坏血酸无损失的白陶土脱色)，然后迅速吸取5～10ml滤液于50ml烧瓶中，用2,6-二氯靛酚标准液滴定至淡红色在15秒钟内不退去为终点。按下式计算含量：每百克样品中抗坏血酸含量$=\frac{V\times T}{W}\times100\%$

式中　V——标准液体积；

T——1ml标准液相当于抗坏血酸的重量；

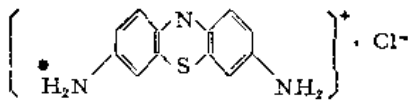
W——滴定中所取滤液中含样品的重量。

劳氏紫　　Ⅱ-2(3)-0017

Lauths violet

别名　硫堇　Thionine.

结构式



分子式　$C_{12}H_{10}ClN_3S$　　**分子量**　263.75

理化性质　浅黑绿色有闪光的针状结晶，能溶于热水，水溶液呈蓝至紫色，微溶于醇和醚，在氯仿中溶解度较大。

理化参数

1．变色电位　0.543V

2．离解常数　$pK_1=1.38$　$pK_2=5.30$

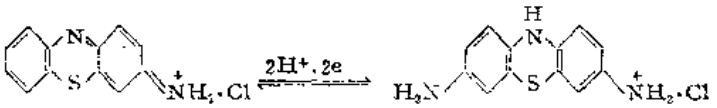
3．氧化还原平衡常数　$pK_0=11.0$

4．克式量电位

pH	5	6	7	8	9
E',V	0.135	0.093	0.060	0.030	0.00

5．色泽变化　氧化型紫色，还原型无色。

指示剂变色机理



合成方法　用氢硫酸和氯化铁连接处理盐酸苯二胺的酸性溶液可制备劳氏紫。

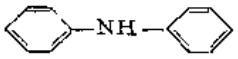
用途　作氧化还原指示剂时，常配成0.1%水溶液，其实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
Fe^{3+}，$AuCl_3$，铁氰化钾等	4M HCl介质中，温度为60～70℃，在惰性气氛保护下，用亚钛盐标准溶液滴定
Mo(Ⅴ)	0.5M HCl介质中，在柠檬酸或酒石酸存在下，以惰性气氛保护，用Fe^{3+}盐标准溶液滴定
U(Ⅳ)	在大于10M H_3PO_4介质中，在惰性气氛保护下，以Fe^{3+}盐溶液滴定
Mo(Ⅵ)	在大于10M H_3PO_4介质中，惰性气氛保护下，以Fe^{2+}盐溶液滴定
V(Ⅳ)	在大于10M H_3PO_4介质中，惰性气氛保护下，以F^{2+}盐溶液滴定

二　苯　胺　　Ⅱ-2(3)-0018

Diphenylamine

结构式



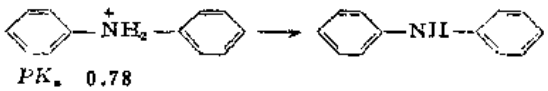
分子式　$C_{12}H_{11}N$　　**分子量**　169.22

理化性质　白色结晶，熔点52.9℃，沸点302℃，难溶于水，每升水中溶解游离碱形成约为0.06mg，溶于乙醇，乙醚，苯，二硫化碳，能溶于浓无机酸中，但加水稀释时即析出。

理化参数

1．变色电位　指示剂浓度～$5\times10^{-5}M$，在0.5M H_2SO_4介质中变色电位为0.76V

2．离解常数



3．克式量电位　指示剂浓度$5\times10^{-4}M$，在1.5～9.0M H_2SO_4介质中克式量电位0.766V

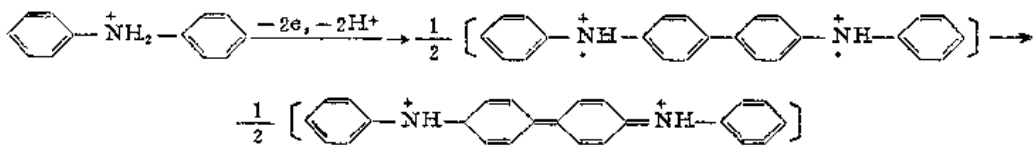
4．指示剂色泽变化　假可逆指示剂

还原型　无色

氧化型　紫色

再还原时呈淡苍绿色

指示剂变色机理



合成方法　将10 g 乙酰替苯胺，5 g 干燥的碳酸钾和20 g 溴苯与少量碘化亚铜在硝基苯溶液中混合并回流15小时，将这种暗棕色的液体蒸馏至不再有硝基苯逸出，烧瓶中的棕色油状剩余物含有二苯胺的乙酰衍生物，将它溶解于乙醚。过滤，用$CaCl_2$干燥之，水浴加热除去乙醚，从乙醇中将剩余物重结晶，将晶体溶于30ml 乙醇中，并与30ml 浓盐酸一起煮沸2～3小时使之水解，用水蒸气蒸馏，得到的黄色油状液体在冷凝器中结晶。

二苯胺也可按下述步骤用苯胺和盐酸苯胺制备。

于230℃将93 g 苯胺和93 g 盐酸苯胺在压热器中加热20小时，压力达 6kg/cm²，反应产物不应与铁接触，加热2小时后，通过阀门放掉多余的水蒸汽，在整个期间重复该操作三次。20小时以后，将反应产物与1 l 水混合并加热到80℃。加入约70ml浓盐酸直至混合物恰好使刚果红显示酸性。冷却之，几小时后，倒出上层清液，在少量水存在下使粗二苯胺熔融，用少些盐酸萃取未反应的苯胺，并用稀碳酸钠洗涤之，用过热蒸气蒸馏使二苯胺纯化。加热混合物的油浴温度为250℃，水蒸汽温度为300℃。达样得到的二苯胺是无色液体，它可结晶为浅黄色固体。

用途　作为氧化还原指示剂时用不含NO_3^-的浓硫酸配成1%溶液，使用量约 3 滴。

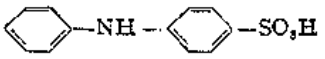
被测物	方法提要
Fe^{2+}	在1～2$M$$H_2SO_4$介质中，在$H_3PO_4$存在下以$K_2Cr_2O_7$标准溶液直接滴定
Fe^{2+}	0.5～1$M$$H_2SO_4$溶液中，在$H_3PO_4$存在下，以钒（Ⅴ）标准溶液直接滴定
Mo（Ⅴ）	2～3MHCl介质中，以钒（Ⅴ）标准溶液直接滴定
Cr(Ⅵ)，V(Ⅴ)	在3～3.5MHCl介质中，在二氧化碳气氛保护下，直接用氯化亚锡标准溶液直接滴定
Cr（Ⅵ）	1～2$M$$H_2SO_4$介质中，以三价砷标准溶液直接滴定
Sb, As(Ⅳ)	0.05$M$$H_2SO_4$介质中，以高碘酸盐标准溶液滴定
Fe^{2+}	0.5$M$$H_2SO_4$介质中，以高碘酸盐标准溶液滴定

二苯胺磺酸　　Ⅱ-2(3)-0019

Diphenylamine-4-sulphonic acid

别名　4-二苯胺磺酸

结构式



分子式 $C_{12}H_{11}NO_3$ **分子量** 240.27

理化性质 实际应用时常用其钠盐或钡盐，二苯胺磺酸钠系无色或白色细小结晶状粉末，能溶于水，加热时亦能溶于醇中。

理化参数

1．变色电位 指示剂浓度～10^5M，H_2SO_4介质

H_2SO_4浓度	电位，V	H_2SO_4浓度	电位，V
0.1M	0.853	2.0M	0.80
0.5M	0.85	4.0M	0.77
1.0M	0.83	8.0M	0.71

2．离解常数 还原型

3．克式量电位 指示剂浓度～$10^{-5}M$

1M H_2SO_4	0.85V
0.4～2.5M H_2SO_4	0.81V

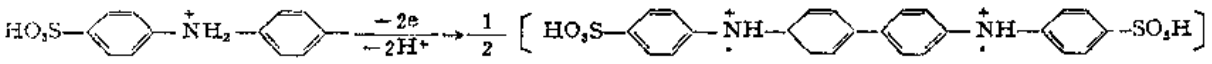
4．指示剂色泽变化 假可逆指示剂

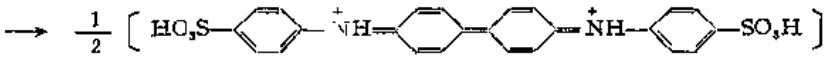
还原型 无色

氧化型 红—紫色

再还原时呈淡苍绿色

指示剂变色机理





合成方法 此试剂通常以钡盐形式制备。处理等分子数量的二苯胺和醋酸酐，及少量的浓硫酸，加热回流1小时。用冷水洗涤产物以除去醋酸，从乙醚中二次重结晶醋酸二苯胺，于100℃干燥之。

将200 g 20%的发烟硫酸冷至5℃，加入100 g粉状的醋酸二苯胺，每次加少许，并不断搅拌。水浴中加热混合物至45℃，不断搅拌。将混合物倒入250ml水中，并沸腾3小时使此醋酸的衍生物水解，然后倒入大量的水中。过滤除去未反应的二苯胺，用碳酸钡中和滤液。过滤除去硫酸钡，滤液中的二苯胺磺酸钡是用分步结晶与醋酸钡分离而得到的。

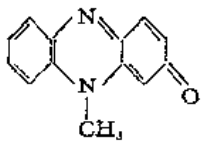
用途 作为氧化还原指示剂常用本品的钠盐或钡盐，配成0.2%的水溶液，滴定时使用量7～10滴。

被测物	方法提要
Fe^{2+}	0.5～1.75M H_2SO_4介质中，有H_3PO_4存在下，以$K_2Cr_2O_7$标准溶液滴定
Cu^{+}	间接测定法，加入过量的Fe^{2+}，然后以$K_2Cr_2O_7$标准液滴定反应中产生的Fe^{2+}
ClO_3^-	间接测定法，加入已知量的过量的Fe^{2+}，然后以$K_2Cr_2O_7$标准液滴定剩余的Fe^{2+}
Fe^{2+}	0.25～0.5M H_2SO_4介质中，在H_3PO_4存在下，用钒酸钠标准液滴定

N-甲基-2-氧吩嗪 Ⅱ-2(3)-0024

N-Methyl-2-oxyphenazine

结构式



分子式 $C_{13}H_{10}N_2O$ **分子量** 210.24

理化性质 从水中重结晶为暗红色针状晶体。

理化参数

1．氧化还原电位和离解常数

标准电位	离解常数		氧化还原平衡常数
E_0'	pK_1	pK_2	pK_0
0.197	1.0	10.1	3.0

2．不同pH条件下的克式量电位（E'）

pH	0	2.97	3.56	4.00	4.73	5.79	6.71
E′，（V）	0.197	+0.070	0.039	0.015	−0.028	−0.092	−0.151
pH	7.00	7.48	8.52	9.54	10.69	11.69	12.60
E′，（V）	−0.167	−0.193	−0.225	−0.314	−0.361	−0.397	−0.426

3．指示剂色泽变化 氧化型红色，还原型无色或浅黄色。

合成方法[1]

1. α-甲氧吩嗪　将200g(0.42mol)粉状二氧化铅在搅拌下分批加入10g(0.07mol)邻苯三酚单甲酯溶于3 l 无水苯的溶液中，再搅拌10～20分钟。滤出红棕色固体，用 400ml 苯洗一次。在滤液中即刻加入6g(0.06mol)邻苯二胺溶于80ml冰乙酸和200ml苯混合溶液。此时溶液变成暗棕色。室温放置1.5小时后先用水洗，再用5%氢氧化钠洗，然后再用水洗。苯层用无水碳酸钠干燥，再加入5 g 脱色炭，摇荡并过滤。在滤液中加 入 50～60 g 活性铝并搅拌至滤液变为浅黄色。滤出的活性铝用苯洗至几乎无色。将苯合并。在水浴上于40～50℃减压回收苯，残余物为亮黄色固体。用尽量少的热吡啶将其溶解，加少量水，放冷得亮黄色结晶。滤出结晶，用水洗，在空气中干燥，产量5 g (33%)。熔点167～9℃。

2. α-羟基吩嗪　取4.2 g (0.02mol)α-甲氧吩嗪加至125ml55% HBr中，于110～120℃加热 5 小时，冷至室混，用约125ml 水稀释，用氢氧化钠中和至中性。用乙醚提取并合并乙醚提取液。用10%氢氧化钠从乙醚中提取至乙酯液无紫色钠盐为止。碱溶液用稀乙酸中和，然后再用乙醚重新提取。合并乙醚提取液并用无水硫酸钠干燥。在水浴上回收乙醚，残余物用稀乙醇重结晶，于100℃干燥，得2.7 g (70%)产品。熔点153～5℃。

3. N-甲基-2-氧吩嗪　将2g(0.011mol)α-羟基吩嗪溶于13.4g(10ml0.1mol) 硫 酸二甲酯中，于100℃加热10分钟，于室温放置后加入75ml无水乙醚，得暗棕色固体。滤出固体并用无水乙醚洗。然后再将其溶于约30ml水中，用2～3ml 10%氢氧化钠中和至碱性。用氯仿提取，合并氯仿溶液，再在氯仿溶液中加 5 %盐酸，分离出酸溶液，用10%氢氧化钠溶液中和至碱性，再用氯仿提取并合并氯仿溶液，用无水硫酸钠干燥。之后减压回收氯仿，得蓝色结晶。结晶用水重结晶一次，于暗处真空干燥，得1.35 g (58%理论量) 暗蓝色针状结晶。熔点133℃。

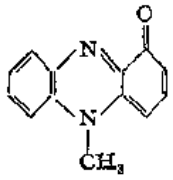
用途　可供作酯减指示剂及氧化还原指示剂使用。

参 考 文 献

(1) E. C. Horning: Org. Synth., Coll: Vol. 3,753～5(1955).

绿 脓 菌 素　　Ⅱ-2(3)-0025

Pyocyanine



分子式　$C_{13}H_{10}N_2O$　　**分子量**　210.24

理化性质　系绿脓杆菌 (Bacillus pyocyanens) 的色素，蓝色针状结晶，熔点 138℃，能溶于热水，氯仿，丙酮中，不溶于醚、苯。

理化参酸

1. 氧化还原电位和离解常数 (t =30℃)

标准电位 E_0'	离解常数 pK_1	pK_2	氧化还原平衡常数 pK_0	pH范围
0.235	9.5		4.85	1～12

2．不同pH条件下的克式量电位

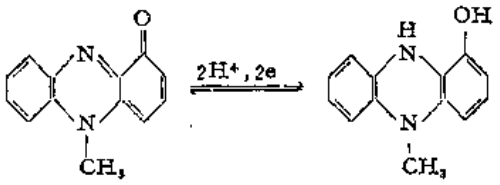
pH	3	5	6	7	8	9
E', V	0.207	0.086	0.026	−0.034	−0.093	−0.15

在pH1～12范围内，克式量电位与pH依赖关系为：

$$E'=E_0+\frac{QT}{2F}\lg e\ \frac{[H^+]^2+KI[H^+]}{[H^+]+K_0}$$

3．指示剂色泽变化　氧化型在酸性介质中为红色，碱性介质中为绿色。还原型无色。

指示剂变色机理



半醌式邻醌结构　　无色体

合成方法[1,2]　由 α-羟基吩嗪以硫酸二甲酯甲基化后以碱处理获得。

用途　作为氧化还原指示剂使用时配成0.1%溶液。

参 考 文 献

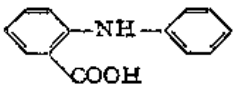
〔1〕 Wrede, Strack; *Z. Physiol. Chem.*, 181, 58, (192); *Ber.*, 62, 2051, (1929).
〔2〕 *Surrey*, *Org. Syn.*, 26, 86(1946); *coll*, Vol. Ⅲ, 753, (1955).

N-苯基邻氨基苯甲酸　　Ⅱ-2(3)-0026

N-Phenylanthranilic acid

别名　2-羧基二苯胺，2-carboxy-diphenylamine

结构式



分子式　$C_{13}H_{11}NO_2$　　**分子量**　213.23

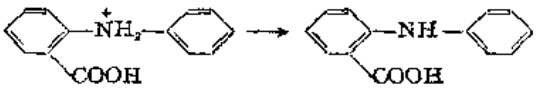
理化性状　由乙酸及醇中结晶出的为无色或浅灰色针状结晶或粉末，难溶于水，易溶于热醇，溶于醚，184℃开始分解为二氧化碳及二苯胺。本品熔点183～184℃。

理化参数

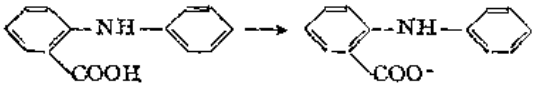
1．变色电位　指示剂浓度～$10^{-5}M$ H_2SO_4介质

H_2SO_4浓度	电位，V	H_2SO_4浓度	电位，V
$1M$	0.89		
$1.5M$	0.89	$2M$	0.885
	0.90 1.01	$3M$	0.87

2．离解常数　还原型



$pK_1=-1.41$



$pK_2=3.94$

3．克式量电位　指示剂浓度　$5\times10^{-5}M$，H_2SO_4 介质

H_2SO_4浓度	电位，V	H_2SO_4浓度	电位，V
$3.0M$	−0.91	$5.4M$	−0.865
$4.0M$	−0.89	$6.0M$	−0.865
$4.9M$	−0.87	$7.5\sim12M$	−0.85

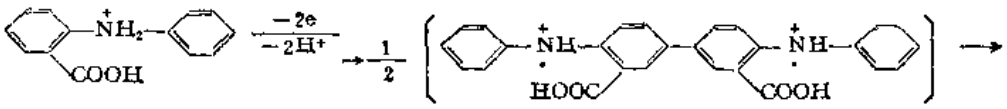
4．指示剂色泽变化　假可逆指示剂

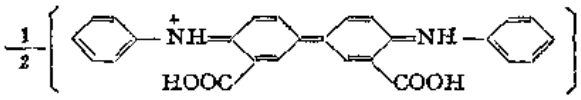
还原型　无色

氧化型　紫色

再还原时呈淡苍绿色

指示剂变色机理





合成方法　将10 g 邻氯苯甲酸，10 g 碳酸钾，40ml 苯胺和0.1 g 沉淀的铜在一圆底烧瓶中混合，在烧瓶上垂直安装一个短的冷凝器，使混合物以这样的速度保持沸腾，即有少量的水从冷凝器顶部流出，沸腾混合物 3 小时，然后用水蒸汽蒸馏除去过量的苯胺。将剩余物过滤，同时加热，将滤液与动物炭一起煮沸，然后再过滤。用浓盐酸酸化此热滤液，放置冷却。将邻苯氨基苯甲酸晶体过滤，并用冷水洗涤，干燥之。从醋酸和乙醇中重结晶纯化之。

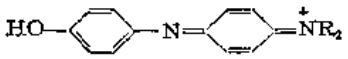
用途　作为指示剂时用 $0.005M$ NaOH 配制成 0.1% 溶液，使用时加 3～5 滴，滴定通常在 $1.5\sim6M$ H_2SO_4介质中，室温下进行。

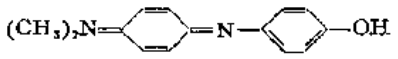
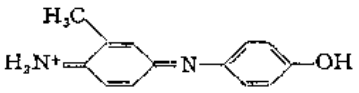
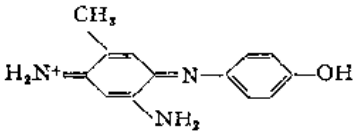
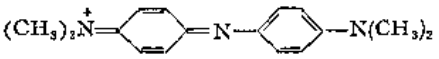
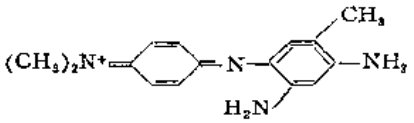
靛苯胺类化合物

Indoanilines

别名 氨基靛酚 Aminoindophenols

结构式



编号	试剂名称	结构式	分子式	分子量
Ⅱ-2(3)-0033	苯酚蓝 Phenol blue		$C_{14}H_{14}N_2O$	226.28
Ⅱ-2(3)-0027	邻甲苯胺蓝 *o*-Toluidine blue		$C_{13}H_{13}N_2O$	213.26
Ⅱ-2(3)-0032	间甲苯二胺靛酚 *m*-Toluylene diamine indophenol		$C_{13}H_{14}N_3O$	228.28
Ⅱ-2(3)-0050	宾歇尔绿 Bindschedler's green		$C_{14}H_{20}N_3$	254.38
Ⅱ-2(3)-0039	甲苯蓝 Toluylene blue		$C_{15}H_{15}N_4$	255.35

理化性质 本类指示剂不稳定，不常用。当R＝CH_3时为指示剂苯酚蓝，该指示剂在酸性及碱性溶液中均不稳定，在低pH值时很快地分解为苯醌和*N*-二甲基对苯二胺，在碱性溶液中二甲氨基被氧取代形成靛酚。

理化参数

1. 标准电位(E_0')、离解常数及氧化还原平衡常数

试剂名称	E_0'	pK_1	pK_2	pK_3	pK_{01}	pK_{02}
苯酚蓝	0.677	5.96	9.89	—	4.86	—
邻甲苯胺蓝	—	—	—	—	—	—
间甲苯二胺靛酚	0.567	2.72	4.96	10.32	8.07	11.42
宾歇尔绿	0.680	5.1	6.46	—	3.27	—
甲苯蓝	0.601	2.14	4.40	6.57	3.80	10.48

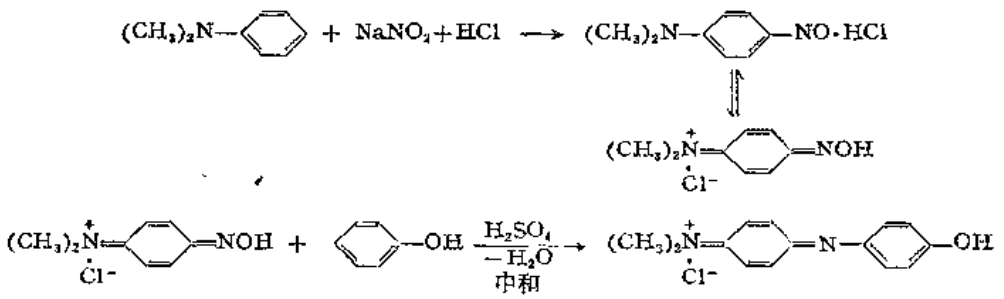
2．在不同pH值条件下的克式量电位

试剂名称	E_0	pH; E', V						
		2	3	4	5	6	7	9
苯酚蓝	0.677	0.56	0.50	0.44	0.37	0.29	0.224	0.10
宾歌尔绿	0.567	0.57	0.50	0.42	0.34	0.28	0.224	0.17

合成方法 此类试剂有两种制备方法，一种是氧化法，另一种是缩合法。

用氧化法制备的原料是二胺或氨基酚以及苯胺，混合氧化之。氧化反应大多是在酸性介质中用重铬酸钠氧化，或在碱性介质中用次氯酸钠氧化，反应温度必须在0℃左右，反应完成后，产品大多在碱性液内沉淀析出。

用缩合法制备的原料，是亚硝基胺或取代的亚硝基胺，以及胺类或酚类，在硫酸存在下缩合制得。缩合反应要在0℃或0℃以下完成，缩合后的成品经过适当的中和就可得到沉淀析出。例如苯酚蓝的合成路线为



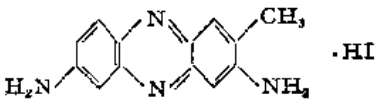
用途 本类指示剂的实际用途示例如下。

被测物	方法提要
Fe（Ⅲ）	本法适用于络合滴定法测定大量铁（Ⅲ）盐，如每60ml被测液中含10至260mg铁，准确度±1至0.1%：调节 $FeCl_3$酸性溶液（约50ml），pH至1.5～2，加入宾歌尔绿指示剂（含1%指示剂的NaCl80mg）及乙酸缓冲液（pH3.5）10ml，以EDTA 标准液滴定至转回绿色为终点
Ca，Sr，Ba，Mg和Al	在pH2.5至3.5的酸性溶液中，以 $FeCl_3$标准液滴定在样品溶液中预先加入的过量的EDTA，以宾歌尔绿—NaCl 混合物为指示剂，滴定至绿色为终点，终点色泽随指示剂混合物组成变化而不同
Cr（Ⅲ）	取含Cr（Ⅲ）的弱酸性溶液约100ml，加氯乙酸—乙酸钠缓冲液100ml，加入过量的EDTA溶液，煮沸1至2分钟，冷至20～30℃，以宾歌尔绿—NaCl混合物80mg为指示剂，用0.1MFe^{3+}溶液滴定过量的EDTA，以溶液自红紫色转变为暗蓝紫色为终点
Fe^{3+}等	在上述各类滴定中，亦可用宾歌尔绿的隐色基作为指示剂，指示剂隐色基的制备方法为：在宾歌尔绿的碱性溶液中加$NaHSO_3$还原即得，使用时配成隐色基-NaCl的1:100混合物，每次滴定加约50mg此种混合物即可

简单中性红 Ⅱ-2(3)-0028

Simple neutral red

结构式



分子式 $C_{13}H_{12}N_4 \cdot HI$ **分子量** 352.18

理化性质 固体粉末。

理化参数

1. 氧化还原电位和离解常数（$t=30°$）

标准电位 E_0'	离解常数 pK_1	离解常数 pK_2	氧化还原平衡常数 pK_0	pH范围
0.237	4.95	5.96	6.32	2.1～11

2. 不同pH值时的克式量电位（E）

pH	0	2.127	2.744	3.454	4.624	4.978	5.242	5.750
E	0.237	+0.045	−0.013	−0.073	−0.176	−0.204	−0.218	−0.252
pH	6.080	6.487	7.468	8.160	8.591	10.95	—	—
E	−0.270	−0.293	−0.350	−0.392	−0.417	−0.557	—	—

合成方法[1] 可由对苯二胺和间甲苯二胺的混合物氧化而得。

用途 作氧化还原指示剂使用。

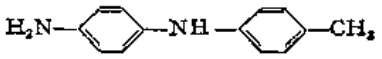
参 考 文 献

〔1〕 F. M. Rowe; *C. I.*, 825(1924).

4-氨基-4′-甲基二苯胺 Ⅱ-2(3)-0029

4-Amino-4′-methyldiphenylamine

结构式



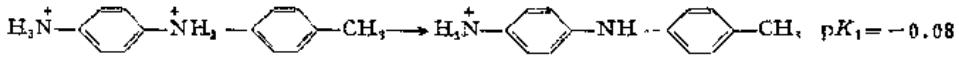
分子式 $C_{13}H_{14}N_2$ **分子量** 198.27

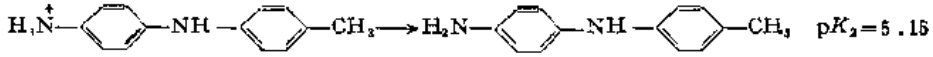
理化参数

1. 变色电位

指示剂浓度	介质酸度	电位 V
$10^{-4}M$	pH2.5～2.7	0.54
$2.5\times10^{-4}M$	pH2.5～2.7	0.524

2．离解常数　还原型





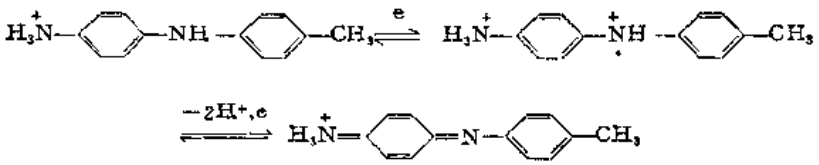
3．克式量电位

pH1.82～4.22范围内　$E=0.735\sim0.059$

4．指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型　无色，氧化型　蓝紫色

变色机理



其氧化型不稳定，易水解成对苯醌和对甲苯胺。

合成方法　由对甲基苯胺与对硝基氯代苯缩合得4-硝基-4′-甲基二苯胺，进而将此中间体还原得本品。

用途　作氧化还原指示剂使用时配成$5\times10^{-3}M$盐酸盐水溶液。滴定通常在 pH1.5～5.5范围内、室温下进行。实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
V（Ⅴ）	调节溶液pH至2～2.6，在有H_3PO_4存在下，以Fe(Ⅱ)标准溶液滴定*
Zn^{2+}	在$Fe(CN)_6^{3-}/Fe(CN)_6^{4-}$存在下，以EDTA标准溶液直接滴定

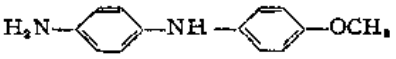
* 用钒酸盐滴定Fe^{2+}时，需有Fe^{3+}离子的络合剂存在。

变酸蓝　　Ⅱ-2(3)-0030

Variamine blue

别名　4-氨基-4′-甲氧基二苯胺　4-Amino-4′-methoxy-diphenylamine

结构式



分子式　$C_{13}H_{14}N_2O$　　**分子量**　224.28

理化性质　国内亦称为凡拉明蓝，系蓝色粉末，对光极敏感，易溶于水。

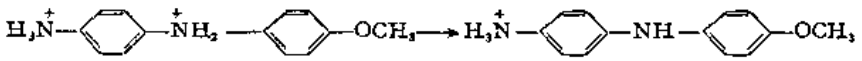
理化参数

1．变色电位

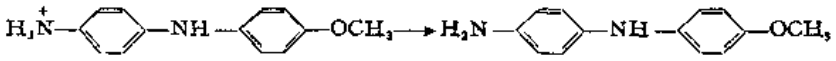
指示剂浓度	介 质 酸 度	电位，V
	pH2	0.575
$10^{-4}M$	pH2.1	0.55
$3.5\times10^{-4}M$	pH2.1	0.54

2．离解常数

还原型

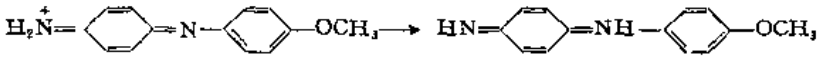


$pK_1=0.13$



$pK_2=5.9$

氧化型



$pK=6.6$

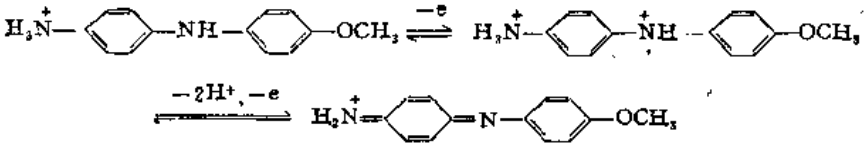
3．克式量电位

介 质 酸 度	pH2	pH4	pH6
E，V	0.60	0.48	0.37

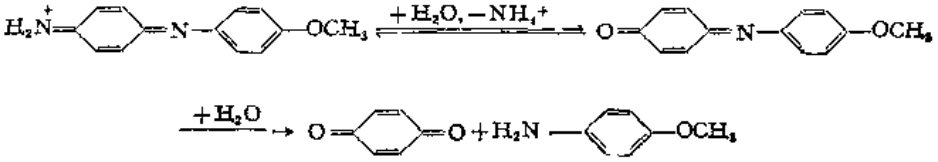
4．指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型无色，氧化型蓝紫色

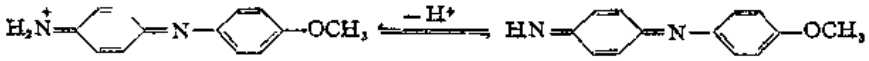
指示剂变色机理



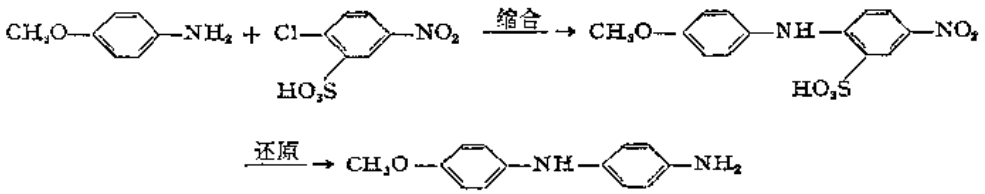
在pH3～4时，二价阳离子达最大浓度，此氧化型不稳定，易发生如下反应



pH>6时，氧化型去质子后呈黄色



合成方法　实验室制备时可取4-甲氧基偶氮苯为原料经还原重排得本品。工业上将对甲氧基苯胺与2-氯-5-硝基苯磺酸缩合后还原，水解脱去磺酸基的方法制备。即：



用途 作指示剂使用时，其溶液配制和用量取决于实际应用。

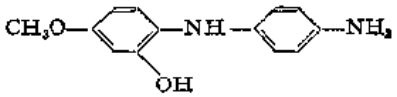
指示剂形式	指示剂配制方法	加 入 量	稳定性
变胺蓝	1%乙醇溶液	2至31滴	
变胺蓝盐酸盐	0.5%水溶液与NaCl的1:100固体混合物	3～6滴，20～30mg	1星期稳定
变胺蓝1/2H_2SO_4	0.2%水溶液与Na_2SO_4的1:100固体混合物	3～6滴，20～30mg	1星期稳定
变胺蓝·CH_3COOH	用20%CH_3COOH配制1%溶液	3～6滴	3星期

以变胺蓝作指示剂时，通常滴定是在pH1.5～6.3范围内，室温条件下进行，但以抗坏血酸作指示剂时滴定温度为60℃。

2-羟基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0031

2-Hydroxy variamine blue

别名 2-羟基凡拉明蓝



分子式 $C_{13}H_{14}N_2O_2$ **分子量** 230.27

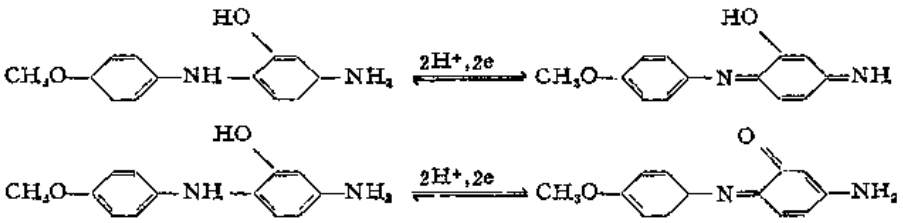
理化性质 系标准色基蓝的衍生物，是这类指示剂中使用较多的一种，在pH2～12溶液中呈紫色。

理化参数

1. 变色电位 0.565V
2. 色泽变化 可逆指示剂。

氧化型 紫色，还原型 无色。

变色机理 据认为，2-羟基标准色基蓝被氧化时，可形成两类不同结构的醌色氧化产物，邻醌结构或对醌结构



但仅仅对醌结构对于蓝紫色的呈现是主要的。

合成方法[1] 对甲氧基苯胺（即对氨基苯甲醚）与2-氯代-3-羟基-5-硝基苯磺酸缩合，然后还原去磺酸基而得之。

用途 作为氧化还原指示剂时，指示剂的配制方法随用途不同而改变，通常使用本指示剂与NaCl的1:500固体混合物，每次用量为0.3至0.5 g，实际应用如下。

被测物	方法提要
铁氰化钾	使用本指示剂测定铁氰化钾的最大特点是适用于在碱性溶液中进行。在铁氰化钾 100～500mg的80至100ml溶液中，加入 1 g碳酸氢钾和0.3至0.5 g的指示剂—NaCl(1:500) 固体混合物，以0.05*M*抗坏血酸标准溶液滴定，此时铁氰化钾被定量地还原为亚铁氰化钾： $2[Fe(CN)_6]^{3-}+C_6H_8O_6 \longrightarrow 2[Fe(CN)_6]^{4-}+2H^++C_6H_6O_6$ 滴定过程中溶液由红橙色变为蓝色，以出现蓝紫色为终点，但抗坏血酸过量时指示剂显无色
氨基脲	在碳酸氢钾介质中，氨基脲可被铁氰化钾定量地氧化为氮，定量地加入过量的铁氰化钾，剩余铁氰化钾按上述步骤测定

参 考 文 献

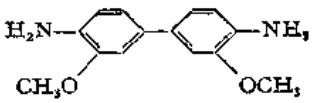
〔1〕 *C.I.*, 37255(1971).

邻联茴香胺 Ⅱ-2(3)-0034

o-Dianisidine

别名 3,3′-二甲氧基联苯胺 3,3′-Dimethoxybenzidine

结构式



分子式 $C_{14}H_{16}N_2O_2$ **分子量** 244.28

理化性质 本品有毒，系白色叶状结晶，能溶于醇，醚、丙酮、苯及汽油，不溶于水，在空气中则带有紫色光泽，其盐类一般易溶于水，但硫酸盐难溶。本品熔点137℃。

理化参数

1. 变色电位 指示剂浓度～$10^{-5}M$

介质酸度	H_2SO_4, *M*				
	0.1*M*	0.5*M*	2.0*M*	4.0*M*	10.0*M*
电位, *V*	0.75	0.79	0.80	0.81	0.78

2. 离解参数 还原型 $pK_1=2.83$ $pK_2=4.05$

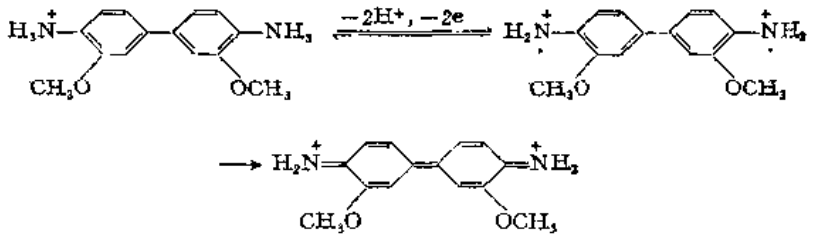
3．克式量电位

介质酸度	H_2SO_4，M				
	0	0.30	0.74	0.81	1.39
电位，V	0.849	0.829	0.797	0.796	0.755

4．指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型　无色，氧化型　红色。

变色机理　在H_2SO_4水溶液中



合成方法　在盐酸水溶液中，悬浮2,2′-二甲氧基偶氮苯，并用亚硫酸和碘还原而制备邻联茴香胺。

用途　作为氧化还原指示剂时用冰乙酸配成0.1～0.5%溶液，或相同浓度的水溶液，滴定时每次用量10滴，滴定可在强酸性、弱酸性或中性介质中、室温下进行，实际应用如下。

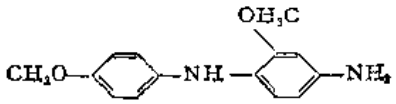
被测物	方法提要
Au^{3+}	中性或弱酸性介质中，以氢醌作为指示剂
Sn^{2+}	在9MHCl介质中，以铁氰化物标准溶液进行滴定
Bi^{3+}	在乙酸介质中，有少量铁氰酸盐存在下，以亚铁氰化物标准溶液滴定
$Fe(CN)_6^{4-}$	在少量铁氰化物存在下，以锌盐标准液滴定
I^-	在少量碘存在下以银盐标准溶液滴定

2-甲氧基标准色基蓝　　Ⅱ-2(3) 0035

2-Methoxy variamine blue

别名　2-甲氧基凡拉明蓝

结构式



分子式　$C_{14}H_{16}N_2O_2$　　**分子量**　244.29

理化性质　系标准色基蓝的衍生物。

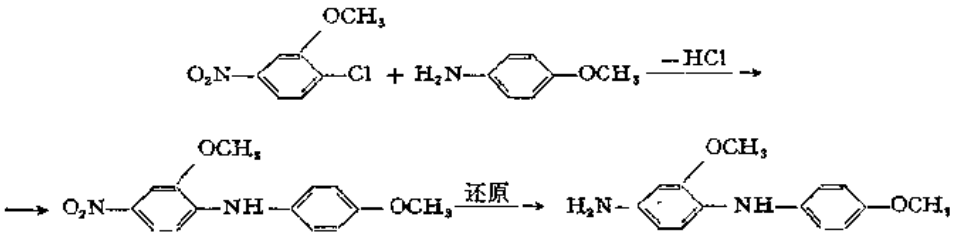
理化参数

1. 变色电位　0.636V
2. 离解常数　$pK_1=5.2$　$pK_2=9.6$
3. 氧化还原平衡常数　$pK_{01}=7.5$　$pK_{02}=10.6$
4. 克式量电位　E'的值取决于溶液的pH值，其依赖关系满足于下式：

$$E'=E_0+\frac{RT}{2F}\lg e\ \frac{[H^+]^3+K_1[H^+]^2}{[H^+]+K_{01}}$$

5. 指示剂的色泽变化　可逆指示剂。

合成方法



取3-甲氧基-4-氯代硝基苯与对甲氧基苯胺缩合后，进而将反应产品还原得本品。

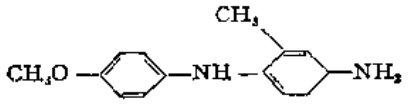
用途　用作指示剂是配成水溶液或乙醇溶液。

2-甲基标准色基蓝　Ⅰ-2(3)-0036

2-Methyl variamine blue

别名　2-甲基凡拉明蓝

结构式



分子式　$C_{14}H_{16}N_2O$　　**分子量**　228.30

理化性质　系标准色基蓝的衍生物。

理化参数

1. 变色电位　0.686V
2. 离解常数　$pK_1=5.7$　$pK_2=9.4$
3. 氧化还原平衡常数　$pK_{01}=7.0$　$pK_{02}=10.5$
4. 克式量电位　E'的值取决于溶液的pH值，其依赖关系满足于下式：

$$E'=E_0+\frac{RT}{2F}\lg e\ \frac{[H^+]^3+K_1[H^+]^2}{[H^+]+K_{01}}$$

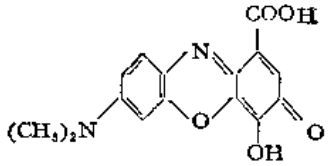
5. 指示剂的色泽变化　可逆指示剂。

没食子蓝　Ⅰ-2(3)-0037

Gallocyanine

别名　棓花青

结构式



分子式 $C_{15}H_{12}N_2O_5$ **分子量** 300.26

理化性质 绿色晶体，不溶于冷水，微溶于热水，能溶于醇，冰乙酸，溶于苛性碱碳酸盐溶液中呈红色，水溶液呈蓝色

理化参微

1．变色电位 未确定值。

2．离解常数 $pK_1=9.1$ pK_2

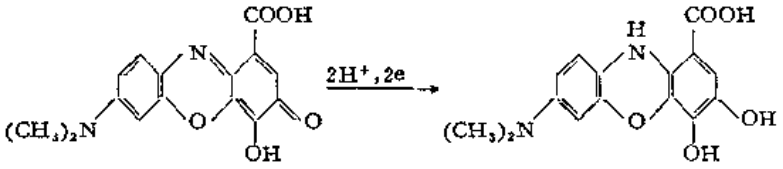
3．氧化还原平衡常数 $pK_0=10.1$

4．克式量电位

pH	5	6	7	8	9
E′，V	—	0.08	0.02	−0.032	−0.095

5．色泽变化 氧化型pH5.5～8蓝色，pH<4～pH>8红紫还原型无色。

指示剂变色机理



半醌式结构 无色

合成方法 将75 g棓酸，35 g对亚硝基二甲基苯胺的盐酸盐和850 g甲醇混合，回流沸腾，并在四小时中分批加入85 g对亚硝基二甲苯胺盐酸盐，继续沸腾，直至一滴混合液滴到滤纸上产生不带黄色边缘的深紫色斑点。然后蒸馏除去甲醇，将产物与水一起煮沸然后过滤。

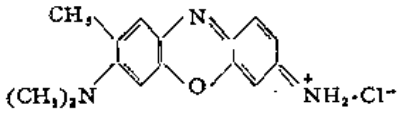
用途 作为氧化还原指示剂用，常配成0.1%的碱性水溶液。

亮甲酚蓝 Ⅱ-2(3)-0038

Brilliant cresyl blue

别名 灿烂甲酚C Brilliant blue C

结构式



分子式 $C_{15}H_{16}ClN_3O$ **分子量** 289.80

理化性质 暗红色粒状粉末，常含有二乙基衍生物，溶于水，水溶液呈蓝色，微溶于醇。

理化参数

1. 氧化还原电位和离解常数

标准电位 E_0	离解常数 pK_1	离解常数 pK_2	氧化还原平衡常数 pK_0	pH范围 —
0.583	4.60	6.30	10.74	0～11

2. 不同pH值时的克式量电位

pH	0	5	6	7	8	9
E'	0.583	0.149	0.089	0.047	0.015	−0.016

3. 指示剂的色泽变化　氧化型在pH1～10时呈蓝色，pH>10时呈红色，还原型无色。

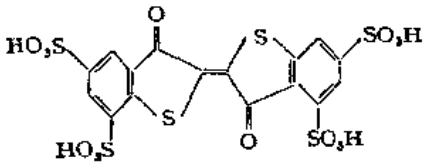
合成方法　取三份量的邻甲基对亚硝基苯二甲胺和二份量的间氨基酚缩合，经自然重排后并氧化得本品。

用途　作为氧化还原指示剂时配成0.1%水溶液，实际应用如下。

被测物	方法提要
Fe(Ⅱ), As(Ⅲ), Sb(Ⅲ), U(Ⅳ), V(Ⅳ), Mo(V)	含取有低价被测物的0.1N溶液一份，以适当酸度的$HClO_4$处理，稀至50ml，以0.1N的$(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$滴定，以0.1%亮甲酚蓝水溶液0.15ml指示终点

硫代靛蓝四磺酸　　Ⅰ-2(3)-0041

Thioindigo-5,5′,7,7′-tetrasulphonic acid



分子式　$C_{16}H_8O_{14}S_6$　　**分子量**　616.59

理化性质　红色晶形固体。

理化参数

1. 标准电位（E'_0）和离解常数（pK）的值

$$E'_0=0.409 \quad pK_1=4.5$$

2. 在不同pH值时的克式量电位

pH, E', V											
0	0.04	0.78	1.09	1.48	2.05	2.97	3.66	4.00	4.46	4.73	5.42
0.409	0.408	0.365	0.345	0.323	0.290	0.236	0.200	0.177	0.162	0.147	0.116

续表

pH, E', V							
6.53	7.00	7.48	8.52	9.75	10.29	10.93	11.18
0.084	0.063	0.047	0.018	−0.019	−0.034	−0.054	−0.059

3．指示剂的色泽变化　氧化型红色，还原型无色。

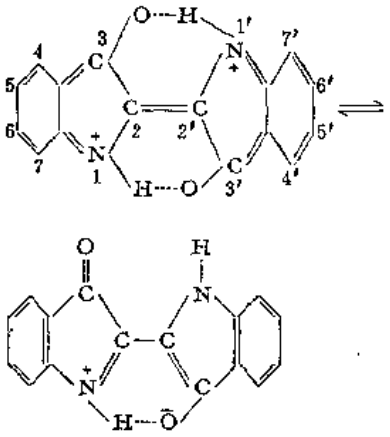
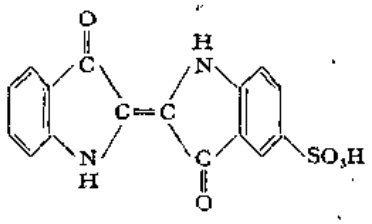
合成方法　取硫代靛蓝（thioindigo，参见 Rowe，Colour Index，No 1207）直接磺化法制备，取10 g 经粉碎的硫代靛蓝悬浮于盛有100ml的金属盐-游离30%SO_3的发烟硫酸的一长颈烧瓶中，轻轻地以一玻璃球将瓶口塞好，在145～150℃的油浴内加热 4 小时或更长时间，瓶盖处，此时积聚很多SO_3烟雾，冷却后，将此混合物倒入 1 l 水中并过滤，加入少许50%的经过滤的碳酸钾溶液，直至有一些CO_2逸出而混合物对刚果红仍呈酸性，滤出亮红色沉淀，用已过滤过的 5 %KAc-0.3%HAc 溶液洗涤沉淀以除去硫酸盐，再将此沉淀溶于1 l 水中，加热至沸，加入100ml已过滤的50%KAc- 3 %HAc 溶液，并使其慢慢冷却后，滤出红色晶状的盐，至少用过滤过的 5 %KAc-0.3%HAc溶液洗涤 10 次，然后至少用95%乙醇溶液洗涤10次，再以一些无水乙醇洗涤即可，产率约为80%。

用途　作为氧化还原指示剂使用时配成0.05%或0.1%水溶液。

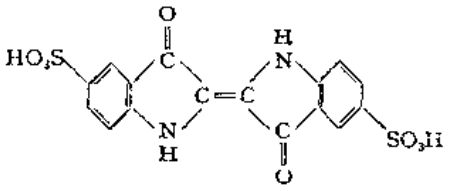
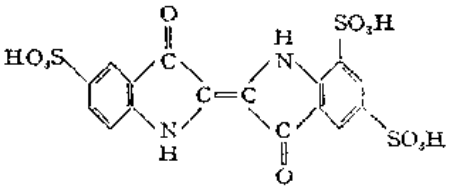
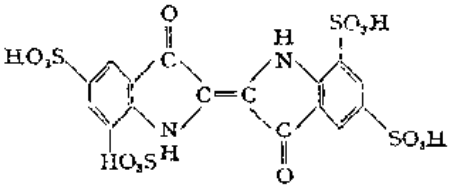
靛蓝及其磺酸盐

Indigo and its sulphonates

别名

编　号	名　称	结　构　式	分 子 式	分子量
Ⅱ-2(3)-0043	靛蓝 Indigo		$C_{16}H_{10}N_2O_2$	262.27
Ⅱ-2(3)-0044	靛蓝-5-磺酸 Indigo-5-mono-sulphonic acid		$C_{16}H_{10}N_2O_5S$	342.33

续表

编　号	名　称	结　构　式	分 子 式	分子量
Ⅱ-2(3)-0045	靛蓝-5,5′-二磺酸 Indigo 5,5′-disulphonic acid		$C_{16}H_{10}N_2O_8S_2$	422.38
Ⅱ-2(3)-0046	靛蓝-5,5′,7-三磺酸 Indigo 5,5′,7-trisulphonic acid		$C_{16}H_{10}N_2O_{11}S_3$	502.44
Ⅱ-2(3)-0047	靛蓝-5,5′,7,7′-四磺酸 Indigo-5,5′,7,7′-tetrasulfonic acid		$C_{16}H_{10}N_2O_{14}S_4$	682.50

理化性质　靛蓝系深蓝色粉末，带有金属光泽，约在300℃升华，390℃分解，溶于热的苯胺，氯仿，不溶于水，醇，醚及稀酸，稀碱。但其磺酸取代物可溶于水，其溶解度随取代基磺酸基的增加而增大。在水介质中，靛蓝的单磺酸盐为深蓝色，随着磺化程度增加，其色泽移向红蓝色，它的还原型为无色。

理化参数

1．靛蓝磺酸盐无色型的标准电位（E_0），离解常数（pK_1，pK_2）及氧化还原平衡常数（pK_{01}，pK_{02}）

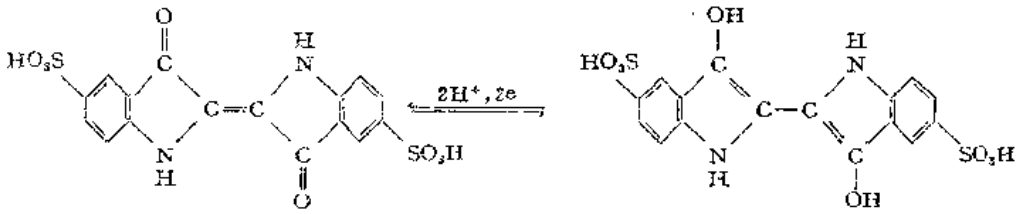
指　示　剂	E_0	pK_1	pK_2	pK_{01}	pK_{02}	pH范围
靛蓝-5-磺酸	0.262	7.7	12.4	—	—	<9
靛蓝-5,5′-二磺酸	0.291	7.4	12.1	12.3	12.8	<9
靛蓝-5,5′,7-三磺酸	0.332	7.2	12.1	11.7	12.8	<9
靛蓝-5,5′7,7′-四磺酸	0.365	7.1	11.8	11.9	12.9	<9

2．靛蓝磺酸盐在不同pH值条件下的克式量电位

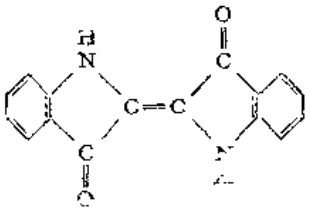
指　　示　　剂	pH, E', V					
	0	5	6	7	8	9
靛蓝-5-磺酸	0.262	−0.04	−0.10	−0.16	−0.19	−0.22
靛蓝-5,5′-二磺酸	0.291	−0.01	−0.07	−0.125	−0.16	−0.20
靛蓝-5,5′,7-三磺酸	0.332	0.032	−0.02	−0.08	−0.11	−0.14
靛蓝-5,5′,7,7′-四磺酸	0.365	0.065	0.06	−0.046	−0.83	−0.11

3．指示剂色泽变化　各种靛蓝磺酸盐作指示剂使用时的色泽变化相同：氧化型蓝色，还原型无色。

指示剂变色机理



合成方法　靛（蓝）(indigo) 是天然有机染料的一种，其主要成分为靛蓝（indigotin或indigo blue)，结构式如下，分子式$C_{16}H_{10}O_2N_2$=262.27，原来由豆科蓝属植物中提取的色素，以靛苷形式存在。



用途　本类指示剂宜在酸性溶液中使用，当溶液pH大于9时，这类指示剂易氧化成半醌式，在pH10.5～12.5之间，指示剂自蓝经红色转变为黄色。

本类指示剂是一类优良的氧化还原指示剂，如使用在高锰酸钾法及溴量法中。作氧化还原指示剂使用时配成0.1%水溶液，具体用途如下。

被测物	方　　法　　提　　要
锑（Ⅲ）	以溴酸钾作为滴定剂直接滴定
锡（Ⅱ）	在HCl浓度不低于50%的介质中，室温条件下保持体系在CO_2气氛中，以三氯化铁为滴定剂直接滴定锡（Ⅱ）的含量，以靛蓝-5,5′-二磺酸为指示剂
铼（Ⅶ）	5MHCl介质中，在室温条件下并保持体系在CO_2气氛中，以亚锡标准液为滴定剂直接滴定铼(Ⅶ)的含量，滴定时加入3滴0.2%靛蓝-5,5′-二磺酸水溶液为指示剂

续表

被测物	方法提要
锑（Ⅴ）	含锑样品预先加溴将锑氧化为五价，将此溶液煮沸10分钟以除去过量的溴，然后在二氧化碳气氛下用硫酸钛（Ⅲ）标准液滴定（保持溶液温度60℃），加0.1%靛蓝-5,5′-二磺酸水溶液5滴为指示剂
铁（Ⅲ）	在二氧化碳气氛下以$CrSO_4$标准液进行滴定时，指示剂靛蓝-5,5′-二磺酸由蓝色转变绿色为终点（绿色系Cr^{3+}的颜色）

作为滴定剂　本类试剂亦可作为还原剂直接滴定许多氧化性物质，如硫酸铈（Ⅳ）、高锰酸盐、铁氰化钾、以及高铁等。

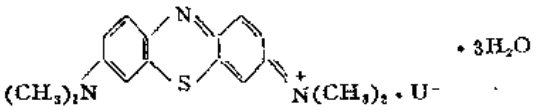
作为显色剂　靛蓝-5,5′-二磺酸的还原产物可用来测定水中的微量溶解氧，在pH=11时，氧将试剂的还原产物氧化成氧化型后，在586nm处作分光光度测定。

亚甲基蓝　Ⅱ-2(3)-0049

Methylene blue

Bis-3,9-dimethylaminophenazothionium chloride

结构式



分子式　$C_{16}H_{18}ClN_3S\cdot 3H_2O$　　**分子量**　373.88

理化性质　暗绿色晶体或带有金属光泽的粉末，能溶于水、醇、氯仿等中，不溶于醚。

理化参数

1. 变色电位　0.532　V
2. 离解常数　还原型　$pK_1=4.52$，$pK_2=5.85$
3. 克式量电位（E'）

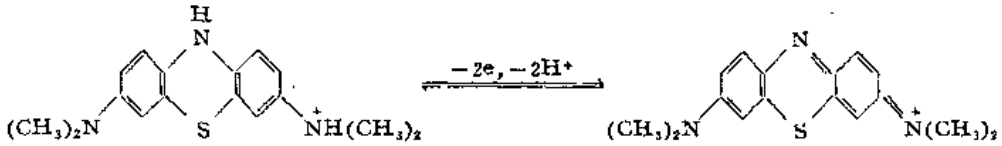
介质酸度（pH）	0	5	6	7	8	9
E'，V	0.532	0.101	0.047	0.011	−0.02	−0.05

在pH1～13范围内，其克式量电位（E'）可按下式计算

$$E'=0.532+0.0296\lg([H^+]^3+K_{a1}[H^+]^2+K_{a1}K_{a2}[H^+])$$

上式中0.532系pH=0时的克式量电位，K_{a1}和K_{a2}系指示剂还原型的逐级离解常数。

变色机理　系一步双电子转移历程。



当氧化还原反应在介质中H_2SO_4浓度大于10M时将有中间体半醌式形成。

4．指示剂的色泽变化　可逆指示剂。

还原型无色，氧化型蓝色。

合成方法　溶解7.6 g二甲间苯二胺于70ml1N盐酸中，加入35 g溶于50ml水中的$ZnCl_2$，搅拌并加入12 g溶于20ml水中的硫酸铝，然后加入溶于20ml水中的硫代硫酸钠。立刻向此溶液中加入$\frac{1}{3}$量的30ml水中含16 g重铬酸钠的溶液，尽可能快地升温至40℃，然后立即加入6 g溶于8ml浓盐酸中的二甲苯胺。加入剩余的重铬酸钠溶液，迅速升温到70℃，然后慢慢升至85℃，放置15分钟后，将混合物冷到50℃，并加入15ml浓硫酸，使无机盐沉淀溶解。当混和物冷至室温时，吸滤，将剩余物立刻溶解于200～300ml沸水中。过滤并向滤液中加入20 g 1:1的$ZnCl_2$溶液和40 g粉末NaCl。放置过夜，吸滤分离收集晶体，用少量冷冰水洗涤沉淀2次。

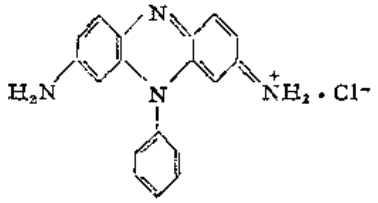
用途　作氧化还原指示剂使用时常配成其氧化型的0.5%或0.1%（约0.015或0.003M）水溶液，每次用量2～3滴，滴定可在很宽的pH条件下，室温或加热下，通常在没有氧的情况下进行，实际用途如下。

被测物	方　法　提　要
Ti^{3+}	在0.1M H_2SO_4介质中，60℃条件下用高锰酸钾标准溶液滴定，在与Fe^{2+}的混合物中，第二终点用1,10-二氮菲-铁络合物指示
Ti^{3+}	以$Ce(SO_4)_2$标准溶液滴定，条件与$KMnO_4$方法相似
V Ⅲ	在0.2MHCl介质中，以Cu^{2+}作为催化剂，用Fe^{3+}盐标准液滴定
Ti^{3+}	在25%酒石酸介质中，用Fe^{3+}盐标准溶液滴定
U^{4+}	在0.2～0.3MHCl介质中，98～100℃，用Fe^{3+}盐标准溶液滴定
Sn^{2+}	在4～6MHCl介质中，CO_2气氛保护下，用Fe^{3+}盐标准液滴定
U（Ⅳ）	在2.5～4.0MKOH介质中，以亚铁氰化物标准溶液滴定
Mo（Ⅴ）	在0.5MHCl介质中，柠檬酸存在下，加热至～90℃，以Fe^{2+}盐标准液滴定
Mo（Ⅵ）	在11.5～13.0M H_3PO_4介质中，用Fe^{2+}盐标准溶液滴定
V（Ⅳ）	10.5M H_3PO_4介质，以Fe^{2+}标准液滴定
U（Ⅵ）	11.6M H_3PO_4介质中，以Fe^{2+}标准液滴定
Fe^{3+}	在1.5M H_2SO_4介质中，以$CrSO_4$标准液滴定
Fe^{2+}	在1.0M H_2SO_4介质中，以VSO_4标准液滴定

酚藏花红　　Ⅱ-2(3)-0051

Phenosafranine

结构式



分子式 $C_{18}H_{15}ClN_4$ **分子量** 322.79

理化性质 绿色针状结晶，有金属光泽，能溶于水或醇呈红色溶液，本试剂是藏花红类染料中结构最简单者，对照相干片有减感作用。

理化参数

1．氧化还原电位和离解常数，30℃

标准电位 $E'_0=0.280V$

离解常数 $pK_1=4.96$ $pK_2=5.78$

2．不同pH值时的克式量电位

pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E′, V	0.28	0.182	0.09	−0.0153	−0.086	−0.10	−0.176	−0.252	−0.33	−0.40

3．指示剂的色泽变化 氧化型红色，还原型无色。

pH	2	3	4
E′	0.099	−0.0153	−0.086

合成方法 将1mol盐酸间苯二胺与2mol盐酸苯胺混合用重铬酸钾氧化之，加入粉状白垩、过滤，用盐酸酸化滤液，盐析出。此化合物呈绿色针状晶体从稀盐酸中结晶出来。

用酸 作为指示剂使用时配成0.1%水溶液，实际应用如下。

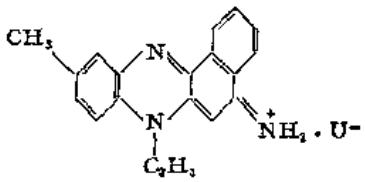
被测物	方法提要
锑（Ⅴ）	在4～8*M*HCl介质中，在惰性气体气氛中，用亚钛盐标准溶液直接滴定锑（Ⅴ）含量，指示剂在等当点前1ml时加入，滴定至溶液自洋红转变至无色为终点
钛（Ⅲ）	在HCl介质中以$NaVO_3$标准液直接滴定钛（Ⅲ），并加草酸以促进氧化型指示剂与Ti^{3+}的反应：取2*N*HCl25ml，0.5*M*草酸10至15ml和0.1%指示剂0.1ml的混合物，通$CO_2$10分钟，加浓度相当于0.05*N*$TiCl_3$的Ti^{3+}溶液3～5ml，室温下以$NaVO_3$直接滴定，Fe^{2+}和V(Ⅲ)的存在无干扰
铁（Ⅲ）	在室温下，CO_2气氛保护下以Ti^{3+}标准液直接滴定，加0.5*M*草酸10～15ml为催化剂，以溶液从紫色转变为无色指示终点
铀	U（Ⅵ）预先用$CrCl_2$还原为U(Ⅳ)，过量的还原剂用空气氧化除去，加入Fe^{3+}盐，此时形成的Fe^{2+}用$K_2Cr_2O_7$滴定

引杜林酸红 Ⅰ-2(3)-0052

Induline scarlet

别名 对氮蒽猩红

结构式



分子式 $C_{19}H_{18}ClN_3$ **分子量** 323.82

理化性质 可溶于水，溶液呈红色，溶于乙醇呈橙红色带黄色荧光，其水溶液加NaOH形成紫色树脂状沉淀。

理化参数

1. 氧化还原电位和离解常数（$t=30℃$）

标准电位 $E'_0=0.047V$ 离解常数 $pK_1=4.5$

2. 不同pH时的克式量电位

pH	2.946	3.448	4.645	6.488	8.596
缓冲体系	柠檬酸盐	柠檬酸盐	乙酸盐	磷酸盐	硼酸盐
E	−0.1300	−0.1538	−0.2195	−0.2834	−0.3465

合成方法[1]

一、由2-羟基-1,4-萘醌-4-亚胺与3-氨基-4-乙氨基甲苯缩合而得。

二、由4-乙氨基-3-硝基甲苯与1-萘胺及其盐酸盐在氯化锌存在下反应而得。

三、由2-乙氨基（或二乙氨基）-5-甲基偶氮苯-4′-磺酸与1-萘胺盐酸盐反应而得。

四、用铬酸氧化3-氨基-4-乙氨基甲苯和1-萘胺而得。

五、由N-乙基-2-苯基偶氮-对甲苯胺与1-萘胺盐酸盐在苯酚（做稀释剂）中加热而得。

用途 作氧化还原滴定中指示剂。

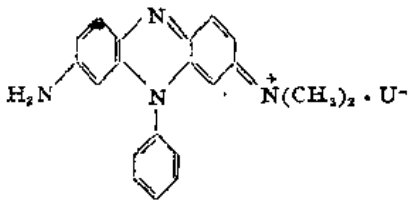
参 考 文 献

〔1〕 G. A. Swan: "The Chemistry of Heterocylic Compounds, 325, 1957.

二甲基酚藏花红 Ⅰ-2(3)-0053

Dimethylphenosafranine

结构式



分子式 $C_{20}H_{19}ClN_4$ **分子量** 320.85

理化性质 可溶于冷水或热水中，呈洋红色溶液，易溶于乙醇及溶纤剂(2-乙氧基乙醇)中，其水溶液中加入NaOH时析出红棕色沉淀。

理化参数

1. 氧化还原电位和离解常数

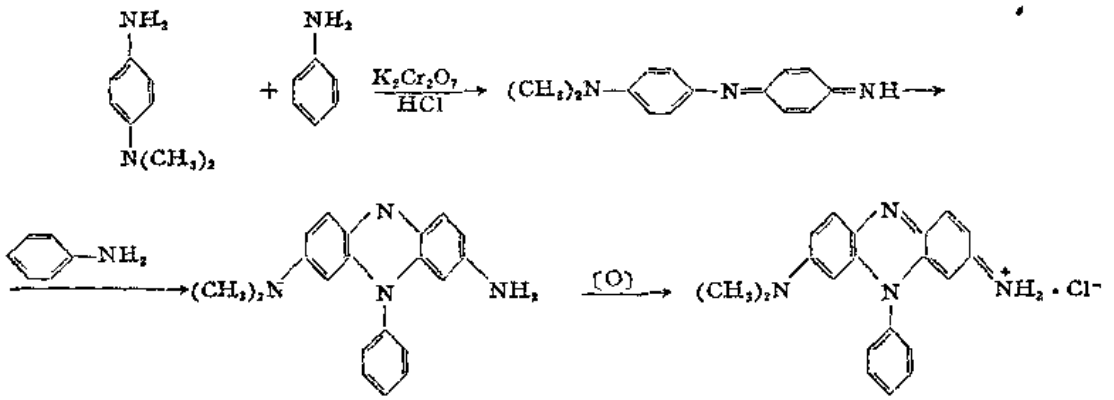
标准电位 E_0	离解常数 pK_1	pK_2	氧化还原平衡常数 pK_0	pH范围
0.286	4.89	6.33		10～12

2. 不同pH值时的克式量电位

pH	0	5	6	7	8	9
E'	0.286	−0.104	−0.182	−0.260	−0.340	−0.42

3. 指示剂色泽变化　氧化型紫色，还原型无色。

合成方法



取一份N,N-二甲基对苯二胺与等mol量的苯胺，用重铬酸钾和盐酸氧化，再与苯胺经缩合氧化后即得本品。

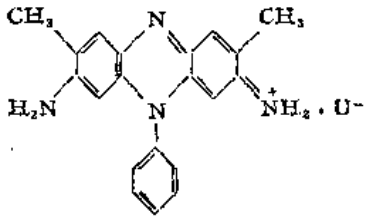
用途　作氧化还原指示剂时配成0.1%水溶液。

碱性藏红T　　Ⅱ-2(3)-0054

Safranine T

别名　碱性藏红 O　Satranine O

结构式



分子式　$C_{20}H_{19}ClN_4$　　**分子量**　350.80

理化性质　本品中常混有甲基藏红，系红棕色粉末，易溶于水呈红色溶液，溶于醇时呈带黄

红色溶液。

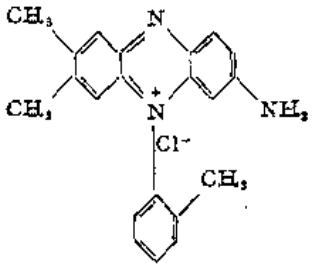
理化参数

1. 标准电位 $E'_0=0.235$

2. 离解常数 $pK_1=4.7$ $pK_2=5.75$

3. 指示剂色泽变化 氧化型在酸性溶液中呈蓝紫色，碱性溶液中呈棕色，还原型无色。

合成方法 碱性藏红T的合成若以邻氨基甲苯为原料出发，在酸性溶液加亚硝酸钠成重氮盐后，与邻氨基甲苯自身偶联后，得2-甲苯-1-偶氮对氨基间甲苯，控制在100～104℃条件下，加盐酸与铁粉还原得邻氨基甲苯和2,5-二氨基甲苯，将此混合物加重铬酸钠脱水氧化，并加入苯胺，反应得碱性藏红T的隐色体，经重铬酸钾氧化得碱性藏红T，氧化温度不能过高，时间必须很长，在25℃时氧化反应时间36小时，在40℃反应时间为12小时。在反应中，也可能生成如下结构的异构体杂质，必须分离除去。



用途 作为指示剂使用时配成0.05%水溶液，实际应用如下。

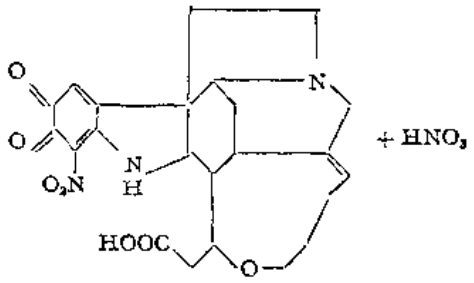
被测物	方法提要
锑(Ⅴ)	在4～8MHCl介质中，在惰性气体气氛中，用亚钛盐标准溶液直接滴定锑（Ⅴ）含量，指示剂在等当点前1ml时加入，滴定至溶液自紫色转变至无色为终点
钛(Ⅲ)	在HCl介质中以$NaVO_3$标准液直接滴定钛(Ⅲ)，并加草酸以促进氧化型指示剂与Ti^{3+}的反应。取2NHCl25ml，0.5M草酸10至15ml和0.1指示剂 0.1ml 的混合物通$CO_2$10分钟，加Ti^{3+}溶液3至5ml(其浓度相当于0.05$N$$TiCl_3$)，在室温下以$NaVO_3$直接滴定，$Fe^{2+}$和V(Ⅲ)无干扰
铜(Ⅱ)	在硫酸或盐酸介质中，保持体系在二氧化碳气氛中用亚钛盐溶液直接滴定二价铜盐
铁(Ⅲ)	在室温下，CO_2气氛保护下以Ti^{3+}标准溶液直接滴定，加0.5M草酸 10～15ml为催化剂，以溶液从紫色变为无色为终点
钒(Ⅱ)	在0.5～2$M$$H_2SO_4$介质中，以高碘酸钾标准溶液直接滴定钒(Ⅱ)，反应按下式进行： $8V^{2+}+IO_4^-+8H^+\longrightarrow 8V^{3+}+I^-+4H_2O$ 亦可在0.5$M$$H_2SO_4$介质中，用溴酸钾标准液滴定钒(Ⅱ)

卡可西灵 Ⅱ-2(3)-0055

Cacotheline

别名 硝酸双去甲基硝基马钱子碱合水 Bis-desmethyl-nitrobrucine hydrate nitrate

结构式



分子式 $C_{21}H_{21}N_3O_7 + HNO_3$ **分子量** 490.42

理化性质 黄色晶状固体，微溶于水，易溶于热水，难溶于醇。

理化参数

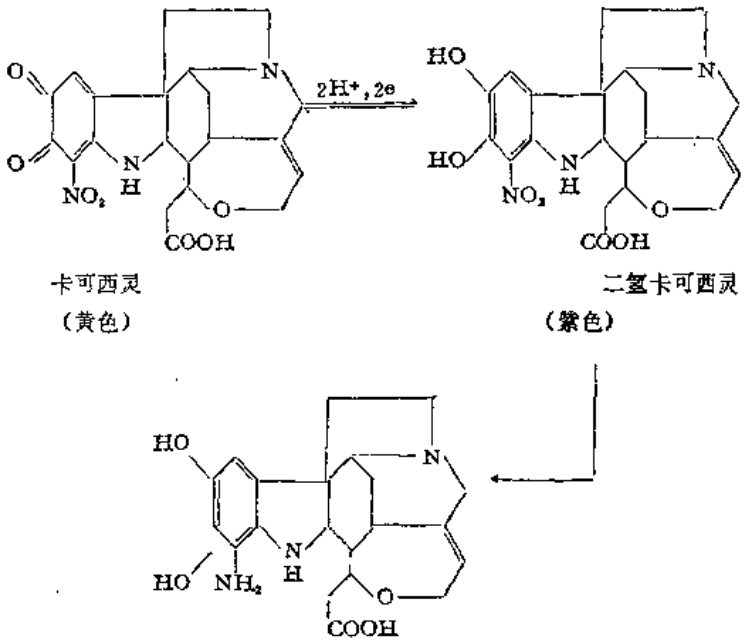
1．标准电位和克式量电位

克考西林浓度为$1.225\times10^{-3}M$，温度28℃

2．不同盐酸浓度的介质中的克式量电位

盐酸浓度，N	0.499	0.996	1.990	2.990	5.000
电位，V	0.463	0.482	0.495	0.513	0.534

指示剂的变色机理 卡可西灵被硫化物，硫化氢，钛（Ⅱ），铁（Ⅰ）等还原后呈紫色的二氢克考西林，此反应可逆。但当有强还原剂存在时，如在HCl介质中有过量的亚锡存在时，卡可西灵进一步被还原为无色化合物，此步反应不可逆。



合成方法 将20 g干燥的二甲马钱子碱溶于400ml10%的硝酸中，然后加热至50～60℃，几分钟后溶液变成红色，克考西林以黄色固体沉淀析出，放置4小时，然后过滤用少量冷水和醇洗涤沉淀除去酸，然后在硫酸干燥器中干燥之。

另一方法

溶解39.4 g 干燥的二甲马钱子碱于200ml5N的冷硝酸中，然后加热至50～60℃15 分钟，溶液变红，然后红带黄，最后黄色的克考西林晶体从混合物中分离出来。在冰水中放置几小时，吸滤分离晶体，用1N硝酸、丙酮、乙醚洗涤沉淀。

用途 本试剂最早被用作为锡（Ⅱ）的定性检出试剂，用作氧化还原指示剂时，常配成1％溶液，每次用量3至5滴。

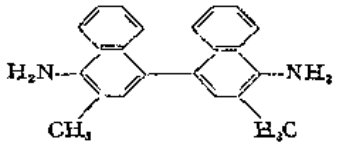
被测物	方　法　提　要
Sn^{2+}	在乙醇介质中，以碘液滴定
Fe^{3+}	在2N HCl介质中，以Sn^{2+}溶液为滴定剂，以克考西林转变成紫色为终点，误差<0.25%，滴定需加热以促使Fe^{3+}与Sn^{2+}之间的反应，在室温下反应缓慢
Fe^{3+}或总铁量	微微过量的亚锡将Fe^{3+}还原为Fe^{2+}，过量的亚锡以氯化高汞除去，然后以$K_2Cr_2O_7$滴定，以克考西林为指示剂，由紫色转变为黄色或黄绿色为终点
Fe	试液稀至20～25ml，加浓盐酸5ml，加热近沸并逐滴加入0.5M氯化亚锡直至黄色转至浅绿色，并过量1～2滴，保持在热溶液下用0.02M铈酸盐溶液滴定至紫色变为黄色，加200ml 水，6ml 9M H_2SO_4，继续以0.1M铈标准液滴定
Sn^{2+}	pH11～12.5，在焦磷酸钠存在下，以铁(Ⅲ)氰化钾标准溶液直接滴定
Ti^{3+}	Ti^{3+}单独存在时，以铈(Ⅳ)标准溶液直接滴定
Ti^{3+}、Fe^{2+}混合物	与Ti^{3+}的测定方法相似，以克考西林指示第一等当点的到达，以苯替氨茴酸指示第二等当点
亚铁氰化钾	以铈标准溶液直接滴定
Cu	试样溶于硫酸后，以$NH_3 \cdot H_2O$调至pH5～6，加10M H_2SO_4 1ml，并加入足够量的硫氰酸盐—草酸混合物，至出现沉淀，加入硫酸锌作为催化剂及2ml克考西林饱和溶液，煮沸，以硫代硫酸盐溶液滴定至由翡翠绿转变到紫色为终点

3,3′-二甲基联萘胺　　Ⅱ-2(3)-0056

3,3′-Dimethylnaphthidine

别名 3,3′-二甲基-4,4′-二氨基-1,1′-联萘3,3′-Dimethyl-4,4′-diamino-1,1′-dinaphthyl

结构式

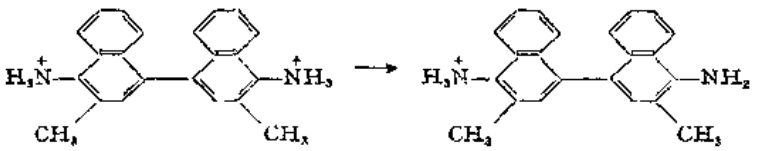


分子式 $C_{22}H_{20}N_2$　　**分子量** 312.42

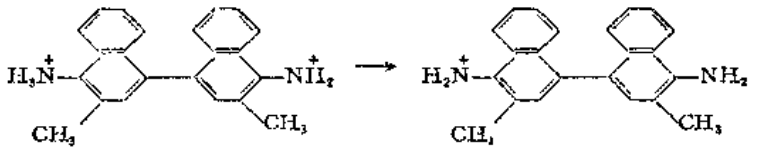
理化参数

1. 变色电位　指示剂浓度～$10^{-5}M$，H_2SO_4介质0.1～4.0M H_2SO_4　0.70～0.71V（重铬酸钾法测得）4.0M H_2SO_4　0.67V（铈量法测得）

2. 离解常数　还原型



$pK_1=2.62$



$pK_2=3.33$

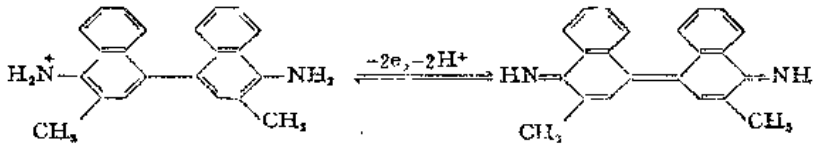
3.克式量电位　H_2SO_4介质

介质酸度，pH	0	0.28	0.50	0.79	1.00
电位，V	−0.776	−0.755	−0.726	−0.714	−0.711

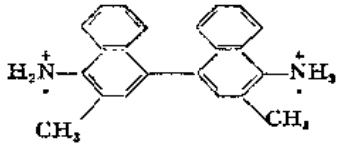
4．指示剂色泽变色　可逆指示剂。

还原型　无色，氧化型　紫红色。

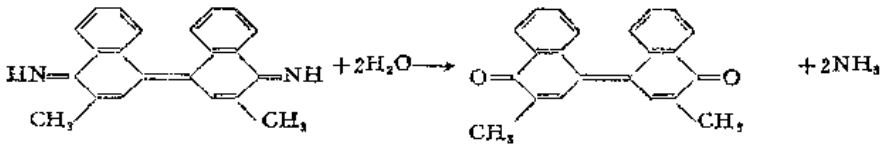
变色机理　经一步双电子转移历程完成



上式中氧化型与二价基相等价



氧化型不稳定，按下式分解



合成方法　以邻硝基甲基萘经氧化得邻氧化偶氮甲基萘，还原后经邻偶氮甲基萘至邻氢化偶氮甲基萘，再经重排后则得本品。

用途　作为氧化还原指示剂使用时，用无水乙酸配成1％溶液，每次用量以2～3滴为宜，滴定是在酸性或弱酸性介质中，室温下进行。

3,3′-二甲基联萘胺二磺酸　　Ⅰ-2(3)-0057

3,3′-Dimethylnaphthidinedisulphonic acid

别名　3,3′-二甲基-4,4′-二氨基-1,1′-联萘二磺酸　3,3′-Dimethyl-4,4′-diamino-1,1′-dinaphthyldisulphonic acid

结构式　结构式中两个磺酸基位置未确定

分子式　$C_{22}H_{20}N_2O_6S_2$　　**分子量**　472.53

理化性质　晶状或粉末状固体，适量地可溶于水。

理化参数

1．变色电位　指示剂浓度～$10^{-5}M$，H_2SO_4介质

介质酸度，M	0.1	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
电位，V	0.82	0.81	0.80	0.79	0.77	0.75

2．克式量电位

介质酸度，pH	0	0.28	0.50	0.79	1.00
电位，V	0.838	0.796	0.802	0.806	0.784

3．指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型　无色，氧化型　紫色。

合成方法　由3,3′-二甲基联萘胺直接磺化方法制备。

用途　作氧化还原指示剂时常配成0.2%或1%的水溶液，使用时每次用量少许几滴即行，实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
Zn^{2+} Cd^{2+}	在2%$(NH_4)_2SO_4$介质中，在少量的$Fe(CN)_6^{3-}$存在下，以亚铁氰化钾标准溶液滴定
Ga(Ⅲ)	在5%的乙醇溶液中，在少量的$Fe(CN)_6^{3-}$存在下，以亚铁氰化钾标准溶液滴定

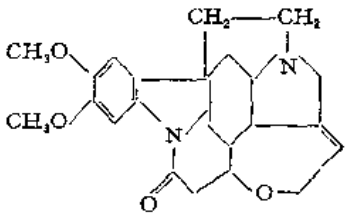
番木鳖碱　　Ⅱ-2(3)-0058

Brucine

别名　白路新；

二甲氧基·马钱子碱　Dimethoxystrychnine

结构式

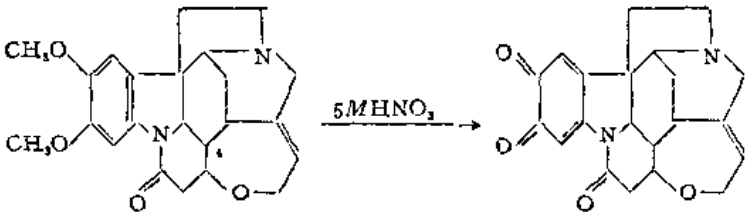


分子式　$C_{23}H_{26}N_2O_4$　　**分子量**　394.47

理化性质　无色晶体或白色粉末，熔点178℃。四水合物为单斜棱柱晶体，亦有二水合物，味苦，很毒，在100℃时失水，微溶于水，溶于醇，醚及氯仿中。

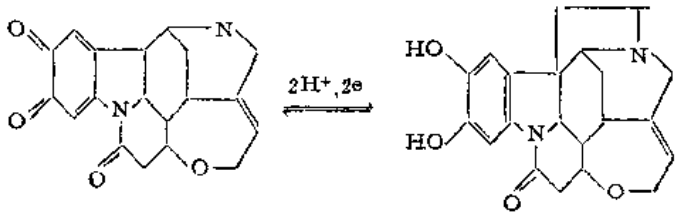
理化参数　克式量电位迄今未见报告，但据认为其值要高于克考林西的克式量电位。

变色机理　在0～5℃，5M硝酸介质中，番木鳖碱易被温和的氧化剂氧化为红色的醌式产物，在较强氧化剂作用下，醌式产物被破坏呈无色。



醌式产物（红色）

番木鳖碱的醌式产物可被还原为氢醌，呈无色。



氢醌（无色）

合成方法 由天然化合物中提取得到。以马钱子植物的成熟种子中提取出番木鳖碱后，再用盐酸处理而制得。

用途 作氧化还原指示剂时，配成在1.5M H_2SO_4中的1％溶液，使用时指示剂加入量的（通常加10至20滴）多少并不会增大滴定误差。故使用本指示剂要比在HCl介质中以二苯胺为指示剂更适宜。本指示剂滴定分析中的实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
铁Ⅱ	在1.5～2M硫酸介质中，用重铬酸钾标准液直接滴定，介质酸度过低时，指示剂变色迟缓
铀Ⅳ	在冷的2M H_2SO_4介质中，加0.1％番木鳖碱溶液1ml为指示剂，用重铬酸钾直接滴定
氢醌	2.5M H_2SO_4介质中，相似于铀Ⅳ的滴定方法进行
锡	用重铬酸钾标准液直接滴定
亚铁氰化物	用铈（Ⅳ）标准液滴定
钼Ⅴ，氢醌	以铈量法直接滴定，指示剂是用2～3M乙酸配成0.1％溶液，比指示剂的硫酸溶液更稳定，至少9个月内不会变质，测定钼时每100ml溶液中加入10ml糖浆状磷酸可使指示剂变色更敏锐

二苯基联苯胺二磺酸　　Ⅱ-2(3)-0059

Diphenylbenzidinedisulphonic acid

结构式 结构式中磺酸基位置不确定

分子式 $C_{24}H_{20}N_2O_6S_2$　　**分子量** 496.55

理化性质 晶状或固体粉末状，能适量地溶于水。

理化参数

1. 变色电位　在1M H_2SO_4介质中，1.5M H_3PO_4存在下。

指示剂浓度	$2.5\times10^{-6}M$	$1.25\times10^{-5}M$	$2.5\times10^{-5}M$
电位，V	0.88	0.83	0.82

2. 离解常数　还原型

$$=\overset{+}{N}H_2(\text{Ⅰ}) \longrightarrow =NH \qquad pK_1=-2.1$$

$$=\overset{+}{N}H_2(\text{Ⅱ}) \longrightarrow =NH \qquad pK_2=-0.75$$

3．克式量电位　指示剂浓度～$6\times10^{-4}M$、Fe^{3+}存在下。

介质酸度	H_2SO_4			
	0.5M	1.5M	3M	3.3M
电位，V	0.91	0.91	0.86	0.82

4．指示剂色泽变化　假可逆指示剂。

还原型　无色，氧化型　紫色。

合成方法　由二苯基联苯胺直接磺化制备。

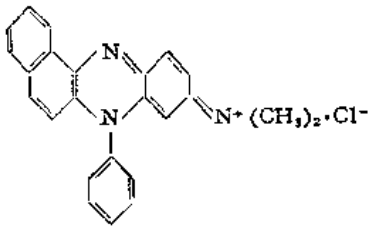
用途　作为氧化还原指示剂使用时配成0.005M水溶液，用量凡100ml被滴定溶液中加0.5ml，被滴定液酸度约2M H_2SO_4，室温下滴定，实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
Fe^{2+}	介质酸度约为1～2M H_2SO_4，在有H_3PO_4存在下，以$K_2Cr_2O_7$标准液滴定

中　性　蓝　　Ⅰ-2(3)-0060

Neutral blue

结构式



分子式　$C_{24}H_{23}ClN_3$　　**分子量**　355.90

理化性质　紫黑色块状固体，溶于水，水溶液呈紫色，可溶于乙醇，溶液呈红紫色，水溶液加NaOH时产生紫色沉淀。

理化参数

1．氧化还原电位和离解常数

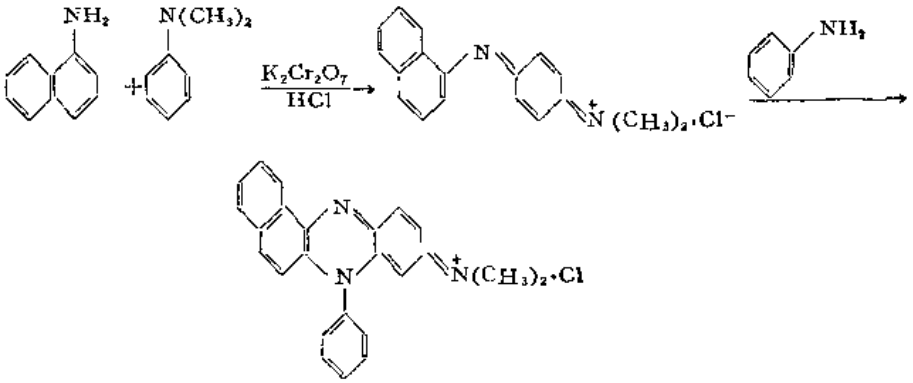
标准电位 E_0'	离解常数 pK_1	pK_2	氧化还原平衡常数 pK_0	pH范围
0.170	5.0	—	—	1～4.2

2．不同pH值时的克式量电位

pH	0	1.07	2.95	3.5	4.22	5	6	7	8	9
E'	0.170	0.105	−0.007	−0.040	−0.082	−0.13	−0.19	−0.25	−0.31	−0.37

3．指示剂的色泽变化　氧化型蓝色，还原型无色。

合成方法



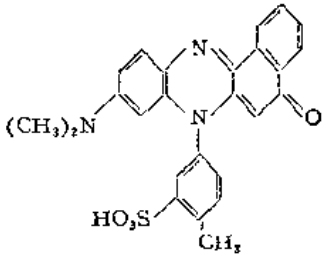
取一份α-萘胺与等mol量的二甲基苯胺，用重铬酸钾和盐酸氧化，再与苯胺缩合氧化后可得本品。

用途　作氧化还原指示剂使用时配成0.1%水溶液。

磺化玫引杜酮　　Ⅱ-2(3)-0061

Sulfonated rosindone

结构式



分子式　$C_{25}H_{21}N_3O_4S$　　**分子量**　459.52

理化性质　结块或粉末状固体，可适量地溶于水及乙醇中。

理化参数

1．氧化还原电位和离解常数

标准电位 $E^{0'}$	离解常数 pK_1	pK_2	氧化还原平衡常数 pK_3	pH范围
0.247	7.5	9.5	—	6.1～10.7

2．不同pH值时的克式量电位

pH	6.082	7.103	8.172	9.304	9.810	10.689
缓冲体系	磷酸盐	磷酸盐	硼酸盐	硼酸盐	硼酸盐	磷酸盐
E'	−0.305	−0.393	−0.462	−0.527	−0.549	−0.589

合成方法[1] 用含SO_3的发烟硫酸于120～130℃对引杜酮进行磺化反应而得。

参 考 文 献

用途 作氧化还原指示剂使用。

〔1〕 G. A. Swan; "The Chemistry of Heterocyclic Compounds", 289, 1957.

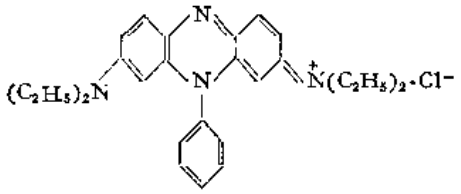
四乙基酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0062

Tetraethylphenosafranine

别名 紫水晶紫，

Amethyst violet

结构式



分子式 $C_{26}H_{31}ClN_4$ **分子量** 435.01

理化性质 溶于水溶液呈红紫色，亦可溶于乙醇，溶液呈洋红色，带有红色带蓝的荧光。其水溶液加HCl酸化时转呈蓝色。

理化参数

1. 氧化还原电位和离解常数

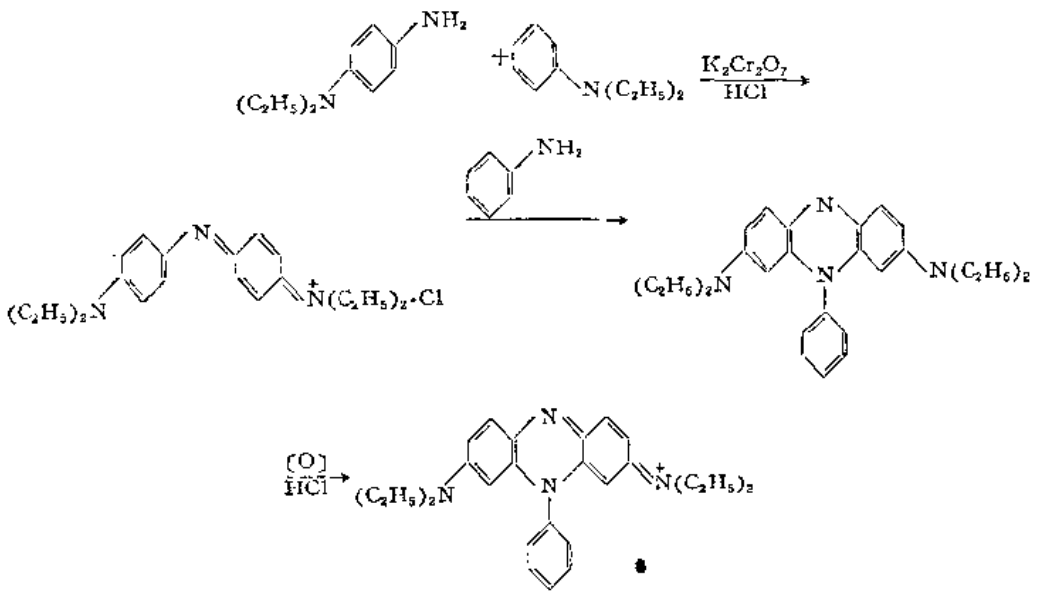
标准电位 E_3'	离解常数 pK_1	pK_2	氧化还原平衡常数 pK_3	pH范围
0.355	6.4	7.7	—	2.2～9.8

2. 不同pH值时的克式量电位

pH	0	5	6	7	8	9
E'	0.355	−0.08	−0.167	−0.254	−0.34	−0.43

3. 指示剂的色泽变化 氧化型紫色，还原型无色。

合成方法



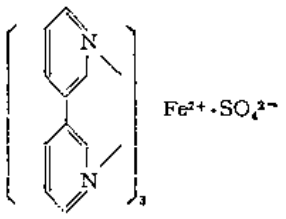
一份N,N-二乙基对苯二胺与等mol数的N,N-二乙基苯胺，用重铬酸钾和盐酸氧化，再与苯胺经缩合氧化后可得本品。

用途 作氧化还原指示剂时配成0.1%水溶液。

三-（2,2′-联吡啶）铁（Ⅱ）硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0063

Tris-(2,2′-dipyridyl)iron(Ⅱ)-sulphate

结构式



分子式 $(C_{10}H_8N_2)_3Fe\cdot SO_4$ **分子量** 620.46

理化参数

1. 变色电位 参见克式量电位。
2. 离解常数 2,2′-联吡啶的酸离解常数

   $pK_1=-0.2$ （分光光度法）

   $pK_2=4.44$；（电位法）

   4.49；（电位法）

   4.44（分光光度法）
3. 络合物累积稳定常数

还原型 $\lg\beta_3=17.45$；（pH测量法）

17.45；

16.94（分光光度法）

氧化型 $\lg\beta_3=12.0$（电位法）

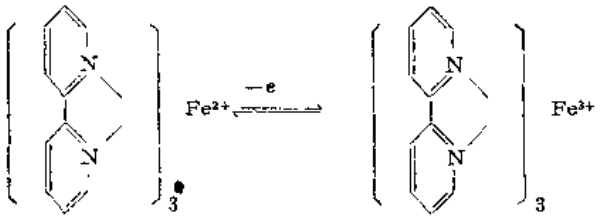
4. 克式量电位 H_2SO_4性介质

酸浓度，M	0.01	0.11	1.0	2.0	4.0	6.0	10.0
电位，V	1.086 1.069	1.062	1.026 1.023	1.00	0.95	0.88	0.80

指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型　红色，　　氧化型　淡蓝色。

变色机理　一步单电子转移历程



提纯方法　作为指示剂使用的本试剂溶液，可直接用分析纯的 2,2′-联吡啶及亚铁盐配制，无需另行提纯。

用途　作指示剂使用时常配成 0.025M 水溶液：溶解1.17g 2,2′-联吡啶于 100ml 预先溶有 0.695g$FeSO_4 \cdot 7H_2O$的溶液中即得，滴定时每次用量加 1 滴即可。

若使用三(2,2′-联吡啶) 铁(Ⅱ)的高氯酸盐时，应配成饱和水溶液，每次用量为 1ml，实际应用如下。

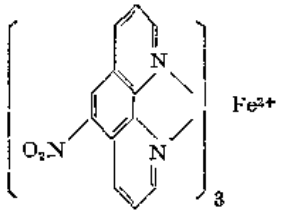
被测物	方　法　提　要
Fe^{2+}	1M H_2SO_4或HCl介质，用硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
氢　醌	1M H_2SO_4介质，用硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
V(Ⅳ)	在12$M$$CH_3COOH$介质中，用硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定

硝基菲咯因　　Ⅱ-2(3)-0064

N-itroferroin

别名　三(5-硝基-1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐　Tris(5-nitro-1,10-phenanthroline) iron(Ⅱ)Sulphate

结构式



分子式　$(C_{12}H_7N_3O)_3Fe$　　**分子量**　731.46

理化参数

1. 变色电位　参见克式量电位。
2. 离解常数　5-硝基-1,10-二氮菲的酸离解常数

$pK_1=3.57$（电位法）

$pK_2=4.18$（分光光度法）

$pK_3=3.23$（分光光度法）

3．络合物累积稳定常数

还原型　$\lg\beta_3=17.8$（分光光度法）

氧化型　$\lg\beta_3=7$

4．克式量电位　H_2SO_4性介质

介质中H_2SO_4浓度，M	0.5	1.0	2.0	4.0
电位，V	1.26	1.25	1.22	1.12

若系$HClO_4$性介质，$HClO_4$浓度在4～8M之间，克式量电位与介质中$HClO_4$浓度间的依赖关系为，

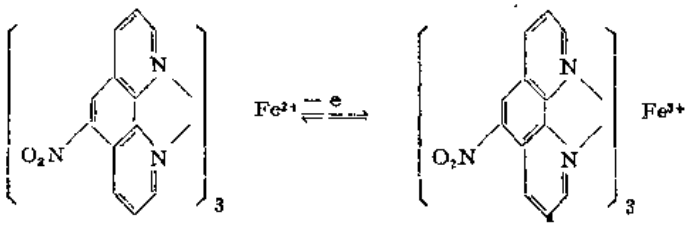
$$E'=1.239+0.0552H_0$$

式中H_0表示Hamett酸度函数

5．指示剂色泽变化　可逆指示剂。

还原型　桃红色，　　氧化型　无色（浅蓝色）。

变色机理　一步单电子转移历程



提纯方法　作指示剂使用的本品溶液，可直接用分析纯的5-硝基-1,10-二氮杂菲及亚铁盐溶液配制，不需再作纯化处理。

用途　作为氧化还原指示剂使用时配制成硝基菲咯因硫酸盐的0.025M水溶液：溶解1.689 g硝基二氮菲于含有0.695 g $FeSO_4\cdot7H_2O$的100ml溶液中，供作指示剂使用时每次用量加本溶液1滴即可，实际应用如下。

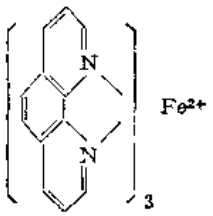
被测物	方　法　提　要
$C_2O_4^{2-}$	2M H_2SO_4介质中　以硫酸铈(Ⅳ)标准液直接滴定
Ba^{2+}	在0.5M HCl，$HClO_4$或HNO_3介质中，Ba^{2+}被草酸定量地沉淀为BaC_2O_4，然后用硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
As(Ⅲ)	在2M $HClO_4$介质中，以OsO_4作为催化剂，以硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
Fe^{2+}	在2M $HClO_4$介质中，以硫酸铈(Ⅳ)标准液直接滴定
Hg^{+}	$HClO_4$介质以Mn(Ⅱ)或Ag^{+}盐作催化剂，温度控制50～60℃条件下，以硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
Ce(Ⅳ)	在0.5M HNO_3介质中，用草酸盐滴定
H_3PO_4	在4M $HClO_4$介质中，用Ce(Ⅳ)及草酸盐的间接测定方法

菲 咯 因　　Ⅱ-2(3)-0065

Ferroin

别名　三(-1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐或高氯酸盐　Tris-(1,10-phenanthroline)iron (Ⅱ), Sulphate or Perchlorate

结构式



分子式　$C_{36}H_{24}N_6Fe\cdot SO_4$　　**分子量**　692.53

$C_{36}H_{24}N_6Fe\cdot 2ClO_4$　　795.36

理化参数

1. 变色电位

介　质	1.1*M* H_2SO_4	2.0*M* HCl	4.0*M* HCl
电位, *V*	1.06	1.065	1.026

2. 离解常数　$pK_{a1}=-16$　pK_{a2}　4.95（电位法测得）

4.92（电位法测得）

4.93（光度法测得）

3. 络合物累积稳定常数

还原型　$\lg\beta_3=21.3$(电位法测得)

氧化型　$\lg\beta_3=14.1$(电位法测得)

4. 克式量电位　在介质中H_2SO_4浓度在0.25～6*M*范围内，克式量电位与介质中 H_2SO 浓度间的依赖关系为：

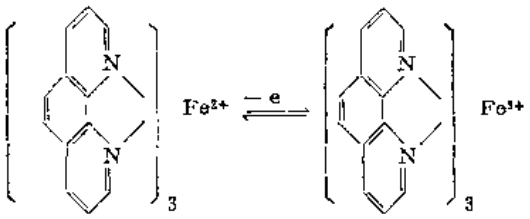
$$E'=1.094-0.0338C$$

式中　*C*为酸的摩尔浓度，计算值精确度约为±5mV。

5. 指示剂的色泽变化　可逆指示剂。

还原型　橙红色，　　氧化型　浅蓝色。

变色机理　一步单电子转移历程



提纯方法　供作指示剂使用的本试剂溶液可直接用分析纯1,10-二氮杂菲及亚铁盐配制，无需再纯制。

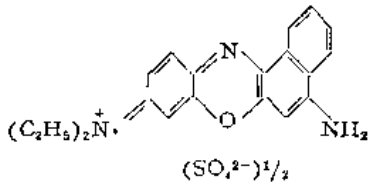
用途　作为氧化还原指示剂使用配成菲咯因硫酸盐的0.025*M*水溶液：溶解1.485 g 1,10-二氮

杂菲水合物于100ml预先溶有0.695g$FeSO_4 \cdot 7H_2O$的水中，使用时每次加指示剂1滴即可，若以菲咯因的高锰酸盐作指示剂，则配成其饱和溶液（约0.001M），每次用量为1～2ml，实际应用如下。

被测物	方法提要
Fe^{2+}	在1M H_2SO_4介质中，以硫酸铈(Ⅳ)标准溶液滴定 在1M H_2SO_4介质中，加入过量的Fe^{3+}以间接测定铌，以硫酸铈(Ⅳ)标准溶液滴定
As(Ⅲ)	在1M H_2SO_4介质中，OsO_4作为催化剂，以硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
H_2O_2	在1M H_2SO_4介质中，以硫酸铈标准液滴定
$Fe(CN)_6^{4-}$	在2M H_2SO_4介质中，以硫酸铈(Ⅳ)标准液滴定
NH_2OH	间接测定法
钢中钒、铬合量	以高氯酸氧化钒和铬至钒酸和铬酸，加入过量的硫酸亚铁，以高锰酸钾返滴定测定二者合量
钒	以硫酸亚铁标准溶液直接滴定钒酸根，用本指示剂指示终点时，溶液酸度应至少为5M，酸度过低时，终点将过早出现。终点颜色为由绿蓝色转变为红绿色止
高碘酸盐	在稀硫酸介质中以0.1N三氧化二砷标准溶液直接滴定高碘酸盐，以痕量钌盐作催化剂，以指示剂变为红色的邻二氮菲亚铁为终点
锰	以亚砷酸盐法进行测定，以少量铁酸溶液（1g铁盐溶于390ml0.1N硫酸中）作催化剂

尼罗蓝　　Ⅱ-2(3)-0066

Nile blue



分子式　$C_{10}H_{40}N_6O_6S$　　**分子量**　732.83

理化性质　绿色结晶状粉末，带金属光泽，能溶于水呈蓝色，溶于醇呈蓝色溶液。

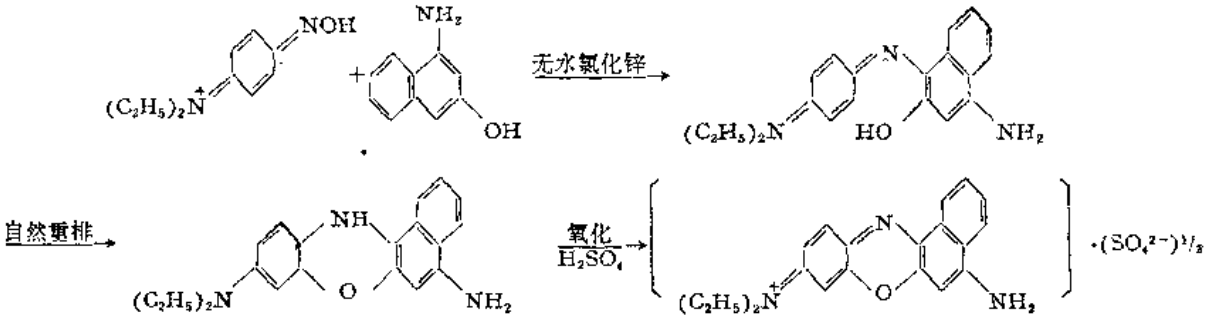
理化参数

1. 变色电位　0.406V
2. 离解常数　$pK_1=3.92$　$pK_2=6.90$
3. 氧化还原平衡常数　$pK_0=9.70$
4. 克式量电位

pH	5	6	7	8	9
E°,V	−0.011	−0.071	−0.122	−0.159	−0.192

5. 色泽变化　氧化型　pH1～10蓝色，pH>10红色。
　　还原型　无色。

合成方法



取三份量的对亚硝基苯二乙胺与二份量的1-氨基-3-萘酚缩合，过量的亚硝基化合物作为氧化剂，加入氯化锌溶液后进行缩合反应，逐渐加热至50℃，温度上升不应过快，以免引起剧烈反应。数小时后，冷却反应物，过滤并用10%食盐水洗涤，干燥后即得产品。

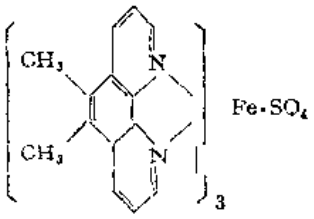
用途　作为氧化还原指示剂，使用时常配成0.1%水溶液。

5,6-二甲基菲啉铁　Ⅱ-2(3)-0067

5,6-Dimethylferroin

别名　三（5,6-二甲基-1,10-二氮菲）铁（Ⅱ）硫酸盐　Tris(5,6-dimethyl-1,10-phenanthroline)iron(Ⅱ)sulphate

结构式



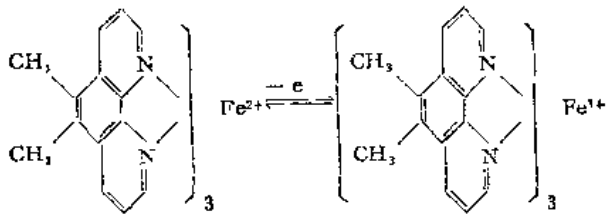
分子式　$(C_{14}H_{12}N_2)_3Fe\cdot SO_4$　　**分子量**　776.69

理化参数

1. 变色电位　参见克式量电位。
2. 离解常数　5,6-二甲基-1,10-二氮菲的酸离解常数　$pK_a=5.6$(分光光度法)
3. 络合物累积稳定常数　还原型　$lg\beta_3=23.0$
4. 克式量电位　H_2SO_4性介质

介质中酸浓度，M	0.1M	0.5M
电位，V	1.00	0.97

5. 指示剂色泽变化　可逆指示剂。
还原型　红色，　　氧化型　黄绿色。
变色机理　一步单电子转移历程



提纯方法 本品可用分析纯5.6-二甲基-1,10-二氮菲及硫酸亚铁直接配制,无需再另行提纯。

用途 作氧化还原指示剂使用时按下法配制：取1份体积的5,6-二甲基-1,10-二氮菲的0.06 M溶液与等体积的0.02M硫酸亚铁溶液相均匀混合，此时得到的指示剂溶液浓度约为0.1 M，每次用量1滴，实际应用如下。

被测物	方法提要
Fe^{2+}	在1M H_2SO_4介质或1～2MHCl介质中，以重铬酸钾标准溶液直接滴定
U^{IV}	在1M HCl介质中，以重铬酸钾标准溶液作直接滴定

第四节 沉淀滴定指示剂

在沉淀滴定中使用的指示剂，按其变色机理来区分，大致可分作普通指示剂和吸附指示剂两大类。

普通指示剂，如以$AgNO_3$作为滴定剂时使用K_2CrO_4，以硫氰酸盐标准溶液返滴定时使用高铁盐作为指示剂等,即属此类。这类指示剂的变色机理在于终点到达后，微微过量的滴定剂的加入，导致与指示剂生成有色沉淀（如铬酸银）或有色络合物（如硫氰酸络铁），指示出滴定终点的到达。使用这类指示剂时的滴定误差，显然与滴定剂浓度、指示剂用量及滴定条件等因素有关。

吸附指示剂的概念，最早由K Fajans[1]提出，后经Kolthoff[2]等进一步完善。所谓吸附指示剂，是指在沉淀滴定中使用的有色化合物被沉淀表面吸附（或解吸）时，引起该物质物理化学特性的改变而导致变色的一类物质。按照其变色的机理不同，通常又将这类指示剂分作以下几种。

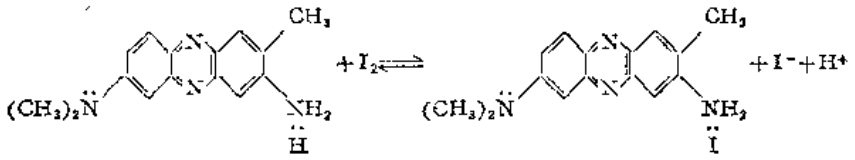
表面酸碱指示剂 此类指示剂是最典型的吸附指示剂之一，这类指示剂的特征是滴定过程中随着有关离子的性质和过剩量的改变,其pK值将随之变化。例如,对乙氧基菊橙被卤化银沉淀吸附后，其pK值的变化如下表。

被卤化银吸附时对乙氧基菊橙的pK值

沉淀组成	有关离子过剩量 %	指示剂区间 pH	pK
AgI	50%Ag	3.30～4.58	3.90
	10%Ag	3.90～5.20	4.68
	等当点	5.50～8.50	7.00
	10% I	7.40～8.70	8.15
	50% I	7.70～8.90	8.29
AgBr	50%Ag	4.20～5.30	4.75
	50%Br	5.20～6.30	5.75
AgCl	50%Ag	4.50～5.50	5.00
	50%Cl	4.60～5.90	5.65

表面酸碱指示剂的作用取决于指示剂被沉淀吸附时所引起的酸（碱）离解常数的变化，吸附作用出现在滴定的等当点前及等当点后，指示剂离解常数的变化是被吸附的离子性质的函数。而指示剂的吸附同滴定剂及被测离子性质的关系并不大，虽然不同的指示剂性质有所不同。但，滴定剂离子的作用对于相同的指示剂来说尽管一个阶段在酸性溶液中，而另一阶段则在碱性溶液中，仍主要取决于滴定剂离子及被测离子的性质。而指示剂的 pK 值的变化总是与其接受或释放质子有关，与表面电荷的作用是次要的。例如，Schulek 和 Rózsa[3] 曾建议用乙氧基菊橙为指示剂，以硝酸银为滴定剂测定中性碘化物和硫氰酸盐时，由红色转变黄色为终点。

表面氧化还原指示剂　表面氧化还原指示剂是最近发展提出的一类吸附指示剂。这一类指示剂的变色机理，在于当指示剂被沉淀表面吸附时，其氧化还原电位将随着有关离子的过剩量不同而改变，或是在于共享正电荷效应。例如，中性红的变色机理为：



在上述反应中酸性染料的质子与碘阳离子发生了交换，该反应的必要条件是碘负离子必须保留于溶液中，在沉淀滴定中，碘负离子转变为碘化银沉淀。因此，滴定终点仅仅在银离子过量时，并使碘产生歧化反应时才能出现。

表面络合指示剂　对于表面络合指示剂来说，其他与金属离子形成的金属络合物的稳定常数将随着它被沉淀表面所吸附而改变。当然，在某些情况下，这类指示剂的变色机理是十分复杂的。例如，在银离子存在下测定二价铜时，先以碘化钾标准溶液滴定银后，再以EDTA滴定铜，后者以Cu-PAN络合物作为指示剂，该指示剂在碘化银沉淀表面上的颜色变化很易观察。

表面沉淀指示剂　此类指示剂的特征是作为指示剂的物质可与滴定的离子（滴定剂离子或被测离子）之一形成微溶化合物。例如，在银量法中使用的曙红指示剂，与银离子可形成难溶的曙红银盐。同时，由于卤化银沉淀的吸附作用，降低了形成曙红银盐的条件，即在此条件下生成的曙红银盐的表观溶度积，大大低于没有卤化银沉淀存在的情况。也有人认为，上述现象是由于溶液中银离子过量时，在卤化银表面吸附着银离子，以致在此沉淀表面上的曙红银的离子积足以超过了沉淀析出的极限，从而清楚地呈现出滴定终点的到达。

近年来，有关吸附指示剂的应用及其研究的报告不多见，印度的 E. Singh[4] 等是较多地进行这一工作的学者之一，并曾著文论述了近年中提出应用作为银量法的这类新指示剂，并对文献中提及的许多吸附指示剂的灵敏度作了比较。

参 考 文 献

(1) K. Fajans and O. Hassel; *Z. Elektrochem.*, 29, 495, (1923).
(2) I. M. Kolthoff; *Z. anal. Chem.*, 70, 95(1927), 71, 235, (1927).
(3) E. Schulek and P. Rózsa; *Z. anal. Chem.*, 115, 194, (1939).
(4) E. Singh; *Z. anal. Chem.*, 283, 299, (1977).

铬 酸 钾　　Ⅰ-2(4)-0001

Potassium chromate

分子式　K_2CrO_4　　**分子量**　194.20

理化性量　见第一分册。

指示剂色泽变化　以铬酸钾为指示剂，用硝酸银直接滴定卤化物的方法系摩尔首创（Mohr，1856年），故俗称摩尔法，滴定终点时由浅黄色的CrO_4^{2-}转变为浅桔红色Ag_2CrO_4来判断。

使用本指示剂时影响指示剂对于银离子灵敏度的因素很多，如铬酸钾加入量，溶液的酸度，电解质浓度，温度以及观察红色出现的方法等等。本方法的滴定误差主要取决于指示剂对银离子灵敏度的控制。

指示剂对银离子的灵敏度可按下法测定：取两只250ml锥形瓶，各加入100ml蒸馏水及指示剂，然后取其中一锥形瓶以0.01N硝酸银滴定，直至在白昼光下观察到明显的变色为止。按此法测得的灵敏度为3或$4\times10^{-5}N$银离子，相当于pAg＝4.4～4.5。曾加入0.300g新鲜制备的氯化银后，重复上述试验，证实沉淀的存在实际上不影响灵敏度。

指示剂用量　不同文献中推荐的指示剂用量有较大差异。国内一般认为[1,2]，实际工作中K_2CrO_4浓度为$5\times10^{-3}M$。此值与Kolthoff介绍的量相一致[3]。既每100ml溶液中加入5％铬酸钾溶液1～2ml。被测液体积减小时，指示剂用量相应减少。

终点色观察方法　在一般著作中，仅含糊地提及以砖红色沉淀出现为终点，亦有认为滴定到溶液呈稳定的褐红色为终点，很不一致。作者[4]在实验的基础上，确定以滴定到溶液开始呈现褐红色混浊，剧烈摇动后红色混浊消失，沉淀表面由乳白色转变为橙红色为终点。改进观察终点方法后误差不大于0.45％，应用改进观察终点方法测得结果的相对误差与传统方法测定结果值的比较如下。

不同观察终点方法测得值的相对误差

样品中NaCl含量，mg	72.15	86.58	144.3
改进方法测定误差，％	0.26	0.34	0.27
传统方法测定误差，％	1.63	2.1	1.2

温度的影响　溶液温度升高，铬酸银溶解度增大，滴定误差增加，指示剂对银离子的灵敏度降低。因此，欲获得良好结果，本方法须在室温条件下进行。

不同温度时铬酸根离子对银离子的灵敏度如下。

不同温度条件下观察出Ag_2CrO_4沉淀的最低浓度

（100ml水，2ml5％K_2CrO_4）

温度，℃	灵敏度，molAg^+/l	温度，℃	灵敏度，molAg^+/l
20	3×10^{-5}	70	15×10^{-5}
40	4×10^{-5}	80	19×10^{-5}
60	9×10^{-5}		

溶液酸度的影响　由于铬酸银溶于酸，所以本方法宜在近中性的溶液中进行。经测定，pH最低不得小于6.3。同时，溶液碱性不宜过强，以免呈氢氧化银沉淀。pH值必须小于10.5，凡被测液呈酸性时，可适当加入足量的不含氯化物的硼砂，碳酸氢钠（或钾盐），碳酸钙或氧化镁中和之。

合成方法　本试剂的制备及提纯方法见第一分册。

用途　本方法不适宜用于含有大量电解质的溶液，遇此情况时试剂易局部过剩而形成的铬酸银易于附聚，使终点过早出现。

本方法的实际应用

被测物	方　法　提　要
水中氯化物	首先以中性红，酚红等为指示剂检查溶液的酸碱性，凡酸性较强的溶液，加入少量碳酸氢钠（或钾），硼砂或碳酸钙中和。若溶液pH大于6.8时，可直接滴定，取100ml水溶液，加1～2ml5%铬酸钾，直接滴定至终点 水样中如含有机物而呈深色，或含有硫化氢，则应先以高锰酸钾处理，放置15分钟，用足够量的、不含氯离子的30%过氧化氢还原过剩的高锰酸盐，将溶液过滤后，取一整份按上法滴定
溴化物	本方法适用于测定水中溴化物含量，注意事项参见水中氯化物测定
碘化物	因终点颜色变化不明显，不适用于准确测定碘化物
硫氰酸盐	终点辨认困难，滴定结果不佳
氰化物	本法虽适用于氰化物的直接滴定，但由于氯化物及氰酸盐有干扰，实际应用困难

参　考　文　献

〔1〕 汪葆浚等：《分析化学》，中册，人民教育出版社，1961，第2版，第224页。
〔2〕 武汉大学等五校：《分析化学》，人民教育出版社，1978，第354页。
〔3〕 I.M.柯尔蜀夫等著：《容量分析》（卷二），科学出版社，1958，第204页。
〔4〕 张孙玮：化学世界，1965(3)，119。

硫酸高铁铵　　Ⅱ-2(4)-0002

Ammonium ferric sulfate

分子式　$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$　　**分子量**　485.21

或$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$　　964.40

理化性质　见第一分册。

指示剂色泽变化　在酸性介质中，三价铁离子与硫氰酸根的反应根是灵敏，通常在每100ml溶液中，加入1～2ml硫酸铁铵饱和溶液（20℃时每100g水中可溶解124g）较为合适。溶液的酸度不很重要，只要保证不小于0.3N既可，通常用硝酸来调节酸度，但用硫酸也无妨。在上述条件下，每100ml溶液中加入0.1ml0.01N硫氰酸盐即可获得浅红色，此时$[SCN^-] \approx 10^{-5}N$，因此用0.1N溶液滴定时指示剂误差可忽略不计。由于新析出的AgSCN易吸附银离子，使终点过早出现，滴定需在剧烈摇动下继续滴定至呈现稳定的浅红色为终点。

合成方法　本试剂的制备及提纯方法参见第一分册。

用途　以硫酸铁铵为指示剂的滴定分析方法的实际应用如下。

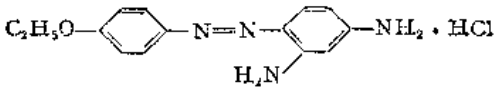
被测物	方　法　提　要
氯化物	以硫氰酸盐回滴硝酸银方法测定氯化物时，由于生成的氯化银和硫氰酸银固体与其饱和溶液共存，将导致沉淀向难溶化合物一方转化 $AgCl+SCN^- \rightleftharpoons AgSCN+Cl^-$ 使滴定误差很大，为此，曾建议以下方法作修正： 1）过滤法　在加入过量的硝酸银及硝酸后，立即将沉淀摇荡或煮沸5分钟，滤出沉淀，这时AgCl表面将几乎不吸附银离子 2）掩盖法　加入硝基苯等与水不互溶的有机溶剂，使之附聚于氯化银表面，以降低氯化银的溶解速度以及减小向难溶化合物方向转化的可能性 3）改变介质法　在乙酸介质中，氯化银的溶解度比硫氰酸银为低，若被测溶液中加入40～65%乙酸时，便不需过滤即可获得良好结果，终点颜色放置一昼夜亦不退去
溴化物或碘化物存在下氯化物的测定	在硝酸溶液中，用碘酸盐预先将溴化物和碘化物游离出卤素，并煮沸除去。测定时将试样溶液置于凯氏烧瓶中，按每g溴（或1.6g碘）计加75ml 0.2N碘酸钾和7.5ml硝酸，加水稀释至约200ml，加热蒸发至近90ml，并重复此步至溴及碘除尽，（用碘化钾—淀粉试剂检查蒸气中无卤素为止，冷却，按Volhard法滴定氯化物
敌百虫、DDT、666等有机氯农药的测定	此类有机氯农药应用有机溶剂溶解后，加碱使其水解，水解产生的氯离子加入过量的硝酸银，硫酸铁铵及硝基苯后，用硫氰酸铵回滴至稳定的浅红色出现为终点
溴化物	此法测定溴化物含量效果良好，溴化银与硫氰酸根离子间无显著反应，可不必分离
碘化物	此法测定碘化物可获良好结果，但指示剂需在硝酸银加入后才可加入，否则由于氧化作用导致碘析出
硫氰酸盐	效果不好，终点不易辨认
氰酸盐	当无干扰物质存在时，可加入过量的硝酸银，过滤后，回滴滤液中的硝酸银
氰化物	加入过量的硝酸银，用硝酸酸化并稀释至一定体积，过滤后，取一整份滤液，用硫氰酸盐返滴定
砷酸盐	pH7～9，加入硝酸银以沉淀Ag_3AsO_4，过滤后，将此沉淀溶于30ml 8MHNO_3，稀释至120ml，以SCN^-溶液滴定之，Ge、少量Sn和Sb无干扰，在此pH时所有能与Ag^+沉淀的离子有干扰
锌　盐	将锌盐定量地生成$Zn[Hg(SCN)_4]$沉淀后，滤出沉淀，并将其溶于1.6M HNO_3中，加入过量的$AgNO_3$标准溶液，此时反应为： $Zn[Hg(SCN)_4]+2Ag^+ \rightleftharpoons Zn^{2+}+2AgSCN+Hg(SCN)_2$ 过量的银盐用硫氰酸盐回滴

对乙氧基菊橙　　Ⅱ-2(4)-0003

p-Ethoxychrysoidine

别名　4′-乙氧基-2,4-二氨基偶氮苯盐酸盐　4′-Ethoxy-2,4-diamino-azo-benzene hydrochloride

结构式



分子式　$C_{14}H_{16}N_4O\cdot HCl$　　**分子量**　292.77

理化性质　深红色粉末，可溶于水或醇，不溶于醚及氯仿，可用作酸碱指示剂：3.5（红）—5.5（黄）及氧化还原指示剂：还原型（红色）—氧化型（柠檬黄色）。

指示剂色泽变化　以硝酸银滴定I^-时，终点颜色变化为黄—洋红。

指示剂变色机理　表面酸碱指示剂。

合成方法　由对乙氧基苯胺经重氮化后与间苯二胺偶联而得。

用途 溶液配制：0.1%水溶液，实际应用如下。

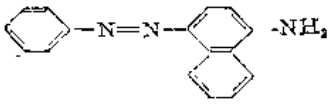
被测物	方　法　提　要
氯化物	以硝酸银为滴定剂直接滴定氯化物含量时，在简单的水溶液中该指示剂不呈现颜色变化，必须有硝酸钾作为絮凝剂存在下进行，由于钾离子或硝酸根离子的吸附作用的增强导致变色明显
碘化物	本法为测定碘的优秀方法之一，方法提要同氯的测定，滴定可在中性溶液中进行
硫氰酸盐	方法提要类似于碘化物测定
银　盐	为测定银盐的可靠指示剂，以卤化物滴定银时以浅红色转变为黄色为终点，当碘化物过量时指示剂迅速转变为红紫色，本方法可在中性介质中进行滴定

萘　红　　Ⅱ-2(4)-0004

Naphthyl red

别名 苯偶氮-α-萘胺；Benzene-azo-naphthylamine

结构式



分子式 $C_{15}H_{13}N_3$　　**分子量** 247.29

理化性质 红紫色发光针形结晶，溶于醇、醚及苯中呈红棕色溶液，不溶于水，熔点123℃，作为pH指示剂时4.0(红)—5.0(橙色)

指示剂色泽变化　以硝酸银溶液滴定卤素及SCN^-时，终点颜色变化(在pH=4～5)为：

橙—紫

指示剂变色机理　表面酸碱指示剂。

合成方法 由苯胺制得重氮盐后与α-萘胺相偶合而得。

用途 配制成0.1%溶液，称取0.1g指示剂溶于100ml70%乙醇中，其实际应用如下。

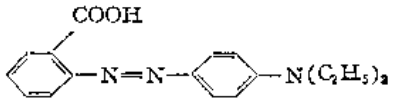
被测物	方　法　提　要
银　盐	将溶液酸度调节至pH4～5，以氯化物或溴化物的标准溶液滴定，或在pH2.0～5.0时以碘化物标准液滴定，每10ml溶液加指示剂4滴，终点颜色明显程序的顺序为I>Br>Cl

乙　基　红　　Ⅱ-2(4)-0005

Ethyl red

别名 对二乙氨基偶氮苯邻羧酸　*p*-Diethylamine-azo-benzene-*o*-carboxylic acid

结构式



分子式 $C_{17}H_{19}N_3O_2$ **分子量** 297.29

理化性质 本品为发光猩红色粉末，溶于醇，几乎不溶于水。

指示剂色泽变化 黄—橙红色。

指示剂变色机理 表面酸碱指示剂。

合成方法 将邻氨基苯甲酸重氮化后与二乙氨基苯偶联而得到。

用途 配制成0.1%乙醇溶液。实际应用如下。

被测物	方法提要
卤化物及硫氢酸盐	在微碱性介质中，以硝酸银溶液为滴定剂，直接滴定至黄色悬浊液转变为红色沉淀为终点
银盐	在pH4.5～6.5的微酸性介质中，以卤化钾或硫氰酸钾标准液滴定至橙红色，沉淀变为紫色为终点

酚藏花红 Ⅱ-2(4)-0006

Phenosafranine

分子式 $C_{18}H_{15}ClN_4$ **分子量** 322.79

理化性质 见Ⅱ-2(3)-0051

指示剂色泽变化 红—蓝。

指示剂变色机理 表面酸碱指示剂。

合成方法 将1mol对苯二胺盐酸盐与2mol苯胺盐酸盐混在一起，用重铬酸钾氧化。加白垩粉末，过滤，用盐酸酸化滤液，盐即沉出，（Salt out）。用稀盐酸得到的化合物为绿色针状结晶。

用途 配制成0.1%水溶液，其实际应用如下。

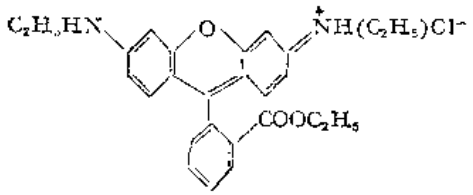
被测物	方法提要
氯化物	以硝酸银标准液直接滴定
碘化物	在硝酸银作为聚凝剂存在下，以硝酸银标准液直接滴定
银盐	以溴化钠溶液作为滴定剂，在硝酸性溶液中滴定，每50ml0.05N银盐溶液加0.005%指示剂水溶液1ml

罗丹明6G Ⅱ-2(4)-0007

Rhodamine 6G

别名 黄光碱性蕊香红

结构式



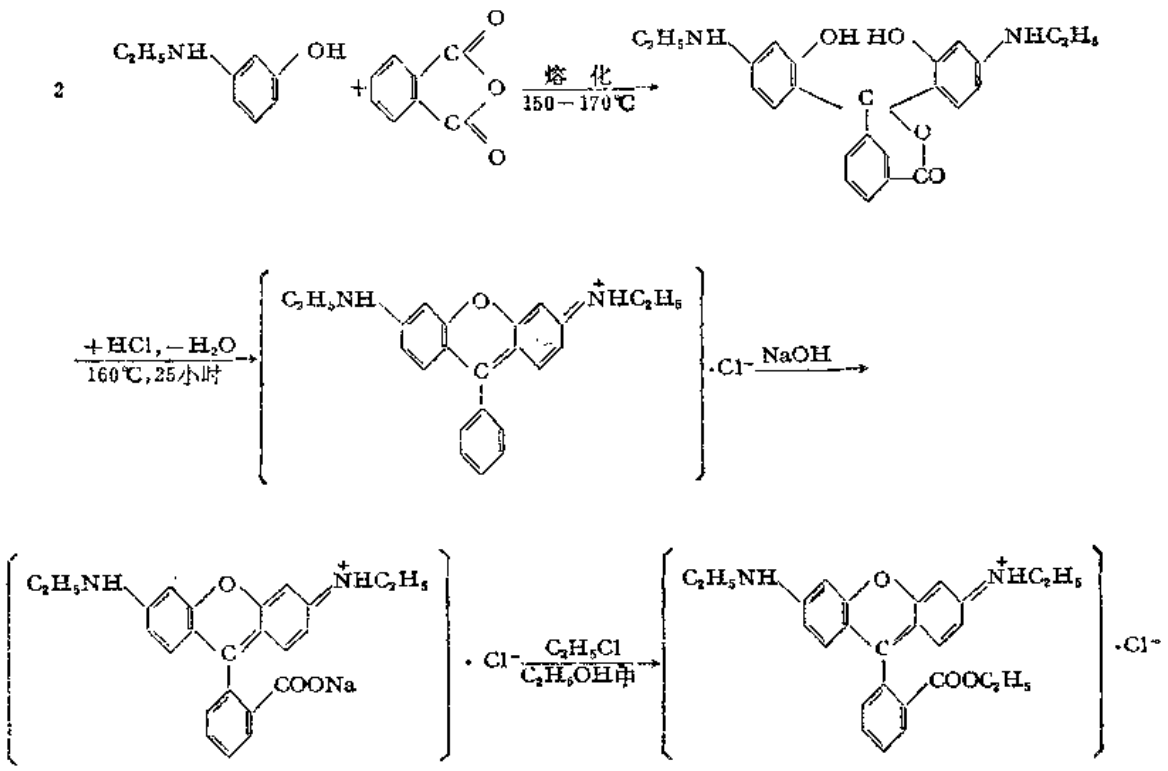
分子式 $C_{26}H_{27}ClN_2O_3$ **分子量** 450.95

理化性质 红色或棕黄色粉末，溶于水为猩红色，带绿黄色荧光，醇溶液为黄红色带绿黄色荧光。

指示剂色泽变化 红紫色—橙色。

指示剂变色机理 表面酸碱指示剂。

合成方法[1] 由*N*-乙基氨基苯酚与邻苯二甲酸酐缩合，产物倒入稀碱溶液中，然后再进行乙基化，就可得到罗丹明6G，具体反应过程及反应条件如下：



用途 配制成0.1%水溶液。实际用途如下。

被测物	方法提要
银盐	以KBr标准液为滴定剂，在≤0.3*M* HNO_3介质中滴定，等当点前，溴化银不吸附指示剂的阳离子，等当点后，沉淀强烈吸附指示剂而呈蓝紫色，溶液酸度不应超过0.5*N*

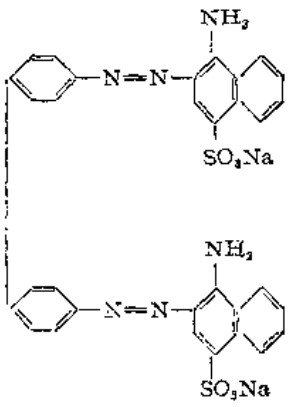
参考文献

〔1〕 侯毓汾等编：《染料化学及工艺学》，149页，1959。

刚果红 Ⅱ-2(4)-0008

Congo red

结构式



分子式 $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ **分子量** 696.67

理化性质 棕红色粉末，易溶于热水，溶于乙醇，10份冷水，溶液为红色，不溶于醚。

指示剂色泽变化 蓝或绿色—浅红色。

指示剂变色机理 表面酸碱指示剂。

合成方法 取48.4 g 联苯胺溶于含有20ml浓盐酸的 300ml 水中，倘需要可适当加热。然后加冰至温度降至5 ℃以下，加30ml浓盐酸后，加入约含有 14.4 g 的亚硝酸钠（配成10% 水溶液）直至重氮化完全。溶解150 g 对氨基萘磺酸钠于尽量少的水中，并在搅拌下将重氮盐溶液慢慢加入上述溶液中，放置30分钟后，在充分搅拌下渐渐加入35 g 碳酸钠至溶液呈碱性，加热至约80℃后，冷却，过滤，并用盐的饱和溶液洗涤染料后，干燥之即得产品。

用途 配制成0.1%水溶液。其实际应用如下。

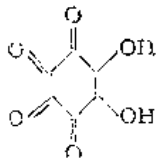
被测物	方法提要
卤化物	在pH3～5的介质中，以硝酸银标准液直接滴定
硫氰酸盐	同卤化物测定
锌	以亚铁氰化钾标准溶液直接滴定

玫棕酸 Ⅱ-2(4)-0009

Rhodizonic acid

别名 环己烯二醇四酮 Tetraoxyhydroquinone

结构式



分子式 $C_6H_2O_6$ **分子量** 170.08

理化性质 无色小叶片状结晶，极易溶解于水中，常使用的是本品的钾盐，即玫棕酸二钾或

钠盐，即玫棕酸钠。前者为深红色晶状粉末，后者为紫色晶体，可溶于水，呈橙黄色溶液，不溶于醇。

指示剂色泽变化　以硫酸铵溶液滴定钡盐时，橙—黄色。

指示剂变色机理　表面沉淀指示剂。

合成方法[1,2]　置220 g 对苯二酚于一大蒸发皿中，加408 g 乙酰和 2 ml浓硫酸，微微加热该混合物至固体溶解，将蒸发皿置于冰块上冷却，加过量的冰水，析出的晶体粉碎之，吸滤，并用 2 l冷水洗涤沉淀，产品为二乙酰基氢醌。

取少量二乙酰基氢醌加至置有 6 份发烟硝酸（比重1.5）的浸在冰块里的烧瓶中，并加以搅拌，用 2:1 的雪-盐并加入大约百分之三的氯化铵的混合物冷却，此混合物的温度须约为 -25℃，将 6 份浓硫酸冷却至 -15℃，并慢慢地边摇动边滴入上述溶液中，温度必须不超过 -6℃，当所有硫酸加入后则得到黄色半流动的物体，连续搅拌30分钟并在 -3℃放置 3 小时，直至棕绿色的少量晶体析出，而当溶于氢氧化钾的冷水中时无紫色。注此混合物于15份的碎冰中并连续摇动，温度应不升至0℃以上。以黄色晶体形式分离氯冉酸，在用冰块冷却下迅速吸滤，糊状残留物直接与粹冰混合，混合物在 -5℃与氢氧化钾溶液一起搅拌后放置12小时，并重结晶得黄色的氯冉酸钾。

将上述钾盐在一置有 3 份氯化亚锡溶于20份的1:1的水-盐酸混合物的大瓷皿中进行处理，棕色溶液转化成棕紫色晶状固体，直接加入大量的粒状锌，溶液成无色并有锡被沉淀析出，倘需要，在水浴上微微加热，当溶液中锡除去时，压榨海棉状金属通过玻璃纤维轻轻倒出，温热液体，在此溶液中通入氯化氢气体至二氨基四羟基苯二盐酸盐沉淀。

将上述沉淀加至 3 份浓硝酸中，并在碎冰和很少量盐中冷却，不断搅动此混合物，不久此液体开始结晶，用等量的水稀释，温度不得超过30℃，放置后加入乙醇和乙醚的1:1混合物，滤出沉淀并用冰水洗涤后用醇-醚混合物洗涤。

取上述固体20 g 与32ml氯化钠饱和溶液相混和，摇动混合物到溶解，不纯的未溶物除去，用加热至40℃的瓷漏斗直接过滤并且用盐-冰混合物冷却黄色的滤出液，获得的环己六酮可进一步重结晶后，用亚硫酸在50℃时还原得玫棕酸钠。

用途　配制成饱和水溶液。实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化钡	玫棕酸在水溶液中不稳定易分解为1,2-二羟基三酮环戊烯，如加热则分解更快，遇钡盐生成橙红或洋红色的$C_6O_6Ba_2Cl_2 \cdot 4H_2O$，但必须有$Cl^-$、$X^-$、$SCN^-$、$S_2O_3^{2-}$等阴离子存在，无上述阴离子存在时生成棕红色沉淀，属于钡的测定时不宜在酸性溶液中进行，宜在含丙酮或醇类的介质中滴定；取含相当于2m.10.2N氯化钡的中性溶液，加入至少2 g 氯化铵，35ml丙酮（或甲醇、乙醇），加水稀释至100ml，加新配制的指示剂饱和溶液1～1.5ml，振荡并放置1～2分钟后，以微量滴定管用0.2N硫酸铵溶液滴定，滴定速度为每 3 秒钟加 1 滴，至颜色由蓝紫红色转为橙黄色为终点
硫酸盐	以氯化钡溶液直接滴定，以玫柠酸钠滤纸为外指示剂，滴定在含氯化铵及丙酮的介质中进行，滴定时要剧烈振荡，至取出 1 滴溶液在刚加有指示剂的滤纸上呈红色为终点
氧化煤及焦炭中的硫	首先将试样中硫转化为硫酸根按上法测定，指示剂用0.1 g 玫棕酸与40 g 氯化铵的混合物，介质以加有50%乙醇代替丙酮外，其他步骤同硫酸盐的测定

参 考 文 献

〔1〕 B. Homolka; *Ber.*, 54, 1393, (1921).

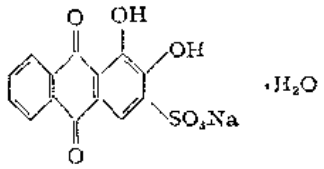
〔2〕 G. Gutzeit; *Helv. Chim. Acta*, 12, 725, (1929).

茜 素 红 ·Ⅱ-2(4)-0010

Alizarin red

别名 茜素磺酸钠 Alizarin sodium monosulfonate

结构式



分子式 $C_{14}H_7NaO_7S\cdot H_2O$ **分子量** 360.28

理化性质 橙褐色粉末，易溶于水，水溶液呈浅褐黄色，加酸后转变为黄色，加碱呈蓝紫色，微溶于醇，不溶于苯及氯仿之中，可作为酸碱指示剂，pH值3.7（黄）～5.2（紫）。

指示剂色泽变化 黄一红。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

合成方法 取1份茜素与3份发烟硫酸（20%SO_3）在100～150℃加热数小时直至产品可溶于水，将此混合物注入水中，以氢氧化钙中和后，加碳酸钠将钙盐转化为钠盐，过滤并蒸干。

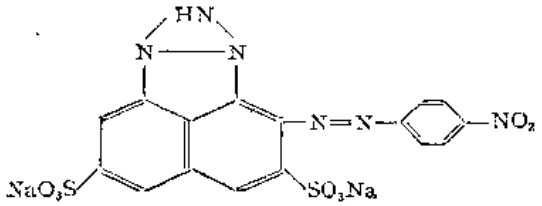
用途 指示剂溶液的配制；0.05 g 茜素磺酸钠溶于100ml水中。该法的实际应用如下。

被测物	方法提要
氟化物（适用于水、土壤、含氟药剂、杀虫剂、已解槽溶用物[illegible]、增化剂、有机氟[illegible]氟的测定）	原理：在50%乙醇介质中，以硝酸钍标准液滴定氟，以锆和茜素磺酸钠为指示剂，等当点之前由于氟过量而阻碍了锆与指示剂间形成有色化合物，但锆也可以钍代替常量氟的测定：取含氟1～50mg氟的试液100ml，加指示剂8滴，以2%NaOH和1:200HCl调至溶液呈中性（粉红色褪去），加1mol一氯乙酸缓冲液（9.45g一氯乙酸和2.0gNaOH溶于100ml水），以0.1N硝酸钍滴至稳定的粉红色
硫酸盐	以钡盐溶液作为滴定剂直接滴定
溴化物	以硝酸亚汞为滴定剂直接滴定，颜色由红变紫为终点
Hg^{2+}	以溴化物标准液滴定至红色悬浊液转变为紫色沉淀为终点
NO_3^-	以Ti^{3+}标准液在HCl存在下，70～80℃滴定至红色悬浊液至灰绿色为终点

亮 紫 C Ⅱ-2(4)-0011

Brilliant orsella C

结构式



分子式 $C_{16}H_8N_6Na_2O_8S_2$ **分子量** 522.73

理化性质

指示剂色泽变化　滴定氯化物时沉淀在等当点时呈蓝绿色，过量时淡红色；滴定溴化物时沉淀呈淡灰绿色；滴定碘化物时颜色由紫红色变为灰绿色。

指示剂变色机理　表面沉淀指示剂。

用途　其实际应用如下。

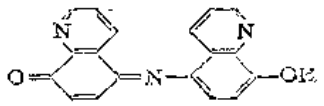
被测物	方法提要
氯化物	以硝酸银作为滴定剂直接滴定氯含量，可测定浓度低至0.003N时准确度可达0.2%。
碘化物	可在氯化物存在下以硝酸银标准溶液滴定碘化物含量，碘化银沉淀易吸附指示剂使悬浮物由浅红转变为绿色，不受氯化物的影响

靛　喹　星　　Ⅰ-2(4)-0012

Indo-oxine

别名　5,8-喹啉醌-〔8-羟基喹啉-5-亚胺〕-(5)

结构式



分子式　$C_{18}H_{11}N_3O_2$　　**分子量**　301.49

理化性质

指示剂色泽变化　红—蓝绿色。

指示剂变色机理　表面沉淀指示剂。

合成方法[1]

使8-羟基喹啉与羟胺反应得5-氨基-8-羟基喹啉，之后再与过量的8-羟基喹啉在碳酸钠的存在进行反应并通CO_2进行酸得产品。

用途　作为吸附指示剂使用时，配成0.05%乙醇溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	50ml试液中加入等体积的乙醇或丙酮后，加1～5ml乙酸及1ml指示剂，以硝酸银标准溶液滴定，铜、铋、汞、镍、钴不应存在
硫氰酸盐	测定方法同氯化物
溴化物及碘化物	测定方法同氯化物，但可在中性溶液中滴定

参　考　文　献

〔1〕化学大辞典编集委员会编，《化学大辞典》，共立出版株式会社，1，739A，1960。

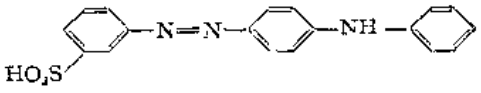
间　胺　黄　　Ⅰ-2(4)-0013

Metanil yellow

别名　4′-苯胺基偶氮苯间磺酸

4′-Aniline-azobenzene-*m*-sulphonic acid

结构式



分子式 $C_{18}H_{15}N_3O_3S$ **分子量** 353

理化性质 棕黄色粉末，溶于水呈黄色溶液，可溶于醇呈橙黄色溶液，稍溶于醚及苯中，本品水溶液具有pH指示剂性质，pH范围为1.2（红）～2.3(黄)。

指示剂色泽变化 黄—红及红—蓝色。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂及表面酸碱指示剂。

合成方法[1] 10 g硝基苯与115 g发烟硫酸在100℃反应数小时，并将其转成钠盐形式，取75 g间硝基苯磺酸，以225ml水，10 g盐酸及100 g铁屑处理，过滤后将溶液蒸发浓缩后，加50 g盐酸以沉淀间氨基苯磺酸，取15 g此沉淀与36ml水，14 g盐酸及6.3 g亚硝酸钠在7℃以下制成重氮盐，将此重氮盐溶液在14～15℃条件下加至10 g二苯胺与36 g乙醇的混和溶液中，加碳酸钠中和并使产物转化为钠盐即可。

用途 配制成0.1%水溶液。其实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	在微酸性介质中以硝酸银作为滴定剂直接测定氯离子含量
溴化物	测定原理相似于氯化物测定，在pH低于2时指示剂变色明显
碘化物	在pH低于3.5时以硝酸银直接滴定

参考文献

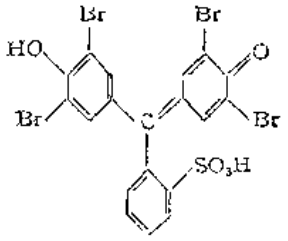
〔1〕 F. J. Wolcher: *Org. Anal. Reagents*, Vol. 4, 516, (1948).

溴酚蓝 Ⅱ-2(4)-0014

Bromophenol blue

别名 四溴苯酚磺酞 Tetrabromophenolsulfonphthalein

结构式



分子式 $C_{19}H_{10}Br_4O_5S$ **分子量** 670.0

理化性质 几乎无色或浅红色细小结晶、微溶于水，每100ml中可溶解约0.4 g，水溶液呈黄色，可溶于碱呈蓝色溶液，溶于甲醇、乙醇、醚及苯中，熔点279℃（分解）。

指示剂色泽变化　黄绿色转变为绿或蓝色

指示剂变色机理　表面沉淀指示剂。

合成方法　制备及提纯方法参见本分册第二章Ⅱ-2(1)-0009。

用途　指示剂溶液配制成0.1%溶液，称取0.1 g指示剂溶于100ml20%乙醇或0.1%的钠盐水溶液，0.1 g指示剂加0.05N NaOH 3 ml，加水至100ml，其实际用途如下。

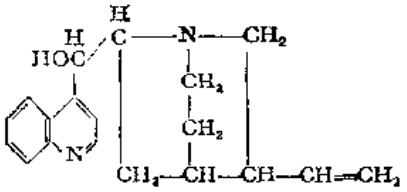
被测物	方　法　提　要
氯化物	以硝酸亚汞标准溶液为滴定剂直接滴定，以黄变浅紫色为终点，近终点时紫色隐约可见，终点时紫色转深
溴化物	同氯化物测定，终点颜色变化要比氯的测定较易于观察
汞(Ⅰ)盐	以氯化物或溴化物标准溶液为滴定剂返滴定汞(Ⅰ)离子，可获得满意结果

辛可宁　　Ⅱ-2(4)-0015

cinchonine

别名　弱金鸡纳碱

结构式



分子式　$C_{19}H_{22}N_2O$　　**分子量**　294.40

理化性质　金鸡钠(cinchona)皮中的生物碱之一，由醇及醚中结晶成白色或微带黄色柱状或针状结晶，熔点约265℃，在220℃开始升华，微溶于醇、氯仿、溶于醚，几乎不溶于水中。

指示剂色泽变化　橙色—亮黄。

指示剂变色机理　表面沉淀指示剂。

合成方法　由天然化合物中分离、提纯得到。

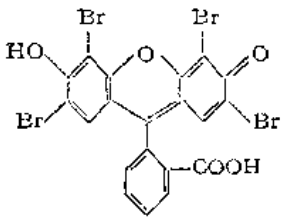
用途　溶液配制：溶解2.33 g氧化铋于10ml浓热硝酸中，加水20ml，然后加入2.94 g辛可宁，加水稀释至100ml，最后加入0.1 g尿素以除去亚硝酸，其实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
碘化物	辛可宁和硝酸铋的弱酸性溶液能与碘离子形成橙色的$C_{19}H_{22}N_2O \cdot HBiI_4$沉淀，当用硝酸银滴定此混合物时，未结合的碘化物先沉淀，然后橙色沉淀中的碘离子起反应，当颜色从红棕变为亮黄色即为终点

曙　红　　Ⅱ-2(4)-0016

Eosine

别名　四溴(R)荧光素　Tetrabromo(R)fluorescein



分子式 $C_{20}H_8Br_4O_5$ **分子量** 647.91

理化性质 常使用的是本品的二钠盐，系红色有蓝色光泽的结晶，或棕红色粉末，易溶于水，稍溶于醇，不溶于醚，浓的水溶液呈深红色，其1:500水溶液为黄红色，有绿色荧光。

指示剂色泽变化 橙色—深红色。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

合成方法 在200ml三口圆底烧瓶上安装搅拌器、温度计和滴液漏斗或文克列尔滴管。瓶中放置100ml乙醇和16.6g（0.05*M*）纯粹的荧光红，在搅拌下滴加36g（0.45*M*）溴。反应物的温度因有反应热放出而上升；调节溴的加入速度和冷却用的水浴中的供水速度，使反应物的温度不超过40℃，否则生成的溴化氢不溶于乙醇，面呈烟雾状向外逸出。在加溴时，荧光红的沉淀渐渐减少而生成红色溶液；因为生成的二溴荧光红易溶于乙醇中，所以当加入一半量溴时荧光红沉淀完全消失，继续加溴时又逐渐析出砖红色的四溴荧光红结晶。当溴加完后再继续搅拌15分钟，然后放置一昼夜使之结晶。

析出的结晶用布氏漏斗吸滤，并用20ml乙醇洗涤。四溴荧光红结晶含有一分子乙醇；在110℃干燥可将乙醇除去。

用途 作为指示剂使用时，常配成0.5%钠盐水溶液或在60～70%乙醇中的0.1%溶液，使用时每25ml溶液加指示剂1～2滴。其实际应用如下。

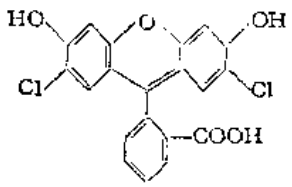
被测物	方法提要
溴化物	测定溴化物的极稀溶液时，滴定在稀醋酸（约0.1*N*）介质中进行，当电介质浓度高时，特别是多价阳离子有干扰作用
碘化物	在极稀溶液中，微量碘可以准确测得，滴定在乙醇性溶液中进行
硫氰酸盐	可准确测定，方法同Br^-，I^-的测定
钼酸盐	以硝酸调节钼酸盐溶液至酸度为$5\times10^{-4}N$，以硝酸铅为滴定剂，在终点时析出的钼酸铅呈略带浅红的黄色转变为玫瑰红

二氯（R）荧光黄 Ⅱ-2(4)-0017

Dichloro(R)fluorescein

别名 2,7-二氯荧光素 2,7-Dichlorofluorescein

结构式



分子式 $C_{20}H_{10}Cl_2O_5$ **分子量** 401.19

理化性质 黄褐色粉末，不溶于水和稀酸，溶于醇和稀碱，其钠盐为橙色粉末，可溶于水呈橙色，其碱性溶液有显著的绿色荧光，酸化后荧光消失。

指示剂色泽变化 以硝酸银溶液滴定氯离子的，终点颜色变化：黄绿色—浅红色。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

合成方法 10 g 邻苯二甲酸酐与19.7 g 一氯间苯二酚相混匀后在铁坩埚中加热至160℃，取5 g经粉碎的无水氯化锌，在搅拌下缓慢加入，温度逐渐升至175～180℃，并保温一个半至两小时，冷却后，粉碎反应产物然后在稀盐酸（10ml浓盐酸加水稀至200ml）中煮沸15至20分钟，过滤，将沉淀在室温下溶于碳酸氢钠的饱和水溶液中，过滤，加热至沸，加盐酸（约4N）酸化，冷却后再过滤，沉淀与乙酐一起回馏数小时（2 g粗产品约与10～12ml乙酐）析出的产品即为本品的二乙酸盐，再将其与氢氧化钾的乙醇溶液一起回流2小时后加水，溶液移入蒸馏烧瓶中蒸去乙醇，（如需要的话可过滤）加热至沸并加盐酸酸化，即得褐黄色产品。

用途 指示剂溶液常用60～70%乙醇溶液配制成0.1%溶液或0.1%钠盐水溶液，每100ml溶液中需加指示剂溶液1～2滴，其实际应用如下。

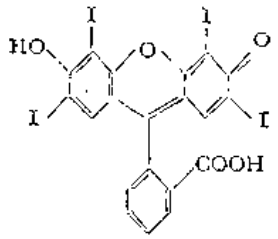
被测物	方法提要
氯化物	能准确测定低浓度的氯化物含量，以硝酸银滴定至近等当点时溶液呈棕色，到达等当点时呈橙色，微微过量时呈玫瑰红或红色
溴化物	本方法适宜于测定极稀溶液中的微量溴
碘化物	本法能在极稀的碘化物溶液中进行准确滴定
硫氰酸盐	应用本法能获得良好结果
氰化物	应用本法可获得良好结果，但终点不很敏锐
2-巯基苯并噻唑	本品与硝酸银作用生成的银盐在氨溶液中的溶解度极小，可直接用硝酸银滴定，将0.5 g样品溶于7.5～10ml 2%氨的乙醇中，搅拌，加150ml水和三滴指示剂，以硝酸银滴定至呈亮红色为终点

碘曙红 Ⅱ-2(4)-0018

Iodeosine

别名 四碘荧光素 Tetraiodofluorescein

结构式



分子式 $C_{20}H_8I_4O_5$ **分子量** 835.90

理化性质 猩红色粉末，不溶于水，稍溶于醇或醚，能溶于稀碱。

指示剂色泽变化 以硝酸银溶液滴定Br^-，I^-，SCN^-等时，颜色变化为橙色—红紫色。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

合成方法 由纯粹的荧光素与碘液反应制得。

用途 常配成0.1%乙醇溶液或0.5%钠盐水溶液，其实际应用如下。

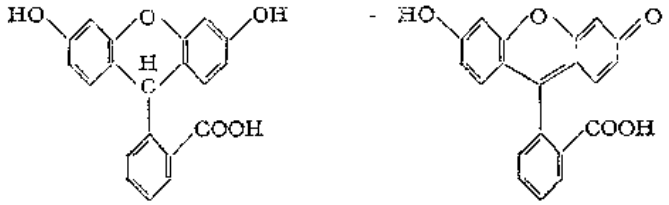
被测物	方法提要
氯化物	以硝酸亚汞为滴定剂直接滴定氯化物含量

荧光素 Ⅱ-2(4)-0019

Fluorescein

别名 荧光黄；荧光生

结构式



Ⅰ Ⅱ

分子式 Ⅰ $C_{20}H_{14}O_5$ **分子量** 334.31

Ⅱ $C_{20}H_{12}O_5$ 332.30

理化性质 在碱性溶液中发强荧光，Ⅰ系为黄色无定形粉末，溶点125～127℃，加热时则成晶体，能溶于丙酮、甲醇、甲酸、稍溶于水、醇、醚、氯仿、苯、乙酸、二甲苯、硝基苯，不溶于石油醚。Ⅱ系为红色粉末，熔点314～316℃（封管中，分解），能溶于热醇，热苯胺，热丙酮，稍溶于水、醇、醚、乙酸，不溶于石油醚。

指示剂色泽变化 黄绿—红色。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

合成方法 荧光黄有两种变体。

1）稳定的红色变体，熔点325℃，不溶于醇及醚中。

2）黄色变体，熔点325℃，加热时变为红色变体，从溶液中新沉淀出来的黄色荧光黄溶于甲醇及乙醇。

将难熔玻璃试管用夹子固定在架子上并将其2/3浸入油浴内。用另一只夹子夹住浸在油浴中的温度计。向试管中放置22.5g（0.2mol）间苯二酚，然后将油浴加热至150℃。当间苯二酚熔融时，再用玻璃棒搅动下，加入15g（0.1*M*）邻苯二甲酸酐（分次加入）。当两种物质搅匀并熔化后，将温度升至185℃，并在有时搅拌下，加热半小时。生成的深黄色间苯二酚酞在此温度下呈液体状态。在不断搅拌下于数分钟内加入10g粉末状无水氯化锌。然后再搅数分钟至完全溶解，并将温度逐渐地增高至210～215℃。

当物质开始变稠时，将玻璃棒取出，用表面玻璃将试管盖上，并在此温度下加热至完全固化（约2小时）。如果玻璃棒没有及时取出，则所得固体物不是整块的，而是裂开的。将此试管从油浴中取出，冷却，用凿子将熔块凿出（或将试管打碎），置于研钵中研细。

粗融物产量约为45g。

将制得的粉状物与300ml经盐酸酸化过的水一起置于烧杯中，加热煮沸10～20分钟以浸出氯化锌和残留的间苯二酚。用布氏漏斗过滤沉淀、水洗、干燥。将干燥后的产物装入索氏提取器的纸筒内，在提取器的烧瓶中盛上 80ml 乙醇。将沉淀提取至流下的乙醇只显浅黄色为止。这样就可以将易溶于乙醇而未起反应的残余的间苯二酚酞分出。然后将未溶于乙醇而留在纸筒中的红色荧光黄干燥。

红色荧光黄的产量约为30 g（理论产量的90%）。

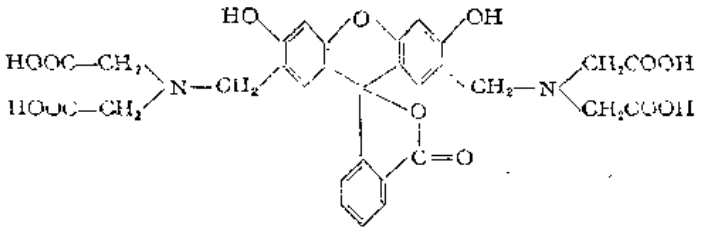
用途 溶液配制成0.1%乙醇溶液，实际用途如下。

被测物	方法提要
氯化物	中性或弱碱性溶液中，以硝酸银溶液直接滴定至黄绿色转变为浅红色为终点
溴化物	同氯化物测定
碘化物	同氯化物测定
硫氰酸盐	同氯化物测定
硒氰化物	以硝酸银溶液为滴定剂，在剧烈摇动下，滴定至黄绿色转变为红色沉淀为终点
氰化物	在$NaHCO_3$存在下，以硝酸银标准液滴定至黄绿色转变为红色沉淀为终点
草酸盐	中性介质中，以铅盐标准液为滴定剂，滴定至黄绿色转变成红色沉淀为终点
硫酸盐	在镁盐或锰盐存在下以钡盐标准液滴定至黄色转变成浅红色为终点
碳酸盐	中性介质中，以铅盐标准液为滴定剂，终点色为黄色转变成浅红色

钙黄绿素 Ⅱ-2(4)-0020

Calcein

结构式



分子式 $C_{30}H_{26}N_2O_{13}$ **分子量** 622.54

理化性质 呈金属光泽橙色结晶性粉末，溶于水，溶液为黄色而有绿色荧光，其酸性溶液为黄色而不带荧光，碱性溶液为橙红色不带荧光，不溶于无水醇及乙醚中。

指示剂色泽变化 黄—浅红。

指示剂变色机理 表面沉淀指示剂。

用途 溶液配制成0.1%水溶液。实际用途如下。

被测物	方法提要
溴化物、碘化物、硫氢酸盐	pH2.5～8.5的介质中，以硝酸银溶液为滴定剂直接滴定，黄色悬浊液转变为浅红色沉淀为终点

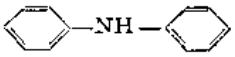
二 苯 胺

Ⅱ-2(4)-0021

Diphenylamine

别名 *N*-苯基苯胺 *N*-Phenylaniline;
苯胺基苯 Anilinobenzene

结构式



分子式 $C_{12}H_{11}N$ **分子量** 169.23

理化性质 无色单斜细小叶片状晶体，有花香，相对密度1.16，熔点53～54℃，沸点302℃，闪燃点153℃，见光能变色，不溶于水，能溶于醇、醚、苯、冰乙酸、二硫化碳中，与强酸能生成盐类。

指示剂色泽变化 紫一绿色。

指示剂变色机理 表面氧化还原指示剂。

合成方法[1] 将93 g苯胺及130 g盐酸苯胺混合在一起，在装有温度计的珐琅衬里的高压釜内于230℃加热20小时（升至6个大气压）。经两小时加热后，将反应中所产生的水分小心经活塞放出（极少量的水分对反应的影响也很大）。在继续加热的过程中将这一操作重复三次。加热后使高压釜冷却，将釜内的物质移入瓷皿内，用1 l水处理。将混合物加热至80℃，用70ml盐酸（1.19）进行酸化（以刚果红作指示剂）。12小时后凝固成片状的固体二苯胺与水分离。再将二苯胺溶于用盐酸酸化的水中，冷却，吸滤并用5%Na_2CO_3溶液洗涤。粗品用300℃的过热蒸汽蒸馏即得纯品。熔点51℃，产量100 g（69%）。

用途 溶液配制成1%溶液，取本品1 g溶于96%硫酸中，其实际应用如下。

被测物	方法提要
锌	含锌试液中加入足量的硫酸，使其浓度为0.5至1.5*N*，并加入硫酸铵使其总量达每50ml试液中含0.5至1 g，加入4滴1%铁氰化钾溶液及2滴指示剂溶液，再加入已知浓度的过量的亚铁氰化钾标准溶液（约过量10～20%），放置片刻后以标准锌溶液回滴过量的亚铁氰化钾至由黄绿色变为蓝紫色为终点
亚铁氰化物	在含有亚铁氰化物的试液中，加入1～3滴指示剂，1～5滴1%铁氰化钾和10～20ml 4*N* H_2SO_4，摇匀后以标准锌溶液滴定至自微绿色转变为蓝紫色为终点

参 考 文 献

〔1〕 B. M. Родионов等著，马玉甲等译：《中间体及染料化学实验指导》，第144页，1955。

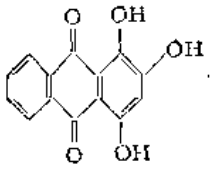
红 紫 素

Ⅱ-2(4)-0022

Purpurin

别名 1,2,4-三羟基蒽醌 1,2,4-Trihydroxyanthraquinone

结构式



分子式 $C_{14}H_8O_5$ **分子量** 256.20

理化性质 针状结晶，含一份结晶水的为橙色，100℃失水，无水产品为红色，易溶于醇、醚（呈黄色荧光），溶于苯、甲苯、二甲苯等。

指示剂变色机理 表面氧化还原指示剂。

合成方法[1] 在浓硫酸中用二氧化锰对茜素进行氧化（20～50℃）。所得粗品先用热明矾溶液结晶，再用含水乙醇进行重结晶。纯品为橙红色或橙黄色长针状结晶，含一分子结晶水。

用途 指示剂溶液配制：溶解0.300 g红紫素于1l乙醇中。其实际用途如下。

被测物	方法提要
氟化物	在强酸溶液中，F^-可使红紫素-锆络合物褪色，并基于此用以测定氟的含量

参考文献

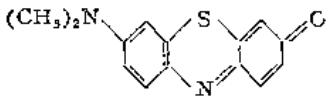
〔1〕 *Beil.*, 8, 510。

亚甲紫 Ⅱ-2(4)-0023

Methylene violet

别名 次甲基青莲

结构式



分子式 $C_{14}H_{12}N_2OS$ **分子量** 256.31

理化性质 针状结晶，溶于二氯乙烷中为深红色，不溶于水，与亚甲蓝和天青混合后能溶于水。

指示剂色泽变化 以硝酸银滴定氯时：紫—青。

以硝酸银滴定溴时：紫—绿。

指示剂变色机理 表面氧化还原指示剂。

合成方法[1] 以铬酸钾作氧化剂，使溶于稀氨水的亚甲基蓝氧化，加碳酸钠，煮沸以去除氨。收率较好（30～40%）。

将天青A与碳酸钠共沸，此时不溶于水的亚甲基紫针状结晶即沉出。用二氯乙烷重结晶。

用途 溶液配制成0.1%水溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	测定常量氯化物：取约80～280mgKCl，加8滴指示剂，0.3ml2NH_2SO_4，稀至100ml，以$AgNO_3$溶液直接滴定 测定微量氯化物：取约4.5～10mg，加3滴指示剂，0.3ml2NH_2SO_4和2滴4.5$NHNO_3$溶液，稀至50ml，以$AgNO_3$溶液滴定

参考文献

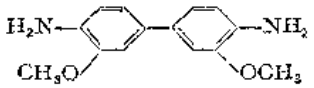
〔1〕 H. J. Conn著，王文译：《生物学染色剂》，第90页，1966。

邻联茴香胺 Ⅱ-2(4)-0024

o-Diansidine

别名 邻二甲氧基联苯胺；3,3′-Dimethoxybenzidine

结构式



分子式 $C_{14}H_{16}N_2O_2$ **分子量** 244.28

理化性质 无色或白色晶体，熔点137～138℃，在空气中转成紫堇色，不溶于水，能溶于醇、醚、丙酮、苯及汽油中，其盐类一般易溶于水，但硫酸盐难溶于水。

指示剂色泽变化 紫色—无色。

指示剂变色机理 表面氧化还原指示剂。

合成方法 该试剂的制备是将2,2′-二甲氧基偶氮苯悬浮于盐酸水溶液中，然后加亚硫酸和碘还原之。

用途 溶液配制成1%浓硫酸溶液，实际应用如下。

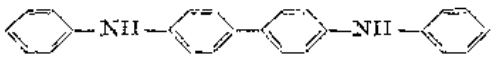
被测物	方法提要
锌盐	在少量铁氰化钾存在下，以亚铁氰化钾溶液直接滴定

二苯基联苯胺 Ⅱ-2(4)-0025

Diphenylbenzidine

别名 *N*, *N*′-二苯基二氨基联苯 *N*, *N*′-Diphenylbenzidine

结构式



分子式 $C_{24}H_{20}N_2$ **分子量** 336.44

理化性质 小片晶或叶状晶体，熔点242℃，不溶于水，微溶于醇、丙酮及苯、能溶于溴甲苯及乙酸乙酯中。

指示剂色泽变化　蓝—绿色

指示剂变色机理　表面氧化还原指示剂。

用途　溶液配制成1%溶液，取本品1 g溶于96%硫酸中，其实际应用如下。

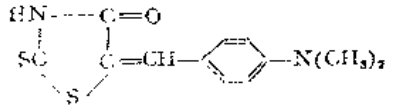
被测物	方　法　提　要
锌	取含锌样品0.15 g，溶于15ml30%硫酸后，加水100ml，氯化铵3g，以含有少量铁氧化物的亚铁氰化物溶液滴定，加指示剂4～6滴，滴定中颜色加深，当锌沉淀完全后转变为绿黄色为终点

对二甲氨基亚苄基罗丹宁　　Ⅱ-2(4)-0026

p-Dimethylaminobenzylidenerhodanine

别名　玫瑰红银试剂

结构式



分子式　$C_{12}H_{12}N_2OS_2$　　**分子量**　264.36

理化性质　红色针状结晶，熔点240～270℃（分解），不溶于水，难溶于氯仿、醚及苯，微溶于沸醇及丙酮，溶于强酸呈黄色溶液。

指示剂色泽变化　灰—红。

指示剂变色机理　表面络合指示剂。

合成方法　将等克分子量的罗丹宁和对二甲基氨基苯甲醛在烧瓶中混匀，在油浴上加热$1\frac{3}{4}$小时，将固体熔融物溶解于冰乙酸中，用水和几滴氨水沉淀。用乙醇重结晶得纯品。

用途　溶液配制成0.02%丙酮溶液，其实际应用如下。

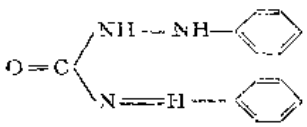
被测物	方　法　提　要
溴化物	在近0.1*M*硝酸介质中以硝酸亚汞溶液直接滴定，形成的汞络合物有感光性，滴定必须的漫散光中进行
碘　盐	以溴化物标准溶液为滴定剂直接滴定
氰化物	以硝酸银标准液滴定，25ml试液加入10ml10%NaOH溶液，加指示剂3滴，以硝酸银直接滴定至红色为终点

二苯缩胺脲　　Ⅱ-2(4)-0027

Diphenylcarbazone

别名　对称苯肼羰偶氮苯；二苯基卡巴腙

结构式



分子式　$C_{13}H_{12}N_4O$　　**分子量**　240.27

理化性质 橙红色针状结晶，熔点157℃（分解），不溶于水，能溶于醇、氯仿及苯之中。

指示剂色泽变化 以硝酸银为滴定剂滴定Cl^-时，亮红—紫色；测定Br^-，I^-时，黄—绿色；测定SCN^-时，玫瑰红—蓝色

指示剂变色机理 表面络合指示剂。

合成方法[1] 在1 l烧瓶中将24 g二苯氨基脲溶于200ml 95%乙醇中，煮沸15分钟使其溶解完全后在搅拌下将20 g粉状氢氧化钾一次加入此热溶液中，然后加20ml 3%的过氧化氢，将此混合物放置5分钟，在搅拌下加250ml 2N硫酸，把此糊状物注入3l容器中并加水1500ml以溶解硫酸钾，冷却后过滤，用水充分洗涤后干燥之。

用途 配制成0.2%乙醇溶液。实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	以硝酸银溶液作为滴定剂，以二苯基缩氨脲及数滴0.05N硝酸[illegible]至等当点后，汞(Ⅱ)氯络合物分解
溴化物	均似与氯化物的测定
硫氰酸盐	含0.1～0.2 g碱金属硫氰酸盐的样品溶于20～25ml水中，或按灼烧于20～25ml20%硝酸中以防止水解，加8～10滴指示剂，以0.05N硝酸银滴定至稳定的紫色为终点
氰化物	在pH9～12的碱金属氰化物溶液中，加5滴指示剂溶液，此时溶液呈红色，以0.1N硝酸银溶液滴定至红色消失，当氰化物转变为$Ag(CN)_2^-$时，溶液呈紫色，继续滴[illegible]而形成溶解度小的氰化银，沉淀逐渐絮凝，溶液转变呈蓝色
亚硫酸盐	在pH9.5～9.6溶液中，以硝酸银溶液滴定至红色转变至蓝色为终点
氧化物	在pH1.5～2.0条件下，以硝酸银溶液滴定，溶液由淡红变为深蓝紫色为终点

参 考 文 献

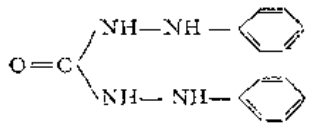
[1] K. H. Slotta, K. R. Jacobi; *Z. anal. Chem.*, 77, 344. (1929).

二苯氨基脲 Ⅱ-2(1)-0028

Diphenylcarbazide

别名 对称二苯基羰二肼；二苯卡巴肼

结构式



分子式 $C_{13}H_{14}N_4O$ **分子量** 242.28

理化性质 白色结晶粉末，在空气中渐变成浅红色，熔点168～171℃，不溶于水，微溶于热醇、苯、丙酮及冰乙酸中。

指示剂色泽变化 蓝紫—无色。

指示剂变色机理 表面络合指示剂。

合成方法[1] 取55 g愈创木酚（guaiacol）碳酸盐与86 g苯肼相混和并在160～165℃油浴中加热2小时，将此混合物注入一瓷皿中，在搅拌下慢慢冷却直至开始结晶，搅至呈糊状后用苯萃取愈创木酚和过量的苯肼，产品用热的乙醇重结晶，此法仅可获得对称的二苯氨基脲。

用途 溶液配制成1%溶液，取本品1 g溶于95%乙醇中，宜新鲜配制，其实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	在含有氯化物的被测溶液中，加入少量指示剂溶液及数滴0.005M硝酸汞(Ⅱ)溶液，以硝酸银标准液滴定至汞-氯络合物被稍微过量的银盐所分解，蓝紫色褪去呈无色为终点
碘化物	在碘化物或卤化物混合物溶液中，加入本品少量氯化高汞作指示剂，以硝酸银标准溶液滴定至呈无色为终点
氰化物	在pH9～12的碱金属氰化物溶液中，加入本品溶液4～5滴，以0.1N硝酸银滴定至红色转变为紫色，若继续滴定，则形成溶解度更小的氰化银，沉淀逐渐絮凝，终点很明显
铅盐	测定前按下法配制指示剂：取2ml6N硝酸($d=1.2$)及30ml吡啶、加入到120ml水中，再加1.5%本品的乙醇溶液，混匀后放置过夜，此液不稳定，数日后需重新配制。此混合液10ml加至100ml含1mg铅的中性溶液中，产生樱红色。测定时取含铅1～20mg的中性试液100ml，加10ml上述指示剂混合液及30ml丙酮，以0.001M磷酸标准液滴定至淡橙棕色为终点，此沉淀组成为$PbO(Pb_2(PO_4)_2)_2$
氯化物	以0.1N硝酸汞(Ⅱ)标准溶液滴定法：取试液约80～100ml、加本品在95%乙醇中的饱和溶液5滴，以NaOH调pH至橙色，再加4ml0.2NHNO，以0.1N硝酸汞溶液滴定至溶液颜色先变为淡红，紫色最后转变为蓝紫色为终点

参 考 文 献

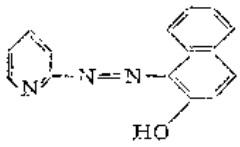
〔1〕 K. H. Slotta, K. R. Jacobi: *Z. anal. Chem.*, 77, 344, (1929)。

1′-(1-吡啶偶氮)-2-萘酚　　Ⅱ-2(4)-0029

1′-(1-Pyridylazo)-2-naphthol

别名　PAN

结构式



分子式　$C_{15}H_{11}N_3O$　　**分子量**　249.27

理化性质　橙红色粉末，溶于醇和醚，难溶于水。

指示剂色泽变化　红紫色—浅绿色。

指示剂变色机理　表面络合指示剂。

合成方法　参见本手册第二章Ⅱ-2(2)-0037

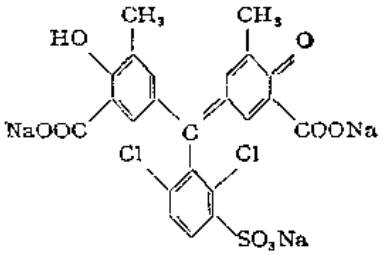
用途　溶液配制成0.1%甲醇溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
碘化物	在Cu-PAN存在下滴定

铬天青S　　Ⅱ-2(4)-0030

Chrome azurol S

结构式



分子式 $C_{23}H_{13}Cl_2Na_3O_9S$ **分子量** 605.33

理化性质 棕色粉末，溶于水为棕黄色溶液，在醇中溶解度较水中溶解度为小，呈红棕色。

指示剂变色机理 表面络合指示剂。

合成方法 参见本分册第二章Ⅱ-2(2)-0078

用途 溶液常配制成0.1%或0.2%水溶液使用，实际应用如下。

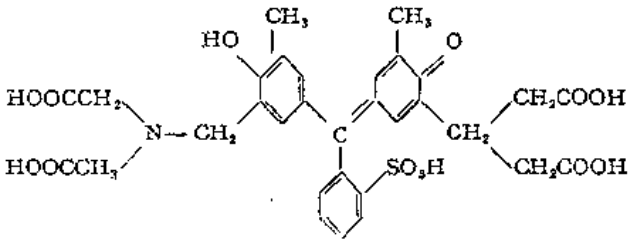
被测物	方法提要
氟化物	在pH=3的介质中，以标准Th^{4+}溶液作为滴定剂直接滴定

二甲酚橙 Ⅱ-2(4)-0031

Xylenol orange

别名 3,3′-双(*N*,*N*′-二羧甲基氨甲基) 邻甲酚磺酞

结构式



分子式 $C_{31}H_{32}N_2O_{13}S$ **分子量** 672.66

理化性质 红棕色有光泽的结晶性粉末，易潮解，溶于水，不溶于醇，水溶液在pH<6.3时呈黄色，pH>6.3呈红色，不溶于乙醚。

指示剂色泽变化 浅红—灰绿色。

指示剂变色机理 表面络合指示剂。

合成方法 合成方法参见本章Ⅰ-4(2)-0085。

用途 溶液配制成0.2%水溶液，其实际应用如下。

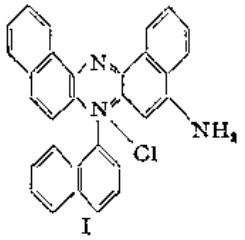
被测物	方法提要
溴化物	微碱性介质中，以硝酸银溶液作滴定剂
碘化物	直接滴定
硫氢酸盐	同溴化物、碘化物测定条件

麦 答 剌 红　　Ⅱ-2(4)-0032

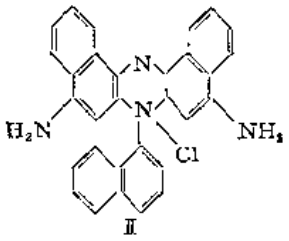
Magdala red

别名　萘红　Naphthalene red

结构式



或



分子式　Ⅰ　$C_{30}H_{20}ClN_3$　　**分子量**　457.94

Ⅱ　$C_{30}H_{21}ClN_4$　　472.96

理化性质　本品为Ⅰ和Ⅱ的混合物，暗棕色或深红色粉末，稍溶于热水为红色溶液，能溶于醇为红色溶液带有橙色荧光。

指示剂色泽变化　以硝酸银滴定Cl^-、Br^-、I^-及SCN^-时，终点颜色变化为草黄色荧光—紫色。

指示剂变色机理　表面荧光指示剂。

用途　实际应用如下。

被测物	方法提要
氯化物	在糊精作为保护胶体存在下，以硝酸银溶液直接滴定
碘化物	以硝酸银标准液直接滴定
银盐	以0.02～0.1M Na_2MoO_4溶液直接滴定，指示剂用量按溶液体积每10ml加5滴计算，测定误差≤0.5%

第五节　荧光指示剂

当紫外光照射某些物质时，其分子吸收光能而成为激发态分子，然后激发态分子以光的形式放出所吸收的能量降落至基态时，所发出的光称作为荧光。通常发生荧光所释放的能量比入射光所吸收的能量要略小些，所以荧光的波长要比入射光的波长稍为长些。

常说的荧光，指的是物质吸收紫外光后发出的可见荧光。但实际上不仅有可见荧光，也有不可见荧光。如有些物质吸收紫外光后发出波长稍长的紫外光荧光；有些物质则吸收X光后，发出波长稍长的X光荧光；也有些物质吸收红外光后发出波长稍长的红外光荧光等等。作为荧光指示剂使用的荧光物质，必须在吸收紫外光后发出可见光荧光。

在滴定分析中，选择某些荧光物质作为指示剂使用；当这类物质加入到被滴定的溶液中，并在紫外光照射下滴定至终点时，将发生荧光的发生或消失，或荧光颜色的改变等。这类荧光物质便称作为**荧光指示剂**。使用荧光指示剂的滴定分析方法称作为**荧光滴定法**。荧光滴定法的优点有两点，一是适用于不透明、混浊及有色溶液的滴定分析，这类溶液如使用一般指示剂时，常因终点不易判断而无法进行。其次是荧光滴定法又不象电位滴定、电导滴定之类的方法需要特殊的仪器，保持着一般滴定分析方法的简便、快速的优点。

最简便的荧光滴定操作可使用一般滴定分析用的滴定管、薄壁锥形瓶或烧杯等分析器皿，只需将这些器皿预先检查并保证不发生荧光即可。滴定最好在暗室中进行，一般采用配有黑色玻璃滤光片的石英汞蒸气荧光灯为光源，使紫外光照射于盛有试液的锥形瓶和盛有滴定液的滴定管上，紫外光和滴定液约成30°角。荧光滴定亦可在特制的暗箱中进行，最简单的暗箱设计如图2-5-1所示。

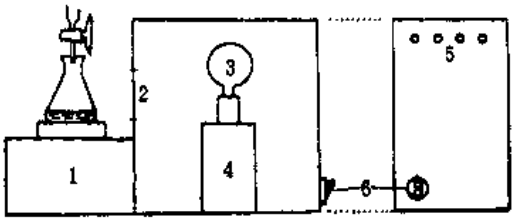


图 2-5-1 荧光滴定的暗箱设计

1—磁力搅拌器；2—小窗；3—紫外光源；4—光源灯座；5—通风散热孔；6—电源开关

在从事荧光滴定操作时，必须注意应避免光源直接照射眼睛，因为紫外光辐射对眼睛有害。

荧光指示剂按照滴定方法的原理不同，也可分为酸碱指示剂、沉淀指示剂、络合指示剂和氧化还原指示剂等类型。

某些物质所发生的荧光随着溶液pH值的改变而改变，如在某一pH范围内发生明亮的荧光，而在另一pH范围内荧光消失，或在某一pH值时，荧光由一种颜色转变为另一种颜色。根据这些物质的荧光的变化，来指示酸碱滴定的终点，称作为酸碱滴定的荧光指示剂。

沉淀滴定的荧光指示剂中，使用较普遍的是荧光吸附指示剂：荧光物质在水溶液中以一定的带电质点形式存在，当它被沉淀表面吸附后荧光即行消失，解吸后荧光又再现，藉此现象来指示滴定终点的到达与否。此外，也有些荧光物质具有被沉淀吸附后改变荧光颜色；荧光物质的荧光在不同离子介质中呈现不同的颜色等，也可作指示滴定终点的依据。

在络合滴定中，也常应用金属络合荧光指示剂。这类指示剂或者本身是荧光物质，但其荧光将能被某些元素熄灭。或者指示剂本身并非荧光物质，但能与某些元素形成荧光性络合物 凡这些类型的物质，在适当的条件下，可根据其荧光的消失或发生来判断滴定的终点。

某些物质本身系荧光性物质，但被氧化剂氧化后成为一种既不发生荧光，又不能被还原的产物而使荧光消失，便可作为氧化还原指示剂使用，在滴定进行至等当点后，微微过量的氧化剂的加入，使指示剂的荧光即行消失，指示出滴定终点的到达。

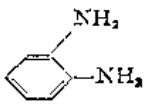
凡是良好的荧光指示剂，在滴定过程中其荧光转变应当十分明显，便于观察。除非必要时，荧光滴定常以目视滴定法进行。当荧光滴定用于微量分析时，也可用荧光计的检流计读数来判断滴定的终点。

邻苯二胺 Ⅱ-2(5)-0001

o-Phenylenediamine

别名 1,2-二氨基苯 1,2-Diaminobenzene

结构式



分子式 $C_6H_8N_2$ **分子量** 108.14

理化性质 棕黄色晶体，熔点103—104℃，沸点256～258℃，微溶于水，能溶于醇、醚、氯仿。

指示剂荧光（色泽）变化 pH3.1～4.4 绿色—无荧光

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法 将69 g邻硝基苯胺，40ml 20%氢氧化钠，200ml 95%乙醇置于1 l三颈瓶中。装上搅拌及回流冷凝器。在水浴上加热，在强力搅拌下将混合物煮沸。去掉加热源，加130 g锌粉，以每次加10 g的速度加入，混合物仍继续沸腾。锌粉加完后，在搅拌下回流1小时。趁热抽滤混合物。用热乙醇萃取锌残留物，每次用150ml。合并滤液，加2N3 g亚硫酸氢钠。在水蒸汽浴上减压蒸发至125～150ml。在冰盐浴上冷却，滤出浅黄色结晶。用少量冰水洗涤，真空干燥器中干燥即为粗品。精制是将粗品溶于150～175ml含有1～2 g亚硫酸氢钠的热水中并用脱色炭处理。过滤将滤液在冰盐浴上冷却，吸滤，用10～15ml冰水洗涤干燥即为纯品。

用途 溶液配制：用70%乙醇配制成0.2%溶液。

对 苯 二 胺 Ⅱ-2(5)-0002

p-Phenylenediamine

别名 1,4-二氨基苯 1,4-Diaminobenzene

结构式

分子式 $C_6H_8N_2$ **分子量** 108.14

理化性质 白色乃至微红色晶体，露于空气中颜色变暗，熔点145～147℃，沸点267℃，能溶于水，醇、醚、氯仿之中。

指示剂荧光（色泽）变化 pH3.1～4.4 无荧光—橙黄色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法 将100ml水和100 g铁粉混合在一起，加5ml浓盐酸。加热至95℃，在搅拌下逐渐加入100 g对硝基苯胺。如需要，可在95℃保温，冷却。继续还原直至溶液不再呈黄色。将溶液滴在滤纸片上即可看出。加碳酸钠溶液至混合物呈碱性。过滤并蒸发滤液至形成结晶。

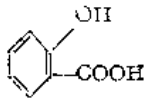
用途 溶液配制：用70%乙醇配制成0.2%溶液。

水 杨 酸 Ⅱ-2(5)-0003

Salicylic acid

别名 邻羟基苯甲酸 *o*-Hydroxybenzoic acid

结构式



分子式 $C_7H_6O_3$ **分子量** 138.12

理化性质 无色针状结晶，相对密度1.44，熔点159℃，微溶于水，能溶于醇、醚、

指示剂荧光（色泽）变化　pH2.5～4.0　无荧光—深蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　在镍蒸发皿中将47g(0.5mol)苯酚溶解于20.5g氢氧化钠（0.51mol）和30ml水配成的溶液中，在石棉网上加热，并用镍刮刀搅拌，以蒸去水。接近反应终点时用直火加热蒸发皿。将所得到的固体苯酚钠在研钵中磨碎后，再置蒸发皿中不断搅拌使之干燥。将干燥的粉状苯酚钠转移至浸于伍德合金浴中（或油浴中）的250ml三口圆底烧瓶中。烧瓶上装一导气管，空气冷凝管、温度计和氯化钙管。将外浴加热到110℃（烧瓶中的温度应稍高于100℃），开始通入经过硫酸洗气瓶和硅胶柱干燥后的二氧化碳。二氧化碳导入管应当直接通至苯酚钠的表面上。通$CO_2$1小时后逐渐提高温度，在4小时内提高到190℃。在200℃再加热2小时并时时用刮刀搅拌。反应产物冷却后移至烧杯中，加水溶解，然后加1g活性炭，于60℃加热15分钟后趁热过滤。加浓盐酸于滤液中使水杨酸析出。置冰盐浴中冷却后用布氏漏斗滤出水杨酸，以少量水洗涤，置素瓷板上干燥。

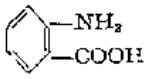
用途　配制成0.5%钠盐水溶液。

氨茴酸　Ⅱ-2(5)-0004

Anthranilic acid

别名　邻氨基苯甲酸　*o*-Aminobenzoic acid

结构式



分子式　$C_7H_7NO_2$　　**分子量**　137.14

理化性质　白色至黄色结晶性粉末，熔点144～146℃，（升华）易溶于醇、醚、热水，难溶于冷水，在甘油的溶液中呈紫石英荧光

指示剂荧光（色泽）变化

第一个荧光色泽转变范围　1.5～3.0无荧光—浅蓝色。

第二个荧光色泽转变范围　4.5～6.0浅蓝色—深蓝色。

第三个荧光色泽转变范围　12.5～14深蓝色→无荧光。

指示剂呈色(荧光)机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　在装有良好搅拌器和滴液漏斗的500ml厚壁烧杯中，放置72ml 50%氢氧化钾溶液，在搅拌下分次加入200g碎冰，并将烧杯用冰盐浴冷却使温度降至－15℃。滴加20g（6.9ml）溴，调节滴加速度使温度不超过10℃。在全部溴溶解后，分批少量地加入20g（0.14mol）研细的邻苯二甲酰亚胺，注意将温度保持在0℃以下。然后将透明溶液冷至－5℃，加入20g粉末状氢氧化钾，并将杯内混合物再搅拌0.5小时。然后将溶液缓缓地加热至70℃，加入5ml 36%亚硫酸氢钠溶液，冷却、过滤。滤液应该淡而透明。向其中加入30～40ml化学纯浓盐酸，但需注意溶液仍应保持碱性，再加入大约24ml冰酸酸使邻氨基苯甲酸析出。放置、过滤，产品应该几乎无色，用少量冷水洗涤，在滤纸上干燥。

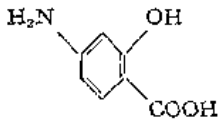
用途　溶液配制：用50%乙醇配制成0.1%溶液，可用于强酸、强碱的滴定。

对氨基水杨酸　　Ⅱ-2(5)-0005

p-Aminosalicylic acid

别名　4-氨基柳酸

结构式



分子式　$C_7H_7NO_3$　　**分子量**　153.13

理化性质　白色或几乎近白色固体，熔点150～151℃（同时分解），露置空气中即变成棕色。能溶于丙酮（50℃时为1:8）、碳酸氨钠及磷酸，微溶于醇及醚，不溶于冷水及苯中。

指示剂荧光（色泽）机理　pH3.1～4.4无荧光—浅绿色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　由4-硝基水杨酸还原而制得。

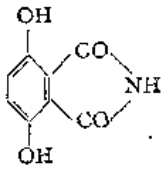
用途　溶液配制成0.2%乙醇溶液，使用时新鲜配制，可用于强酸强碱及弱碱的测定。

3,6-二羟基酞酰亚胺　　Ⅱ-2(5)-0006

3,6-Dihydroxyphthalimide

别名　3,6-二羟基邻苯二甲酰亚胺

结构式



分子式　$C_8H_5NO_4$　　**分子量**　179.13

理化性质　黄色针状结晶。

指示剂荧光（色泽）变化

第一个荧光变色转变范围　pH0～2.4蓝—绿。

第二个荧光变色转变范围　pH6.0～8.0绿—黄绿。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　在优质的圆底烧瓶中，放置一定量的3,6-二羟基邻苯二甲酸酐和二倍量（以摩尔数计）的28%氨水，装上空气冷凝管，用直火加热至混合物熔化为均一物质（约为300℃），加热时需将烧瓶时时摇动，升华并沉积在冷凝管上的产物用玻璃棒刮入烧瓶内。熔融物趁热注于白铁盘中，盖上一张纸，放置冷却，所得到的邻苯二甲酰亚胺相当纯净（熔点232～235℃）。产量为47～48 g（理论产量的95～97%）。产物为无色薄片状结晶，熔点238℃；溶于乙醇及热醋酸中。加热时甚易升华。

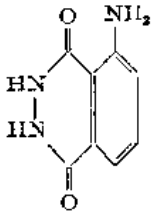
用途　溶液配制成1%乙醇溶液。

鲁米诺 Ⅰ-2(5)-0007

Luminol

别名 3-氨基苯二甲酰肼 3-Aminophthalhydrazide

结构式



分子式 $C_8H_7N_3O_2$ **分子量** 177.16

理化性质 见Ⅰ-2(6)-0002

指示剂荧光（色泽）变化 pH6～7无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法 将192.5 g 3-硝基酞肼分次逐渐加至1l 6*N*硫化铵溶液中。硫化铵溶液是用硫化氢在冷却下对200ml浓氨氧化铵溶液进行饱和制备的，然后另加200ml氢氧化铵，最后稀释至1 l。还原反应是剧烈的，需要从外部对烧瓶进行冷却。当将全部3-硝基酞肼加完后，再沸腾回流1小时并需加硫化氢气体。加入硫化氢后至少再煮沸1小时，放冷。吸滤，用水仔细洗涤并干燥。用稍过量的冰乙酸酸化滤液并过滤。用水洗沉淀并干燥。

沉淀中含有游离硫和3-氨基酞肼。为了去掉试剂中的硫，在搅拌下加入适量的5%氢氧化钠，使之形成钠盐（$C_8H_6N_3O_2Na$）即可。搅拌并加以温热、过滤。冷却至0℃，搅拌并刮净容器壁。当沉淀完全后吸滤，在滤纸上尽量挤压干。将固体溶于水，加稍过量的冰乙酸进行沉淀。吸滤，用水洗掉乙酸钠，干燥得成品。

用途 溶液配制成0.01%水溶液，其实际应用如下。

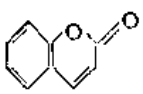
被测物	方法提要
酸或碱	以强碱或强酸标准溶液滴定
有色酒类、果汁、牛乳等中的含酸量	试样溶于200ml水中，加入0.5ml指示剂，以NaOH标准溶液滴定至蓝色荧光消失

香豆素 Ⅰ-2(5)-0008

Coumarin

别名 邻氧萘酮

结构式



分子式 $C_9H_6O_2$ **分子量** 146.15

理化性质 无色斜方晶系，长方形或板状结晶，熔点70℃，沸点297～299℃，溶于醇、醚、

氯仿，微溶于热水，可溶于苛性碱溶液中。

指示剂荧光（色泽）变化　pH9.5～10.5　无荧光—浅绿色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　氧化物或钴盐的水杨醛，或乙酰水杨醛，与乙酸酐一起加热进行制备。

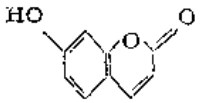
用途　适用于强酸、强碱间的滴定，可用于弱酸的测定。

伞形酮　Ⅱ-2(5)-0009

Umbelliferone

别名　伞形酮；7-羟基香豆素　7-Hydroxycoumarin

结构式



分子式　$C_9H_6O_3$　　**分子量**　162.15

理化性质　无色针晶，熔点225～228℃，能升华，有香豆素臭，不溶于冷水，能溶于热水、醇、氯仿、溶于稀的碱类，溶液显蓝色荧光。

指示剂荧光（色泽）变化　pH6.5～8.0无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　将2,4-二羟基苯乙酮和苹果酸在硫酸的存在下于90～130℃之间进行缩合，消去乙酰基即得伞形酮。

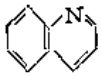
用途　溶液配制成1%乙醇溶液，可用于强酸、强碱间的滴定。

喹　啉　Ⅱ-2(5)-0010

Quinoline

别名　氮杂萘

结构式



分子式　C_9H_7N　　**分子量**　129.16

理化性质　油状液体，易吸湿，久藏时会变暗，相对密度20℃1.0944，熔点－15℃，沸点238℃，微溶于冷水，易溶于热水、醇、醚、苯及氯仿中。

指示剂荧光（色泽）变化　pH6.2～7.2　蓝色—无荧光。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　在1.5 l烧瓶中加入20 g硝基苯，31 g苯胺，100 g无水甘油（将商品甘油在瓷盘中加热至180℃），在搅动下倒入45ml浓硫酸。在烧瓶上装上回流冷凝器并在电炉丝上加热。当沸腾的气泡表示反应已开始时立刻移开火源。在不加热的情况下使反应继续进行，直至反应变缓和后再加热并沸腾3小时。

加少量水，用蒸汽流除去未反应的硝基苯。趁液体温热时，用浓氢氧化钠溶液调成碱性，用水蒸汽蒸馏释放出的喹啉（与未反应的苯胺同时释出）。用乙醚萃取馏出物，蒸发乙醚。将

粗品溶于50ml浓盐酸和200ml水的混合物中。温热并加30 g氯化锌溶于50ml 2N盐酸溶液中，用冰冷却，吸滤并收集结晶。用冷的2N盐酸洗涤，用浓氢氧化钠分解。用水蒸汽蒸馏。用乙醚萃取馏出物，用固体氢氧化钾干燥乙醚。蒸出乙醚后于239℃蒸馏。

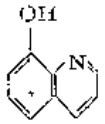
用途 溶液配制成饱和水溶液。

8-羟基喹啉 Ⅱ-2(5)-0011

8-Hydroxyquinoline

别名 喔星 oxine

结构式



分子式 C_9H_7NO **分子量** 145.15

理化性质 淡黄色或几乎白色结晶或粉末，见光变黑，熔点76℃，沸点267℃，有碳酸气味，易溶于醇、氯仿、苯、矿酸及丙酮，几乎不溶于水、醚之中。

指示剂色泽（荧光）指示剂 黄（绿）色一无荧光

指示剂呈色（荧光）指示剂 金属荧光指示剂。

合成方法 8-羟基喹啉以邻氨基苯酚与甘油、硫酸在邻硝基酚存在下，根据斯克劳仆法进行的。其中邻硝基酚将二氢喹啉氧化至喹啉的同时，自己被还原为邻氨基苯酚作为原料使用。

于一个500ml短颈烧瓶中。置5 g邻硝基苯酚。8.3 g邻氨基苯酚及18 g甘油。混合均匀，徐徐加入浓硫酸14.5 g（8.2ml）。装上空气回流冷凝管，油浴加热。反应在轻度沸腾下保持5小时，水蒸汽蒸馏。除去未作用之邻硝基苯酚。往瓶内液体中先加20%氢氧化钠溶液60ml，小心加入硫酸钠使呈碱性，重新用水蒸汽蒸馏。蒸出8-羟基喹啉相当缓慢，且部分于冷凝器中凝结。最好控制冷凝的流水速度，使其部分蒸汽自一端逸出。导至受器中，瓶外用水流冷却。约需500～600ml水之蒸汽，才能使8-羟基喹啉全部蒸出，馏出物放冷，过滤，在空气中干燥。

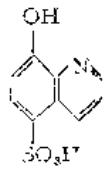
用途 0.05%溶液的配制：用0.5%乙酸配制0.05%溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
Ga^{3+}	先用乙醚萃取$GaCl_3$，再用水反萃取，然后调节介质酸度2.5～3.5（邻苯二酸盐缓冲液），以EDTA滴定由黄（绿）色至荧光消失

8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(5)-0012

8-Hydroxyquinoline-5-sulphonic acid

结构式



分子式 $C_9H_7NO_4S$ **分子量** 225.22

理化性质 淡黄色针状晶体或粉末，熔点213℃,(分解),无臭，易溶于水，微溶于有机溶剂。

指示剂色泽（荧光）变化 黄（绿）色—荧光消失。

指示剂色泽（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 将14.5 g 8-羟基喹啉在1小时内逐渐溶于其七倍重量的发烟硫酸（含三氧化硫4%），温度不要超过10℃，在8℃放置24小时后将混合物倒在400 g碎冰上。大量沉淀沉出。过滤，用冷水仔细洗涤，以热稀盐酸（约5%）重结晶，结晶很大，几乎是无色的针状结晶。

用途 溶液配制成0.2%水溶液、实际应用如下。

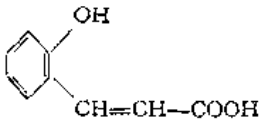
被测物	方法提要
Zn^{2+}	pH=10的介质中，以EDTA标准液滴定至绿黄色荧光消失
Zn^{2+}、Mg^{2+}、Cd^{2+}	在pH=5～8溶液中，以1，2-二氨基环巴烷-N，N，N′，N′-四乙酸为滴定剂，在紫外光照射下滴定至这些离子与指示剂所呈的绿黄色荧光消失为终点

香豆酸 Ⅱ-2(5)-0013

Coumaric acid

别名 羟基苯丙烯酸 Hydroxycinnamic acid

结构式



分子式 $C_9H_8O_3$ **分子量** 164.16

理化性质 无色针状晶体，熔点208℃，微溶于水及醚中，不溶于氯仿。

指示剂荧光（色泽）变化 pH7.2～9.0 无荧光—绿色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法

1．将芦荟加双倍的水和10份浓硫酸煮沸1～2小时。冷却后，倒去上层水溶液，取出沉淀的树脂并用乙醚萃取。

也可加乙酸铅使大部分树脂分离，在滤液中加硫酸脱色，将浅色溶液加必需量的硫酸煮沸，冷却后再用乙醚萃取，将乙醚溶液进行蒸发即可得香豆酸粗品。此粗品内仍含有相当数量的水溶性树脂，可将其溶于稀乙醇并加活性炭脱色，以进行提纯。最后再从热水中重结晶一次。

2．在一烧瓶中加入2.5kg芦荟，5kg水和400 g浓硫酸，然后煮沸2小时并不时补充蒸发掉的水。将滤液放冷，得大量沥青状树脂。倒出水溶液，将树脂再加2kg水煮沸，过滤，将滤液蒸至3/4。放冷并用乙醚萃取。蒸发乙醚溶液，得含有少量树脂的黄色结晶。粗品产率约37.5 g。

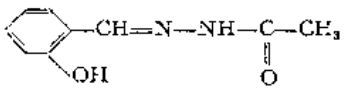
在粗品中加碳酸钡溶液使之成为水溶性的钡盐。加活性炭脱色。加盐酸调节酸性，冷却，过滤。用水洗涤。用热水重结晶，蒸发，冷却。得33.0 g长针状结晶。产品呈浅黄色。熔点206℃。

用途 溶液配制成1%乙醇溶液。

水杨醛缩乙酰腙 Ⅱ-2(5)-0014

Salicylaldehyde acetylhydrazone

结构式



分子式 $C_9H_{10}N_2O_2$ **分子量** 178.19

理化性质 白色或浅色结晶状固体，难溶于水，可溶于甲醇、乙醇中。

指示剂荧光（色泽）变化 蓝色—无荧光。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 取N-氨基乙酰胺与水杨醛脱水缩合而得。

用途 溶液配制：作为荧光指示剂使用时常配成0.1%的乙醇溶液，其实际应用如下。

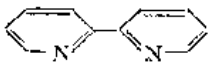
被测物	方法提要
Zn^{2+}	溶液酸度控制在pH4.5（乙酸盐缓冲溶液），以EDTA标准溶液直接滴定至蓝色荧光消失为终点

2,2-′联吡啶 Ⅱ-2(5)-0015

2,2′-Dipyridyl

别名 α,α′-联吡啶 α,α′-Dipyridyl

结构式



分子式 $C_{10}H_8N_2$ **分子量** 156.18

理化性质 白色或浅红色结晶性粉末，熔点69.7℃，沸点272—273℃，溶于水，易溶于醇、醚、苯、氯仿及石油醚中。

指示剂荧光（色泽）变化 Ru^{2+}离子与本试剂所组成的络合物呈橙红色荧光，被氧化后，Ru^{3+}离子与本试剂的络合物无荧光。

指示剂呈色（荧光）机理 氧化还原荧光指示剂。

合成方法 Hill[1]应用下法合成本试剂：溶解173 g高锰酸钾于4250ml水中，与45gα-皮考林（沸点126～132℃）混合后回馏7小时，过滤，滤液中通二氧化碳气流以降低碱度，蒸去大部分水并在水浴上将残渣蒸干。将残渣溶于150ml水中并过滤，加冰乙酸至pH5～6，然后加入180ml 1%硫酸铜溶液至沉淀完全，放置15分钟后过滤出铜盐，用冷水洗涤后先在室温下干燥，后在105℃烘干。在二氧化碳气氛中蒸干吡啶铜直至黑色残渣留下，将容器置于冰中冷却，液状蒸出液中含2,2′-联吡啶及皮考林。加热此液体至50℃以除去大部分吡啶，即得本品。

用途 溶液配制：取1.17 g 2,2′-联吡啶与0.69 g钌盐溶于100ml水中。其实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
As（Ⅲ）	在酸性溶液中，以硫酸铈（Ⅳ）或高锰酸钾标准溶液为滴定剂，直接滴定至橙红色荧光消失为终点。I_2、$K_3[Fe(CN)_6]$、Fe（Ⅲ）、U（Ⅵ）等的存在将导致指示剂的荧光熄灭而干扰测定

参 考 文 献

（1） R. Hill: *CA.*, 25, 2387, (1931).

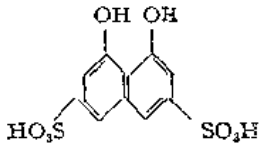
变 色 酸　　Ⅱ-2(5)-0016

Chromotropic acid

别名　铬变酸；1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸

1,8-Dihydroxy naphthalene-3,6-disulfonic acid

结构式



分子式　$C_{10}H_8O_8S_2 \cdot 2H_2O$　　**分子量**　356.33

理化性质　白色针状结晶，溶于水，其二钠盐含有二分子结晶水的针状或叶状结晶，很易溶于水。

指示剂荧光（色泽）变化　pH3.1～4.4无荧光—浅蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　由H-酸（1-羟基-8-氨基-3,6-二磺酸）经碱熔或用稀硫酸在加压下处理制得。

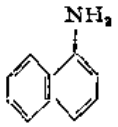
用途　溶液配制成5％水溶液，适用于强酸、强碱及弱碱的滴定。

1-萘 酸　　Ⅱ-2(5)-0017

1-Naphthylamine

别名　α-萘胺

结构式



分子式　$C_{10}H_9N$　　**分子量**　143.19

理化性质　白色针晶或粉末，易升华，熔点50℃，沸点301℃，相对密度1.13，不溶于水，能溶于醇及醚中。

指示剂荧光（色泽）变化　pH3.4～4.8　无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　将120 g铁粉和60ml水置于一装有搅拌的容器中，加热至95℃，加10ml浓盐酸，逐渐倒入100 g α-硝基萘。继续还原直至样品完全溶于盐酸。用过热水蒸汽蒸馏，滤出产品，用苯或甲苯结晶。

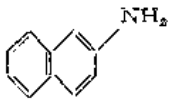
用途 溶液配制成0.5%乙醇溶液。

2-萘 胺 Ⅱ-2(5)-0018

2-Naphthylamine

别名 β-萘胺

结构式



分子式 $C_{10}H_9N$ **分子量** 143.19

理化性质 小叶晶，相对密度98° 1.061，熔点110～112℃，沸点306℃，不溶于水，能溶于醇醚，苯中。

指示剂荧光（色泽）变化 pH2.8～4.4无荧光—紫色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法 将100 g β-萘酚与150ml 40%亚硫酸铵溶液和100ml 20%的氨水仔细混匀。将混合物置入500ml高压釜中，在100～150℃进行反应。当β-萘酚的量不再变少时反应即完成。用氢氧化钠的稀溶液萃取粗品，以去掉少量的β-萘酚。将剩余物溶于稀盐酸，滤掉可能形成的β-二萘胺。在滤液中加氢氧化钠析出产品。

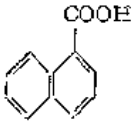
用途 溶液配制成0.5%乙醇溶液。

1-萘 甲 酸 Ⅱ-2(5)-0019

1-Naphthoic acid

别名 α-萘甲酸

结构式



分子式 $C_{11}H_8O_2$ **分子量** 172.19

理化性质 无色针状结晶，熔点161～163℃，沸点>300℃，微溶于热水，能溶于热苯、醚、氯仿及$NH_3 \cdot H_2O$中。

指示剂荧光（色泽）变化 pH2.5～3.5无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法 在一个装有机械搅拌，冷凝器及分液漏斗的2 l三颈瓶中放入24.3 g（1mol）镁屑，100ml无水乙醚、1～2粒碘片，在水浴上温热以使乙醚逐渐沸腾。移去水浴停止加热，从分液漏斗中加入10ml（15 g、0.07mol）α-溴代萘以使之开始反应。之后在搅拌下从分液漏斗中逐渐滴加192 g（0.93mol）α-溴代萘溶于500ml无水乙醚之溶液，控制滴加速度使反应正常进行。约需1.5～3小时加完。加完后再在水浴中回流1.5小时以使反应完全。合成好的格氏试剂是很重的油状物。在瓶底部再加入533ml干燥苯使其溶解。

冷却。取下分液漏斗，换上一个两孔的橡皮塞，插上一支温度计和下端拉成毛细管的玻

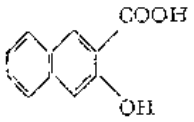
璃管。当混合物的温度到达－7℃时，去掉冷凝器，装上直径为10mm的进气管并使其伸向液面约50mm。在搅拌下通入干燥的二氧化碳。将二氧化碳的流速调节到使反应混合物的温度不升到－2℃以上。反应约1.5小时。当反应完成时，温度下降到－7℃以下。冷却烧瓶，在搅拌下慢慢加25%硫酸至镁全溶为止。分出油层。水层用乙醚提取。乙醚提取液与油层合并。用碱洗，蒸出溶剂。冷却溶液并用50%硫酸酸化至强酸性。滤出α-萘甲酸，用水洗去硫酸根。干燥。

用途 溶液配制成钠盐水溶液。

3-羟基-2-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0020

3-Hydroxy-2-naphthoic acid

结构式



分子式 $C_{11}H_8O_3$ **分子量** 188.18

理化性质 黄色结晶，熔点218～223℃，易溶于乙醇、乙醚、三氯甲烷和苯，难溶于水。

指示剂色泽（荧光）变化 蓝—绿。

指示剂荧光（色泽）变化机理 金属荧光指示剂。

合成方法[1] 由β-萘酚钠在加压下在280～290℃条件下与CO_2作用获得。

用途 溶液配制：作为荧光指示剂使用时常配成0.1%钠盐水溶液，在定量测定中其实际应用如下所示。

被测物	方法提要
Al^{3+}	溶液酸度控制在pH3.0，以EDTA直接滴定至蓝色转变成绿色为终点

参考文献

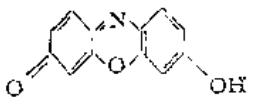
(1) Schmitt, Burkard: *Ber.*, 20, 2702, (1887).

试卤灵 Ⅱ-2(5)-0021

Resorufin

别名 9-羟基-3-异吩噁唑酮 9-Hydroxy-3-isophenoxazone

结构式



分子式 $C_{12}H_7NO_3$ **分子量** 213

理化性质 肉色针状结晶（由浓盐酸重结晶获得），可溶于碱、难溶于水及乙醇，不溶于乙醚，可溶于硫酸中呈蓝紫色。

指示剂荧光（色泽）变化　pH4.4～6.4黄—橙（仅有弱的荧光）。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

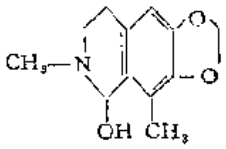
合成方法　将5 g间苯二酚，2.5 g硝基苯和75 g浓硫酸混匀，在不断搅拌下逐渐加热至170℃，并保温至熔融物变为紫色。当反应物变稠时加热接近终点。将其倒入大量冷水中，用碳酸钠中和，蒸发浓缩至体积很小。冷却，用乙醇萃取混合物。蒸去乙醇，用盐酸沉淀。当钠盐分解时可用试卤灵沉淀对氨基酚磺酸。将沉淀溶于氨水中，过滤，趁热用盐酸沉淀。只有试卤灵沉淀。吸滤，用水洗，用热浓盐酸结晶。

用途　用于强酸强碱的滴定中。

可　他　宁　　Ⅱ-2(5)-0022

Cotarnine

结构式



分子式　$C_{12}H_{15}NO_4$　　**分子量**　237.26

理化性质　本品系由雅片碱（narcotine）用稀硝酸氧化而成的一种生物碱，从苯中结晶得小针晶，熔点132～133℃（分解）。能溶于醇、氯仿、醚、苯，微溶于水。

指示剂荧光（色泽）变化　pH＞12　黄—无色。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　20 g那可汀与120 g 25% HNO_3溶于40 g水的溶液中，在49～50℃反应得产品可他宁。熔点133℃。

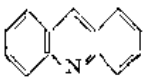
用途　溶液配制成乙醇溶液。

吖　啶　　Ⅱ-2(5)-0023

Acridine

别名　氮杂蒽

结构式



分子式　$C_{13}H_9N$　　**分子量**　179.22

理化性质　无色小叶状晶体，熔点109℃，沸点346℃，能溶于水及醇。

指示剂荧光（色泽）变化　pH5.2～6.6绿—紫色

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法　将吖啶酮与12～15 g锌粉仔细混匀并将混合物置入厚壁玻璃管中。管子的末端封闭，上端弯成直角。用一块10 g的锌盖上混合物，把管子夹在环架子上，使管子封闭的一端呈水平状，开口的一端向下伸至烧杯中。先对锌粉加热，然后再对混合物加热。经还原形成吖啶，向管子开口的一端升华。将升华物溶解于盐酸。如果需要过滤，加氢氧化钠把吖啶沉

出。过滤，用甲醇重结晶并在其中加少量脱色炭。

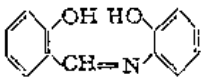
用途 溶液配制成0.1%乙醇溶液。

水杨醛缩邻氨基酚 Ⅱ-2(5)-0024

Salicylidene-*o*-aminophenol

别名 亚水杨基邻氨基酚

结构式



分子式 $C_{13}H_{11}NO_2$ **分子量** 213.24

理化性质 红色结晶性粉末，熔点185.5～186.5℃，溶于乙醇，异戊醇，三氯甲烷，丙酮和碱溶液，微溶于水，不溶于四氯化碳。

指示剂色泽（荧光）变化 黄（绿）—无荧光。

指示剂色泽（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法[1,2] 由邻氨基苯酚及水杨醛缩合脱水反应而成，粗品用醇溶液重结晶提纯后获得，熔点186℃。

用途 溶液配制成0.05%的乙醇溶液，新鲜配制，其实际应用如下。

被测物	方法提要
Al^{3+}	Al^{3+}与本品形成的络合物在紫外光照射下呈黄绿色荧光，以NaF标准溶液滴定至荧光消失

参考文献

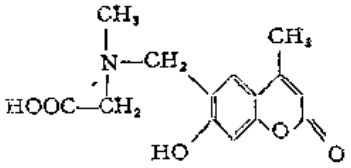
〔1〕 *Beil.*, H 13, p. 369.

〔2〕 *Ber.*, 25, 2755.

甲基钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0025

Methyl calcein blue

结构式



分子式 $C_{14}H_{15}NO_5$ **分子量** 277.28

理化性质 白色结晶状固体，适量溶于水，难溶于有机溶剂之中。

指示剂荧光（色泽）变化 无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法

一、由*N*-甲基氨基乙酸与4-甲基伞形酮在甲醛存在下反应得到粗品，溶于软水中后，过

滤，调节溶液酸度析出沉淀，并经此相同的重结晶方法提纯得精品。

二、将4-甲基-7-羟基香豆素（0.3mol）、乙醇300ml、蒸馏水150ml及30%氢氧化钾90ml混匀，之后在不断搅拌下加入*N*-甲基氨基乙酸（0.66mol）溶于105ml 30%氢氧化钾及120ml蒸馏水之溶液中，用冰冷至10℃，然后一滴滴加入37%甲醛74ml（0.75mol）并强烈搅拌，甲醛加完后，将混合物热至60～70℃，保温6～7小时，冷却，用蒸馏水稀释至3 l，加1:1盐酸以使产物析出，过滤，用蒸馏水洗即为粗品[1]。

提纯方法

1．用乙酸钠溶解以酸沉淀。

2。用乙醇反复泡洗，干燥即为精品。

用途 溶液配制：作为荧光指示剂使用时配成0.1%水溶液。

参 考 文 献

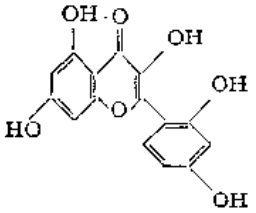
〔1〕 H. Diehl: *Anal. Chem.*, 28, 882(1956)

桑 色 素 Ⅱ-2(5)-0026

Morin

别名 2′,4′,3,5,7-五羟基黄酮 2′,4′,3,5,7-Pentahydroxyflavone

结构式



分子式 $C_{15}H_{10}O_7$ **分子量** 302.23

理化性质 系天然染料之一，可由桑科植物黄木的木材内获得，无色针状晶体，熔点285～290℃，（分解），难溶于水。

指示剂色泽变化 绿—黄光消失。

指示剂变色机理 金属荧光指示剂。

合成方法 由天然化合物中提取获得。通常取桑科植物黄木的木材内提取得到，提纯后呈无色针状晶体。

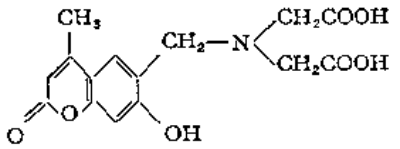
用途 溶液配制成0.5%的甲醇溶液或0.2%的1:1乙醇-水溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
Ga^{3+}	pH3.8条件下，以EDTA滴定至绿色荧光消失
In^{3+}	pH5.0条件下，以EDAT滴定至绿色荧光消失
F^-	以$AlCl_3$为标准液直接滴定，终点时呈现铝-桑色素络合物的亮绿色荧光

钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0027

Calcein blue

结构式



分子式 $C_{15}H_{15}NO_7$ **分子量** 321.28

理化性质 白色晶状物，熔点在300℃以上，可溶于水，不溶于有机溶剂中。

指示剂荧光（色泽）变化 无荧光—蓝色

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 在搅拌下向70℃的140ml冰乙酸中加入21.25g亚氨基二乙酸（0.12mol）后，向此混合物中加入5.29g 4-甲基伞形酮（0.3mol），然后逐滴加入11.8ml 39%甲醛（0.13mol），在搅拌下，65～75℃使反应进行8小时后，滤出白色晶状产物，以软水洗涤后，将其溶于软水，加入足量的30%氢氧化钾溶液，使pH至6.7、过滤、将滤出物溶于175ml 1:5盐酸中，逐滴加入氢氧化钾溶液至pH为4，滤出沉淀并以软水洗涤，按上述相同步骤再重结晶一次，产物在300℃以下不溶化，中和当量为323.3（至第一等当点）和324.8（自第一等当点至第二等当点）。

用途 溶液配制成0.1%水溶液 其实际应用如下。

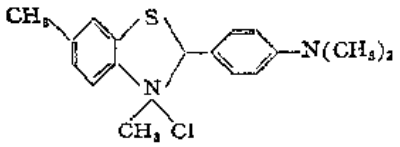
被测物	方法提要
Cu^{2+}	指示剂本身在pH<12溶液中呈蓝色荧光，>12时不发生荧光，与Ca^{2+}的络合物在pH>12时发生蓝色荧光，Ca^{2+}的络合物不发生荧光，测定时加入过量的EDTA，调至pH=5，用Cu^{2+}标准液回滴至蓝色荧光消失
Ca^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}	pH13～14，以EDTA直接滴定至蓝色消失
Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}的连续测定	Ca^{2+}的测定：以三乙醇胺掩蔽Fe^{3+}、Al^{3+}、Mg^{2+}后，加NaOH至pH>13，用EGTA滴定至蓝色荧光消失
	Mg^{2+}的测定：在上述溶液中加入过量的EGTA，调至pH=11，用Cu-EDTA标准液滴定，由荧光强度对Cu-EDTA溶液用量所绘制的滴定曲线来判断终点
	Fe^{3+}的测定：先加入一定量的甲醛和H_2O_2以破坏三乙醇胺，将溶液调至pH=10.5，以EDTA滴定，由滴定曲线判断终点
Ga^{3+}	在Ga^{3+}络合物的存在下，用作为以EDTA的回滴中

硫黄素 Ⅱ-2(5)-0028

Thioflavin

别名 硫代黄色素

结构式



分子式 $C_{17}H_{19}ClN_2S$ **分子量** 318.86

理化性质 黄色结晶性粉末，溶于水，为黄色溶液，亦溶于醇，为黄色带绿色荧光。

指示剂荧光（色泽）变化 在紫外光照射下，在氯仿中呈现明亮白蓝色荧光，但在含碘溶液中，由于I_x^-离子强烈地吸收紫外光，使指示剂不产生荧光，当碘分子全部被$Na_2S_2O_3$还原时，水层中I_x^-离子消失，指示剂产生荧光。

指示剂呈色（荧光）机理 氧化还原荧光指示剂。

合成方法 先将脱氢硫代对甲苯胺甲基化之后所得产品与盐酸或硫酸在高压下反应。

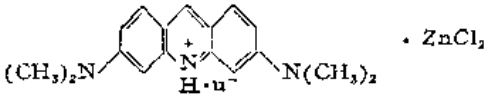
用途 溶液配制成1%水溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
动物脂肪中微量过氧化物	配合碘量法测定，在试样中加入氯仿，乙酸、碘化钾和水，由于过氧化物将碘化钾氧化为碘，使溶液荧光强度降低或消失，然后以$Na_2S_2O_3$溶液滴定至荧光强度突然增大为终点

吖啶橙 Ⅱ-2(5)-0029

Acridine orange

结构式



分子式 $C_{17}H_{20}ClN_3 \cdot ZnCl_2$ **分子量** 437.92

理化性质 橙色粉末，可溶于水，水溶液呈橙黄色带绿色荧光。

指示剂荧光（色泽）变化 pH8.4～10.4无荧光—黄绿色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

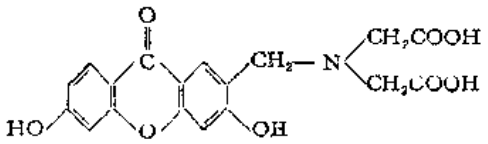
合成方法 将14kg间氨基二甲基苯胺溶于30 l 乙醇和5 l 浓盐酸，加3.5 l 40% 冷甲醛，再加6kg乙酸钠的乙醇溶液以使四甲基四氨基二苯甲烷分离。加稀盐酸后，将其加热至 140℃，然后加氯化铁氧化。

用途 溶液配制成0.1%乙醇溶液。

咕吨酮络合剂 Ⅱ-2(5)-0030

Xanthone complexon

结构式



分子式 $C_{18}H_{15}NO_8$ **分子量** 373.32

理化性质 白色结晶性固体，易溶于水，难溶于有机溶剂。

指示剂荧光（色泽）变化 无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 由亚氨基二乙酸在甲醛存在下与咕吨酮反应获得。经二次重结晶提纯后可获得纯净的本品。

用途 溶液配制：作荧光指示剂使用时常配制成0.1%水溶液，其实际应用如下。

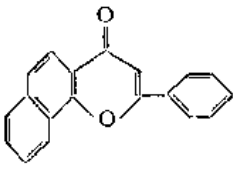
被测物	方法提要
Ca^{2+}	指示剂本身在溶液中呈蓝色荧光，酸度减小(pH>12)时不发生荧光。而在相同条件下与Ca^{2+}的络合物发生蓝色荧光，Cu^{2+}的络合物不发生荧光，测定时加入过量的EDTA，调至pH=5，用Cu^{2+}标准溶液滴至蓝色荧光消失为终点
Ca^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}	以EDTA直接滴定至蓝色荧光消失为终点
Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}的连续滴定	Ca^{2+}的测定：以三乙醇胺掩蔽Fe^{3+}、Al^{3+}、Mg^{2+}后，加NaOH至pH>13，用EGTA滴定至蓝色荧光消失 Mg^{2+}的测定：在上述溶液中，加入过量的EGTA，调至pH=11，用Cu-EDTA标准溶液滴定 Fe^{3+}的测定：加入甲醛和过氧化氢以破坏Fe^{3+}—三乙醇胺的络合物后，以EDTA标准溶液直接滴定

苯并黄素 Ⅰ-2(5)-0031

Benzoflavine

别名 萘黄酮 Naphthoflavone

结构式



分子式 $C_{19}H_{12}O_2$ **分子量** 272.29

理化性质 黄色片状或针状结晶，熔点154～156℃，可溶于醇及浓硫酸，溶液为呈蓝色荧光的无色溶液。

指示剂荧光（色泽）变化 pH0～1.7黄色荧光—绿色荧光。

指示剂变色机理 酸碱荧光指示剂。

合成方法[1] 黄烷酮的制备：在2g查尔酮中加入约120ml乙醇，煮沸溶液。将沸腾的溶液和由16ml浓盐酸和48ml水配制成的另一溶液混匀，回流沸腾24小时，趁热滤掉残渣，立刻将残留物与氯化氢乙醇溶液煮沸以回收更多的黄酮，冷却滤液并滤出结晶，用乙醇重结晶进行纯制。

α-萘黄酮在搅拌下将0.35g溴的二硫化碳溶液逐渐加入0.5g黄烷酮中。蒸发溶液并在多孔板上挤压残留物。用乙醇重结晶。在沸腾的乙醇溶液中加40%氢氧化钾溶液直至出现混浊并由黄色变为红色。α-萘黄酮在冷却下由此溶液中分离出来。

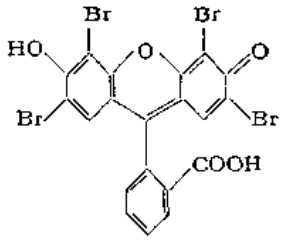
用途 溶液配制成1%的乙醇溶液。

曙红 Ⅰ-2(5)-0032

Eosin

别名 四溴(R)荧光素

结构式



分子式 $C_{20}H_8Br_4O_5$ **分子量** 647.91

理化性质 常使用的是本品的二钠盐，系红色有蓝色光泽的结晶，或棕红色粉末，易溶于水，稍溶于醇，不溶于醚，浓的水溶液呈深红色，其1:500水溶液为黄红色，有绿色荧光。

指示剂荧光（色泽）变化 pH0～3.0无荧光—绿色。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂。

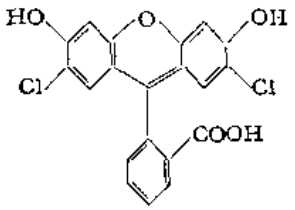
合成方法 参见本分册Ⅰ-2(4)-0016。

用途 溶液配制成1%的钠盐水溶液。

二氯荧光素 Ⅰ-2(5)-0033

Dichlorofluorescein

结构式



分子式 $C_{20}H_{10}Cl_2O_5$ **分子量** 401.19

理化性质 黄褐色粉末，不溶于水和稀酸，溶于醇和稀碱，其钠盐为橙色粉末，可溶于水呈橙色，其碱性溶液有显著的绿色荧光，酸化后荧光消失。

指示剂色泽（荧光）变色

1. pH4.0～6.6 蓝绿色—绿色。

2. 以$AgNO_3$溶液滴定Cl^-离子时，黄绿色—荧光消失。

指示剂呈色（荧光）机理 酸碱荧光指示剂、吸附荧光指示剂。

合成方法 见Ⅱ-2(4)-0017

用途 溶液配制成1%乙醇溶液，其实际应用如下。

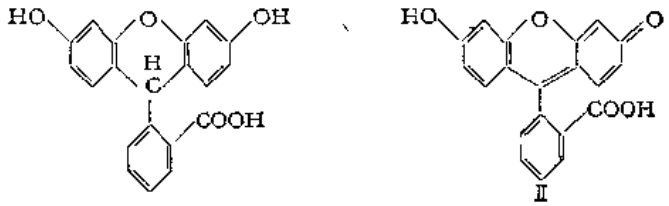
被测物	方法提要
作为酸碱荧光指示剂	
强酸、强碱	以强碱或强酸标准溶液滴定至蓝绿色荧光转变为绿色为终点
弱碱	以强酸标准液直接滴定
作为吸附荧光指示剂	
Cl^-	在硝酸介质中以$AgNO_3$标准溶液滴定至黄绿色荧光消失为终点

荧 光 素　　Ⅱ-2(5)-0034

Fluorescein

别名　荧光黄；荧光生

结构式



I　　Ⅱ

分子式　I　$C_{20}H_{14}O_5$

Ⅱ　$C_{20}H_{12}O_5$

理化性质　见本分册Ⅰ-2(4)-0019

指示剂色泽（荧光）变化

1. pH4.0～6.6　蓝绿色—绿色

2. 以$AgNO_3$溶液滴定Cl^-离子时，黄绿色—荧光消失。

指示剂呈色（荧光）变化　酸碱荧光指示剂、吸附荧光指示剂。

合成方法　见Ⅰ-2(4)-0019

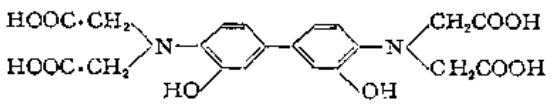
用途　溶液配制：1%乙醇溶液。其实际应用如下。

被测物	方法提要
作为酸碱荧光指示剂	
强酸、强碱	以强碱或强酸标准溶液滴定至蓝绿色荧光转变为绿色为终点
弱碱	以强酸标准液直接滴定
作为吸附荧光指示剂	
Cl^-	在硝酸性介质中，以$AgNO_3$标准溶液滴定至黄绿色荧光消失为终点

3,3′-二羟基联苯胺-*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸　　Ⅰ-2(5)-0035

3,3′-Dihydrouybenzidine-*N*,*N*,*N*′,*N*′-tetraacetic acid

结构式



分子式　$C_{20}H_{20}N_2O_{10}$　　**分子量**　448.38

理化性质　结晶状固体、适当地溶解于水。难溶于有机溶剂。

指示剂荧光（色泽）变化　无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　金属荧光指示剂。

合成方法　以3,3′-二羟基联苯胺与一氯乙酸反应制得。

用途 指示剂配制：1份本品钠盐与99份硝酸钾固体混和并研磨后，保存在干燥器中备用。其实际应用如下。

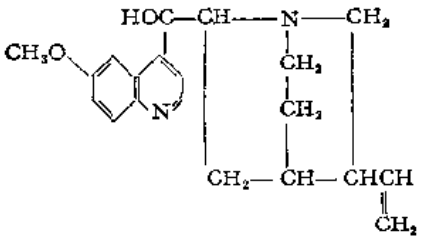
被测物	方法提要
Cu^{2+}	本指示剂在紫外光照射下呈蓝色荧光，其Cu-络合物不呈荧光，故可用EDTA标准溶液在pH4～10时滴定Cu^{2+}，至指示剂的蓝色荧光出现为终点
Pb^{2+}	在pH4～8时，以EDTA标准溶液直接滴定至蓝色荧光出现为终点
Ni^{2+}、Co^{2+}等	加入过量的EDTA标准液，用Pb^{2+}液回滴至指示剂的蓝色荧光消失为终点

奎　宁　　Ⅱ-2(5)-0036

Quinine

别名 金鸡纳碱

结构式



分子式 $C_{20}H_{24}N_2O_2$　　**分子量** 324.41

理化性质 系白色、呈极度苦色的晶状固体，三水物熔点57℃，在空气中易失去水分呈一水物，热至110℃时变成无水物，熔点172.8℃。有左旋光性，易溶于乙醇、氯仿，溶于苯、乙醚，微溶于水。

指示剂色泽（荧光）变化

第一个荧光色泽转变范围：pH3.0～5.0荧光颜色由蓝变紫。

第二个荧光色泽转变范围　pH9.5～10.0紫色荧光至荧光消失。

指示剂呈色（荧光）机理　酸碱荧光指示剂。

合成方法 由天然化合物中提取获得。是金鸡纳树皮中的主要生物碱。提取时可将干燥磨碎的金鸡纳树皮及石灰与氢氧化钠溶液处理，再以石油醚反复热提，提取液中加入硫酸使成硫酸盐分离得到。

实验室中可由羟基苯甲醛与2-氨基乙醛等为原料合成。

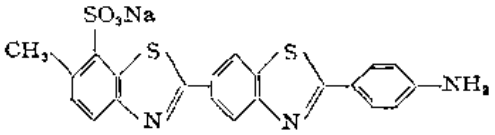
用途 溶液配制成0.1%的乙醇溶液，可用于磷酸的前二级的中和滴定。

樱草灵　　Ⅱ-2(5)-0037

Primuline

别名 C.I.直接黄59

结构式



分子式 $C_{21}H_{14}N_3NaO_3S_3$ **分子量** 475.53

理化性质 黄色硫氮茂型直接染料，暗黄色粉末，可溶于水，水溶液呈淡黄色，其极稀的水溶液有青色荧光。

指示剂荧光（色泽）变化 蓝—紫色荧光（pH6.2～6.8乌六托品缓冲液）。

指示剂呈色（荧光）机理 沉淀荧光指示剂。

合成方法 将20 g对甲苯胺和14 g硫黄在烧杯中混匀，在油浴上加热至250℃，反应物变成黄色，当硫化氢不再逸出时，反应即告结束。冷却产物（粉状），加四倍重量的发烟硫酸（30%SO_3），升温至70～80℃，并保温几分钟以使样品溶于氢氧化钠。将磺化混合物倒入冰水中。滤出樱草黄磺酸，洗掉游离酸。在搅拌下往糊状物内加稀氨水直至呈碱性。过滤。用冷水洗。残留物是脱氢硫代对甲苯胺磺酸铵盐，滤液中含有樱草黄，用盐饱和滤液，滤出产品，干燥。

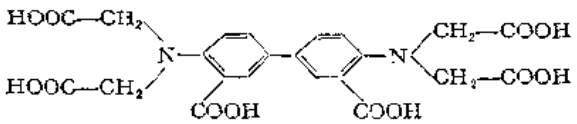
用途 溶液配制：0.2%水溶液，其实际应用如下。

被测物	方法提要
Mo^{VI}	在pH6.2～6.8的溶液中以$Pb(NO_3)_2$溶液为滴定剂，加入0.2%指示剂溶液3至4滴后，滴定至在紫外光照射下溶液蓝色转变为紫色荧光为终点

3,3′-二羧基联苯胺-*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0038

3,3′-Dicarboxybenzidine-*N*,*N*,*N*′,*N*′-tetraacetic acid

结构式



分子式 $C_{22}H_{20}N_2O_{12}$ **分子量** 504.40

理化性量 结晶状固体，适当地溶解于水，难溶于有机溶剂。

指示剂色泽（荧光）变化 无荧光—绿色。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 以3,3′-二羧基联苯胺与一氯乙酸反应制得。

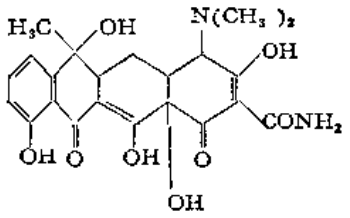
用途 指示剂混合物配制：1份本品钠盐与99份硝酸钾固体混和后并研磨混匀，保存在干燥器中备用，其实际应用如下。

被测物	方法提要
Ca^{2+}	在pH10～13的碱性溶液中，以EDTA标准溶液滴定至荧光消失，溶液呈绿色为终点

四 环 素 Ⅱ-2(5)-0039

Tetracycline

结构式



分子式 $C_{22}H_{24}N_2O_8$ **分子量** 444.44

理化性质 黄色晶体，无臭。熔点175℃（分解），微溶于水，溶于乙醇和丙酮中，在空气中稳定，但易吸收水分，可与3～6分子结晶水结合，受强日光照射后变色。

指示剂色泽（荧光）变化 黄绿色—无荧光。

指示剂色泽（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 Boothe等[1]提出可由氯四环（即指金霉素，Chlortetracycline)脱氯方法得到。在医学上另有四环素的全合成方法。

用途 溶液配制成$10^{-3}M$溶液：溶解11mg本品于25ml去离子水中，加2滴二氯甲烷。该溶液在三个月内稳定，在稀氨水中不稳定，数小时后由纯黄色转变为棕色，其实际用途如下。

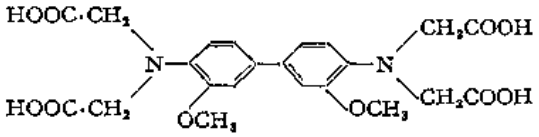
被测物	方法提要
Ca、Sr、Mg、Cd、和Zn等	中性试液中加pH10氨性缓冲液和指示剂后，在紫外光下以EDTA滴定至黄绿色荧光消失
Ba^{2+}	中性试液中加入过量的EDTA，在pH为10时以Ca^{2+}标准溶液滴定至黄绿色荧光出现为终点

3,3′-二甲氧基联苯胺-*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0040

3,3′-Dimethoxybenzidine-*N*,*N*′,*N*,*N*′-tetraacetic acid

别名 邻联茴香胺-*N*,*N*,*N*′*N*′-四乙酸 *o*-Dianisidine-*N*,*N*,*N*′,*N*′-tetraacetic acid

结构式



分子式 $C_{22}H_{24}N_2O_{10}$ **分子量** 476.44

理化性质 结晶状固体，适当地溶解于水，难溶于有机溶剂。

指示剂荧光（色泽）变化 无荧光—蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 以3,3′-二甲氧基联苯胺与一氯乙酸反应制得。

用途 指示剂混合物配制：1份本品钠盐与99份硝酸钾固体混合后并研磨混匀，保存在干燥器中备用，其实际应用如下。

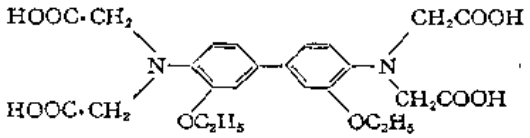
被测物	方法提要
Cu^{2+}	介质酸度pH4～10，以EDTA标准溶液直接滴定至荧光消失并溶液呈蓝色为终点
Hg^{2+}	控制介质酸度pH=4，以EDTA标准溶液直接滴定至荧光消失，溶液呈现蓝色为终点
Bi^{3+}、Fe^{2+}、Fe^{3+}、In^{3+}、Ni^{2+}、Pb^{2+}、Th^{4+}、Zr^{4+}等	加入过量的EDTA标准溶液，以Cu^{2+}标准溶液回滴之，滴定条件与Cu^{2+}的测定相似，终点时呈现蓝色荧光

邻二苯乙定-*N*,*N*,*N*,′*N*′-四乙酸　　Ⅱ-2(5)-0041

o-Diphenetidine-*N*,*N*,*N*,′*N*′-tetraacetic acid

别名　邻二乙氧基苯胺-*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸

结构式



分子式　$C_{24}H_{28}N_2O_{10}$　　**分子量**　504.49

理化性质　固体结晶形物质，适量地溶解于水，难溶于有机溶剂之中。

指示剂荧光（色泽）变化　无荧光-蓝色。

指示剂呈色（荧光）机理　金属荧光指示剂。

合成方法　由3,3′-二乙甲基联苯胺与一氯乙酸反应制得。

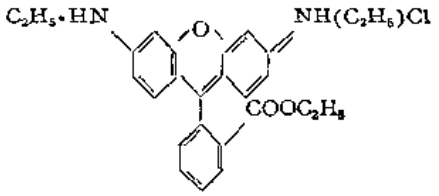
用途　指示剂混合物配制：1份本品钠盐与99份硝酸钾固体混和后研磨混匀，保存于干燥器中备用。其实际应用如下。

被测物	方法提要
Cu^{2+}	pH4～10，以EDTA直接滴定
Hg^{2+}	pH4，以EDTA直接滴定

罗丹明6G　　Ⅱ-2(5)-0042

Rhodamine 6G

结构式



分子式　$C_{28}H_{27}ClN_2O_3$　　**分子量**　450.95

理化性质　见Ⅱ-2(4)-0007

指示剂荧光（色泽）变化　酸性介质中本品呈绿色荧光，被氧化时荧光消失。

指示剂呈色（荧光）机理　氧化还原荧光指示剂。

合成方法 参见Ⅱ-2(4)-0007

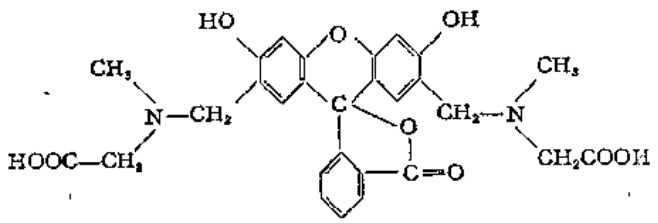
用途 溶液配制 同Ⅱ-2(4)-0007，其实际应用如下。

被测物	方法提要
U(Ⅳ),V(Ⅳ),或Fe(Ⅱ),	酸性介质中以硫酸铈(Ⅳ)为滴定剂直接滴定，以绿色荧光消失为终点
Mo(Ⅴ)	以Fe^{3+}标准溶液直接滴定，随着滴定的进行，溶液逐渐产生荧光，且荧光强度慢慢加强，至Mo(Ⅴ)完全氧化时荧光最强，到达等当点后荧光突然消失，据认为荧光在滴定开始前不发生，等当点后荧光消失，是由于Mo(Ⅴ)和Fe^{3+}对于340—400nm紫外光有强烈吸收的缘故

甲基钙黄绿素 Ⅱ-2(5)-0043

Methyl calcein

结构式



分子式 $C_{28}H_{26}N_2O_9$ **分子量** 534.52

理化性质 深褐色粉末，易溶于水，溶于氢氧化钠和碳酸钠水溶液。

指示剂荧光（色泽）变化 无荧光-黄绿色。

指示剂呈色（荧光）机理 金属荧光指示剂。

合成方法 由荧光素与*N*-甲基氨基乙酸在甲醛存在下反应制得。

用途 溶液配制：作为荧光指示剂时常配成0.1%水溶液。

本指示剂的实际应用示例如下。

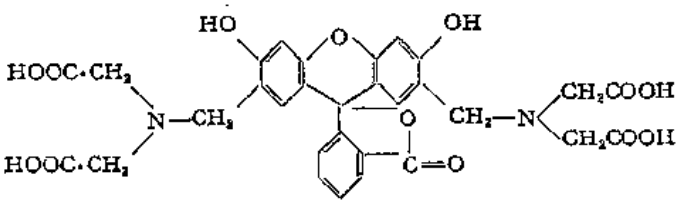
被测物	方法提要
Mn^{2+}	在pH=9.5条件下，以EDTA直接滴定

钙黄绿素 Ⅱ-2(5)-0044

Calcein

别名 荧光素络合剂 Fluorescein complexon

结构式



分子式 $C_{30}H_{26}N_2O_{13}$ **分子量** 622.54

理化性质 橙色具有金属光泽的晶性粉末，可溶于水，不溶于无水乙醇及醚中。

指示剂荧光（色泽）变化

1．以$AgNO_3$滴定卤素时，黄绿色—荧光消失。

2．pH<12时，本品呈绿色荧光，pH>12时，不产生荧光，但在pH>12时，其Ba^{2+}、Sr^{2+}、Ca^{2+}的络合物仍发生绿色荧光。

指示剂呈色（荧光）机理 吸附荧光指示剂及金属荧光指示剂。

合成方法 由荧光素与亚氨基二乙酸在甲醛存在下反应制得。

用途 指示剂准备：与KCl固体的1:100混合物，其实际应用如下。

被测物	方法提要
作为吸附荧光指示剂	
Br^-、I^-、CN^-	pH9～11溶液中，Ag^+与本指示剂形成不发生荧光络合物，测定时以$AgNO_3$溶液滴定至黄绿色荧光消失
作为金属荧光指示剂	
Ca^{2+}	在pH>12的NaOH溶液中，以EDTA溶液滴定至溶液中荧光消失为终点
Mn^{2+}	在pH8～10的($NH_3 \cdot H_2O$)溶液中，以EDTA滴定
Cu^{2+}	pH≈10的$NH_3 \cdot H_2O$—NH_4Cl溶液中，以EDTA滴定
Cr^{3+}、Co^{2+}、	pH≈10，$NH_3 \cdot H_2O$—NH_4Cl溶液中，以EDTA及Cu^{2+}标准溶液回滴定

第六节 化学发光指示剂

化学发光（Chemiluminescence）这一术语指的是伴随着某些化学反应而产生的光发射过程。在这类化学反应中，部分能量以光的形式释放出来。化学发光被称作为“冷光”，因为它由非热张弛所激发，而是通过吸收化学能，被激发至激发态，然后由激发态下降至基态的同时发出了光。

利用化学发光的分析方法称作为化学发光分析。而利用这类化合物来指示滴定分析中的滴定终点时，则称为化学发光指示剂。从化学指示剂的观点着眼，重要的是化学发光过程必须在水溶液中发生。产生化学发光能的化学过程许多是氧化还原反应，这类氧化反应的能量能激发一些分子，这类分子既可以是直接参加反应的物质，或者是循环再生的物质，或者是一种氧化产物，而这种被激发了的分子具有光发射的能力。可以想象，这类化学发光反应是氧化还原化学发光指示剂的基础。例如，最初用于化学发光分析的化合物是硅氧烯(siloxene)—$(Si_6H_6O_3)_n$，它是一种黄色不溶子水的化合物，在它的悬浮液中如有微量的氧化剂存在，将其部分氧化，这一氧化反应的化学能将使硅氧烯分子激发而发光。因此，硅氧烯曾作为硫酸铈与硫酸亚铁溶液的氧化还原滴定的化学发光指示剂，当滴加硫酸铈溶液至等当点时，由于硅氧烯发光而导致整个溶液明亮。

在酸碱滴定中，随着溶液pH的改变而呈现化学发光现象并用作为指示剂的物质，称作为酸碱滴定化学发光指示剂。它的化学发光机理通常是：在氧化剂的存在下，产生化学发光现象的氧化还原反应受溶液pH的控制，随着酸碱滴定的进行，当达到一定的pH值时，化学发光现象开始呈现并以此作为判断滴定终点到达的依据。例如，鲁米诺（Luminol）在氧化剂H_2O_2及催化剂血红素（或Cu^{2+}、Co^{2+}等离子）存在下，在pH8.0～8.5溶液中会发光，

曾用作为酸碱滴定中的化学发光指示剂。

在氧化还原体系中，用作为滴定剂的物质与滴定中的某种物质形成沉淀，与此同时产生（或熄灭）化学发光现象，并藉此来指示滴定终点的到达，这类化学发光物质便称为沉淀滴定发光指示剂。例如，硅氧烯也曾用于K_2CrO_4溶液对Pb^{2+}离子，Tl^+离子的滴定。在滴定过程中，当$PbCrO_4$、Tl_2CrO_4沉淀完全后，稍微过量的氧化剂的滴加将引起硅氧烯化学发光，并藉此指示终点。

EDTA螯合滴定用的金属化学发光指示剂是按照如下原理所设计的：许多金属离子，如Zn^{2+}、Ni^{2+}、Hg^{2+}等离子是鲁米诺-H_2O_2化学发光反应的催化剂，在碱性溶液中它们能将鲁米诺氧化为过氧化物，继而转化为非活性的氨基酞酸并呈现蓝色的化学发光。测定时先加入过量的EDTA将被测离子络合，再加入适量的NaOH或$NH_3 \cdot H_2O$加热，然后用Cu^{2+}离子标准溶液滴定至出现浅蓝色的化学发光为终点。

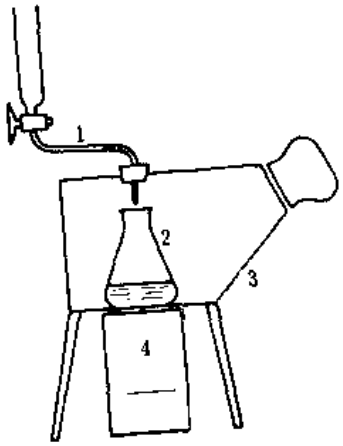


图 2-6-1 化学发光滴定的暗箱装置

1—棕色滴定管的弯管滴液口；2—溶液内置有搅拌子的烧瓶；3—暗箱；4—磁力搅拌器

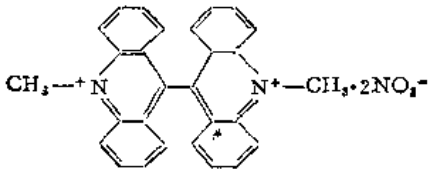
在滴定分析中应用化学发光指示剂，要比荧光指示剂有更多的优点，使用时不需要紫外光的照射或作特殊处理，以化学发光的开始或熄灭来指示滴定终点在暗室中是很易判断的，只要在滴定开始前分析工作者预先在暗室内使眼睛适应一下即可。滴定亦可在一种很为简便的暗箱(图2-6-1）中进行。暗箱的主体为一个用木板做成的箱身，从一个不透光的移门中将盛有被滴定溶液的烧瓶置于箱内后，接入棕色滴定管的滴液嘴，将一个密封在玻璃套中的小铁钉做成的搅拌子（stirring rod）放入烧瓶内的溶液中，在暗箱下面为磁力搅拌器。应该指示，这种滴定终点的判断需要一定的实践经验。

光 泽 精　　Ⅱ-2(6)-0001

Lucigenine

别名　*N*, *N*′-二甲基联吖啶二硝酸盐　*N*, *N*′-Dimethylbiacridiny dinitrate

结构式

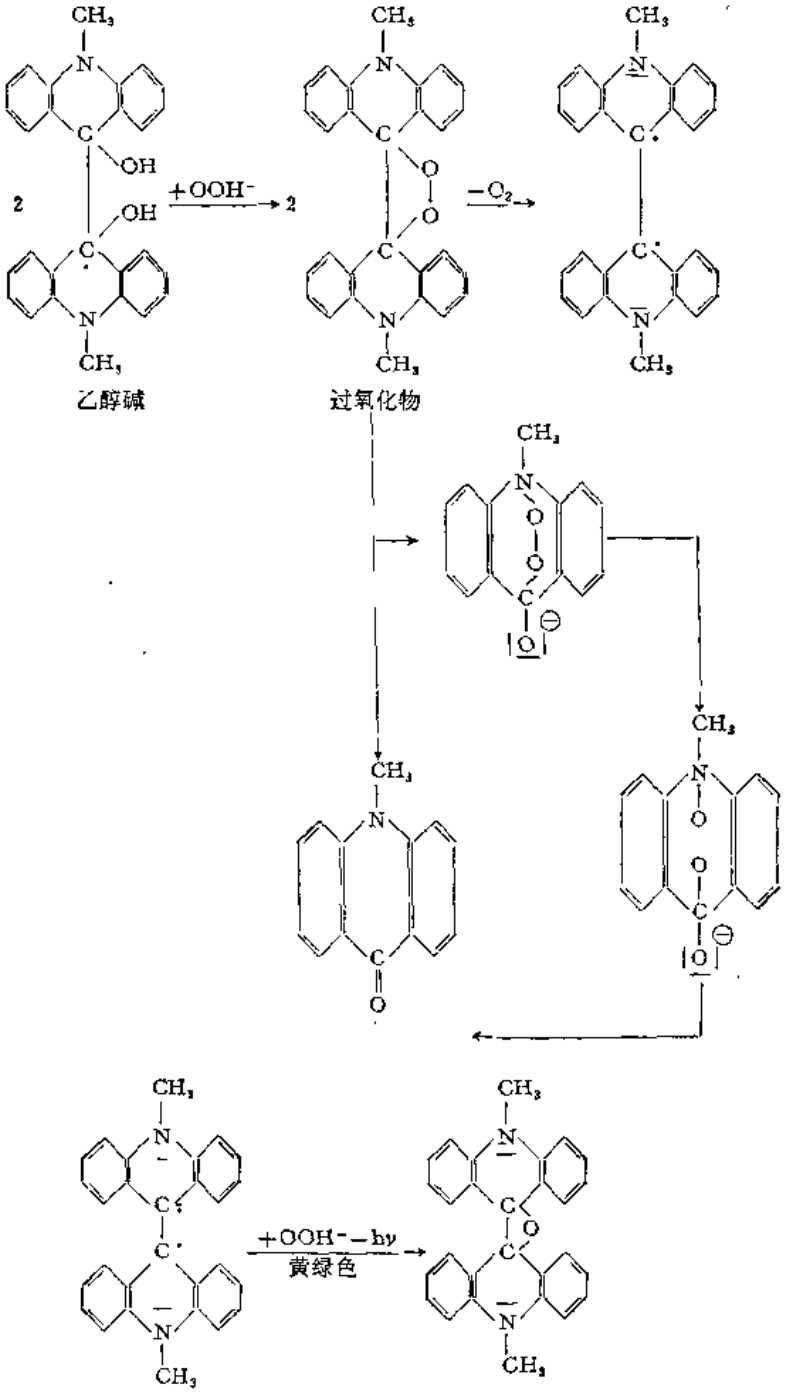


分子式　$C_{28}H_{22}N_4O_6$　　**分子量**　510

理化性质　本试剂的硝酸盐可溶于水，其水溶液在紫外光照射时呈强的绿色荧光，其水溶液性质稳定，可贮藏数年而不变质。

化学发光机理　荧光配体在水溶液中形成乙醇碱，当有过氧化氢等氧化剂存在时，被氧

化为过氧化物，过氧化物脱氧后，呈二价游离基，放射出黄绿色的化学发光后，最终产物为*N*-甲基吖啶酮。



在碱性溶液中并加入过氧化氢时，荧光配基放出黄绿色化学发光并持续2～3小时，当再加入过氧化氢时发光现象可重复出现。一般来说，其他的氧化剂不能促使它发生化学发光，但是，某些还原剂（如抗坏血酸，亚硫酸，连二硫酸钠等）的自动氧化中产生过氧化氢，在碱性溶液中可藉荧光配基来检出。在强碱性溶液（pH＞12）中，荧光配体本身可被空气中的氧氧化形成过氧化氢，因此，甚至未加过氧化氢时也会很微弱地发光。此外，随着催化剂浓度及性质的不同，化学发光现象也不同，如pH大约8.6～9.4或pH12以上时产生化学发光。随着介质pH值的增大，化学发光将增强，其原因是过氧化氢的分解增大；

$$H_2O_2 \rightleftharpoons H^+ + OOH^-;\ Ka \approx 10^{-12}$$

化学发光的强度与过氧化氢的浓度成正比，当荧光配基的浓度很大时，发光由开始的黄绿色转变为蓝色。发射光的光谱研究证明：黄绿色光与荧光配基的荧光发射光谱相同，而蓝色光与荧光配基的氧化产物——甲基吖啶的光谱相同。

用途 荧光配基可作为酸碱滴定，氧化还原滴定，络合滴定及沉淀滴定中的化学发光指示剂。常配成0.5%水溶液使用，每次用量为0.5～1.0ml，若滴定体系中加入有5～10ml 乙醇时，那么加 3 至10滴指示剂溶液即可。荧光配基用作各种滴定分析中的发光指示剂时，其实际用途如下。

被测物	方法提要
	用作为酸碱滴定中的化学发光指示剂
滴定强酸、弱酸或强碱（1.0至0.01M苛性碱）饱和氢氧化钙溶液、盐酸、硫酸、硝酸、酒石酸、柠檬酸、络合硼酸、乙酸、草酸及各种弱酸	在被测液中加入0.5～1.0ml0.5%指示剂溶液，5ml过氧化氢溶液，在暗处用碱标准溶液滴定至整个溶液发亮为终点。在滴定碱溶液时，原先溶液发亮，在滴定过程中光慢慢消失，直至最后一滴溶液加入，溶液光亮消失为终点
牛奶酸度测定，蜜糖、红葡萄酒、果酱、芥末中的酸值测定，乙醇溶液中乙酰基水杨酸及水杨酸的测定	测定方法相似于弱酸的测定，操作过程参照上述步骤
五氧化二钒溶液中总酸量的测定	测定方法相似于酸的滴定，但过氧化氢必须过量，因为一部分消耗在过氧钒酸的形成中，同时必须保持溶液中足够的游离的过氧化氢的量
脂肪及油品中酸量的测定	本方法特别适宜于测定深色的油品分析。因为在此情况下通常的指示剂不适用：溶解正确量的样品于30ml戊醇中，加入1至2滴30%过氧化氢，1滴0.5%指示剂溶液，在暗处以0.5M的氢氧化钾乙醇溶液的标准溶液滴定
	在氧化还原滴定中的应用
铁(Ⅲ)氰化钾、三氧化二砷、次氯酸钠、次溴酸钠等	在碱性溶液中，荧光配基必须当有过量的过氧化氢存在时呈化学发光，故可用作为以过氧化氢标准溶液作为滴定剂的氧化还原滴定中的发光指示剂。0.05M过氧化氢标准溶液的配制：必须经玻璃蒸馏器中与水一起蒸馏制得，并每升中需含有10ml0.5M硫酸。 滴定前的处理：滴定前需将溶液稀至100ml，加入足量的1.0MNaOH到溶液中游离碱量相当于5～10ml的1.0MNaOH，但过多的碱应避免，以免指示剂本身在强碱溶液中发光，若溶液中的酸（或碱）量不知道时，需预先用酚酞粗略地测定一次 测定方法：取相当于5至50ml0.05M过氧化氢量的被测液一份，加入5～10ml1.0M氢氧化钠溶液及1ml0.5%指示剂溶液，稀至100ml。在测定次卤酸盐时可在冷溶液中滴定，测定铁(Ⅲ)氰化钾及碱性亚砷酸盐溶液时，需加热至80℃才滴定，在测定此类对象时，若消耗标准液的量为20ml，则标准偏差分别为： $K_3[Fe(CN_6)]=-0.1\%,\pm0.014ml$; $As_2O_3=+0.05\%,\pm0.008ml$; $NaOCl=-0.04\%,\pm0.002ml$; $NaOBr=-0.04\%,\pm0.002ml$; 由于荧光配基仅仅对于过氧化氢呈灵敏的发光反应，其他氧化剂如铬酸盐的存在并不影响发光反应，因此，在测定铬(Ⅲ)时，可加入过量的次卤酸盐将它氧化为铬酸盐，剩余的次卤酸盐按上述方法用过氧化氢标准溶液滴定
	在络合滴定中的应用
铜(Ⅱ)	铜(Ⅱ)离子是过氧化氢分解为中间体游离基(O^-,O_2^-)的有效催化剂，而当EDTA加入时，生成稳定的Cu—EDTA络合物而使过氧化氢的分解中断。当使用荧光配基为发光指示剂时，在碱性溶液中当有H_2O_2分子存在时才发光，有Cu^{2+}离子存在时H_2O_2分解为游离基而发光停止，测定时，加20ml4M氨水中和试液后，加入1ml0.5%指示剂溶液，将溶液加热至90℃以上，在暗处以含有过氧化氢的0.01MEDTA标准溶液滴定至出现发光为终点

续表

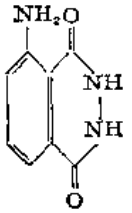
被测物	方法提要
EDTA的测定	被测液中加入20ml4M氨水，1ml3%的过氧化氢及1ml0.5%指示剂溶液，加热至90℃，在暗处以硫酸铜标准液滴定至发光消失
Pb及Hg(Ⅱ)	取浓度相当于0.01M的含铅或汞(Ⅱ)的分析试液一份，加入已知量的过量的EDTA标准溶液，加热至沸，加入20ml4M氨水，1ml3%过氧化氢及1ml0.5%指示剂溶液，在暗处以硫酸铜标准溶液滴定至发光停止为终点
在沉淀滴定中的应用	
I^-	以$AgNO_3$滴定碘化物时，在等当点前，由于溶液中I^-过剩，AgI表面呈负电荷，能吸附荧光配基的正离子，故指示剂不能被过氧化氢氧化发光，当等当点以后，溶液中Ag^+离子过剩，AgI表面呈正电荷，不再吸附荧光配基正离子，则被过氧化氢氧化发光，测定时向50ml试液中加入10ml4M氨水，1ml0.5%指示剂溶液和1ml0.3%过氧化氢，在暗处以0.1M硝酸银标准液滴定至绿色发光出现为终点

鲁米诺　　Ⅰ-2(6)-0002

Luminol

别名　3-氨基苯二甲酰肼*　3-Aminophthalhydrazide

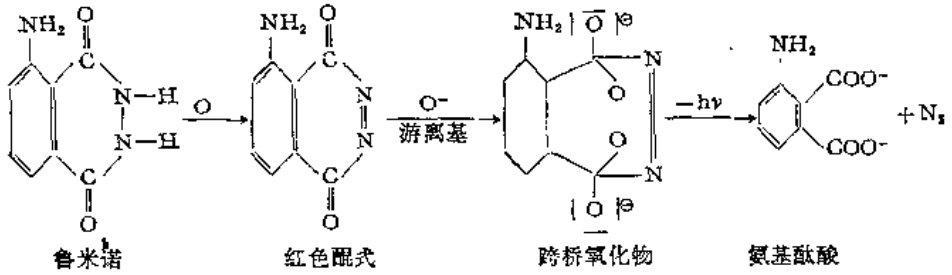
结构式



分子式　$C_8H_7N_2O_2$　　**分子量**　177.16

理化性质　黄色固体，熔点约280℃，不溶于水，微溶于醇，醚中，在碱性溶液中，加入过氧化氢，次氯酸盐等氧化剂时则被氧化而发光，在有氯化血红素（hemin）共存时加入过氧化氢，则发光更为强烈。

化学发光机理　在碱性溶液中，鲁米诺呈现蓝色荧光，当加入较强氧化剂时，经迅速反应放出蓝色的化学发光，其过程为：



鲁米诺被氧化剂氧化时，首先形成红色的醌，当它进而与由氧化剂形成的O^-或O_2^-游离基作用，形成跨环氧化物（transannular peroxide），最终转变成不活泼的氨基酞酸。

* 陈国珍：《荧光分析法》，科学出版社，第348页1975年。

以后亦有人证明其显色机理中，氢氧离子在化学发光反应中起着重要的作用。

用途 用化学发光指示剂时，常配成0.01%溶液，称取0.1g 鲁米诺于500ml水中，加入5 ml 1.0*M*氢氧化钠溶液，待溶解后以水稀至1 l。测定时若使用0.1*M*标准溶液滴定时，需加此指示剂溶液3 ml，其实际应用见下。

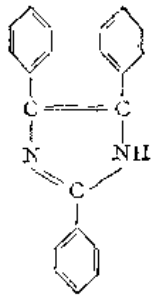
被测物	方法提要
强酸及弱酸	鲁米诺指示剂 在碱性溶液(pH8～8.5以上)中，在H_2O_2存在下，鲁米诺缓慢地被氧化，并放出蓝色的化学发光，为了加速反应的进行，常需加入氯化血红素、血红朊或高铁铬合物等作为催化剂，反应中由于鲁米诺被氧化并被消耗，因此滴定终点可藉整个溶液发光来判断。由于这和化学发光的消失很缓慢，故鲁米诺不适用于碱溶液的直接滴定。在强酸或弱酸的滴定中，指示剂转变值pH为8.0～8.5，滴定时指示剂浓度为每升溶液含10mg鲁米诺。指示剂可贮存数年不变质 测定方法：向被测的10ml酸溶液中加入3滴0.1%H_2O_2，4滴5%铁(Ⅲ)氰化钾溶液及6滴鲁米诺溶液(10ml/l)，在暗处以0.1*M*氢氧化钾（或钠）标准溶液小心滴定，当最后1滴标准液加入后整个溶液发亮并持续约$^1/_2$分钟为终点
碱	鲁米诺指示剂 方法1：加入已知量的过量的强酸标准液，用碱溶液回滴定 测定方法：参照强酸滴定的方法步骤 方法2：将作为指示剂的鲁米诺预先溶于酸标准溶液中，被测碱液中加入过氧化氢及铁氰化钾后，用酸标准液直接滴定 测定方法：参考强酸滴定的方法
强酸或强碱	鲁米诺—二氢荧光素混合指示剂 在强碱介质中与H_2O_2共热时，二氢荧光素发出微弱的化学发光，小量鲁米诺的加入能增强化学发光作用。其发光机理为鲁米诺(LU)与碱性过氧化氢作用首先形成鲁米诺过氧化物(LUO_2)：$LU+(H_2O_2OOH^-)\rightarrow LUO_2+OH^-+H_2O$鲁米诺过氧化物进一步与二氢荧光素(FLU)形成过渡络合物：$LUO_2+FLU\rightarrow(LUO_2FLU)$过渡络合物分解为鲁米诺及二氢荧光素的过氧化物$FLUO_2$：$(LUO_2FLU)\rightarrow LU+FLUO_2$过氧化物在热活化作用下分解并放出氧，同时形成活化二氢荧光素FLU^*，当它转为基态时放射出绿色的化学发光： $FLUO_2\rightarrow O_2+FLU^*$ $FLU^*\xrightarrow{光子（绿）}FLU$鲁米诺—二氢荧光素混合指示剂在上述条件下，pH8.9以上时产生化学发光 测定方法：混合指示剂的配制：溶解0.15g二氢荧光素和0.1g鲁米诺于10ml0.1*M*氢氧化钠溶液中，加水稀至100ml 强酸或强碱的滴定：向20ml强酸或强碱溶液中，加入1ml 6%的过氧化氢和1ml混合指示剂，加热此溶液至60°，在暗处以0.1*M*～0.001*M*的标准碱（或酸）的标准溶液滴定至化学发光消失或出现为终点
砷(Ⅲ)，锑(Ⅲ)，硫氰化物，氰化物，硫代硫酸盐，亚硫酸盐及硫化物	0.01%鲁米诺溶液 当溶液pH大于8时，鲁米诺可被许多氧化剂氧化并能化学发光，常用次溴酸盐标准溶液为滴定剂，氨及铵盐存在时对本测定有干扰 测定方法：在几乎中性的被测液中加入3ml指示剂，5至20ml 1.0*M* NaOH，加水稀至100ml，在暗处以次溴酸盐标准溶液滴定，直到溶液发亮并持续数秒钟为终点
砷(Ⅲ)	0.01%鲁米诺溶液 以次氯酸盐或漂白粉标准溶液作返滴定 测定方法：含20～200mgAs_2O_3的近中性溶液中，加入10～30 ml1.0 *M*NaOH，10 ml 0.01%指示剂，加水稀至100ml，加热至80℃，在暗处以0.05*M*次氯酸钠溶液滴至溶液发光并持续2分钟。

洛粉碱 Ⅰ-2(6)-0003

Lophine

别名 2,4,5-三苯基咪唑 2,4,5-Triphenylimidazole

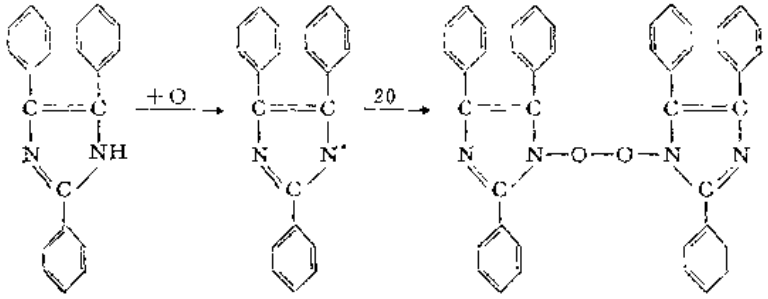
结构式

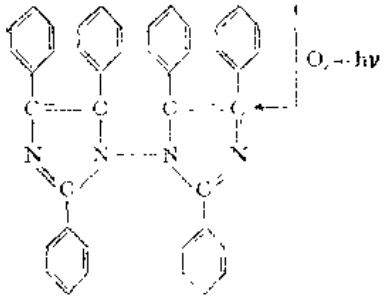


分子式 $C_{21}H_{16}N_2$ **分子量** 293.38

理化性质 针状晶体，熔点275℃，不溶于水，能溶于醇、醚及碱之中，会形成金属衍生物。

化学发光机理 在碱性溶液中，在过氧化氢及适当催化剂的存在下，洛粉碱能放射出黄白色的化学发光，其化学发光反应的机理是洛粉碱首先被氧化为游离基，进而转化为过氧化物，在受热激活下，过氧化物的氧键断裂呈单价游离基，放出光子后成二聚体并回复至基态。





二聚体

当以铁（Ⅲ）氰化钾作为催化剂时，洛粉碱在pH8.9～9.4以上时发光。

合成方法 2 mol甲酰胺和1 mol盐酸肼进行蒸馏而得[1,2]。

用途 用作化学发光指示剂时，常配成洛粉碱的1％丙酮溶液或它的0.45％乙醇溶液，由于洛粉碱不溶于水而易溶于乙醇，所以滴定体系不能以水作为介质，而通常需加入30～40％(v/v)的乙醇。指示剂对二氧化碳灵敏，其发光反应迅速，故不适用于碱的直接滴定。在测定强酸或弱酸时，若用1*M*碱溶液滴定，可在室温条件下进行，若以0.1*M*溶液滴定，则滴定体系需加热至60℃后进行，洛粉碱的实际应用如下。

被测物	方　法　提　要
强酸或弱酸（硫酸，硝酸，柠檬酸，酒石酸	在铁(Ⅲ)氰化钾为催化剂存在下，溶粉碱在pH8.9～9.4的碱性介质中H_2O_2氧化并化学发光，当以标准碱溶液作为滴定剂时，稍微过量的碱的加入使化学发光反应迅速进行而指示滴定终点的到达 取强酸（或弱酸）试液5～50ml，加入30ml乙醇，5ml3%过氧化氢和3ml铁(Ⅲ)氰化钾溶液，若被测酸的浓度较稀(～0.1*M*)，需将此溶液加热至近60℃，然后加入1ml指示剂溶液，在暗处以含0.1*M*NaOH的碳酸钠标准溶液滴定至整个溶液发绿为终点。若被测酸浓度较大(～1*M*)则需在室温下用1*M*标准液滴定，无需加热。滴定的同时产生白色沉淀，若被测液为20.00ml，浓度为1*M*，其偏差约为±0.02ml

参 考 文 献

[1] Harold H. Strain: *JACS.*, 49(2), 1996, (1927).

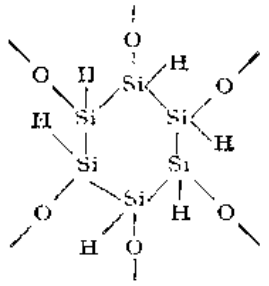
[2] *Ber.*, 10, 70(1877).

硅 氧 烯

Ⅱ-2(b)-0004

Siloxen

结构式



分子式 $(Si_6H_6O_3)_n$

理化性质　由硅化钙藕醇及盐酸分解来制备，在冷暗处其组成如上述表示式，固体，可溶于水。

化学发光机理　硅氧烯中硅原子之间以六硅环形存在，硅环与另一硅环的硅原子之间通过氧桥连结，同时，每个硅原子均结合有一个氢，当硅氧烯在温热溶液中，或在日光下，或与浓盐酸作用时，与硅结合的氢被氯原子或—OH基取代，在酸性强氧化性介质中硅氧烯放出红光，同时吸收氧。

合成方法[1]

一、由硅烷醇缩合制成。

二、使硅烷部分水解而得。

三、由卤代硅烷、氨基硅烷等水解而得。

用途　硅氧烯可用作为氧化还原滴定及沉淀滴定中的化学发光指示剂，使用时可直接加入硅氧烯固体即可，其实际用途如下。

被测物	方法提要
	用作氧化还原滴定中的化学发光指示剂
铁(Ⅱ)	硅氧烯被氧化剂氧化时发光而指示出滴定终点，滴定可在钴(Ⅱ)及铬(Ⅲ)盐存在的溶液中进行，此时溶液有颜色，不适宜使用通常的目视指示剂 测定方法：在被测的硫酸亚铁或氯化亚铁溶液中，加入硫酸或硝酸酸化，加入0.1g硅氧烯，以硫酸铈(Ⅳ)标准溶液滴定
钛(Ⅱ)、钛(Ⅳ)、锡(Ⅱ)，钼(Ⅲ)、砷(Ⅲ)、碘化物，草酸盐及过氧化氢等	以高锰酸钾标准液直接滴定
铁(Ⅱ)、砷(Ⅲ)、草酸盐、碘化物、过氧化氢及氧胺	以硅氧烯为指示剂，以铈量法测定
钴(Ⅱ)	以硅氧烯为发光指示剂，用重铬酸钾法测定
铊(Ⅰ)	在浓盐酸介质中，用重铬酸钾法测定
碘化物	以高锰酸钾法或铈量法测定 测定方法：含50～500mg碘的溶液加15ml1.0M硫酸酸化，稀释至100ml，加入硅氧烯60mg，在暗处以0.1M硫酸铈(Ⅳ)标准溶液或0.02M $KMnO_4$标准液滴定至整个溶液呈红色发光为终点
银	加入过量的已知量的KI，沉淀银后按上法测定I^- 测定方法：参考I^-的测定
	沉淀滴定中作为化学发光指示剂
Cd(Ⅱ)	在酸性介质中(pH0.5)Cd^{2+}与铁(Ⅲ)氰化钾形成$Cd[Fe(CN)_6]_2$沉淀，改变了$Fe(CN)_6^{3+}/Fe(CN)_6^{4+}$电对电位，稍微过量的氧化剂的存在将促使硅氧烯发光

参考文献

〔1〕 化学大辞典编集委员会编：《化学大辞典》，共立出版株式会社，4，p. 894B-5A，1960。

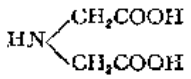
第三章　螯合滴定剂

亚氨基二乙酸　　Ⅰ-3-0001

Iminodiacetic acid

别名　IDA；二甲胺二羧酸　Dimethylaminedicarboxylic acid

结构式



分子式　$C_4H_7NO_4$　　**分子量**　133.11

理化性质　结晶性粉末。微溶于热水，不溶于有机溶剂中；可溶于碱性溶液。与Cu^{2+}，Cd^{2+}，Co^{2+}，Ni^{2+}和稀土元素等形成稳定螯合物。熔点247.5℃。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	2.58	9.33	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	9.92	8.01	6.47	5.35	4.33	3.33	2.33	1.35	0.50	0.08	0.01

3．螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{3+}
lgK_1	1.67	2.59	5.73	6.18	6.97	10.63	6.88	7.09	6.73	5.80
lgK_2	—	—	4.46	4.53	5.34	6.05	5.43	5.59	5.38	4.30

金属离子	Gd^{3+}	Hg_2^{2+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}
lgK_1	6.68	10.81	11.76	6.97	9.54	5.88	7.61	2.94	6.50	8.19
lgK_2	5.39	—	—	5.50	8.87	4.09	6.12	—	4.89	6.11

金属离子	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tm^{3+}	UO^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.45	6.44	6.64	2.23	6.78	7.22	8.93	6.78	7.42	7.27
lgK_2	—	4.78	5.24	—	5.46	5.68	—	5.25	5.85	5.33

合成方法[1]　将氨基三乙酸与发烟硫酸置于密封管中，在190～200℃加热而得。

也可以用二甘氨酰胺加稀碱溶液煮沸制得。

用途　螯合滴定剂。

参　考　文　献

〔1〕 *Beil.*, 4, 365

二 乙 三 胺　　Ⅱ-3-0002

Diethylenetriamine

别名　DIEN；二亚乙基三胺

结构式

$$NH_2CH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$$

分子式　$C_4H_{13}N_3$　　**分子量**　103.11

理化性质　无色或浅色液体，有氨味和刺激性。且具有吸湿性，溶于水和乙醇；不溶于乙醚。具有强碱性，与酸作用生成相应的盐。在空气中易吸收水分和二氧化碳。纯品相对密度0.9542(20/20℃)。熔点-39℃，沸点206.7℃，折射率1.4859；工业品，沸程185～210℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M KCl〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	4.34	9.13	9.94	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	20.41	17.41	14.41	11.57	9.16	7.07	5.07	3.07	1.33	0.30	0.04

3. 络合物形成常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.50	8.10	16.00	21.80	4.00	10.70	8.90

合成方法[1]　用二氯乙烷与过量氨水在90～95℃、于10kg/cm²压力下反应，之后进行分馏并收集正沸点部分而得。

参 考 文 献

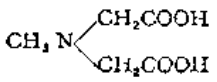
〔1〕 Robert George Fargher: *J. Chem. Soc.*, 117, 1351, (1920).

N-甲基亚氨基二乙酸　　Ⅱ-3-0003

N-Methyliminodiacetic acid

别名　MIDA

结构式



分子式　$C_5H_9NO_4$　　**分子量**　147.13

理化性质　固体粉末。微溶于水，不溶于有机溶剂，能溶于碱性溶液。与多种金属离子形成稳定螯合物。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度(μ)0.1$M$$KNO_3$〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	2.12	9.65	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	9.80	8.01	6.77	5.65	4.65	3.65	2.65	1.66	0.74	0.16	0.02

3．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1MKCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	2.61	3.85	6.77	7.62	11.09	6.65	5.47	3.48	5.40	8.73
lgK_2	2.33	2.72	5.75	6.29	6.83	5.37	3.68	2.35	4.16	7.22

金属离子	Pb^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.02	2.96	7.66
lgK_2	4.10	1.82	6.43

合成方法[1,2]

一、由1mol 33%甲胺水溶液和2mol羟乙腈在水溶液中反应而得甲基腈。再用乙醚萃取。蒸出乙醚。残余物腈用氢氧化钡水溶液水解，酸化得N-甲基亚氨基二乙酸。用水结晶得棱柱状结晶。熔点226～227℃。微溶于水；不溶于醇和醚。

二、将189 g (2mol) 一氯乙酸溶于150ml水中，用冰浴冷却，在搅拌下于30℃（不得超过此温）滴加160 g (4mol) 氢氧化钠溶于500ml水之溶液。加完后移去冰浴，慢慢滴加31g(1mol) 甲胺水溶液，温度保持在50℃以下。当全部甲胺水溶液加完后搅拌放置2小时，以使反应完全。在此反应混合物中加入257 g (1.05mol) 氯化钡（含2·H_2O）溶于约500ml热水中，在蒸汽浴上加热1.5小时，滤出的钡盐，每次用250ml80℃的热水彻底洗泡两次，于100℃干燥，所得之钡盐重225～230g(80～82%理论量)。

在干燥的钡盐中在搅拌下加入600ml水，将混合物加热煮沸，从分液漏斗中逐渐加入5N硫酸，约加1小时。离心滤去硫酸钡。用沸水煮洗硫酸钡。滤液和洗液合并。在水浴上真空浓缩至175～200ml，加500ml甲醇，在冰浴中放置3～4小时。滤出结晶。结晶用75ml甲醇洗。于100℃干燥，产品为白色结晶。熔点215℃。重92～105 g (63～71%理论量)。如不够纯可将产品溶于温水中加入其三倍量的甲醇将产品析出，但精制一次损失4～5%。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

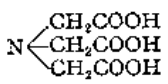
〔1〕 *Beil.*, 4, 367 (1922).
〔2〕 A. H. Blatt, "Org. Synth. Coll"., Ⅱ, 397, 1956.

氨 三 乙 酸　　Ⅱ-3-0004

Nitrilotriacetic acid

别名 次氮基三乙酸 Nitrilotriacetic acid；特里龙A TrilonA；氨羧络合剂I Complexone I；螯合剂I Chelaton I；NTA

结构式



分子式 $C_6H_9NO_6$　　**分子量** 191.14

理化性质 白色晶体。不溶于有机溶剂，微溶于热水，溶于碱溶液。能与许多金属离子形成螯合物。熔点230～235℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1MKCl〕

	H_4L^+	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	0.80	1.80	2.48	9.71	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	11.24	8.48	6.83	5.72	4.71	3.71	2.71	1.72	0.79	0.18	6.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1MKCl〕

金属离子	Ag^+	Al^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
lgK_1	5.16	9.50	4.83	7.11	6.46	10.00	10.83	10.60	>10	11.50	11.71	12.00	11.49
lgK_2	—	—	—	—	—	4.60	7.88	3.90	—	3.30	9.48	9.29	9.27

金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Ge^{3+}	Hf^{4+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Li^+	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}
lgK_1	8.83	18.87	13.60	11.64	20.34	14.60	11.85	16.90	10.37	2.51	12.47	7.00	8.60
lgK_2	—	8.45	12.21	9.34	—	—	9.41	7.50	7.25	—	9.44	3.20	3.00

金属离子	Na^+	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Se^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	TiO^{2+}	Tl^+	Tl^{3+}
lgK_1	1.22	11.25	11.54	11.47	11.07	12.70	11.51	5.01	11.58	13.30	12.30	4.75	20.90
lgK_2	—	8.51	—	—	8.22	—	9.05	—	9.45	—	—	—	—

金属离子	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	12.20	9.56	11.46	12.37	10.44	20.80
lgK_2	9.25	—	9.03	9.33	—	—

合成方法[1]

$$NH_2CH_2COOH + 2ICH_2COOH \longrightarrow N\begin{cases}CH_2\ COOH\\CH_2\ COOH\\CH_2\ COOH\end{cases} + 2HI$$

取15 g甘氨酸和75 g碘乙酸溶于200ml水中，加入160ml6MKOH溶液。混合液于水浴中加热至80℃，然后冷却，加盐酸至刚果红试纸呈酸性反应，即有氨三乙酸的结晶析出，过滤，干燥得产品。用热水重结晶即得精品。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Cd^{2+}	pH10.2，氨缓冲液，邻苯二酚紫，NTA直接滴定，终点由绿蓝至红紫
Co^{2+}	pH9.2，红紫酸铵，NTA直接滴定，终点由黄至红紫
Cu^{2+}	pH5.5～6.0，六次甲基四胺，铬天青S，NTA直接滴定，终点由蓝至绿
	pH5.0～6.0，六次甲基四胺，红紫酸铵，NTA直接滴定，终点由黄或绿至紫或紫蓝
	pH8.0～9.0，氨缓冲液，红紫酸铵，NTA直接滴定，终点由黄或绿至紫或紫蓝
Fe^{3+}	pH2.0，一氯乙酸，50～60℃，铬天青S，NTA直接滴定，终点由蓝至橙
Nb^{5+}	pH5.6，红紫酸铵，加过量NTA，用Cu^{2+}回滴，终点由紫至黄
Ni^{2+}	pH8.2～10.1，氨缓冲液，红紫酸铵，NTA直接滴定，终点由黄至红紫
Pb^{2+}	pH10.2，氨缓冲液，酒石酸，铬黑T，NTA直接滴定，终点由红紫至蓝
	pH10.2，氨缓冲液，加酒石酸，Zn—NTA，放出的Zn^{2+}用NTA滴定，终点由红至蓝
	pH10.2，氨缓冲液，酒石酸，铬黑T，加过量NTA，用Cd^{2+}回滴，终点由蓝至红
Sc^{3+}	pH7，红紫铵，NTA直接滴定，终点由黄至红
Zn^{2+}	pH9.1，氨缓冲液，红紫酸铵，NTA直接滴定，终点由红至蓝

参 考 文 献

〔1〕 吉林冶金局试验所，辽宁冶金局冶金所："有机试剂合成"冶金工业出版社，p. 9，1960。

乙二胺-*N*,*N*′-二乙酸 Ⅱ-3-0005

Ethylenediamine-*N*,*N*′-diacetic acid

别名 EDDA

结构式

$$HOOCCH_2NHCH_2CH_2NHCH_2COOH$$

分子式 $C_6H_{12}N_2O_4$ **分子量** 176.18

理化性质 白色固体粉末。微溶于水，不溶于有机溶剂。溶于碱性溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.53	9.59	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	14.12	12.12	10.12	8.12	6.12	4.23	2.72	1.59	0.69	0.14	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1MKCl〕

金属离子	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}
lgK_1	8.8	7.48	11.25	16.2①	8.31	8.59	8.38	8.13	8.42	7.04	9.09	3.9
lgK_2	—	—	—	—	—	7.45	6.35	6.08	7.00	4.73	8.48	—

金属离子	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Tb^{3+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.05	8.06	13.65	7.34	8.28	8.18	8.75	8.75	11.41	7.78	8.93	16.2①
lgK_2	—	5.63	—	5.23	6.07	6.52	7.64	7.64	—	6.34	7.92	—

① t=30℃，μ=0.1

合成方法[1] 将13.8 g（0.1mol）乙二胺二乙腈滴加至150ml水和100ml 12N盐酸的混合物中，约1小时加完。加完后回流6小时，放置过夜，减压浓缩，用氢氧化钠使呈碱性。通空气回流赶氨。赶净后，用盐酸使呈pH～2。用冰冷却得粗品。

提纯方法 用水重结晶。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

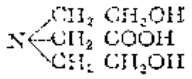
〔1〕 A. E. Martell; J. Am. Chem. Soc., 72, 5360(1950).

N,*N*-双(2′-羟乙基)甘氨酸 Ⅱ-3-0006

N,*N*-Bis(2′-hydroxyethyl)glycine

别名 DHEG；Diethylolglycine；二(羟乙基)甘氨酸 Di(hydroxyethyl)glycine；*N*,*N*-双(羟乙基)氨基乙酸*N*,*N*-Bis(hydroxyethyl)aminoacetic acid

结构式



分子式 $C_6H_{13}NO_4$ **分子量** 163.17

理化性质 固体粉末。稍溶于水。从稀乙醇中结晶，熔点193～195℃（稍分解）。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M $NaClO_4$]

	HL^+	$HL^{\pm}$	L^-
pK	1.68	8.14	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lg\alpha$	7.96	6.31	5.16	4.14	3.14	2.14	1.17	0.38	0.06

3. 螯合物形成常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KCl]

金属离子	Ca^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}
$\lg K_1$	6.30	7.50	5.50	8.37	7.60	7.70	8.00	4.31	7.70	14.17	7.60	7.30	7.50
$\lg K_2$	4.00	5.60	3.50	5.47	6.20	5.90	6.30	3.00	5.80	—	5.80	4.80	6.00

金属离子	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	5.90	7.60	7.70	7.50	7.70	8.00	7.80	8.00	7.80	7.20	7.70	6.50
$\lg K_2$	4.10	5.70	6.00	—	5.50	7.60	6.00	6.30	6.00	5.60	6.00	4.20

合成方法 将14.1g(0.15mol)一氯乙酸溶于25ml水，在冷却下（不高于30℃）用12ml 10%的NaOH中和至中性或弱碱性（以石蕊试之）。将制得的一氯乙酸钠溶液注入16g(0.152 mol)三乙醇胺中，将混合物煮沸并回流（约3～4小时）至碱性完全消失（以亮黄试纸试之），然后在水浴上将溶液蒸发至干。在干沉淀中加150ml 80%甲醇并煮沸至全部溶解。趁热过滤溶液并静置以使结晶。析出的结晶过滤，先用少量甲醇洗，再用丙酮洗，产量17.5～17.8g。熔点179～183℃。将母液中的甲醇赶走，残留物在水浴上蒸发至将溶剂全部去除并变成粘稠状，用乙醇处理，吸滤（减压），用乙醇和丙酮洗涤，干燥之。在干粉末中加40～50ml80%甲醇并煮沸。滤出沉淀，冷却后析出2～3g产品。熔点175～180℃。提纯后用甲醇重结晶后熔点为190～192℃。总产量可达20g或80～82%理论量。

如果高温下保温，熔点为180～190℃。

参 考 文 献

[1] Н. В. Хромов и А. Л. Ремизов; *Журнал Общей химии*, Том 23, No. 4, 598(1953).

三 乙 四 胺 Ⅱ-3-0007

Triethylene tetra amine

别名 Trien；三亚乙基四胺

结构式

$$H_2NCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$$

分子式 $C_8H_{18}N_4$　　**分子量** 146.24

理化性质 浅黄色或橙黄色液体。有氨味，易溶于水和乙醇，不溶于乙醚、具有碱性，在空气中易吸收水分和二氧化碳。与酸作用生成相应的盐。相对密度0.9818(20/20°)、[illegible]277.5℃，熔点－35℃，折射率1.4896；工业品沸程150～190℃(30mmHg)。

理化参数

1．离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	3.25	6.56	9.08	9.74	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	24.63	20.66	16.82	13.45	10.39	7.39	4.88	2.87	1.12	0.29	0.03

3．螯合物形成常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1MKCl]

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lg$K_{稳}$	7.65	10.80	11.0	7.71	20.4	7.84	21.94	25.0①	4.90①	14.3	10.40①	11.8①

① t=25℃，μ=0.1

合成方法[1,2] 由二氯乙烷及过量氨水在115～120℃、于10kg/cm²压力下反应而得，减压分馏并收集正沸点的成分即为成品。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Cd^{2+}	pH9～9.5，氨缓冲液，铬黑T，直接滴定，终点由红至蓝
	pH9～9.5，氨缓冲液，锌-锌试剂，直接滴定，终点由蓝至黄
Cu^{2+}	pH7，乙酸盐缓冲液，钙黄绿素，直接滴定，终点显绿紫色荧光
	pH9～9.5，氨缓冲液，红紫酸铵，直接滴定，终点由黄或绿至粉红
Hg^{2+}	pH7.5～8.0，三乙醇胺，锌-锌试剂，直接滴定，终点由蓝至黄
Zn^{2+}	pH7.8，三乙醇胺，锌试剂，直接滴定，终点由蓝至黄
	pH9.5，氨缓冲液，锌试剂，直接滴定，终点由蓝至黄

参考文献

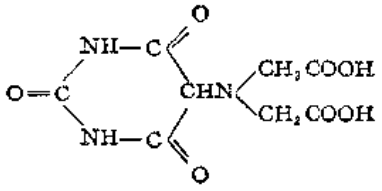
[1] R. G. Fargher; *J. Chem. Soc.*, 117, 1351, (1920).
[2] D. H. Peacock; *J. Chem. Soc.*, 1518, (1936).

2-氨基丙二酰脲二乙酸　　Ⅱ-3-0008

Uramildiacetic acid

别名 UDA；氨基巴比土酸-N, N-二乙酸　Aminobarbituric acid-N, N-diacetic acid

结构式



分子式 $C_8H_9N_3O_7$ **分子量** 259.18

理化性质 无色针状晶体，不溶于有机溶剂，微溶于水，溶于碱性溶液。能与多种金属离子形成较稳定的金属螯合物。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	1.70	2.67	9.63	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	11.08	8.53	6.80	5.65	4.63	3.63	2.63	1.64	0.72	0.15	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sn^{2+}	Sr^{2+}	Tl^{+}	Zn^{2+}
lgK_1	6.13	10.36	8.31	—	8.19	—	—	7.65	7.65	6.93	5.99	—
lgK_2	3.70	—	5.27	6.70	3.62	4.00	3.30	—	—	4.10	—	3.20

合成方法[1] 将14.3g(0.1mol) 尿咪（即2-氨基巴比妥酸）溶于20ml 5N氢氧化钠溶液中，再与由30 g (0.3mol) 一氯乙酸和60ml 5N氢氧化钠所配成之一氢乙酸钠溶液混合。逐渐升温并搅拌，滴加5N氢氧化钠以使反应在碱性中进行。反应毕冷却，用浓盐酸酸化得结晶。滤出结晶即为粗品。

提纯方法 将粗品用水重结晶，结晶为针状，得15 g产品。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

〔1〕 G. Schwarzenbach, Helv.: *Chim. Acta*, 29, 368, (1946).

乙二胺-N,N'-二丙酸 Ⅱ-3-0009

Ethylenediamine-N,N'-dipropionic acid

别名 EDDP

结构式

$$HOOCCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2COOH$$

分子式 $C_8H_{16}N_2O_4$ **分子量** 204.23

理化性质 白色固体粉末。微溶于水，不溶于有机溶剂，溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M KCl〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.69	9.58	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	14.27	12.27	10.27	8.27	6.27	4.35	2.75	1.58	0.68	0.14	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1MKCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	La^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	~1	8.1	10.2	15.2	6.3①	13.1①	5.8	2.8	3.4①	12.2	10.1

① t=30℃，μ=0.1

合成方法[1]

1. N,N'-乙二胺二丙腈的合成　将120 g（2mol）无水乙二胺在搅拌下滴加至212 g（4mol）新蒸过的丙烯腈中，在室温下约3小时加完。之后将溶液在室温下搅拌2小时，回馏2小时，再放置过夜，减压蒸馏得产物。

2. 乙二胺-N,N'-二丙酸的合成　在快速搅拌下将100ml12N盐酸滴加至33 g（0.2mol）N,N'-乙二胺二丙腈中，因反应是放热反应须用冰水浴冷却，约1小时加完，于室温搅拌2小时，再回馏1小时，放置过夜，将溶液减压浓缩至干。将其溶于蒸馏水中，加氢氧化钠溶液使之呈强碱性，通空气，回馏赶氨，将氨赶净后酸化至pH4.5，减压蒸馏至干。残余物用300ml无水乙醇提取。将热乙醇溶液过滤以除去氯化钠。回收溶剂，残余物为暗黄色粘稠状物质。将其溶于尽可能少的热蒸馏水中，用等体积的12N盐酸酸化，放冷，得21 g（40%）乙二胺二丙酸二盐酸盐。将此粗品用热80%乙醇中重结晶五次即为纯品。

用途　螯合滴定剂。

参 考 文 献

〔1〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

四 乙 五 胺　　Ⅱ-3-0010

Tetraethylenepentaamine

别名　Tetren；四亚乙基五胺

结构式

$$H_2NCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$$

分子式　$C_8H_{23}N_5$　　**分子量**　189.31

理化性质　黄色或橙红色粘稠液体。易溶于水和乙醇，不溶于苯和乙醚。具有碱性，与酸作用生成相应的盐，在空气中易吸收水分和二氧化碳。纯品相对密度0.9980（20/20°），熔点-30℃，沸点333℃，折射率1.5076；工业品沸程160～210℃（10mmHg）。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	3.06	4.80	8.19	9.28	9.85	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\lg\alpha$	30.18	25.22	20.45	16.34	12.54	9.35	6.35	3.51	1.36	0.26	0.03

螯合物形成常数(温度（t）25℃，离子强度(μ)0.1M KNO_3)

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_f$	14.00	13.30	22.80	9.85	27.7	7.00	17.43	10.9	15.10

合成方法[1-4]

一、二氯乙烷与过量氨水于115～120℃，在10kg/cm²压力下反应再经分馏而得。

二、可将1 mol二氯代乙胺盐酸盐溶于90ml水中，滴加27mol乙二胺，缩合，煮沸1.5～2小时，将残余物蒸出。将残余物用3 mol甲钠处理，蒸出过量甲醇得160 g四亚乙基五胺。沸点177～205℃/16mmHg。

用途 螯合滴定剂。

离子	方法提要
Zn^{2+}	pH9.5，氨缓冲液，铬黑T，直接滴定，终点由蓝至橙黄
	pH7.8，三乙醇胺，铬蓝黑R或铬黑T，直接滴定，终点由蓝至红

参 考 文 献

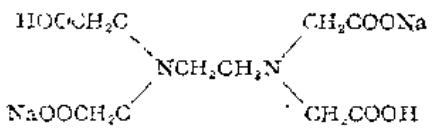
[1] Beil. 三版4(I), p. 543～4
[2] M. J. Copley; *J. Am. Chem. Soc.*, 63 255, (1941).
[3] W. F. Bradley; *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 979, (1945).
[4] *Brit.* 753, 489, (1956).

乙二胺四乙酸二钠盐 Ⅱ-3-001

Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt

别名 EDTA，氨羧络合剂Ⅱ，络合宗Ⅱ Complexon；
特里龙B Triton B，配位酮

结构式



分子式 $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ **分子量** 372.24

理化性质 无色结晶粉末，无臭无味无毒。乙二胺四乙酸二钠盐（Na_2H_2Y）在160℃以下不分解，不变色；若加热变色，表明含有较多量的杂质。$Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$于22℃时每100ml水可溶解11.1g，此溶液的pH为4.7左右。EDTA能与碱土金属及其他金属离子形成1:1的螯合物。乙二胺四乙酸的熔点240℃（分解），微溶于水，不溶于有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数（温度（t）20℃，离子强度（μ）0.1M KCl）

	H_6Y^{2+}	H_5Y^{+}	H_4Y	H_3Y^{-}	H_2Y^{2-}	HY^{3-}	Y^{4-}
pK	0.9	1.6	2.0	2.67	6.16	10.26	—

2. 酸效应系数

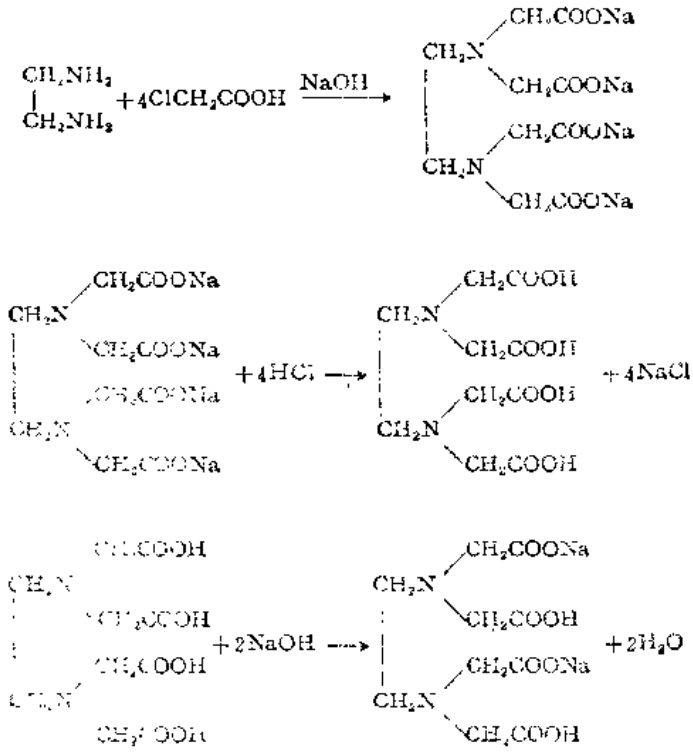
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	18.01	13.51	10.60	8.44	6.45	4.65	3.32	2.27	1.28	0.45	0.07	0.01

3. 螯合物形成常数(温度（t）25℃，离子强度（μ）0.1M KCl)

金属离子	Ag^{+}	Al^{3+}	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	[illegible]
lgK_1	7.72	16.5	18.16	8.0	9.27	27.9	10.7	16.46①	16.05	19.09	18.45	16.31①	35
金属离子	Cr^{2+}	Cr^{3+}	Cs^{+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hf^{4+}	Hg^{2+}
lgK_1	13.61	23.40	0.15	18.80①	18.00	18.37	16.66	14.2	25.1①	21.1	17.19	19.19	21.8
金属离子	Ho^{3+}	In^{3+}	K^{+}	La^{3+}	Li^{+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}	Mo^{3+}	Na^{+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Np^{3+}
lgK_1	18.1	25.3	0.96	15.5①	2.85	8.69	14.04	24.8	6.36	1.79	16.47	18.62②	9.7
金属离子	Np^{4+}	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Pm^{3+}	Pr^{3+}	Pu^{3+}	Pu^{4+}	PuO_2^{+}	Pu^{6+}	Rb^{+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}
lgK_1	24.6②	18.04①	18.5	16.75	16.16	18.12	17.66	12.9	16.39	0.53	23.05	16.34	18.3②
金属离子	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Ti^{3+}	TiO_2^{2+}	Tl^{+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	U^{4+}	UO_2^{2+}	V^{2+}	V^{3+}	VO^{2+}
lgK_1	8.63	17.6	23.3	17.3	17.3	6.53	22.5	18.64	25.83	16.4	12.70①	25.9	8.77
金属离子	VO_2^{+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}								
lgK_1	18.05	18.0	18.88	16.26	29.5								

① t=20℃，μ=0.1；② t=25℃，μ=1.0；③ t=20℃，μ=1.0

合成方法[11]



1. EDTA酸的制备　称取一氯乙酸94.5 g（1.0mol）于1000ml圆底烧瓶中，慢慢加入50%碳酸钠溶液，直至二氧化碳气泡发生为止。加入15.6 g（0.2mol）乙二胺，摇匀，放置片刻，加入40%NaOH溶液100ml，加水至总体积为600ml左右，装上空气冷却回流装置，于50℃水浴上保温2小时，再于沸水浴上保温回流4小时。取下烧瓶，冷却后倒入烧杯中，用浓盐酸调节pH至1.2，则有白色沉淀产生，抽滤，得EDTA酸粗品。

把粗品溶于氨水中，过滤，必要时用活性炭脱色。用浓盐酸调pH至1.2，白色沉淀析出，抽滤，用少量水洗3～5次，在110℃下烘干，得精品。

2. EDTA二钠盐的制备　取8 g（0.2mol）NaOH溶于150ml水中。加入29.2 g（0.1mol）EDTA酸，加热煮沸，使其全溶，若有沉淀，趁热过滤。冷却，即有结晶析出，抽滤，用乙醇洗2～3次，再用乙醚洗1～2次，于60℃烘干，得EDTA二钠盐粗品。

提纯方法[2]　取二级或三级EDTA二钠盐溶于100ml水中，加入乙醇至有沉淀产生，过滤，除去沉淀。在滤液中加入等体积的乙醇，此时即有$Na_2H_2Y\cdot 2H_2O$结晶产生，过滤，以二级丙酮洗涤，再以二级乙醚洗涤。然后在80℃下烘干（烘过夜），得含有二分子结晶水的二钠盐。可保存于有H_2SO_4或无水$CaCl_2$干燥剂的干燥器中。也可在120℃下烘至恒重，得无水二钠盐，可保存于有P_2O_5干燥剂的干燥器中。经这样精制过的EDTA二钠盐可作为滴定时的基准物。

用途　螯合滴定剂。EDTA是目前螯合滴定中应用最广和最常用的滴定剂，有将近70余种元素能用它直接、间接或反滴定的方法进行测定。

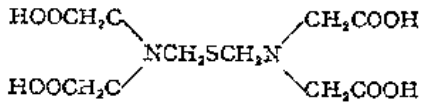
参 考 文 献

〔1〕 吉林冶金局试验所，辽宁冶金局冶金所：《有机试剂合成》，冶金工业出版社。p11，1960。
〔2〕 杨德俊：《络合滴定的原理和应用》，国防工业出版社，p216，1965。

二甲硫醚二胺四乙酸　　Ⅰ-3-0012

Dimethylthioetherdiamine tetraacetic acid

结构式



分子式　$C_{10}H_{16}N_2O_8S$　　**分子量**　324.31

理化性质　固体粉末。微溶于水，溶于碱溶液，不溶于有机溶剂，可与重金属离子形成稳定的螯合物。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M KCl〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.75	2.52	8.38	9.42	—

2. 酸效应系数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH	18.14	14.59	11.93	9.81	7.80	5.80	3.82	1.95	0.63	0.10	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	5.34	6.21	15.03	16.5	11.64	23.81	4.61	9.64	5.94	13.17

合成方法[1] 将1 molβ,β'-二氨基二甲基硫在搅拌下分批加入由6 mol一氯乙酸与6 mol氢氧化钠溶于1000ml水的一氯乙酸钠溶液中。加完后回馏6小时，在反应过程中将pH保持在微碱性。放置过夜。酸化得粗品。

提纯方法 用无水乙醇提取，趁热过滤，滤去氯化钠。回收乙醇。再用水重结晶即为纯品。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

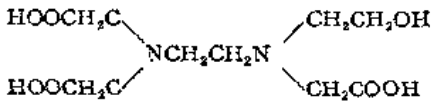
〔1〕 A. E. Martell: *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

乙二胺-*N*-羟乙基-*N*,*N'*,*N'*-三乙酸 Ⅱ-3-0013

Ethylenediamine-*N*-hydroxyethyl-*N*,*N'*,*N'*-triacetic acid

别名 HEDTA; HEEDTA

结构式



分子式 $C_{10}H_{18}N_2O_7$ **分子量** 278.26

理化性质 固体粉末。微溶于水，可溶于碱溶液，不溶于有机溶剂。和EDTA相似，能与碱土金属和其他金属离子形成稳定螯合物。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.60	5.41	9.89	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\lg\alpha$	14.90	12.00	9.45	7.30	5.44	3.99	2.89	1.89	0.94	0.25	0.03

3. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M KCl〕

金属离子	Ag^+	Al^{3+}	Ba^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
$\lg K_1$	6.71	13.96	5.54	22.3①	8.14	13.0	14.08	14.12	37.4	18.8	15.34	15.45	15.44
金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}	Nd^{3+}
$\lg K_1$	11.6	19.8	16.9②	15.31	20.1	15.34	17.16	13.49	15.89	5.78	10.7	22.7③	14.94
金属离子	Ni^{2+}	Np^{4+}	NpO_2^+	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tb^{4+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}
$\lg K_1$	17.0	20.82①	6.9	15.5	14.68	17.3	15.39	6.92	15.41	18.5	19.72	15.64	14.67
金属离子	Yb^{3+}	Zn^{2+}											
$\lg K_1$	15.93	14.5											

① t=25℃, μ=1.0; ② t=20℃, μ=0.1; ③ t=25℃, μ=0.2

合成方法[1]

1. N-羟乙基乙二胺的合成[1]

将17 g无水乙二胺溶于100ml水中，冷却至0℃以下，通入2.5 g环氧乙烷，放置4小时后蒸馏并收集沸点238～240℃/752mmHg的馏分即为成品。

2. 乙二胺-N-羟乙基-N,N',N''-三乙酸的合成

取1 mol$N$-羟乙基乙二胺与4.5mol一氯乙酸钠溶液，于90～95℃反应，加HCl析出产品，再进行精制即为成品。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Al^{3+}	pH5，乙酸盐缓冲液，甲基钙黄绿素，加热，终点为紫外荧光熄灭
	pH5，乙酸盐缓冲液，甲基钙黄绿素蓝，加热，冷却后，加过量HEDTA，Cu^{2+}回滴，终点同上
Cu^{2+}	pH8，红紫酸铵，加过量HEDTA，用Cu^{2+}回滴，终点从紫至黄

参考文献

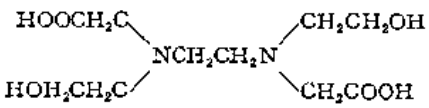
〔1〕 *Beil.*, H4, 286.

乙二胺-N,N'-二（β-羟乙基））-N,N'-二乙酸 Ⅱ-3-0014

Ethylenediamine-N,N'-di(β-hydroxyethyl)-N,N'-diacetic acid

别名 HEEDDA

结构式



分子式 $C_{10}H_{20}N_2O_6$ **分子量** 264.28

理化性质 固体粉末。微溶于水，能溶于碱溶液，不溶于有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	HL^-	L^{2-}
pK	4.7	8.6	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	11.3	9.30	7.30	5.38	3.77	2.60	1.60	0.70	0.15	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M KNO_3〕

金属离子	Fe^{3+}	La^{3+}	Th^{4+}
lgK_1	≤1.5	9.3	12.8

合成方法[1,2]

将1 mol N,N'-二-β-羟乙基乙二胺与2 mol一氯乙酸钠溶液混合在一起，在搅拌下逐

渐升温并将溶液的pH控制在10左右，随时补加5N氢氧化钠溶液，之后在90℃反应4小时，过滤，对滤液进行脱色，酸化后冷却，滤出结晶即为成品。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

〔1〕 A. G. Martell: *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

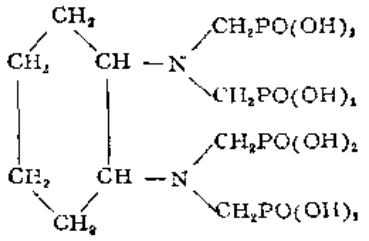
〔2〕 G. Schwarzenbach: *Helv. Chim. Acta*, 30, 1303, (1947).

1,2-环己二胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四（甲膦酸） Ⅱ-3-0015

1,2-Cyclohexanediamine-*N*,*N*,*N'*,*N'*-tetrakis(phosphonomethyl)

别名 CDTMP

结构式



分子式 $C_{10}H_{26}N_2O_{12}P_4$ **分子量** 490.21

理化性质 固体粉末。难溶于水，溶于碱溶液，不溶于有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_8L	H_7L^-	H_6L^{2-}	H_5L^{3-}	H_4L^{4-}	H_3L^{5-}	H_2L^{6-}	HL^{7-}	L^{8-}
pK	2.40	3.70	5.32	6.46	6.97	7.69	9.39	10.89	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lg\alpha$	44.82	35.97	29.85	22.91	16.91	11.5[illegible]	7.35	4.48	2.44	1.03	0.25	0.03

3. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	2.87	5.49	8.06	3.31	9.73	23.31	9.51	6.40	8.49	3.94	7.99	3.72	9.12

合成方法[1]

1. 将106 g环己二胺溶于500ml 15%（W/V）氢氧化钠溶液中，用600ml乙醚提取，回收乙醚得的浅黄色油状物（备用）即为纯品。

2. 将275 g氯甲膦酸溶于600ml水，在搅拌下慢慢滴加15%氢氧化钠溶液直至pH10～11。之后再将溶液用碳酸钠饱和。

3. 将第一步得纯品和75ml水混匀，用氢氧化钠调pH至10～11。煮沸，在搅拌下滴加第二步的溶液，速度为20ml/min。当全部加完后回流约90小时。放冷并加浓盐酸至pH6.5。过滤，滤液减压浓缩至粘稠状，加250ml水。将混合物加热并搅拌10分钟。滤去机械杂质，在滤液中加等体积的乙醇。放置并搅拌。倾出上层，再加乙醇重复操作几次直至呈固体。将其

溶于少量水中，脱色至滤液为白色。加无水乙醇析出产品，过滤，真空干燥（放五氧化二磷），产率45%。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

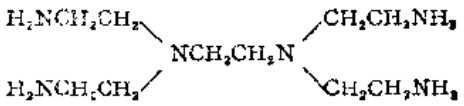
[1] C. V. Banks; *Anal. Chim. Acta*, 20, 301, (1959).

五 乙 六 胺 Ⅱ-3-0016

Pentaethylenehexamine

别名 Penten；五亚乙基六胺

结构式



分子式 $C_{10}H_{28}N_6$ **分子量** 232.38

理化性质 稠厚液体。易溶于水和乙醇，不溶于苯和乙醚。具有碱性，与酸作用生成相应的盐。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	8.58	9.16	9.73	10.22	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	33.69	29.69	25.69	21.69	17.69	13.69	9.70	5.70	2.45	0.56	[illegible]

3. 螯合物形成常数[温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M KCl]

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	16.15	15.75	22.44	11.20	29.59	9.37	19.30	16.24

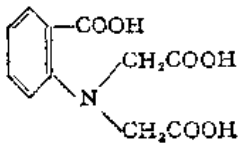
用途 螯合滴定剂。

2-氨基苯甲酸-*N*,*N*-二乙酸 Ⅱ-3-0017

2-Aminobenzoic acid-*N*,*N*-diacetic acid

别名 邻氨基苯甲酸-*N*,*N*-二乙酸 Anthranilic acid-*N*,*N*-diacetic acid；AADA；ANDA

结构式



分子式 $C_{11}H_{11}NO_6$ **分子量** 253.22

理化性质 固体粉末。不溶于水，溶于碱溶液，不溶于有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.33	2.98	7.73	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	10.06	7.22	5.06	3.77	2.73	1.74	0.80	0.19	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ag^+	Am^{3+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	3.54①	8.92	3.59	5.08	7.44	8.69	9.27	8.42	10.93	4.01	5.85	9.48

金属离子	Sr^{2+}	Tl^+	UO_2^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	3.91	2.93①	6.93	8.42

① t=20℃；μ=0.1

合成方法[1~3]

一、用10ml 5N氢氧化钠中和8 g邻氨基苯甲酸，加少量酚酞做指示剂，在搅拌下滴加19 g一氯乙酸钠溶于50ml水溶液，并补加40ml 5N氢氧化钠以使反应一直保持在碱性中进行（pH～10）。将反应混合物回馏两小时，冷却，酸化至pH～4，过滤。滤液用乙醚提取，乙醚弃之。再将滤液酸化至强酸性（pH～1）放置，滤出结晶干燥即为成品。

二、由1 mol氨基苯甲酸和2 mol氯乙酸在中性溶液中反应而得。也可由苯基甘氨酸邻羧酸钠和氯乙酸钠在水溶液中煮沸2小时制得。成品为棒状或片状（用水结晶）。熔点约212℃。

三、将结晶碳酸钠200 g、水1 l、邻氨基苯甲酸60 g和一氯乙酸100 g共煮沸8小时，需要时补加碳酸钠以使反应在碱性溶液中进行，冷却得深绿色溶液，用约70ml 50%硫酸处理得粗品。

提纯方法 用水重结晶（50 g粗品400ml水）。熔点216℃（分解）。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Cu^{2+}	pH7～7.5，红紫酸铵，直接滴定。终点由黄至紫
Fe^{3+}	酸性，磺基水杨酸，直接滴定，终点由红紫到黄
Ni^{2+}	pH7～7.5，红紫酸铵，氨缓冲液，直接滴定，终点由黄至蓝紫
	pH7～8，红紫酸铵，氨缓冲液，加过量ANDA，用Cu^{2+}回滴，终点由紫至黄
Th^{4+}	pH2～3，HNO_3，60～70℃，邻苯二酚紫，终点由红至黄

参考文献

〔1〕 G. Schwarzenbach; *Helv. Chim. Acta*, 30, 1303(1947).

〔2〕 *Beil.*, 14, 354.

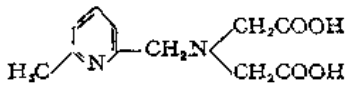
〔3〕 J. G. Jackson; *J. Chem. Soc.*, 579, (1928).

6-甲基-2-氨基甲基吡啶-*N*,*N*-二乙酸　　Ⅰ-3-0018

6-Methyl-2-aminomethyl Pyridine-*N*,*N*-diacetic acid

别名　6-甲基-PADA

结构式



分子式　$C_{11}H_{14}N_2O_4$　　**分子量**　238.24

理化性质　固体粉末。不溶于水，溶于碱溶液，不溶于有机溶剂。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.46	8.30	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	9.76	9.77	5.89	4.41	3.31	2.30	1.32	0.48	0.08	0.01

3．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ce^{3+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Nd^{3+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}
lgK_1	6.00	7.23	7.42	6.76	6.71	7.30	5.72	7.60	6.28	6.18	6.57
lgK_2	4.07	4.92	5.22	4.50	4.61	5.03	3.85	5.39	4.26	4.24	4.48

金属离子	Tb^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}
lgK_1	7.16	7.54	6.84	7.65
lgK_2	4.94	5.27	4.74	5.33

合成方法[1]　将12.2g(0.1mol)6-甲基-2-氨基甲基吡啶在搅拌下分批加入由30g一氯乙酸和60ml 5N氢氧化钠所配成的一氯乙酸钠溶液，升温并经常补加5N氢氧化钠以使反应在碱性溶液中进行。反应完毕，过滤并冷却，酸化得结晶。把结晶滤出，用水洗去酸性，干燥即为成品。

用途　螯合滴定剂，0.1M水溶液。

滴定离子	方法提要
Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}	pH5.5,乙酸盐缓冲液，6-甲基—PADA电位滴定。碱土和稀土金属离子，Y^{3+}，Al^{3+}不干扰
Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}	pH9.5,氨缓冲液，6-甲基-PADA电位滴定，Ca^{2+},Sr^{2+},Ba^{2+}不干扰
Bi^{3+},Hg^{2+}	pH1.5,硝酸溶液，6-甲基-PADA电位滴定

参考文献

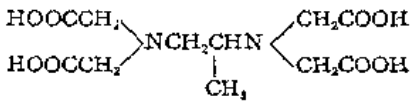
〔1〕 J. G. Jackson; *J. Chem. Soc.*, 579,(1928).

甲基乙二胺四乙酸 Ⅱ-3-0019

Methylethylenediamine tetraacetic acid

别名 MEDTA; PDTA

结构式



分子式 $C_{11}H_{18}N_2O_8$ **分子量** 306.27

理化性质 固体粉末。溶于碱溶液，不溶于水也不溶于有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.84	2.78	6.22	10.92	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	17.82	14.85	11.36	9.16	7.16	5.34	3.99	2.92	1.97	0.97	0.26	0.03

3. 螯合物形成常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1MKCl]

金属离子	Ag^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
lgK_1	8.05	8.84①	11.47①	18.83①	16.79	17.07①	42.10①	19.94	19.05	19.61	18.26
金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}
lgK_1	15.5①	26.0①	18.21	22.81	19.30	16.43	20.56	10.29①	14.85①	17.54	19.42①
金属离子	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tl^+	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	18.97	17.17	17.97	15.10①	9.61	18.64	7.02	20.08	18.78	20.25	17.14①

① t=25℃，μ=0.1

合成方法[1~3]

1. 1-甲基乙二胺二盐酸盐[1,2] 将N-甲基-N-苄基磺基-N'-苯二甲酰基-乙二胺与过量的浓盐酸在120℃加热4小时，用水稀释，过滤，滤液浓缩至干，而得。用乙醇重结晶得甲基乙二胺二盐酸盐。熔点130～132℃(分解)。

2. 缩合[3] 将1mol甲基乙二胺二盐酸盐溶于水，再与6mol一氯乙酸钠水溶液混合，升温并搅拌，需要时滴加5N氢氧化钠溶液以使反应保持在碱性溶液中进行。反应完毕后冷却，酸化得粗品。用水重结晶即为成品。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Bi^{3+}	酸性，0.1$M$$HNO_3$，二甲酚橙，直接滴定，终点由红至黄
Ca^{2+}	pH>12，二乙胺或NaOH，酸性茜素黑SN，直接滴定，终点由红至蓝
	pH>12，NaOH，铬蓝黑R，直接滴定，终点由红至蓝
Cu^{2+}	pH5，乙酸盐缓冲液，SNAZOXS，直接滴定，终点由黄至紫
Pb^{2+}	pH10，氨缓冲液，酒石酸，铬黑T，直接滴定，终点由紫至绿蓝
Zn^{2+}	pH10，氨缓冲液，铬黑T，直接滴定，终点由红至蓝

参 考 文 献

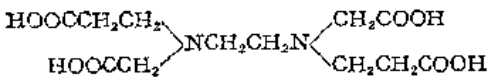
〔1〕 *Beil.*, 4(1), 415.
〔2〕 B. Johnson; *JACS*, 38, 2141, (1916).
〔3〕 J. G. Jackson; *J. Chem. Soc.*, 579, (1928).

乙二胺-*N*,*N'*-二乙酸-*N*,*N'*-二丙酸 Ⅰ-3-0020

Ethylenediamine-*N*,*N'*-diacetic acid-*N*,*N'*-dipropionic acid

别名 EDDADP

结构式



分子式 $C_{12}H_{20}N_2O_8$ **分子量** 320.30

理化性质 固体粉末。不溶于水，不溶于有机溶剂，溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	3.00	3.79	5.98	9.83	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	18.60	14.60	10.93	8.02	5.85	3.85	2.83	1.83	0.89	0.22	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mg^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	11.8	14.9	16.3	6.9	15.5	13.2	14.5

合成方法[2] 将1mol乙二胺-*N*,*N'*-二丙酸[1]溶于含2mol氢氧化钠（400ml 5*N*氢氧化钠）的溶液中，加入少许酚酞，再滴加3.5mol一氯乙酸钠溶于1000ml水的溶液，以后再逐渐补加5*N*氢氧化钠以使反应在碱性中进行（pH～10）。升温至90℃，反应4小时（补加5*N*氢氧化钠pH～10），过滤，酸化滤液得粗品。

提纯方法 酸碱沉淀。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

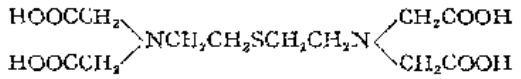
〔1〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).
〔2〕 G. Schwarzenbach; *Helv. Chim. Acta*, 30, 1303, (1947).

二乙硫醚二胺四乙酸 Ⅰ-3-0021

Diethylthioether diamine tetraacetic acid

别名 DESTA；TEDTA

结构式



分子式 $C_{12}H_{20}N_2O_8S$ **分子量** 352.36

理化性质 固体粉末。不溶于水，不溶于有机溶剂，可溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.80	2.52	8.47	9.42	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	18.27	14.70	12.02	9.89	7.89	5.89	3.89	2.02	0.64	0.10	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Hg^{2+}	In^{3+}	La^{3+}	Mg^{2+}
lgK_1	5.34	6.21	14.38	13.99	16.57	11.57	20.41	17.30	23.90	20.26	12.8	4.61

金属离子	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sr^{2+}	Th^{4+}	Tl^{+}	Tl^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	10.07	14.70	15.70	13.86	5.94	19.80	4.47	32.3	13.44	23.17

合成方法[1,2]

1. β,β'-二氨基二乙基硫[1] 将双〔β-邻苯二甲酰亚胺乙基〕硫与盐酸在封管内于180～200℃加热而得(Ber., 24,1114)，或以双〔β-邻苯二甲酰亚胺乙基〕硫氧化物与20%盐酸共煮制得 (Ber., 24 3100)，或以氮丙环与硫化氮反应而得 (Ber., 30,2497)。

2. 缩合[2] 将1molβ,β'-二氨基二乙基硫在搅拌下分批加入由6mol一氯乙酸与6mol氢氧化钠溶于1000ml水的一氯乙酸钠溶液中。加完后回馏6小时，可补加碱以使反应呈弱碱性。放置过夜。酸化后减压浓缩至干。残余物用无水乙醇提取，趁热过滤，以滤去氯化钠。回收得粗品。用蒸馏水重结晶。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

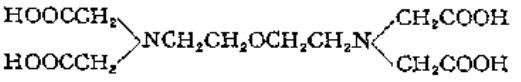
〔1〕 *Beil.*, 4, 287; *C. A.*, 52, 12190i, (1958).
〔2〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

二乙醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0022

Diethyletherdiamine tetraacetic acid

别名 EEDTA；BAETA；〔(2,2′-氧联二乙基)二亚氨基〕四乙酸〔(2,2′-Oxydiethylene) dinitrilo〕tetraacetic acid

结构式



分子式 $C_{12}H_{20}N_2O_9$ **分子量** 336.30

理化性质 固体粉末。不溶于水和有机溶剂，溶于碱溶液，能与很多金属离子形成稳定的螯合物。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.80	2.76	8.84	9.47	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	18.93	15.33	12.51	10.31	8.31	6.31	4.31	2.37	0.78	0.11	0.01

3．螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}
lgK_1	8.15	10.00	16.64	16.69	15.27	18.10	18.21	17.99	18.31	14.30	24.70	21.00

金属离子	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}
lgK_1	18.13	23.09	18.13	25.5	16.6	17.75	8.32	13.76	17.67	15.07	15.03	17.36

金属离子	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tl^{+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	18.19	9.34	18.31	24.90	4.47	32.80	17.83	17.54	17.85	15.30	24.72

合成方法[1]

1．制备双-β-氯乙醚 将106g(1mol) 乙二醇溶于212g(2.66mol) 吡啶中，在搅拌下滴加 238g(2mol) 亚硫酰氯，约 2 小时加完。室温放置过夜。将混合物回流 1 小时，冷却，倾至2 l 5% 氢氧化钠水溶液中，用乙醚提取。用 100ml 4N硫酸洗涤提取液，然后水洗。用氯化钙干燥，过滤回收乙醚，剩余物进行减压蒸馏；得 88 g 产品 (62%)。沸点 65℃/15～16mmHg，可常压分馏一次，收集沸点为176～177℃之馏分。

2．缩合 将 1mol 双-β-氯乙醚在搅拌下滴加至由 6mol 一氯乙酸钠、6mol 氢氧化钠和 1 l 水所配成之一氯乙酸钠溶液中，保温使之反应。不断试验溶液的pH值并随时补充氢氧化钠溶液使反应保持在碱性溶液中进行。当 pH 不变时即缩合完毕。趁热过滤，冷却并酸化，得结晶。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

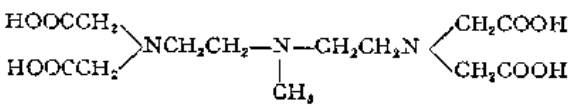
〔1〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

二乙三胺-N-甲基-N',N',N'',N''-四乙酸 Ⅱ-3-0023

Diethylenetriamine-N-methyl-N',N',N'',N''-tetraacetic acid

别名 二亚乙基三胺-N-甲基-N',N',N'',N''-四乙酸

结构式



分子式 $C_{13}H_{23}N_3O_8$ **分子量** 349.34

理化性质 固体粉末。溶于碱溶液，不溶于水和有机溶剂。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M $NaNO_3$〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.84	3.55	7.39	10.89	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	20.77	16.83	13.48	10.44	8.29	6.29	4.43	2.99	1.90	0.94	0.25	0.03

3．螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Sr^{2+}
lgK_1	7.21	9.60	17.44	7.21	7.31	8.35

合成方法[1] 取1mol$N$-甲基二乙烯三胺，将其分批加入由6mol一氯乙酸、6mol氢氧化钠及1000ml水所配成之一氯乙酸钠溶液中，于100℃反应6小时。需随时试验反应的pH并补加5N氢氧化钠以使反应在pH～10进行，趁热过滤，酸化滤液得粗品。

提纯方法 用水重结晶。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

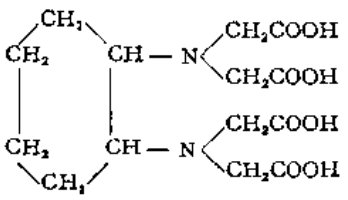
〔1〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

环己二胺四乙酸 Ⅱ-3-0024

Cyclohexanediamine tetraacetic acid

别名 氨羧络合剂Ⅳ Complexone Ⅳ；CyDTA；CDTA；DCyTA；1,2-二氨环己-N,N,N',N'-四乙酸1,2-Diamino-Cyclohexane-N,N,N',N'-tetraacetic acid

结构式



分子式 $C_{14}H_{22}N_2O_8$ **分子量** 346.34

理化性质 白色结晶性粉末。难溶于水，不溶于有机溶剂，可溶于碱溶液，能与很多金属离子形成稳定螯合物。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.43	3.52	6.12	11.70	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\lg\alpha$	19.79	15.91	12.54	9.95	7.87	6.07	4.75	3.71	2.70	1.71	0.78	0.18	0.02

3．整合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M $KClO_4$〕

金属离子	Ag^+	Al^{3+}	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Bk^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cf^{3+}	Cm^{3+}
$\lg K_1$	8.15	18.90	18.79	7.99	10.81	24.1	19.16	12.50	19.23	16.76	19.42	18.81
金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}
$\lg K_1$	18.60	21.10	19.69	20.68	18.62	16.27	28.05	22.91	18.77	24.40	19.89	28.74
金属离子	La^{3+}	Li^+	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}	Na^+	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sc^{3+}
$\lg K_1$	16.75	4.13	21.51	10.32	16.78	28.90	2.70	17.69	19.68	19.50	17.31	10.69
金属离子	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	TiO^{2+}	Tl^+	Tl^{3+}	Tm^{3+}	U^{4+}	VO^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}
$\lg K_1$	18.38	10.69	19.50	29.25	19.90	6.70	38.30	20.96	26.90	19.40	19.15	21.12
金属离子	Zn^{2+}	Zr^{4+}										
$\lg K_1$	18.50	20.74										

合成方法[1] 将1mol反式环己二胺与6mol一氯乙酸钠于90～95℃缩合，反应好后加酸将产品析出，用水洗，干燥即为成品。

提纯方法 酸碱沉淀。

用途 整合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Al^{3+}	pH2～2.2,乙酸盐缓冲液，加热，Cu-PAN,直接滴定，终点由红至黄
	pH6.5～7.0,吡啶，铬黑T,加过量CyDTA,Zn^{2+}回滴，终点由蓝至红
	pH5.5～6.0,吡啶和乙酸盐缓冲液，加过量CyDTA,邻苯二酚紫，Zn^{2+}回滴，终点由蓝至紫
	pH5～6,六次甲基四胺，加过量CyDTA,二甲酚橙,Pb^{2+}回滴，终点由黄至红
Ca^{2+}	pH>12,KOH,钙黄绿素，直接滴定，终点由绿紫外荧光熄灭至粉红
	pH13,0.1M NaOH,钙色素，直接滴定，终点由红至蓝
	pH11～11.5,NaOH,甲基百里酚蓝,直接滴定，终点由蓝至绿黄
	pH8～10,氨缓冲液，60～70℃,加Mg-CyDTA或Zn-CyDTA,铬黑T,以CyDTA滴Mg^{2+}或Zn^{2+},终点由红至蓝
Cd^{2+}	pH3～5,Fe^{3+}-水杨酸，直接滴定，终点由紫至无色
Co^{2+}	pH8～10,氨缓冲液，加过量CyDTA,铬黑T,Mg^{2+}回滴，终点由蓝至红
	pH5,乙酸盐缓冲液，N_2H_4，80～90℃,加过量CyDTA,PAN,Cu^{2+}回滴，终点由黄至红
Cr^{3+}	pH4～4.6,CyDTA,煮沸，冷却，加乙酸盐缓冲液，钙黄绿素，Cu^{2+}回滴，终点由紫外至熄灭
Cu^{2+}	pH9～10,氨缓冲液，红紫酸铵，直接滴定终点由黄至红紫
	pH5～5.5,乙酸盐缓冲液，80～90℃,PAN,直接滴定，终点由红至黄
	pH6～7,吡啶，邻苯二酚紫，直接滴定，终点由蓝至黄绿
	pH8～10,氨缓冲液，过量CyDTA,铬黑T,Mg^{2+}回滴,终点由蓝至红
Fe^{2+}	pH6～6.5,六亚甲基四胺，抗坏血酸，甲基百里酚蓝，直接滴定，终点由蓝至黄
Fe^{3+}	pH4.5～6.0,六亚甲基四胺，甲基百里酚蓝，直接滴定，终点由蓝至黄
	pH5.5～6.0,吡啶和乙酸盐，邻苯二酚紫，直接滴定，终点由绿蓝至红
	pH>1.5,乙酸盐缓冲液，50℃,水杨酸，直接滴定，终点由紫至黄或无色
	pH2～3,60℃,磺基水杨酸，直接滴定，终点由紫至无色
	pH3.5～4.6,CyDTA,煮沸10分钟，冷却，加乙酸盐缓冲液，钙黄绿素，Cu^{2+}回滴，终点至紫外荧光熄灭
	pH6.5～7,氨缓冲液，加过量CyDTA,铬黑T,Mg^{2+}或Zn^{2+}回滴，终点由蓝或绿至红或棕
	pH5.5～6,吡啶和乙酸盐缓冲液，加过量CyDTA，邻苯二酚紫，Zn^{2+}回滴，终点由黄绿至蓝或蓝绿
	pH5～5.5,乙酸盐缓冲液，80～90℃,过量CyDTA,PAN,终点由黄至红
	pH5～5.5,六亚甲基四胺，过量CyDTA,二甲酚橙，Pb^{2+}回滴,终点由黄至红

续表

滴定离子	方　法　提　要
Mg^{2+}	pH10,氨缓冲液，铬黑T，直接滴定，终点由红至蓝
	pH11,氨缓冲液，甲基百里酚蓝，直接滴定，终点由蓝至灰
	pH8～10,氨缓冲液，60～70℃,Zn-CyDTA,铬黑T,用CyDTA滴定释放的Zn^{2+}
Mn^{2+}	pH9～10,氨缓冲液，三乙醇胺，NH_2OH,铬黑T,直接滴定，终点由红至蓝
	pH6～6.5,六亚甲基四胺，甲基百里酚蓝，直接滴定，终点由蓝至黄
Ni^{2+}	pH3～5,Fe^{3+}-水杨酸，直接滴定，终点由紫至无色
	pH8～10,氨缓冲液，过量CyDTA,铬黑T,Mg^{2+}回滴，终点由蓝至红
	pH5～5.5，乙酸盐缓冲液，甲醇，80～90℃,过量CyDTA,PAN,Cu^{2+}回滴，终点由黄至红
Pb^{2+}	pH10,氨缓冲液，酒石酸，铬黑T，直接滴定，终点由紫至绿蓝
	pH3～5,Fe^{3+}-水杨酸，直接滴定，终点由紫至无色
Th^{4+}	pH4.6,在pH4与CyDTA共沸30分钟，冷却，加pH4.6缓冲液，钙黄绿素，Cu^{2+}回滴,终点至紫外荧光熄灭
Ti^{4+}	pH6.5～7,吡啶，过量CyDTA,铬黑T，Zn^{2+}回滴，终点由蓝至黄
Ti(Ⅳ)-H_2O_2	pH5～5.5,H_2O_2,70～90℃,过量CyDTA,PAN,Cu^{2+}回滴，终点由黄至红紫
Ti(Ⅳ)-H_2O_2	pH5.5～6,吡啶和乙酸盐缓冲液，H_2O_2,过量CyDTA,邻苯二酚紫，Zn^{2+}回滴，终点由蓝至紫
Zn^{2+}	pH3～5,Fe^{3+}-水杨酸，直接滴定，终点由紫至无色
Zr^{4+}	pH5～5.5,乙酸盐缓冲液,80～90℃,过量CyDTA,PAN,Cu^{2+}回滴，终点由黄至红

参 考 文 献

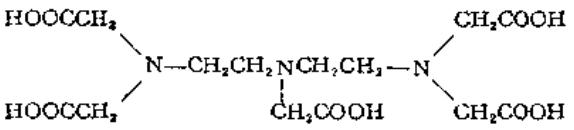
〔1〕 G. Schwarzenbach and H. Ackermann; *Helv. Chim. Acta*, 32, 1682, (1949).

二乙三胺五乙酸　　Ⅱ-3-0025

Diethylenetriamine Pentaacetic acid

别名　DETPA；DTPA；二亚乙基三胺五乙酸

结构式



分子式　$C_{14}H_{23}N_3O_{10}$　　**分子量**　393.35

理化性质　白色结晶或结晶性粉末。溶于热水和碱溶液，微溶于冷水，不溶于醇、醚等有机溶剂。熔点230℃（分解）。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_5L	H_4L^-	H_3L^{2-}	H_2L^{3-}	HL^{4-}	L^{5-}
pK	1.89	2.79	4.29	8.61	10.48	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	23.09	18.45	14.61	11.58	9.17	7.10	5.10	3.19	1.64	0.62	0.12	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ag^{+}	Al^{3+}	Am^{3+}	Ba^{2+}	Bi^{3+}	Bk^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}
$\lg K_1$	8.70	18.70	22.92	8.62	29.70	22.79	10.74	18.90	20.40①	22.57	22.99	18.40	21.10
$\lg K_2$	—	—	—	—	—	—	1.60	2.30	—	—	—	3.74	6.79
金属离子	Dy^{3+}	Er^{3+}	Es^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Fm^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hf^{4+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}
$\lg K_1$	23.46	22.74	22.62	22.39	16.55	28.60	22.70	23.00	22.46	35.40	26.27	22.78	28.42
金属离子	La^{3+}	Li^{+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}
$\lg K$	19.48	2.88	22.44	9.30	15.51	21.96	20.20	18.60	21.07	22.34	20.7③	9.68	22.71
$\lg K_2$	—	—	—	—	—	—	5.59	—	—	—	—	—	—
金属离子	Th^{4+}	Tl^{+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}					
$\lg K_1$	30.34	5.97①	48.0	22.72	22.28	22.62	18.30	36.9③					
$\lg K_2$							4.48						

① $t=20℃$, $\mu=0.1$; ② $t=20℃$, $\mu=0.23$; ③ $t=20℃$, $\mu=1.0$

合成方法[1] 将283.7 g（3mol）一氯乙酸用220ml蒸馏水溶解，于15℃在搅拌下滴加120 g（3mol）氢氧化钠溶于180ml水溶液，约需1.5小时加完。之后在搅拌下滴加51.6 g（0.5 mol）的二乙烯三胺（温度维持在20℃左右），约需1.5小时加完。当二乙烯三胺加完后再继续滴加120 g氢氧化钠（3.0mol）溶于180ml水溶液，反应温度维持在30℃左右，加完后升温至40℃左右并在此温下继续搅拌10～12小时，之后冷至室温。

将反应液降温至5～10℃，在搅拌下滴加浓盐酸（约260ml盐酸），pH 应为 1.6～1.7，放置过夜得结晶。过滤，结晶用400ml冰水分次洗涤。于100℃干燥，得约130 g粗品。产率约66%。于219～220℃分解。

提纯方法 将粗品用1l热蒸馏水溶解，脱色，过滤，冷却，结晶约120 g，于100～105℃干燥。产率60%。分解点223℃。

用途 螯合滴定剂。

滴定离子	方法提要
Ba^{2+}, Sr^{2+}	pH10，氨缓冲液，50%异丙醇，铬黑T，Mg-DTPA，释放的Mg^{2+}用DTPA滴定，终点由红至蓝
	pH12，宫殿坚牢蓝GGNA-CF，NaOH溶液，加Ca-DTPA，释放的Ca^{2+}用DTPA滴定，终点红至蓝
Cu^{2+}	pH5～9.2，乙酸盐或氨缓冲液，60℃，Cu-PAN，直接滴定，终点由红至黄
	pH4.5，乙酸盐缓冲液，SNAzoxs，过量DTPA，Cu^{2+}回滴，终点由粉红至黄
Mg^{2+}	pH10，氨缓冲液，40℃，铬黑T，直接滴定，终点由红至蓝
*RE^{3+}和Y^{3+}	pH3～5，乙酸盐缓冲液，60℃，Cu-PAN，直接滴定，终点由红至黄
	pH4～10，乙酸盐或氨缓冲液，加甲醛，PAN，过量DTPA，Cu^{2+}回滴，终点由黄至红

* Ce^{3+}的滴定需加抗坏血酸。

参 考 文 献

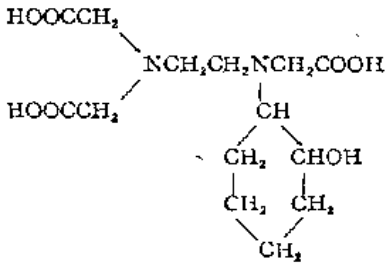
〔1〕 中华人民共和国科技委员会，科学技术报告，(1965)

乙二胺-*N*-(2-羟基环己基)-*N*, *N'*, *N'*-三乙酸 Ⅱ-3-0026

Ethylenediamine-*N*-(2-hydroxycyclohexyl)-*N*,*N'*,*N'*-triacetic acid

别名 OETA

结构式



分子式 $C_{14}H_{24}N_2O_7$ **分子量** 332.35

理化性质 固体粉末。不溶于水和醇、醚等有机溶剂，可溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.49	6.69	10.38	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	15.56	12.68	10.19	8.07	6.15	4.55	3.38	2.38	1.38	0.53	0.09	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	4.00	6.18	18.08	13.24	21.46	20.14	4.35	7.24	15.02

合成方法[1] 将1mol 2-羟基环已基乙二胺与4.5g一氯乙酸钠在水溶液中于90～95℃反应两小时，加HCl酸化，冷却，滤出结晶，用水洗，干燥即为成品。

提纯方法 酸碱沉淀。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

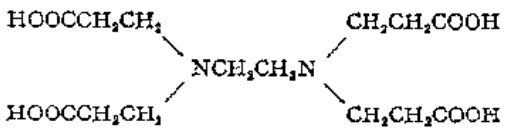
〔1〕 F. J. 韦尔切著，刘福宣译：《乙二胺四乙酸在分析化学中的应用》，科学出版社，p. 6，1965。

乙二胺四丙酸 Ⅰ-3-0027

Ethylenediamine tetrapropionic acid

别名 EDTP

结构式



分子式 $C_{14}H_{24}N_2O_8$ **分子量** 348.35

理化性质 白色结晶粉末。微溶于水，不溶于有机溶剂，可溶于碱溶液。大部分的金属螯合物的稳定性比EDTA的稳定性差，但Cu^{2+}的螯合物的稳定性与Cu-EDTA的稳定性相差不大。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	3.00	3.43	6.77	9.60	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	18.80	14.80	11.17	8.47	6.37	4.37	2.80	1.60	0.70	0.15	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	6.0	7.6	15.4	6.2	14.4	1.8	4.7	9.7	7.8

合成方法[1]

一、

1. 乙二胺四丙腈　将60g(1mol) 无水乙二胺在搅拌下滴加至265g(5mol) 重新蒸馏过的丙烯腈中，约2小时加完。加完后在水浴上回流6小时。放置过夜，之后进行真空蒸馏即得乙二胺四丙腈。

2. 水解　将27g(0.1mol) 乙二胺四丙腈在搅拌下滴加至150ml蒸馏水和100ml 12N盐酸之混合物中，约1小时加完。将温合物回馏6小时后放置过夜。减压浓缩后加氢氧化钠使呈碱性，通入空气并回馏溶液以赶走氨。将氨去净后加盐酸使呈强酸性（pH2）。用冰冷却得24g粗品。粗品用蒸馏水重结晶四次即得纯品。

二、将65g(0.6mol)β-氯丙酸用24g氢氧化钠溶于100ml蒸馏水中，在低于15℃下中和。之后滴加6g(0.1mol) 无水乙二胺，约1小时加完。然后升温回馏6小时，放置过夜。将溶液酸化至pH3，减压蒸馏至干。用无水乙醇提纯两次，每次用300ml。滤去氯化钠，蒸馏回收乙醇得棕色残渣。每次用200ml乙醚回馏洗涤两次（除去未反应的β-氯丙醚）。将其溶于尽量少的热蒸馏水中，用浓盐酸酸化，用冰冷却并放置一周。得4g（理论量的12%）乙二胺四丙酸粗品。

提纯方法　用蒸馏水重结晶四次得纯品。熔点218～222℃（分解）。

用途　螯合滴定剂。

滴定离子	方　法　提　要
Cu^{2+}	pH11，坚牢铬黑F，直接滴定，终点由红紫至橄榄绿

参 考 文 献

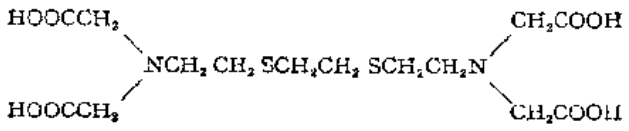
〔1〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

乙二硫醇二乙硫醚二胺四乙酸　Ⅱ-3-0028

Ethylene disulfhydrate diethylthioetherdiamine tetraacetic acid

别名　2,2′-亚乙基二硫代（乙亚氨基二乙酸）　2,2′-Ethylenedithio (ethyliminodiacetic acid)

结构式



分子式 $C_{14}H_{24}N_2O_8S_2$ **分子量** 412.47

理化性质 固体粉末。溶于碱溶液，不溶于水和有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.9	2.56	8.52	9.22	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	18.25	14.62	11.87	9.74	7.74	5.74	3.74	1.85	0.50	0.07	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}
lgK_1	4.87	13.57	23.98

合成方法[1,2]

1. 制备1,8-二氨基-3,6-二硫代辛烷[1] 将110 g 1,8-二氨基二甲酰亚胺基-3,6-二硫代辛烷悬浮在400ml乙醇和50g50%水合肼溶液中，回馏2小时（此时固体全部溶解），再加100ml浓盐酸，继续回馏40分钟，蒸出乙醇，加300ml水，滤出邻苯二甲酰肼，将滤液浓缩至1/2体积，加固体氢氧化钠使之呈强碱性。析出油状产物。将油状物分出，溶液用乙醚提取。乙醚提取液与油合并，用固体氢氧化钾干燥。滤去干燥剂，回收乙醚。残余物为浅黄色油状物，冷却即固化。熔点41～43℃。产量39 g（产率理论量87%）。

2. 乙二硫醇二乙醚二胺四乙酸[2]的制备 取1mol1,8-二氨基-3,6-二硫代辛烷在搅拌下分批加入由6mol一氯乙酸与6mol氢氧化钠溶于1000ml水的一氯乙酸钠溶液中，加完后回馏6小时，放置过夜，酸化后减压浓缩至干。残余物用无水乙醇提取，趁热滤去氯化钠，用蒸馏水重结晶即为成品。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

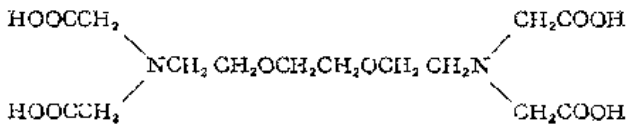
〔1〕 P. J. Dwyer; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1547, (1950).
〔2〕 A. E. Martell; *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5360, (1950).

乙二醇二乙醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0029

Glycoletherdiamine tetraacetic acid

别名 EGTA；乙二醇双（β-氨基乙醚）-N, N, N', N'-四乙酸 Ethyleneglycol bis(β-aminoethylether)-N, N, N', N'-tetraacetic acid；乙二醇醚二胺四乙酸

结构式



分子式 $C_{14}H_{24}N_2O_{10}$ **分子量** 380.35

理化性质 白色结晶粉末。不溶于水和有机溶剂，溶于碱溶液。与多种金属离子形成稳定的螯合物。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M. KNO_3〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.00	2.65	8.85	9.46	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	19.00	15.31	12.48	10.33	8.31	6.31	4.32	2.37	0.78	0.12	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ag^+	Al^{3+}	Ba^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}
lgK_1	6.88①	13.90	8.41①	23.8	10.97①	16.1	15.70	12.50	2.54	17.71①	17.42	17.40

金属离子	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Li^+	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}
lgK_1	17.10	11.92	20.50	16.94	23.2①	17.38	15.79	1.17	17.81	5.20	12.11	22.7②

金属离子	Na^+	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tl^+	Tm^{3+}	Y^{3+}
lgK_1	1.38	16.28	13.55①	14.71①	16.05	16.88	18.7①	8.1	17.27	4.38①	17.48	16.82

金属离子	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	17.78	12.49

① t=20℃，μ=0.1；②t=25℃，μ=0.2

合成方法[1] 将1 g分子乙二醇醚二胺与6mol一氯乙酸钠于90～95℃反应两小时，用HCl酸化、冷却，析出白色结晶。滤出结晶，用水洗，干燥即为成品。

提纯方法 酸碱沉淀。

用途 螯合滴定剂。

待测离子	方法提要
Ba^{2+},Sr^{2+}	pH10,氨缓冲液，Zn-铬黑T,直接滴定，终点由红至蓝
Ca^{2+}	pH13,NaOH,钙羧酸，铬蓝黑R,直接滴定，终点由红至蓝
	pH13,NaOH,过量EGTA,铬蓝黑R,用Ca^{2+}回滴，终点由蓝至粉红
Co^{2+}	pH9.5～10,氨或硼酸盐缓冲液，直接滴定，终点由红至蓝
	pH9～10,红紫酸铵，氨缓冲液，直接滴定，终点由黄至玫瑰紫
Fe^{3+}	pH3～6,磺基水杨酸，直接滴定，终点由紫至黄
Mn^{2+}	pH10,NH_2OH,铬黑T,直接滴定，终点由红至蓝
Ni^{2+}	pH10,氨缓冲液，红紫酸铵，直接滴定，终点黄至紫

参 考 文 献

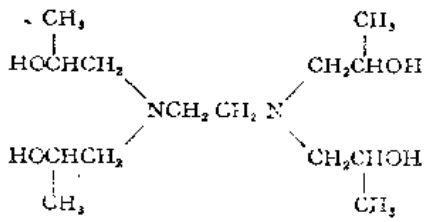
〔1〕 F. J. 韦尔切著，刘福宫译：《乙二胺四乙酸在分析化学中的应用》，科学出版社，p. 6，1965。

N, *N*, *N*′, *N*′-四（2-羟基丙基）乙二胺　　Ⅱ-3-0030

N, *N*, *N*′, *N*′-Tetra(2-hydroxypropyl)ethylenediamine

别名　THPED；1,1′,1″,1‴-(乙二氮川）四-2-丙醇　1,1′,1″,1‴-(Ethylenedinitrilo) tetra-2-Propanol

结构式



分子式　$C_{14}H_{32}N_2O_4$　　**分子量**　292.42

理化性质　粘稠液体，与水可混溶，溶于甲醇，乙醇，甲苯，乙二醇，过氯乙烯等有机溶剂。沸点190℃

理化参数

1．离解常数〔温度(*t*)25℃；离子强度(*μ*)0.5*M*〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
p*K*	4.35	8.84	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lg*α*	[illegible]	9.19	7.21	5.70	3.93	2.85	1.91	0.90	0.23	0.03

3．螯合物形成常数〔温度[illegible]℃；离子强度(*μ*)0.05*M*〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mg^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	4.38	7.80	6.33	9.75	8.08	[illegible]	7.49	6.09

合成方法[1,2]　将4.4 g 乙二胺水合物溶于40ml水，加13 g 环氧乙烷反应[illegible]，成品为粘稠的油状液体，有轻微气味。极易溶于水、乙醇；难溶于乙醚。吸收水和二氧化碳。

将上述溶液装在一个三颈瓶中，装上机械搅拌、回流冷凝器、温度计和导气管，在瓶内放入94.1 g（1.57mol）乙二胺和15.6g水，之后由导气管通入氮气以排除烧瓶内的空气。搅拌并升温至90℃。通入367g(6.33mol）环氧丙烷。反应完毕真空浓缩以去水，得粘稠物即*N*, *N*, *N*′, *N*′-四(2-羟丙基）乙二胺沸点184℃/0.5mmHg。产物为粘稠状琥珀色液体。

用途　螯合滴定剂。

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 4, 286

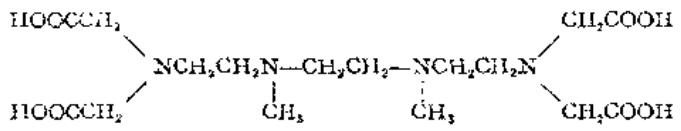
〔2〕 L. G. Lundsted, and W. F. Schulz; *US* 2,697,118,(1954)。

三乙四胺-*N*, *N'*-二甲基-*N''*,*N'''*, *N''*, *N'''*-四乙酸　　Ⅱ-3-0031

Triethylenetetraamine-*N*, *N'*-dimethyl-*N''*,*N'''*,*N''*, *N'''*-tetraacetic acid

别名　三亚乙基四胺-*N*, *N'*-二甲基-*N''*, *N'''*, *N''*, *N'''*-四乙酸

结构式



分子式　$C_{16}H_{30}N_4O_8$　　**分子量**　406.44

理化性质　固体粉末，不溶于水和有机溶剂，溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M $NaNO_3$〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.05	5.15	6.99	10.54	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	23.73	19.77	16.00	12.75	9.86	7.59	5.54	3.57	1.84	0.68	0.13	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Mg^{2+}	Sr^{2+}
lgK_1	6.24	9.45	17.77	27.68	4.31	6.71

合成方法[1,2]　将1mol *N*, *N'*-二甲基-三乙烯四胺与6mol一氯乙酸钠水溶液混合后升温并搅拌，滴加5N氢氧化钠溶液（使反应保持在碱性中进行），反应完毕，冷却，酸化获粗品

提纯方法　用水重结晶。

用途　螯合滴定剂。

参　考　文　献

〔1〕 J. G. Jackson; *J. Chem. Soc.*, 579,(1928).

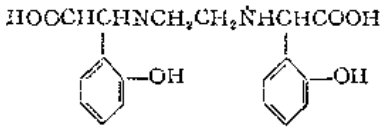
〔2〕 G. Schwarzenbach; *Helv. Chim. Acta*, 30,1303,(1947).

乙二胺-*N*, *N'*-二(2-羟基苯乙酸)　　Ⅱ-3-0032

Ethylenediamine-*N*, *N'*-di(2-hydroxyphenylacetic acid)

别名　EDDHA; EHPG

结构式



分子式　$C_{18}H_{20}N_2O_6$　　**分子量**　360.36

理化性质　固体粉末。难溶于水，不溶于有机溶剂，溶于碱溶液。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	6.39	8.78	10.56	11.85	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	33.58	29.58	25.58	21.58	17.58	13.73	10.29	8.19	4.61	2.52	1.03	0.23	0.02

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ca^{2+}	CdH_2L	CuH_2L	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	NiH_2L	ZnH_2L
lgK_i	7.2	7.77	>15	14.26	33.91	8.0	11.40	9.26

合成方法[1] 将2mol氰化氢通至水杨醛与乙二胺所形成的席夫碱中即得乙二胺-N, N'-二(2-羟基苯乙腈)。其二腈于113～115℃分解。于40℃用浓盐酸水解二腈得一酰胺二盐酸盐。之后再使其与6N盐酸一起回流并用碱中和至pH4，得乙二胺-N, N'-二(2-羟基苯乙酸)沉淀。

提纯方法 将粗品溶于稀氨水中，把pH调节至4得纯品。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

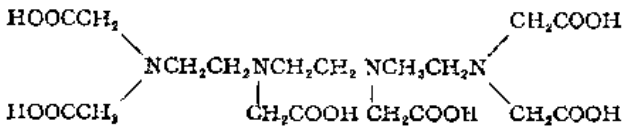
〔1〕 H. Kroll; *J. Am. Chem. Soc.*, 79,2024,(1957).

三乙四胺六乙酸 Ⅱ-3-0063

Triethylene tetraamine hexaacetic acid

别名 三亚乙基四胺六乙酸

结构式



分子式 $C_{18}H_{30}N_4O_{12}$ **分子量** 494.46

理化性质 白色结晶或结晶粉末。溶于热水和碱溶液，不溶于酸和有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M KCl〕

	H_6L	H_5L^-	H_4L^{2-}	H_3L^{3-}	H_2L^{4-}	HL^{5-}	L^{6-}
pK	2.46	2.52	4.00	5.98	9.35	10.33	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	28.65	22.88	17.84	14.14	10.74	7.97	5.72	3.70	1.85	0.62	0.08	0.11

3. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M KNO_3〕

金属离子	Ag^{+}	Al^{3+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Ge^{3+}	Hf^{4+}
$\lg K_1$	8.67	21.0	8.22①	10.06	18.6	18.4	39.9	20.50	23.4	17.10	26.80	19.08
$\lg K_2$	—	—	—	—	8.3	9.7	—	18.40	—	10.20	13.70	

金属离子	Hg^{2+}	La^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Th^{4+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	25.27	22.3	8.43	16.00	22.8	19.4	18.5	23.2	9.26①	31.9	18.0	19.74
$\lg K_2$	8.40	3.4	5.50	6.54	3.9	13.0	10.8	5.1	3.4①	—	11.9	—

① $t=30℃$, $\mu=0.1$

合成方法[1] 由1mol三乙烯四胺与4～6mol一氯乙酸于40℃在氢氧化钠存在下缩合而得。

用途 螯合滴定剂。

参 考 文 献

〔1〕 G. M. Kosolapoff: *C. A.*, 59,8584h,(1963)。

第四章　络合隐蔽剂

本章所收集的隐蔽剂系指形成络合物的隐蔽剂。这类隐蔽剂大体可分为两类。一类是无机隐蔽剂，是以隐蔽剂化学式词首的英文字母排列为序，例如氰化物，氟化物，碘化物，溴化物，氯化物，磷酸盐，硫酸盐，硫化物，它们的排列次序为：Br^-，Cl^-，CN^-，F^-，I^-，PO_4^{3-}，S^{2-}，SO_4^{2-}。另一类是有机隐蔽剂。

无机隐蔽剂中，在化学式，分子量，试剂性状及合成方法等栏中，均以某个试剂为代表加以讨论。如溴化物，以NaBr，氯化物以NaCl，碳酸盐以K_2CO_3等为例进行讨论。离解常数则指其相应的酸，例如NaBr，K_2CO_3其相应的酸分别为HBr和H_2CO_3。

第一节　无机隐蔽剂

溴　化　物　　Ⅱ-4(1)-0001

Bromide

结构式

Br^-

分子式　NaBr(HBr)　　**分子量**　102.89(80.91)

理化性质　NaBr的性状见第一分册。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	−9	—

2．酸效应系数

pH	1
lgα	0

3．络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Au^+	Bi^{3+}	Br_2	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cu^+	CH_3Hg^+	Hg^{2+}
lgK_1	4.38	—	2.37①	1.24 (Br_3^-)	1.75	0.42	—	6.49②	9.05
lgK_2	2.95	12.46 (lgβ_2)	1.83	—	0.59	—	5.89 (lgβ_2)	—	8.27
lgK_3	0.67	—	1.70	—	0.98	—	—	—	2.42
lgK_4	0.73	—	1.40	—	0.38	—	—	—	1.26
lgK_5	—	—	0.90	—	—	—	—	—	—
lgK_6	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—

金属离子	In^{3+}	Pb^{2+}	$(C_6H_5)_3Pb^+$	Pd^{2+}	Pt^{3+}	Rh^{3+}	Sc^{3+}	Sn^{2+}	Tl^+	Tl^{3+}
lgK_1	1.30	1.77	5.7	5.17③	—	—	2.08	1.11	0.93	9.7

$\lg K_2$	0.58	0.83	—	4.25	—	14.3 ($\lg\beta_2$)	1.00	0.70	—	6.9
$\lg K_3$	—	0.40	—	3.28	—	2.0	—	−0.35	—	4.8
$\lg K_4$	—	−0.70	—	2.20	20.5 ($\lg\beta_4$)	1.3	—	—	—	2.7
$\lg K_5$	—	—	—	—	—	0.8	—	—	—	5.3
$\lg K_6$	—	—	—	—	—	−1.2	—	—	—	2.4

金属离子	U^{4+}	Y^{3+}
$\lg K_1$	0.18	1.32

① 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.5$；② $t=25℃$，$\mu=0.1$；③ 所有K值$t=25℃$，$\mu=1.0$

合成方法及提纯方法 NaBr的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

氯 化 物 Ⅱ-4(1)-0002

Chloride

结构式

Cl^-

分子式 NaCl(HCl) **分子量** 65.44(36.46)

理化性质 NaCl的性状见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	−6.1	—

2. 酸效应系数

pH	1
$\lg\alpha$	0

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Am^{3+}	Au^{3+}	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^+	Cu^{2+}	Fe^{2+}
$\lg K_1$	3.04	1.17	—	2.44	1.95	0.48	1.42①	—	0.10	0.36
$\lg K_2$	2.00	—	9.8 ($\lg\beta_2$)	2.26	0.55	—	—	5.5② ($\lg\beta_2$)	−0.7	—
$\lg K_3$	—	—	—	0.30	0.10	—	—	0.2②	—	—
$\lg K_4$	5.30 ($\lg\beta_4$)	—	—	0.60	0.20	—	—	—	—	—

金属离子	Fe^{3+}	Hg^{2+}	In^{3+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Pt^{2+}	Pu^{3+}	Re^{2+}	Sb^{3+}
$\lg K_1$	1.48	6.74	1.42	0.96	1.62	6.1	—	1.17	2.0③	2.26
$\lg K_2$	0.65	6.48	0.81	—	0.82	4.6	11.5 ($\lg\beta_2$)	—	—	1.23
$\lg K_3$	−0.14	0.86	1.00	—	−0.74	2.4	3.0	—	—	0.59
$\lg K_4$	−1.98	1.00	—	—	−1.0	2.6	1.5	—	—	0.54

金属离子	Sn^{2+}	Sn^{4+}	Tl^{+}	Tl^{3+}	Th^{4+}	U^{4+}	UO_2^{2+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	1.51	—	0.52	8.14	1.38	0.80	0.22	0.43	0.9
$\lg K_2$	0.73	—	—	5.46	—1.0	—	—	0.18	0.4
$\lg K_3$	—0.21	—	—	2.18	—	—	—	0.08	0.2
$\lg K_4$	—0.55	4 ($\lg\beta_6$)		2.22				—0.33	—0.3

① $t=25℃$, $\mu=3.0$; ② $t=20℃$, $\mu=0$; ③ $t=25℃$, $\mu=0.5$

合成方法及提纯方法 NaCl的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂，沉淀隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Hg^{2+}	酸性
Fe^{3+}	在F^-存在下，pH6.5,六亚甲基四胺缓冲液，铬红B作指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}

氰化物 Ⅱ-4(1)-0003

Cyanide

结构式

CN^-

分子式 KCN(HCN) **分子量** 65.12(27.03)

理化性质 KCN的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	9.21	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lg\alpha$	8.21	7.21	6.21	5.21	4.21	3.21	2.21	1.23	0.42	0.05

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Au^+	Cd^{2+}	Cu^+	Fe^{2+}	Fe^{3+}	CH_3Hg^+	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	—	—	5.48	—	—	—	13.8①	18.00②	—	5.3③
$\lg K_2$	21.1 ($\lg\beta_2$)	38.3 ($\lg\beta_2$)	5.12	24.0 ($\lg\beta_2$)	—	—	—	6.71	—	6.4
$\lg K_3$	0.6	—	4.63	4.55	—	—	—	3.83	—	5.0
$\lg K_4$	—1.1	—	3.55	1.71	35 ($\lg\beta_6$)	42 ($\lg\beta_6$)	—	2.96	30.5 ($\lg\beta_4$)	4.9

① $t=25℃$, $\mu=0.1$; ② 所有K值$t=20℃$, $\mu=0.1$; ③ $t=25℃$, $\mu=3.0$

合成方法与提纯方法 KCN的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Ag^+,Au^+,Cd^{2+},Co^{2+},Cu^{2+},Hg^{2+}, Ni^{2+}, Tl^+,Zn^{2+}和铂族元素	pH8以上，消除对铬黑T，钙指示剂等的封闭
Ag^+,Cd^{2+},Co^{2+},Cu^{2+}, Ni^{2+},Zn^{2+},	pH7.5,二甲酚橙光度法测定La^{3+}；pH10,氨缓冲液，PAR光度法测定Pb^{2+}
Cu^{2+}, Zn^{2+}	pH10,铬红B作指示剂，在酒石酸存在下，EDTA滴定Pb^{2+}
Fe^{2+}, Fe^{3+}	碱性，酒石酸存在下
Mn^{2+}	pH12,三乙醇胺存在下，Mn^{2+}被空气氧化成Mn^{3+}而隐蔽

碳酸盐 Ⅱ-4(1)-0004

Carbonate

结构式

CO_3^{2-}

分子式 $K_2CO_3(H_2CO_3)$ **分子量** 128.21(62.03)

理化性质 K_2CO_3的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.35	10.33	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	14.68	12.68	10.68	8.68	6.70	4.84	3.42	2.34	1.35	0.50	0.08	0.01

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	$CaHL^+$	Cu^{2+}	Mg^{2+}	$MgHL^+$	$MnHL^+$	UO_2^{2+}
lgK_1	2.78	3.15	1.0	6.75	2.88	0.99	1.8	15.57①
lgK_2	—	—	—	3.17	—	—	—	5.12①

① t=25℃，μ=0.2

合成方法及提纯方法 K_2CO_3的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂

隐蔽离子	方法提要
UO_2^{2+}	pH8～10.5,红紫酸铵作指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}

氟化物 Ⅱ-4(1)-0005

Fluoride

结构式

F^-

分子式 $NH_4F(HF)$ **分子量** 37.04(20.01)

理化性质 NH_4F的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	3.18	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.18	1.21	0.40	0.06	0.01

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	Ac^{3+}	Al^{3+}	Am^{3+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}
lgK_1	2.72①	6.11②	3.39①	4.99	1.42③	0.6①	0.46	3.20②	3.34①	0.4
lgK_2	2.50	5.01	2.72	3.81	—	—	0.07	—	2.84	—
lgK_3	2.68	3.88	2.89	2.80	—	—	—	—	2.92	—
lgK_4	—	3.0	—	1.50	—	—	—	—	—	—
lgK_5	—	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—
lgK_6	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hf^{4+}
lgK_1	4.36①	0.9	3.46	3.54	3.19	0.8	5.18①	4.49①	3.31	9.0④
lgK_2	3.34	—	—	—	—	—	3.95	3.51	—	7.5
lgK_3	2.50	—	—	—	—	—	2.77	2.50	—	6.6
lgK_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.7
lgK_5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.2
lgK_6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.0

金属离子	CH_3Hg^+	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}	Nd^{3+}
lgK_1	1.50⑤	1.03	3.52	3.70	2.77②	3.61	1.30②	5.48②	5.65⑥	3.09
lgK_2	—	—	—	2.70	—	—	—	—	—	—
lgK_3	—	—	—	2.20	—	—	—	—	—	—
lgK_4	—	—	—	1.20	—	—	—	—	—	—

金属离子	Ni^{2+}	Np^{4+}	NpO_2^{2+}	Pa^{4+}	Pb^{2+}	$(CH_3)_2Pb^{2+}$	$(C_2H_5)_2Pb^{2+}$	$(C_3H_7)_2Pb^{2+}$	$(CH_3)_3Pb^+$
lgK_1	0.5	8.3④	4.12⑦	8.03⑧	1.44	1.73	1.54	1.61	0.81
lgK_2	—	6.2	2.89	6.83	1.10	—	—	—	—
lgK_3	—	5.8	—	—	—	—	—	—	—
lgK_4	—	4.8	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	$(C_2H_5)_3Pb^+$	Pm^{3+}	Pr^{3+}	Pu^{3+}	Sb^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}	$(CH_3)_2Sn^{2+}$
lgK_1	0.54	3.16	3.01	6.77	3.0③	6.18①	3.12	4.08	3.70
lgK_2	—	—	—	—	2.7	5.28	—	2.60	2.87
lgK_3	—	—	—	—	2.6	4.04	—	2.82	1.43
lgK_4	—	—	—	—	2.6	2.90	—	—	—

金属离子	CH_3Sn^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tl^{3+}	TiO^{2+}	Tl^{+}	TlO^{+}	Tm^{3+}	Th^{4+}
$\lg K_1$	6.10①	0.1	3.42	8.44②	5.4②	0.1②	6.44②	3.53	9.0④
$\lg K_2$	4.75	—	—	6.64	4.4	—	—	—	6.7
$\lg K_3$	4.15	—	—	4.72	3.9	—	—	—	5.5
$\lg K_4$	3.10	—	—	3.40	4.3	—	—	—	—
$\lg K_5$	2.20	—	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	UO_2^{2+}	VO^{2+}	VO_2^{+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	5.54	3.37	3.04⑨	4.8②	3.58	0.78	9.4④
$\lg K_2$	2.43	2.37	2.56	3.7	—	—	7.8
$\lg K_3$	2.58	1.55	1.30	3.6	—	—	6.5
$\lg K_4$	1.45	0.81	0.10	—	—	—	5.8
$\lg K_5$	—	—	—	—	—	—	4.0
$\lg K_6$	—	—	—	—	—	—	4.8

① 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.5$；② 所有K值$t=25℃$，$\mu=0$；③ 所有K值$t=30℃$，$\mu=2.0$；④ 所有K值$t=25℃$，$\mu=4.0M H^+$；⑤ $t=20℃$；$\mu=0.1$；⑥ $t=25℃$，$\mu=2.0$；⑦ $t=25℃$，$\mu=0.1$；⑧ $t=25℃$，$\mu=3.0$；⑨ 所有K值$t=20℃$，$\mu=1.0$

合成方法及提纯方法 NH_4F的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Be^{2+}, Nb^{5+}, Sn^{4+}, Ta^{5+}, Ti^{4+}, W(Ⅵ), Zr^{4+}	pH5～6，PAN为指示剂，EDTA滴定Cu^{2+}，Zn^{2+}；二甲酚橙作指示剂，EDTA滴定Cd^{2+}，Pb^{2+}，Mn^{2+}，Zn^{2+}；二甲酚橙作指示剂，用Pb^{2+}或Zn^{2+}返滴EDTA，测定Cu^{2+}，Ni^{2+}，Co^{2+}
Al^{3+}, Ba^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ti^{4+}，稀土元素	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Cd^{2+}，Mn^{2+}，Zn^{2+}或Mg^{2+}返滴EDTA，测定Co^{2+}，Ni^{2+}；红紫酸铵指示剂，EDTA滴定Co^{2+}，Cu^{2+}，Ni^{2+}
Al^{3+}, Bi^{3+}, Fe^{3+}, In^{3+}, Sc^{3+}, Th^{4+}, Ti^{3+}, Y^{3+}, Zr^{4+}	乙酸盐缓冲液，二甲酚橙光度法测定铀中的钼
Al^{3+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Th^{4+}, Ti^{3+}, Y^{3+}, Zr^{4+}	pH2.8，二甲酚橙光度法测定钒(Ⅳ)
Fe^{3+}	pH5～6，锌试剂光度法测定Cu^{2+}；pH5～6，亚硝基R盐光度法测定Co^{2+}
Th^{4+}	pH2，偶氮胂Ⅲ光度法测定UO_2^{2+}
Nb^{5+}, Ta^{5+}, Ti^{4+}	pH6～6.4，PAN指示剂，EDTA滴定Cu^{2+}，Zn^{2+}

联　　氨　　Ⅱ-4(1)-0006

Hydrazine

别名 肼　Hydrazine

结构式

$$H_2N—NH_2$$

分子式 H_4N_2　　**分子量** 32.05

理化性质 无色油状液体，氨臭，极毒。相对密度1.011(15/4°)，熔点1.4℃，沸点113.5℃。在空气中能吸收水分和二氧化碳，且会冒烟。溶于水和醇，不溶于乙醚、氯仿和苯。有强的还原能力和腐蚀性。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0〕

	H_2L^{2+}	HL^{+}	L
pK	-0.88	7.99	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lg\alpha$	7.00	5.99	4.99	3.99	2.99	1.99	1.03	0.30	0.04

3. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.5M〕

金属离子	Co^{2+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	2.4	2.76
$\lg K_2$	1.8	2.44
$\lg K_3$	1.3	2.15
$\lg K_4$	—	1.85
$\lg K_5$	—	1.55
$\lg K_6$	—	1.24

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 氧化还原隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Fe^{3+}	1. 合成Fe^{3+}还原为Fe^{2+}；pH2，加热，邻苯二酚紫作指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}

过氧化氢 Ⅰ-4(1)-0007

Hydrogen Peroxide

别名 双氧水；Hydrogen Peroxide

结构式

$$H_2O_2$$

分子式 H_2O_2 **分子量** 34.02

理化性质 见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-
pK	11.65	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\lg\alpha$	10.65	9.65	8.65	7.65	6.65	5.65	4.65	3.65	2.65	1.66	0.74	0.16	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	$FeHL^{2+}$	TiO^{2+}	VO_2^+
$\lg K_1$	9.31①	3.86	4.53②
$\lg K_2$	—	2.44	—

① t=20℃，μ=0.1；② t=22℃，μ=1.0

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

金属离子	方法提要
Ti^{4+}	pH1～2,形成黄色$[TiO(H_2O_2)]^{2+}$
Fe^{3+},UO_2^{2+}	pH10,TiO^{2+}形成$[Ti(H_2O_2)_4.H_2O]^{4+}$,铬黑T为指示剂，EDTA滴定Mg^{2+}或Zn^{2+}

碘化物 Ⅱ-4(1)-0008

Iodide

结构式

I^-

分子式 KI(HI) **分子量** 166.00 (127.91)

理化性质 KI的理化性质见第一分册。

络合参数

1. 离解常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0]

	HL	L^-
pK	−3.5	—

2. 酸效应系数

pH	1
lgα	0

3. 络合物形成常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0]

金属离子	Ag^+	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Cu^+	Fe^{3+}	CH_3Hg^+	$C_2H_5Hg^+$	Hg^{2+}	I_2
lg$K$	6.58	3.63	2.88	—	1.85	8.60①	—	12.87	2.89
lgK_2	5.16	—	1.64	8.85 (lgβ_2)	—	0.26	−0.67② (lgβ_2)	10.95	2.90
lgK_3	1.94	—	1.08	—	—	—	1.42	3.78	—
lgK_4	—	14.95 (lgβ_4)	1.00	—	—	—	—	2.25	—
lgK_5	—	1.85	—	—	—	—	—	—	—
lgK_6	—	2.00	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	In^{3+}	Pb^{2+}	$(C_6H_5)_3Pb^+$	Pd^{2+}	$(C_6H_5)_3Sn^+$	Tl^+	Tl^{3+}
lgK_1	1.00	2.00	7.3③	—	3.7③	0.72	11.41
lgK_3	1.26	1.15	—	—	—	0.18	9.47
lgK_2	—	0.77	—	—	—	0.18	6.72
lgK_4	—	0.55	—	24.5 (lgβ_4)	—	—	4.22

① 所有K值t=20℃，μ=0.1；② 所有K值t=25℃，μ=1.0；③ t=30℃，μ=0.1

合成及提纯方法 KI的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+},Hg^{2+},Tl^{+}	pH5～6,PAN指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}
Cd^{2+}	pH5～6,PAN光度法测定Ga^{3+}
Hg^{2+}	pH7,70℃,PAN指示剂，EDTA滴定Cu^{2+}

羟胺 Ⅱ-1(1)-0009

Hydroxylamine

别名 胺 Hydroxylamine

结构式

$$NH_2OH$$

分子式 NH_2OH **分子量** [illegible]

理化性质 见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	HL^+	L
pK	5.96	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.96	3.96	2.96	1.96	1.01	0.28	0.04

3. 络合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.5M〕

金属离子	Ag^+	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	1.85	0.93	2.42	0.53	1.47	1.10①	0.40①
lgK_2	—	—	1.68	—	—	—	0.61①

① t=25℃；μ=1.0

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 氧化还原隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Fe^{3+}	pH1.5～3.5,二甲酚橙指示剂，Pb^{2+}回滴过量EDTA，测定Th^{4+},Fe^{3+} 还原为Fe^{2+}化隐蔽

氨 Ⅱ-1(1)-0010

Ammonia

别名 阿摩尼亚 Ammonia

结构式

$$NH_3$$

分子式 NH_3 **分子量** 15.03

理化性质 无色透明液体，有腐蚀性，相对密度（D_{25}^{25}）0.90，强碱性。能与醇，醚相混溶，遇酸反应激烈，放热并生成相应的盐。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	HL^+	L
pK	9.24	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	8.24	7.24	6.24	5.24	4.24	3.24	2.24	1.26	0.44	0.07	0.01

3．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

金属离子	Ag^+	Au^{3+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^+	Cu^{2+}	Fe^{2+}	CH_3Hg^+	Hg^{2+}
lgK_1	3.24	—	2.65	2.11	6.7	5.93	4.31	1.4	7.60②	8.8
lgK_2	3.81	—	2.10	1.63	7.3	4.93	3.67	0.8	—	8.7
lgK_3	—	—	1.44	1.05	6.1	—	3.04	—	—	1.0
lgK_4	—	10.3①	0.93	0.76	5.6	—	2.30	—	—	0.78
lgK_5	—	—	−0.32	0.18	5.1	—	−0.46	—	—	—
lgK_6	—	—	−1.66	−0.62	4.4	—	—	—	—	—

金属离子	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pd^{2+}	Pt^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	0.8	2.80	9.6①	—	2.37
lgK_2	0.5	2.24	8.9①	—	2.44
lgK_3	—	1.73	7.5①	—	2.50
lgK_4	—	1.19	6.8①	—	2.15
lgK_5	—	0.75	—	—	—
lgK_6	—	0.03	—	35.3 (lgβ_6)	—

① t=25℃，μ=1.0；　② t=20℃，μ=0.1

提纯方法[1]

1．蒸馏吸收法　将约3 l 二级氨水倒入5 l 硬质玻璃烧瓶中，加少量1％高锰酸钾溶液至溶液呈微红紫色。在烧瓶口接回流冷凝管，该管的上端与三个洗气瓶相串联（第一个洗瓶盛1％EDTA二钠盐溶液，其余两个洗瓶都盛离子交换水）。第三个洗气瓶与氨气接收瓶相连接，接收瓶为有机玻璃瓶，瓶内盛有1.5 l 离子交换水，并将瓶置于冰浴内冷却。用调压变压器控制温度。当温度升至40℃时，氨气通过三只洗气瓶后被接收瓶的水吸收。当大部分氨挥发后，将温度升至80℃，使氨全部挥发。接收瓶中氨水的浓度稍低于25％。

2．等温扩散法　将约2 l 二级氨水倒入洗净的大干燥器内（液面勿接触瓷托板），瓷托板上放3～4个分别盛有200ml 去离子水的聚乙烯或石英广口容器，从托板的小孔中加入氢氧化钠2～3 g，迅速盖上干燥器盖，每天摇动一次，5～6天后氨水的浓度可达10～12％。

用途　络合隐蔽剂。

隐 蔽 离 子	方 法 提 要
Ag^{+},Au^{3+},,Au^{+},Cu^{+},Cu^{2+},Hg^{2+},Ni^{2+},Tl^{3+},Zn^{2+}	pH>10,0.1*M*氨溶液

参 考 文 献

〔1〕 杭州大学化学系分析室编："分析化学手册"第一分册，化工出版社，p. 131，1979。

氢 氧 化 物 Ⅱ-4(1)-0011

Hydroxide

结构式

OH^{-}

分子式 NaOH **分子量** 40.00

理化性质 NaOH理化性质见第一分册。

理化参数

1. 络合物形成常数〔温度（*t*）25℃；离子强度（*μ*）0〕

金属离子	Ag^{+}	Al^{3+}	Am^{3+}	AsO^{+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Bk^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}
$\lg K_1$	2.0	9.27	7.9①	14.93	0.67	9.7	12.7	8.2②	1.3	4.17
$\lg K_2$	1.99	—	—	4.40	—	4.3	3.1	—	—	4.16
$\lg K_3$	—	—	—	1.87	—	1.2	—	—	—	0.69
$\lg K_4$	—	33.03 ($\lg\beta_4$)	—	0.60	—	—	35.3 ($\lg\beta_4$)	—	—	−0.40

金属离子	Ce^{3+}	Ce^{4+}	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}
$\lg K_1$	4.6	13.28	8.2①	7.9①	4.5	13.52②	10.1	7.0	5.2	5.4
$\lg K_2$	—	13.18	—	—	4.1	—	7.7	6.68	—	—
$\lg K_3$	—	—	—	—	1.3	—	—	3.32	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	0.5	—	29.9 ($\lg\beta_4$)	1.50	—	—

金属离子	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hf^{4+}	Hg_2^{2+}	CH_3Hg^{+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}
$\lg K_1$	5.42③	5.56	11.87	11.0	4.6	13.7	8.7④	9.24⑤	10.8	5.59③
$\lg K_2$	—	4.21	9.30	10.7	—	—	—	—	11.3	—
$\lg K_3$	—	−0.10	8.05	—	—	—	—	—	−0.9	—
$\lg K_4$	—	−1.09	—	34.3 ($\lg\beta_4$)	—	—	—	—	—	—
$\lg K_5$	—	—	—	3.7	—	52.8 ($\lg\beta_5$)	—	—	—	—
$\lg K_6$	—	—	—	2.3	—	—	—	—	—	—

金属离子	I_2	In^{3+}	K^{+}	La^{3+}	Li^{+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Na^{+}	Nd^{3+}
$\lg K_1$	9.49	10.0	−0.5	3.3	0.39	6.6	2.53	3.90	−0.2	5.5
$\lg K_2$	1.75	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—
$\lg K_3$	—	9.4	—	—	—	—	—	8.3 ($\lg\beta_3$)	—	—
$\lg K_4$	—	9.3	—	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Ni^{2+}	Np^{4+}	NpO_2^{2+}	OsO_4	Pa^{4+}	Pb^{2+}	$(CH_3)_2Pb^{2+}$	$(C_6H_5)_3Pb^{+}$
$\lg K_1$	4.97	12.5	8.9	1.8⑤	14.04②	7.82	—	7.7⑧
$\lg K_2$	3.58	—	—	−0.7⑤	13.80	3.03	12.82② ($\lg\beta_2$)	—
$\lg K_3$	2.75	—	—	—	12.86	3.73	1.18	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	10.70	—	—	—
$\lg K_5$	—	—	—	—	—	—	—	—
$\lg K_6$	—	—	—	—	—	61.0 ($\lg\beta_6$)	—	—

金属离子	Pd^{2+}	Pr^{3+}	Pu^{3+}	Pu^{4+}	PuO_2^{2+}	Rh^{3+}	Sb^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}
$\lg K_1$	13.0	4.30	7.0	12.39	8.3	10.67⑧	—	8.9	4.8
$\lg K_2$	12.8	—	—	—	8.3	—	24.3 ($\lg\beta_2$)	—	—
$\lg K_3$	—	—	—	—	4.3	—	12.4	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	1.6	—	—

金属离子	Sn^{2+}	$(CH_3)_2Sn^{2+}$	$(C_2H_5)_2Sn^{2+}$	$(C_3H_7)_2Sn^{2+}$	$(CH_3)_3Sn^{+}$	$(C_6H_5)_3Sn^{+}$
$\lg K_1$	10.4②	10.53①	11.25⑤	11.26②	7.58②	9.2⑧
$\lg K_2$	—	8.51	9.06	—	—	—
$\lg K_3$	—	10.76	—	—	—	—
$\lg K_4$	—	13.6	—	—	—	—

金属离子	Sr^{2+}	Tb^{3+}	TeO^{2+}	Te^{4+}	Th^{4+}	Ti^{3+}	Tl^{+}	Tl^{3+}
$\lg K_1$	0.8	5.57③	12.6⑦	—	10.8	12.71	0.79	12.86
$\lg K_2$	—	—	11.6	—	10.3	—	—	12.51
$\lg K_3$	—	—	—	41.6 ($\lg\beta_3$)	—	—	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	11.4	—	—	—	—
$\lg K_5$	—	—	—	11.8	—	—	—	—
$\lg K_6$	—	—	—	7.2	—	—	—	—

金属离子	Tm^{3+}	U^{4+}	UO_2^{2+}	V^{3+}	VO^{2+}	Y^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	5.78⑤	13.3	9.5	11.1	—	5.0	4.40	14.3
$\lg K_2$	—	—	13.3	10.5	25.2 ($\lg\beta_2$)	—	6.90	14.0
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	2.84	13.6
$\lg K_4$	—	—	32.4 ($\lg\beta_4$)	—	46.2 ($\lg\beta_4$)	—	3.52	13.4
$\lg K_5$	—	41.2 ($\lg\beta_5$)	—	—	12.3	—	—	—

① 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.1$；② 所有K值$t=25℃$，$\mu=3.0$；③ $t=25℃$，$\mu=0.3$；④ $t=25℃$，$\mu=0.5$；
⑤ 所有K值$t=25℃$，$\mu=1.0$；⑥ $t=25℃$，$\mu=2.5$；⑦ 所有K值$t=20℃$，$\mu=0.1$；⑧ $t=25℃$，$\mu=0.2$

合成及提纯方法 NaOH的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂，沉淀隐蔽剂。

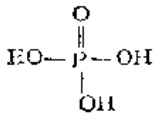
隐蔽离子	方法提要
Al^{3+},Pb^{2+},Zn^{2+}	强碱性，形成相应的酸
Mg^{2+}	pH>12，沉淀隐蔽，钙指示剂，EDTA滴定 Ca^{2+}

磷　酸　　Ⅱ-4(1)-0012

Phosphoric acid

别名　Hydrogen phosphate

结构式



分子式　H_3PO_4　　**分子量**　97.99

理化性质　见第一分册。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.12	7.20	12.36	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\lg\alpha$	18.71	15.93	13.61	11.57	9.56	7.59	5.77	4.56	3.37	2.36	1.38	0.52	0.09	0.01

3．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

金属离子	AcH_2L^{2+}	AmH_2L^{2+}	Ca^{2+}	CaHL	CoHL	CuHL	CuH_2L^+	FeHL
$\lg K_1$	1.59①	2.51	6.46	13.4②	2.18③	3.3④	1.3④	3.6

金属离子	FeH_2L^+	FeHL+	FeH_2L^{2+}	CH_3HgHL^-	MgHL	MnHL	NiHL
$\lg K_1$	2.7	8.3①	3.47①	5.03②	2.91	14.3②	2.08③

金属离子	PbHL	PbH_2L^+	PmH_2L^{2+}	SrL^-	SrHL	SrH_2L^+	YH_2L^+
$\lg K_1$	3.1	1.5	2.51	4.2⑥	12.9⑤	18.85⑥	2.65

① $t=25℃$，$\mu=0.5$；② $t=25℃$，$\mu=0.2$；③ $t=25℃$，$\mu=0.1$；④ $t=37$，$\mu=0.2$；⑤ $t=20℃$，$\mu=0.1$；⑥ $t=25℃$，$\mu=0.15$

合成与提纯方法　见第一分册。

用途　络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Fe^{3+}	硫-磷混合酸，二苯胺磺酸钠指示剂，重铬酸钾测定铁
Fe^{3+},Al^{3+},Ca^{2+},Mg^{2+}	pH2～3，焦磷酸-磷酸三钠隐蔽剂，碘量法测定矿石中的铜
Ti^{4+},UO_2^{2+}	pH4～5
W(Ⅵ)	pH3～4，PAN指示剂，EDTA滴定Cu^{2+},Ni^{2+},Co^{2+}

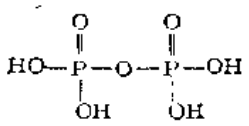
焦 磷 酸

Ⅱ-4(1)-0013

Pyrophosphoric acid

别名 Hydrogen diphosphate

结构式



分子式 $H_4P_2O_7$ **分子量** 146.01

理化性质 见第一分册。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	1.52	2.36	6.60	9.25	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\lg\alpha$	18.86	12.46	9.94	7.86	6.86	3.95	2.40	1.27	0.44	0.07	0.01

3. 络合物形成常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0]

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	$CoHL^-$	Cu^{2+}	Dy_2L^{2+}	Er_2L^{2+}
$\lg K_1$	4.6	4.6	5.6	17.15	6.1①	3.4①	6.7	20.64 ($\lg\beta_{2,1}$)	21.29 ($\lg\beta_{2,1}$)
$\lg K_2$	—	—	—	—	—	—	2.3	—	—

金属离子	Eu_2L^{2+}	Gd_2L^{2+}	Hg^{2+}	$HgOHL^{3-}$	Ho_2L^{2+}	K^+	La^{3+}	La_2L^{2+}
$\lg K_1$	20.27 ($\lg\beta_{2,1}$)	20.45 ($\lg\beta_{2,1}$)	—	17.45②	20.9 ($\lg\beta_{2,1}$)	2.1	16.72	19.59 ($\lg\beta_{2,1}$)
$\lg K_2$	—	—	12.28 ($\lg\beta_2$)	—	—	—	1.85	—

金属离子	Lu^{3+}	Lu_2L^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{3+}	Na^+	Nd_2L^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}
$\lg K_1$	3.4	22.23 ($\lg\beta_{2,1}$)	5.7	16.68③	2.29	19.98 ($\lg\beta_{2,1}$)	5.8	7.3④
$\lg K_2$	—	—	—	15.17③	—	—	1.6	2.85④

金属离子	Sm_2L^{2+}	Sr^{2+}	Tb_2L^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Yb_2L^{2+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	20.16 ($\lg\beta_{2,1}$)	4.7	20.50 ($\lg\beta_{2,1}$)	—	17.5	21.88 ($\lg\beta_{2,1}$)	8.7	—
$\lg K_2$	—	—	—	9.7 ($\lg\beta_2$)	1.9	—	2.3	6.5 ($\lg\beta_2$)

① $t=25$℃，$\mu=0.1$；② $t=27$℃，$\mu=0.75$；③ $t=25$℃，$\mu=0.3$；④ $t=25$℃，$\mu=1.0$

合成与提纯方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+},Fe^{3+}	pH9,红紫酸铵指示剂，EDTA滴定，Ni^{2+}
Al^{3+},Ca^{2+},Fe^{3+},Mg^{2+}	pH2～3,焦磷酸-磷酸三钠作隐蔽剂，碘量法测定矿石中的铜
Cr^{3+},Fe^{3+}	pH8,50%酒精溶液，NH_4SCN指示剂，EDTA滴定Co^{2+}

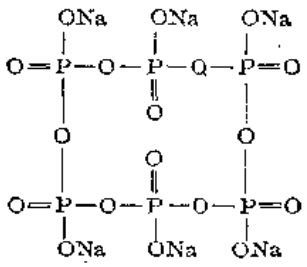
六偏磷酸钠

Ⅱ-4(1)-0014

Sodium hexametaphosphate

别名 磷酸钠玻璃

结构式



分子式 $(NaPO_3)_6$ **分子量** 584.76

理化性质 六偏磷酸钠是偏磷酸钠$NaPO_3$聚合物的一种。玻璃状固体，相对密度约2.5，熔点约616℃（同时分解），吸湿性较强，溶于水，不溶于有机溶剂，在温水，酸性或碱性溶液中易水解为正磷酸盐。

理化参数

1. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.2M〕

金属离子	Ca^{2+}	Co^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	4.11	3.65	3.73	3.95

合成方法[1]

1. Pascal法 将85 g Na_2HPO_4与15 g $NH_4H_2PO_4$在800～900℃加热，直到把所有的水和氨完全除去为止。然后冷却到650～550℃之间，并保温数小时。这时熔融物几乎完全凝固成纤维状的产物。把其弄碎后用水洗涤数次，再用乙醇和乙醚洗涤，干燥。

2. Karbe和Jander法 把一定量的$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$放在一个铂皿中，在略高于200℃的情况下脱水约2小时，然后将它放入预先调到200℃的恒湿电炉中。起初湿度下降，等温度又恒定（约需半小时）时，开始记录时间。加热4小时后把熔融物从炉中取出，迅速地倾入一个盛有无水CCl_4的较大的铁皿中，并置于冷冻液中迅速冷却，在倾倒熔融物之前先把几块干冰加于CCl_4中，一会儿干冰块的周围就结一层固体CCl_4。在倾入热熔融物时，由于这层固体CCl_4的熔化以及干冰的继续蒸发，会大大提高冷却速度。所得产物为玻璃状。过滤，在真空中除去上面所沾附的CCl_4。贮存于密闭容器中。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Mn^{2+}	pH5～6,乙酸盐缓冲液，PAN指示剂，Cu^{2+}回滴过量EDTA，测定Ni^{2+}

参考文献

〔1〕 乔治·勃劳尔（德）主编，何泽人译：《无机制备化学手册》，（上），p. 268～269，1954年原版。

硫化物 Ⅱ-4(1)-0015

Sulfide

结构式

S^{2-}

分子式 Na_2S〔$(NH_4)_2S$, H_2S〕 **分子量** 78.04(34.08)

理化性质 Na_2S的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.88	14.15	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	19.03	17.03	15.03	13.03	11.04	9.08	7.40	6.18	5.15	4.15	3.15	2.15	1.18	0.23

3. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	AgHL	$CdHL^+$	CH_3Hg^+	$HgHL^+$	TlHL
lgK_1	13.6	7.6①	21.0	—	2.27①
lgK_2	4.1	7.0	—	37.7② (lgβ_2)	—
lgK_3	—	1.9	—	—	—
lgK_4	—	2.4	—	—	—

① 所有K值t=25℃，μ=1.0；② t=20℃，μ=1.0

合成与提纯方法 Na_2S的合成及提纯方法见第一分册。

用途 沉淀隐蔽剂，络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
微量重金属离子	pH10,铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}和Mg^{2+}

硫氰化物 Ⅱ-4(1)-0016

Thiocyanate

别名 硫氰酸盐 Thiocyanate

结构式

$$-S-C\equiv N$$

分子式 $NH_4SCN(HSCN)$ **分子量** 76.12(59.09)

理化性质 NH_4SCN理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	0.9	—

2. 酸效应系数

pH	1	2
lgα	0.25	0.03

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ag^+	Au^+	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^+	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}
lgK_1	4.6①	15.27②	1.67①	1.39	0.98③	1.87	12.11	1.90①	1.31	2.21②
lgK_2	3.46	1.71	1.33	0.59	0.34	1.11	6.93	1.1	—	1.43
lgK_3	1.54	—	1.0	0.60	—	—	—	—	—	1.36
lgK_4	0.9	—	0.8	1.02	—	—	—	—	—	1.3
lgK_5	—	—	0.7	—	—	—	—	—	—	−0.1
lgK_6	—	—	0.6	—	—	—	—	—	—	−0.1

金属离子	Ga^{3+}	CH_3Hg^+	Hg^{2+}	In^{3+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pd^{2+}	Pb^{2+}	Ru^{3+}
lgK_1	1.18④	6.05⑤	9.08③	2.56⑥	1.23	1.18	—	0.78②	1.78
lgK_2	—	−4.40	7.78	0.97	—	0.46	—	0.21	—
lgK_3	—	—	2.84	1.07	—	0.17	—	0.01	—
lgK_4	—	—	2.00	—	—	—	27.2③ (lgβ_4)	—	—

金属离子	Sn^{2+}	Th^{4+}	U^{4+}	UO_2^{2+}	V^{2+}	V^{3+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	1.17⑦	1.08③	1.49	0.76	1.43③	2.13③	0.92⑧	1.33
lgK_2	0.60	0.70	0.64	−0.02	—	—	—	0.53
lgK_3	−0.03	—	—	0.44	—	—	—	0.59
lgK_4	—	—	—	—	—	—	—	−0.40

① 所有K值 t =25℃，μ=0.1；② 所有K值 t =25℃，μ=3.0；③ 所有K值 t =25℃，μ=1.0；④ t =20℃，μ=0.6；⑤ 所有K值 t =20℃，μ=0.1；⑥ 所有K值 t =25℃，μ=2.0；⑦ 所有K值 t =20℃；μ=2.2；⑧ t =25℃，μ=0.5

合成及提纯方法 NH_4SCN的合成及提纯方法见第一分册。

用途 络合隐蔽剂，沉淀隐蔽剂。

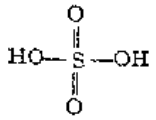
隐蔽离子	方法提要
Ag^+	酸性，双硫腙光度法测定Hg^{2+}
Hg^{2+}	pH1，甲基百里酚蓝指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}

硫　酸

Sulfuric acid

Ⅱ-4(1)-0017

结构式



分子式　H_2SO_4　　**分子量**　98.08

理化性质　见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	−3	1.92	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3
lgα	0.97	0.26	0.03

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0〕

金属离子	Ac^{3+}	Ag^+	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}
$\lg K_1$	1.29①	1.3	1.80②	2.7	1.95	1.98③	2.31	2.46	3.59
$\lg K_2$	0.65	—	0.95	—	—	1.43	—	—	1.61
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	0.67	—	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	0.26	—	—	—
$\lg K_5$	—	—	—	—	—	0.26	—	—	—

金属离子	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}
$\lg K_1$	1.30④	1.86②	2.36	2.30	3.62	3.59	3.67	2.2	4.04	3.66
$\lg K_2$	0.71	0.84	—	—	1.13	1.51	1.74	—	1.34	1.55

金属离子	Hf^{4+}	Hg_2^{2+}	Hg^{2+}	Mo^{3+}	Lu^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}
$\lg K_1$	3.04④	1.30②	1.34②	3.59	1.78	3.54	3.52	2.23	2.26	3.64
$\lg K_2$	2.40	2.24	1.06	1.31	0.30	1.63	1.78	—	—	1.46
$\lg K_3$	—	—	—	—	0.48	—	—	—	—	—

金属离子	Ni^{2+}	NpO_2^{2+}	Pb^{2+}	Pm^{3+}	Pr^{3+}	Pu^{3+}	Pu^{4+}	Ru^{2+}	Ru^{3+}
$\lg K_1$	2.4	2.20⑤	2.75	1.34④	3.62	1.26①	3.66①	2.72⑥	2.04④
$\lg K_2$	—	1.60	—	0.54	1.30	—	—	—	1.53

金属离子	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	TiO^{2+}	Tl^+	Tl^{3+}	Tm^{3+}
$\lg K_1$	4.20	3.67	2.55	3.64	3.22④	2.5	1.37	2.27③	3.59
$\lg K_2$	1.50	1.53	—	1.51	2.31	—	—	—	1.55

金属离子	U^{4+}	UO_2^{2+}	V^{3+}	VO^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zr^{4+}	—	—
$\lg K_1$	3.24	1.70	1.45	2.44	3.47	3.58	3.79	—	—
$\lg K_2$	2.18	0.75	—	—	1.83	1.62	2.85	—	—
$\lg K_3$	—	0.86	—	—	—	—	1.13	—	—

① 所有K值$t=25℃$，$\mu=1.0$；② 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.5$
③ 所有K值$t=25℃$，$\mu=3.0$；④ 所有K值$t=25℃$，$\mu=2.0$
⑤ 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.1$；⑥ $t=20℃$，$\mu=0$

合成与提纯方法 见第一分册。

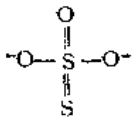
用途 沉淀隐蔽剂，络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Ba^{2+},Sr^{2+}	pH10,铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+},Mg^{2+}
Th^{4+}	pH2～3,二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Zr^{4+}

硫代硫酸盐 Ⅱ-4(1)-0018

Thiosulfate

结构式



分子式 $Na_2S_2O_3(H_2S_2O_3)$ **分子量** 158.10(114.14)

理化性质 硫代硫酸钠为无色柱状晶体或白色颗粒。在干热空气中会风化；在湿冷的空气中微潮解。溶于水时温度急剧下降；微溶于醇。加热至100℃失去结晶水，温度再升高即分解。熔点48.45℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	0.6	1.6	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3
$\lg a$	0.82	0.15	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Hg^{2+}	La^{3+}	Mg^{2+}
$\lg K_1$	8.52①	2.27	1.98	2.74②	2.05	10.27	2.10	—	2.99	1.82
$\lg K_2$	4.85	—	—	1.96	—	1.95	—	29.44 ($\lg\beta_2$)	—	—
$\lg K_3$	0.53	—	—	2.20	—	1.62	—	2.46	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	0.20	—	—	—	1.34	—	—

金属离子	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}
$\lg K_1$	1.95	2.06	2.42②
$\lg K_2$	—	—	2.44
$\lg K_3$	—	—	1.34
$\lg K_4$	—	—	0.0

① 所有K值$t=20℃$，$\mu=0$；② 所有K值$t=25℃$，$\mu=3.0$

合成方法[1] 在500ml水中溶解100 g含有62～64%硫化钠，在搅拌下分次加入42 g无水碳酸钠，溶解后过滤。在滤液中缓缓地通入计算量的二氧化硫，温度保持在55～65℃之间，当将计算量的二氧化硫全部通入后，将溶液浓缩至原体积的1/3，冷却至室温，析出$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$的结晶，在40℃下于干燥箱内干燥40～60分钟即为产品。

用途 氧化还原隐蔽剂，络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Bi^{3+},Cu^{2+}	pH6,PAN指示剂，EDTA滴定Ni^{2+},Zn^{2+}
Cu^{2+}	pH5～6,二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Cd^{2+},Zn^{2+}

参考文献

〔1〕 M. E. 波任等著，成都工学院化工系无机工学教研室译："无机物工学实验指南"，p. 275～276，1959。

第二节 有机隐蔽剂

甲酸 Ⅱ-4(2)-0001

Methanoic acid

别名 蚁酸 Formic acid

分子式 CH_2O_2 **分子量** 46.03

理化性质 无色透明，具有刺激性气味的液体。相对密度1.22(20/4℃)。熔点8.6℃，沸点100.8℃。具有很强的酸性和腐蚀性。溶于水、乙醇、乙醚和甘油。具有还原性，易被氧化成水和二氧化碳。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	3.75	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
$\lg\alpha$	2.75	1.76	0.82	0.19	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Al^{3+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}
$\lg K_1$	1.36	1.38①	1.43①	1.04②	1.12	0.73②	1.07①	1.40②	1.21	1.11
$\lg K_2$	—	—	—	0.19	0.73	0.45	—	0.90	0.31	0.70
$\lg K_3$	—	—	—	0.52	—	—	—	−0.10	—	—

金属离子	Eu^{3+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	CH_3Hg^+	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}
$\lg K_1$	1.40	3.1③	1.34	5.43	2.67④	1.14	2.74⑤	1.10	0.99
$\lg K_2$	0.54	—	0.53	—	—	0.82	1.98	0.99	1.11
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	0.98	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	1.00	—	—

金属离子	Mg^{2+}	Nd^{3+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tm^{3+}
$\lg K_1$	1.43①	1.15	1.23②	1.14	1.23	1.39①	1.24	3.09⑥	1.08
$\lg K_2$	—	0.39	0.78	0.39	0.42	—	0.50	2.06	0.52
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	—	1.58	—

金属离子	UO_2^{2+}	VO_2^+	VO^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	1.86⑥	1.36⑦	1.98⑦	1.12	1.06	0.70②
$\lg K_2$	1.19	—	0.79	0.83	0.20	0.38
$\lg K_3$	0.47	—	—	—	—	0.12

① $t=25℃$, $\mu=0$; ② 所有K值 $t=25℃$, $\mu=2.0$; ③ $t=20℃$, $\mu=1.0$; ④ $t=25℃$, $\mu=0.4$; ⑤ 所有K值 $t=20℃$, $\mu=2.0$; ⑥ 所有K值 $t=20℃$, $\mu=1.0$, ⑦所有K值 $t=18℃$, $\mu=1.0$

合成与提纯方法 见第一分册。

用途 还原隐蔽剂，络合隐蔽剂。

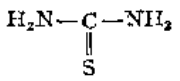
隐蔽离子	方法提要
Hg^{2+}	pH2.5,邻苯二酚紫指示剂，EDTA滴定Bi^{3+},Th^{4+}
Tl^{3+}	pH3,50～60℃,二甲酚橙指示剂，EDTA滴定In^{3+},Tl^{3+}还原为Tl^+

硫　脲　　Ⅱ-4(2)-0002

Thiourea

别名 硫尿素 Thiocarbamide

结构式



分子式 CH_4N_2S　　**分子量** 76.12

理化性质 白色有光泽的晶体，味苦，相对密度1.405(20/4℃)，熔点180～182℃,超过熔点继续加热即分解。溶于水，溶于热的乙醇，极微溶于乙醚。熔融时，部分起异构化作用形成硫氰化铵。

理化常数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0]

	HL	L^-
pK	2.03	—

2. 酸效应系数

pH	1	2
lgα	1.07	0.04

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Bi^{3+}	Cd^{2+}	Cu_2^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	7.11①	2.1	1.5	—	—	0.09	—	0.5③
$\lg K_2$	3.50	—	0.7	—	22.1②	0.74	—	0.3
$\lg K_3$	2.12	—	0.4	—	2.6	0.47	—	0.1
$\lg K_4$	0.84	—	0.5	—	1.8	0.20	30.1① ($\lg\beta_4$)	—
$\lg K_5$	—	—	—	15.4① ($\lg\beta_4$)	—	0.0	—	—
$\lg K_6$	—	—	—	—	—	0.20	—	—

① 所有K值 $t=25℃$，$\mu=0.5$；② 所有K值 $t=25℃$，$\mu=1.0$；③ 所有K值 $t=25℃$，$\mu=2.0$

合成方法 用$CaCN_2$与H_2S反应可得高产率、高纯度的硫脲[1]。

将NH_4SCN放在搪瓷器皿上加热至有黄色的小泡出现并有氨、二硫化碳和硫化氢放出为止。逐渐加少量冷水以对产物进行冷却。用冷乙醇抽提除去固体物中的过量NH_4SCN[2]。

提纯方法 硫脲可用热水重结晶[3,4]。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+},Hg^{2+}	pH5～6,PAN指示剂,EDTA滴定Zn^{2+}
Cu^{2+},Fe^{3+}	1～2N H_2SO_4,KI-马钱子碱/氯仿萃取光度法测定Bi^{3+}

参 考 文 献

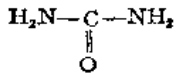
〔1〕 R. H. Cooper; *Chem. Abstr.*, 38, 5846, (1944).
〔2〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅳ, Van Chong book Company, p. 177, 1948.
〔3〕 A. Claus: *Ber.*, 6, 727, (1873).
〔4〕 A. Claus: *Ann.*, 179, 113, (1876).

尿 素 Ⅱ-4(2)-0003

Carbamide

别名 脲 Urea

结构式



分子式 CH_4N_2O **分子量** 60.06

理化性质 无色晶体，溶于水，乙醇和苯，几乎不溶于乙醚和氯仿。相对密度1.335(20/4°)，熔点132.7℃，加热超过熔点时即分解。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	0.1	—

2．酸效应系数

pH	1	2
lgα	0.05	0.01

3．络合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Hg^{2+}
lgK_1	2.1

合成方法

1．在容器中加入50g KCN或NaCN，加热至开始熔化，边搅拌边加入Pb_3O_4。继续加热至熔融状态，将深色熔融液体倒在铁板上使其冷却。分离金属铅并将熔块研细。在粉末上立即加入200ml冷水，放置1小时。过滤，用少量冷水洗涤。滤液中加入含有25g$(NH_4)_2SO_4$的浓溶液，在水浴上蒸发至近干，残渣冷却并研细，用乙醇分批回流抽提尿素，直至抽提液在表面皿上蒸发时仅留下少量残渣为止。从抽提液中蒸去大量乙醇，使尿素结晶析出[1]。

2．将500g碎冰及300ml水置于2l烧杯中，在搅拌下缓缓地加入100g磨细的氰氨基化钙，将温度维持在不超过8℃，在冷却下缓缓地加冷至0℃的24%硫酸直至对酚酞不呈碱性为止。加酸时将温度维持在不超过10℃。滤去硫酸钙，用水洗，洗液与（氨基氰溶液）滤液合并。用45g 24%硫酸酸化，于水浴上在80℃减压蒸发至约500ml为止。冷却后用熟石灰中和，滤出沉淀，用水洗，合并滤液与洗液，用盐酸酸化至微酸性。低温减压浓缩，将残余物溶于60ml沸乙醇中，滤去硫酸钙残渣，用乙醇洗，合并滤液，冷却析出尿素。产量约14g（14%理论量）[2]。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}，Hg^{2+}	pH5～6

参考文献

〔1〕 F. Wohler: *Ann.*, 12, 253,(1828).
〔2〕 韩广甸等编译："有机制备化学手册"，石油化学工业出版社，p. 98～99，1977。

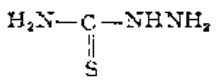
氨基硫脲

Ⅱ-4(2)-0004

Thiosemicarbazide

别名 硫代氨基脲

结构式



分子式 CH_5N_3S **分子量** 91.14

理化性质 白色结晶性粉末，溶于水及醇。熔点180～183℃

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

	HL	L^-
pK	1.8	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3
lgα	0.86	0.21	0.03

3. 络合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	—	2.57②	6.11	—	—	2.89	—
lgK_2	—	2.13	5.48	22.4 (lgβ_2)	—	—	2.8 (lgβ_2)
lgK_3	12.9① (lgβ_3)	1.16	—	2.4	—	—	—
lgK_4	—	—	—	—	25.8① (lgβ_4)	—	—

① t=25℃，μ=0.8；② 所有K值t=25℃，μ=1.0

合成及提纯方法 将50 g硫酸肼，27 g无水K_2CO_3和20ml水一起温热，再加入40 g KSCN。煮沸几分钟，加热乙醇200～300ml，混匀。抽滤，除去滤液中的乙醇，然后煮沸并激烈搅拌至浆状物的表面有泡形成。冷却并加水混合，抽滤。蒸发滤液，即得产品[1]。

粗品用水重结晶[2]。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+},Hg^{2+}	pH5,PAN指示剂，EDTA滴定Cd^{2+},Zn^{2+}
Hg^{2+}	pH1～2,二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}

参考文献

〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅳ, Van Chong book Company, p. 189, 1948.

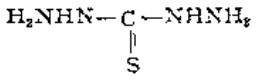
〔2〕 M. Freund and A. Schander: *Ber.*, 29, 2501, (1896).

二氨基硫脲 Ⅱ-4(2)-0005

Thiocarbazide

别名 硫卡巴肼 Thiocarbohydrazide

结构式



分子式 CH_6N_4S **分子量** 106.16

理化性质 白色片状或柱状结晶，溶于热水，微溶于冷水。熔点170℃(分解)。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

	H_2L	HL^-	L^-
pK	0.78	3.13	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.45	1.34	0.48	0.08	0.01

3. 络合物形成常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.5M]

金属离子	Co^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	2.97	4.40	2.53
lgK_2	2.69	3.70	—
lgK_3	—	3.11	—

合成方法[1] 取含12 g黄原酸二乙酯的乙醇溶液与含8 g水合肼的乙醇溶液混合，加热回流1.5～2小时，然后把乙硫醇（C_2H_5SH）蒸出得白色固体产物。滤出白色固体产物，用沸水重结晶。其熔点为 170℃(分解)，产率70%。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}	pH2，二甲酚橙指示剂，Th^{4+}回滴EDTA，测定Sn^{4+}

参考文献

[1] P. C. Guha and S. C. De; *J. Chem. Soc.*, 121, 1215, (1924).

草酸 Ⅱ-4(2)-0006

Oxalic acid

别名 乙二酸 Ethanedioic acid; Ethane diacid

结构式

分子式 $C_2H_2O_4$ **分子量** 90.04

理化性质 一般含有两分结晶水，无色透明晶体，有毒，相对密度为1.653(19/4°)。熔点101～102℃。无水草酸相对密度为1.90(17/4°)，熔点189.5℃(分解)，约157℃时升华。溶于水，乙醇和乙醚，具有较强还原性。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	1.27	4.27	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
$\lg\alpha$	3.73	2.34	1.30	0.46	0.19	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ac^{3+}	Ag^{+}	Al^{3+}	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	BK^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}
$\lg K_1$	4.36①	2.41②	7.26	4.63②	2.31③	4.08④	5.45①	3.00③	3.52	6.52
$\lg K_2$	2.72	—	5.74	3.72	—	1.30	3.69	—	2.25	3.96
$\lg K_3$	—	—	3.30	2.80	—	—	—	—	—	0.82

金属离子	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Co^{3+}	Cu^{2+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}
$\lg K_1$	6.50①	5.25①	4.79	—	6.23	4.82	5.04⑤	2.9	9.4	6.45⑤
$\lg K_2$	3.87	3.60	1.91	—	4.04	3.39	3.66	1.62	6.8	5.93
$\lg K_3$	—	—	—	20 ($\lg\beta_3$)	—	1.82	2.75	0.70	4.0	5.48
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	1.64	—	—	

金属离子	Gd^{3+}	Hg_2^{2+}	Hg^{2+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Mn^{3+}
$\lg K_1$	7.04	—	9.66①	5.30②	4.3②	5.28⑤	3.43	3.97	9.98⑦
$\lg K_2$	—	6.98⑥ ($\lg\beta_2$)	—	5.22	3.6	4.25	0.93	1.83	6.59
$\lg K_3$	—	—	—	—	2.4	3.21	—	—	2.85
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	1.94	—	—	—

金属离子	Mo^{3+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	NpO_2^{+}	Pb^{2+}	Pm^{3+}	Pu^{3+}	Pu^{4+}	PuO_2^{+}
$\lg K_1$	3.38	7.21	5.3	3.30	4.91	5.18①	9.31	8.74	—
$\lg K_2$	—	4.29	2.34	3.77	1.85	3.60	9.39	8.17	11.4 ($\lg\beta_1$)
$\lg K_3$	—	>2.5	0.86	—	—	—	9.30	6.48	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	—	4.11	—

金属离子	Sc^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	TiO^{2+}	Tl^{+}	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}
$\lg K_1$	6.86⑤	2.54③	5.08⑤	10.6	2.67	2.03	5.60①	5.99⑤	6.45⑤
$\lg K_2$	4.45	—	3.78	9.6	—	—	3.92	4.65	5.33
$\lg K_3$	3.01	—	2.99	6.2	—	—	—	0.36	—
$\lg K_4$	2.38	—	1.56	—	—	—	—	—	—

金属离子	VO_2^{+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	5.9④	6.52	7.30	4.89	9.80
$\lg K_2$	3.64	3.58	4.59	2.71	7.34
$\lg K_3$	—	1.37	—	0.55	3.72
$\lg K_4$	—	—	—	—	0.29

① 所有K值t=25℃；μ=0.1；② 所有K值t=25℃，μ=1.0；③ t=18℃，μ=0；④ 所有K值t=20℃，μ=0.1；⑤ 所有K值t=20℃，μ=1.0；⑥ t=27℃，μ=2.5；⑦ 所有K值t=25℃，μ=2.0

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+},Fe^{3+},Fe^{3+},Th^{4+},Zr^{4+},	pH5.5,Cu-PAN指示剂，EDTA滴定Cd^{2+},Mn^{2+},Pb^{2+},Zn^{2+}
Al^{3+},Fe^{3+},Mn^{2+},Th^{4+}, VO^{2+}	稀碱溶液
Cu^{2+},Sn^{2+},	pH2.0,邻苯二酚紫指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}
Fe^{3+},Ti^{3+},Sc^{3+},Zr^{4+}	pH4.6,六亚甲基四胺缓冲液，偶氮氯膦Ⅲ光度法测定Ca^{2+}
Zr^{4+}	pH2.5～3*M* HCl,偶氮胂Ⅲ光度法测定Th^{4+}

乙　酸　　Ⅱ-4(2)-0007

Acetic acid

别名 醋酸

结构式

$$CH_3COOH$$

分子式 $C_2H_4O_2$　　**分子量** 60.05

理化性质 无色透明液体，有刺激性气味。熔点16.7℃，沸点118℃，相对密度1.049(20/4°)。溶于水，乙醇和乙醚。无水的乙酸在低温凝固成冰状，俗称冰乙酸。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	4.76	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.76	2.76	1.77	0.83	0.20	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Ag^+	Al^{3+}	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	BK^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	C^{3+}
lgK_1	0.73	1.51①	1.99②	0.41	1.62③	2.06④	0.6	1.5	1.68	2.11④
lgK_2	+0.09	—	1.29	—	0.74	—	—	0.8	1.01	—
lgK_3	—	—	0.62	—	—	—	—	0.1	0.44	—
lgK_4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	—

金属离子	Cm^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}
lgK_1	2.06②	1.5	4.63⑤	2.16⑥	1.85③	1.79③	2.13③	3.2③	3.38⑦	2.02③
lgK_2	1.03	0.4	2.45	1.04	1.31	1.27	1.51	2.9	3.12	1.45
lgK_3	—	—	2.52	—	1.14	1.14	0.60	2.2	1.80	0.79

金属离子	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	NpO_2^{2+}
lgK_1	5.65⑧	1.81③	3.50⑨	1.82③	1.85⑧	0.8	9.84	2.67	1.12	2.31⑩
lgK_2	3.75	1.30	2.45	1.00	1.31	—	−7.78	1.87	0.69	1.92
lgK_3	3.98	1.16	1.95	0.71	0.86	—	—	—	—	1.77
lgK_4	3.78	—	1.18	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Pb^{2+}	$(C_6H_5)_3Pb^+$	$(C_6H_5)_2Pb^{2+}$	$(CH_3)_2Pb^{2+}$	$(C_2H_5)_2Pb^{2+}$	$(C_3H_7)_2Pb^{2+}$
$\lg K_1$	2.52	5.4⑪	3.5①	2.62①	2.77①	2.94①
$\lg K_2$	1.48	—	1.4	1.00	0.51	1.01
$\lg K_3$	2.40	—	—	—	—	—
$\lg K_4$	2.10	—	—	—	—	—

金属离子	Pr^{3+}	PuO_2^{2+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tl^{3+}	Tm^{3+}
$\lg K_1$	1.83④	2.13①	2.84	3.3	0.44	1.91①	3.89①	6.17⑫	1.83③
$\lg K_2$	1.03	1.36	1.96	2.7	—	1.32	3.05	5.11	1.19
$\lg K_3$	0.47	1.52	—	1.3	—	1.16	2.07	3.82	1.15
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	1.29	3.20	—
$\lg K_5$	—	—	—	—	—	—	0.70	—	—

金属离子	UO_2^{2+}	VO_2^+	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	2.61⑦	2.28⑩	1.53⑨	1.84⑤	1.5
$\lg K_2$	2.29	—	1.12	1.29	—
$\lg K_3$	1.40	—	0.73	1.02	—

① 所有K值$t=25℃$，$\mu=1.0$；② 所有K值$t=20℃$，$\mu=0.5$；③ 所有K值 $t=25℃$，$\mu=0.1$；④ 所有K值$t=25℃$，$\mu=2.0$；⑤ 所有K值$t=25℃$，$\mu=0.3$；⑥ 所有 K 值$t=20℃$，$\mu=0$；⑦ 所有K值$t=20℃$，$\mu=0.1$；⑧ 所有K值$t=30℃$，$\mu=1.0$；⑨ 所有K值$t=20℃$，$\mu=2.0$；⑩ 所有K 值$t=20℃$，$\mu=1.0$；⑪ $t=30℃$，$\mu=0.1$；⑫ 所有K值$t=25℃$，$\mu=3.0$

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cr^{3+},Th^{4+}	pH>5,大量乙酸根存在

巯基乙酸 Ⅱ-4(2)-0008

Mercaptoacetic acid

别名 TGA；硫代乙醇酸 Thioglycollic acid

结构式

$$HSCH_2COOH$$

分子式 $C_2H_4O_2S$ **分子量** 92.11

理化性质 无色透明液体。有刺激性气味，易被空气氧化，能与水、醇、醚和苯等混溶。在浓氨溶液中与铁反应由粉红变到红紫。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.64	10.55	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lg\alpha$	12.19	10.20	8.28	6.71	5.57	4.55	3.55	2.55	1.56	0.66	0.13	0.01

3. 络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	$AmHL^{2+}$	$CeHL^{2+}$	Co^{2+}	$DyHL^{2+}$	$ErHL^{2+}$	$EuHL^{2+}$	Fe^{3+}	$GdHL^{2+}$
$\lg K_1$	1.55①	1.99	5.84②	1.94	1.94	2.07	—	2.01
$\lg K_2$	1.05①	1.04	6.31②	1.32	1.32	1.34	10.92③ ($\lg\beta_2$)	1.30

金属离子	Hg^{2+}	$HoHL^{2+}$	$LaHL^{2+}$	$LuHL^{2+}$	Mn^{2+}	$NdHL^{2+}$	Ni^{2+}	Pb^{2+}
$\lg K_1$	—	1.92	1.98	2.01	4.38②	2.07	—	8.5②
$\lg K_2$	43.8④ ($\lg\beta_2$)	1.32	1.00	1.30	3.18②	1.20	13.01 ($\lg\beta_2$)	—
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	1.98	—

金属离子	$PrHL^{2+}$	$SmHL^{2+}$	$TbHL^{2+}$	$TmHL^{2+}$	YHL^{2+}	$YbHL^{2+}$	Zn^{+}
$\lg K_1$	2.03	2.11	1.96	1.98	1.91	1.98	7.86②
$\lg K_2$	1.04	1.36	1.26	1.11	1.28	1.32	7.15②

① t=20℃，μ=0.5；② t=25℃，μ=0.1；③ t=25℃，μ=0；④ t=25℃，μ=1.0

合成方法[1,2] 将1mol氯乙酸溶于5倍多的水中，边摇动边加含2mol(15%)KHS溶液。将混合物在水浴上加热15分钟，并加入含1mol $BaCl_2$晶体的浓溶液。然后加1.25mol(25%)氨水，将混合物静置几小时，刮下容器壁上的结晶并很好的摇动。滤去钡盐，用水洗，再用其体积的三倍量的12%HCl处理。用三份乙醚摇动提取，蒸馏除去乙醚，最后减压蒸馏得巯基乙酸。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Ag^{+}，Cd^{2+}，Cu^{2+}，Pb^{2+}，Zn^{2+}	酸性加TGA，加浓氨水，百里酚酞络合剂作指示剂，Ca^{2+}用EDTA，测定Ni^{2+}
[illegible]，Fe^{2+}，Fe^{3+}，Hg^{2+}，Pb^{2+}，[illegible]	pH10，络黑T指示剂，EDTA滴定Mg^{2+}

参 考 文 献

〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅳ, Van Chong book Company, p. 159, 1946

〔2〕 P. Klason and T. Carlson: *Ber.*, 39, 733, (1906).

2-氨基乙硫醇

Ⅱ-[illegible]-0009

2-Aminoethanethiol

别名 2-巯基乙胺 2-Mercaptoethylamine

结构式

$$HSCH_2CH_2NH_2$$

分子式 C_2H_7NS **分子量** 77.15

理化性质 白色固体，有特殊气味，溶于水和醇，极不稳定，在空气中氧化变色。熔点97～98.5℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	8.21	10.71	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$lg\alpha$	16.92	14.92	12.92	10.92	8.92	6.92	4.95	3.13	1.92	0.81	0.18	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Mg^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	1.37	2.21	10.97①	7.68②	2.30	10.05②	11.10①	1.55	9.90①
lgK_2	—	—	8.78①	7.03②	—	9.76②	—	—	8.84①

① t=25℃，μ=0.15；② t=30℃，μ=1.0

合成方法[1] 取13 g 巯乙基邻苯二甲酰亚胺和40ml浓盐酸，于200℃加热三小时，冷却，用冷水稀释，滤掉邻苯二甲酸，浓缩滤液得粗品大约7 g（盐酸盐）。

提纯方法[1] 粗品用无水乙醇重结晶，再用碱中和使其转化成2-巯基乙胺。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cd^{2+}，Co^{2+}，Cu^{2+}，Hg^{2+}，Ni^{2+}，Zn^{2+}	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}和Mg^{2+}

参 考 文 献

[1] W. P. Bradley; *Ber.*, 22, 1139, (1889).

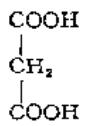
丙 二 酸

Ⅱ-4(2)-0010

Propanedioic acid

别名 malonic acid

结构式



分子式 $C_3H_4O_4$ **分子量** 104.06

理化性质 白色晶体，相对密度1.63，熔点135.6℃，在沸点时分解。溶于水，乙醇和乙醚。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	2.86	5.70	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
$lg\alpha$	6.57	4.62	2.94	1.73	0.77	0.18	0.02

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}
$\lg K_1$	2.07①	5.30②	2.35①	3.22①	3.83	2.97	8.26③	5.05	4.47	4.42
$\lg K_2$	—	3.28②	—	—	2.34	1.43	—	2.75	2.76	2.62

金属离子	Eu^{3+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	4.30	7.52④	4.32	4.39	3.69	4.45	2.11	3.28⑤	3.95	3.24
$\lg K_2$	2.69	—	2.65	2.58	2.21	2.68	—	—	2.46	1.66

金属离子	Pb^{2+}	Pr^{3+}	PuO_2^{2+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tm^{3+}	VO^{2+}
$\lg K_1$	5.1	3.91	4.84⑥	5.87⑦	4.19	1.30	4.44	7.42⑥	4.42	5.23④
$\lg K_2$	—	2.39	3.61⑥	4.25⑦	2.65	—	2.71	5.26⑥	2.59	3.62④
$\lg K_3$	—	—	—	2.95⑦	—	—	—	—	—	—

金属离子	VO_2^+	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	4.56④	4.53	2.96
$\lg K_2$	1.97④	2.74	1.44

合成方法[1,2] 在5 l的烧瓶中将500 g氯乙酸溶解于700ml水中。温热到50℃，用290 g无水碳酸钠中和，将混合物冷却至室温。另将294 g NaCN溶于750ml水中，温热至55℃，冷至室温。加氯乙酸钠溶液并快速混合，在水龙头下冷却。当溶液完全混合后，停止冷却并升温。当反应温度达95℃时，加入200ml冰水进行冷却。若需要，可用水浴再升温进行反应。然后在蒸汽浴上加热一小时。

冷至室温，将240 g NaOH慢慢的溶解于混合物中。反应完全后，在通风厨中于蒸汽浴上加热三小时，并通蒸汽泡一小时，以除去最后的微量氨。

将600 g无水$CaCl_2$溶解于1.8 l水中，加热至40℃。慢慢将该液加至丙二酸钠溶液中，快速混合。静置24小时。倾去上层清液，用倾注法以500ml冷水洗丙二酸钙4～5次。吸滤，尽可能抽干。在空气中干燥或在40～45℃干燥至恒重。

将干燥的丙二酸钙放在一个三 l 圆底烧瓶中，加入750～1000 l 无乙醚的乙醇，或使乙醇的量足以使之形成糊状物且可以搅拌。将烧瓶置于冰浴中冷却，每g盐用1ml 12*N* HCl处理，并充分搅拌。将此液转移到一个浓缩萃取器中，用乙醚萃取到几乎无丙二酸为止。浓缩去掉乙醚得产品，过滤并在空气中干燥。熔点130℃。产量415～440 g (75～80%理论量)。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅱ, Van Chong book Company, p. 44, 1948.

〔2〕 M. Conrad: *Ann.*, 204, 126(1880).

N-(二硫代酸基)氨基乙酸 Ⅰ-4(2)-0011

N-(Dithiocarboxy)aminoacetic acid

别名 二硫代羧基氨基乙酸 Dithio Carbaminoacetic acid

结构式

$$HS-\underset{\underset{S}{\|}}{C}NHCH_2COOH$$

分子式 $C_3H_5NO_2S_2$ **分子量** 119.14

理化性质 无色固体粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.75	6.67	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	8.42	6.43	4.49	2.36	1.70	0.76	0.17	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Pb^{2+}
lgK_1	7.3
lgK_2	5.7

合成方法[1] 将0.1mol（7.5g）甘氨酸溶于30ml 25%氨液中，加10ml蒸馏水和0.125mol（9.5g）二硫化碳。在密闭的反应器皿中将混合物搅拌12小时。用甲苯萃取，以分离未反应的二硫化碳。在水相中加乙醇至出现不消失的乳白色并静置10～12小时。此时沉出甘氨酸二硫代氨基甲酸铵。用布氏漏斗滤出沉淀，用乙醇洗涤4～5次，每次用30～40ml，沉淀置于真空干燥器内用P_2O_5进行干燥。得12.5g二铵盐。若用稀盐酸酸化，可得游离酸。产率为理论量的65%。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Bi^{3+},In^{3+},Tl^{3+}	pH2～3
Bi^{3+},Cd^{2+},Pb^{2+},Sb^{3+},Sn^{2+}	pH8.8,5-Br-PADAP光度法测定Zn^{2+}
Cd^{2+},Co^{2+},Hg^{2+},Ni^{2+},Pb^{2+}	pH5～6,六亚甲基四胺缓冲液，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}

参 考 文 献

〔1〕 А. И. Бусев, В. М. Бырьки, Н. П. Ковтун И Л. Г Каралащвили; *ЖАХ*,25(2),237.(1970).

3-巯基丙酸

Ⅱ-4(2)-0012

3-Mercaptopropanoic acid

别名 硫代乙醇酸；3-Thiohydracrylic acid

结构式

$$HSCH_2CH_2COOH$$

分子式 $C_3H_6O_2S$ **分子量** 106.14

理化性质 无色或浅黄色透明液体。与水、醇和醚混溶。沸点114～115℃（13mmHg），相对密度（d_4^{20}）1.215～1.218，凝固点16～18℃，折光率（n_D^{20}）1.490～1.493。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	4.34	10.84	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	13.18	11.18	9.20	7.34	5.93	4.86	3.84	2.84	1.85	0.90	0.23	0.03

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）2.0M〕

金属离子	$CeHL^{2+}$	$DyHL^{2+}$	$ErHL^{2+}$	$EuHL^{2+}$	$GdHL^{2+}$	$HoHL^{2+}$	$LaHL^{2+}$	$LuHL^{2+}$
lgK_1	1.57	1.60	1.42	1.64	1.71	1.46	1.54	1.49

金属离子	$PrHL^{2+}$	$SmHL^{2+}$	$TbHL^{2+}$	$TmHL^{2+}$	YHL^{2+}	$YbHL^{2+}$
lgK_1	1.57	1.74	1.62	1.40	1.51	1.43

合成方法[1,2,3] 在60～70℃用H_2S饱和50%丙酮酸水溶液，加浓HCl到混浊出现。在稀H_2SO_4的弱酸性溶液中加2.5%钠汞剂还原离析物，冷却到没有更多的H_2S蒸发为止。3-巯基丙酸的酸性溶液用乙醚萃取，然后从乙醚萃取液中回收乙醚而得产品。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}，Hg^{2+}	pH10，百里酚酞络合剂作指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}
Pb^{2+}	pH10

参考文献

〔1〕 J. M. Loven; *J. Prkt. Chem.*, 47 (2), 174, (1893).

〔2〕 J. M. Loven; *J. Prkt. Chem.*, 78 (2), 65, (1908).

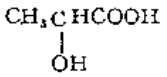
〔3〕 F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅳ., Van Chong book Company, p. 164, 1948.

乳酸 Ⅱ-4(2)-0013

L-lactic acid

别名 D-2-羟基丙酸 D-2-Hydroxypropanoic acid

结构式



分子式 $C_3H_6O_3$ **分子量** 80.08

理化性质 无色或淡黄色稠厚液体。相对密度1.249（15/4℃），熔点16.8℃，沸点122℃（15mmHg）。与水、乙醇和乙醚混溶；不溶于氯仿和苯。受热即脱水。分子中有一个不对称碳

原子，故有旋光性。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	HL	L^-
pK	3.86	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.86	1.86	0.92	0.24	0.03

3．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

金属离子	Am^{3+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
lgK_1	2.52①	0.71	1.45	1.70	2.76②	1.90	3.02	3.01②	2.77	2.53
lgK_2	—	—	—	—	1.97	—	1.83	—	2.34	2.07
lgK_3	—	—	—	—	1.23	—	—	—	1.59	1.28

金属离子	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}
lgK_1	7.1	2.53	2.71	2.60②	3.27②	1.37	1.43	2.47	2.22
lgK_2	—	2.10	2.26	1.74	—	—	—	1.90	—
lgK_3	—	1.28	1.58	1.30	—	—	—	1.23	—

金属离子	NpO_2^+	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tm^{3+}
lgK_1	1.75③	2.40	2.85②	5.2	2.56	0.98	2.61	5.5	3.19②
lgK_2	—	1.40	2.05	—	2.02	—	2.12	—	—
lgK_3	—	—	1.20	—	1.02	—	1.28	—	—

金属离子	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Yb^{3+}	Yb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	2.76④	2.68⑤	2.53	2.85	2.20
lgK_2	—	2.15⑤	2.17	2.42	1.55
lgK_3	—	—	1.42	1.69	—

① t=25℃，μ=2.0；② 所有K值t=20℃，μ=0.1；③ t=25℃，μ=0.1；④ t=25℃，μ=1.0；⑤ t=20℃，μ=1.0

合成方法[1] 由于合成方法在工艺上有困难，目前主要用微生物学的制备方法。

目前有同质乳酸发酵与异质乳酸发酵，如在载氏乳杆菌存在下发酵法生产的乳酸可得到理论量的95%。用葡萄球菌及芽孢杆菌发酵，大部分形成L(+)乳酸，而用串明球菌则主要形成D(-)乳酸。

一般方法的条件是培养基为麦芽汁，在厌氧条件下发酵。菌种为载氏乳杆菌，在试管中于45℃培养25小时。种子缸的温度为49～50℃，缸内放些乳酸钙培养两天。在发酵缸中于49～50℃发酵两天，发酵液的浓度为5～18%。在发酵过程中不断用$CaCO_3$调节pH值，使pH在5.5～6之间，发酵是否结束可由CO_2的减弱测知。发酵终了，加入H_2SO_4使$CaSO_4$沉淀。滤去$CaSO_4$，减压浓缩滤液得80%纯乳酸产品。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Sn^{4+}, Ti^{4+}	pH5.0～5.5，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Al^{3+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}

参考文献

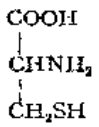
〔1〕 H. J. 李姆著（德），徐浩译：《工业微生物学》，p. 69～71，1975.

半胱氨酸 Ⅱ-4(2)-0014

Cysteine

别名 L-2-氨基-3-巯基丙酸 L-2-Amino-3-mercaptopropanoic acid

结构式



分子式 $C_3H_7NO_2S$ **分子量** 121.16

理化性质 白色结晶性粉末，溶于无机酸和碱，在空气中长期暴露易氧化成胱氨酸。比旋光 $[\alpha]_D^{20}$ 200～203°。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	1.88	8.15	10.29	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	17.38	14.69	12.47	10.44	8.44	6.44	4.47	2.67	1.37	0.48	0.08	0.01

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Hg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}	ZnHL
lgK_1	14.4	4.7	9.82	11.6	9.17	6.30
lgK_2	—	—	—	—	9.01	—

合成方法

1. 将胱氨酸溶于盐酸中，加几片锡箔还原。锡溶解时没有氢气产生。对溶液进行稀释，立即有氢气放出。在锡溶液中通H_2S使之产生沉淀，并将溶液蒸发至干。用乙醇溶解半胱氨酸盐酸盐的结晶，用氨小心使半胱氨酸沉淀。但应避免使氨气过量。滤出沉淀，用乙醇洗涤，然后真空快速干燥[1,2]。

2. 按Friedman[2]的方法，用Sn和HCl还原50 g胱氨酸，在水浴上蒸发混合物到70ml。在室温放置24小时，可得半胱氨酸盐酸盐晶体。倾去母液，加纯丙酮，晶体与之一起尽可能地研细。抽滤，再按上法反复用丙酮进行处理直至丙酮无色。然后将产品在H_2SO_4上面进行

真空干燥[43]。

用途 络合隐蔽剂，氧化还原隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}, Hg^{2+}, Tl^{+}	pH5.5,二甲酚橙指示剂，Pb^{2+}反滴EDTA，测定Al^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}和Zn^{2+}

参考文献

〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅳ., Van Chong book Company, p. 120, 1948.
〔2〕 E. Baumann: *Z. Physiol. Chem.*, 8, 300, (1884).
〔3〕 E. Friedman: *Hofmeisters. Beitr.*, 4, 504, (1904).
〔4〕 O. Warburg: *Biochem.* 2 (187), 255, (1927).

2,3-二巯基丙醇 Ⅱ-4(2)-0015

2,3-Dimercaptopropanol

别名 BAL; British Anti-Lewisite; 二硫代甘油，Dithioglycerol

结构式

分子式 $C_3H_8OS_2$ **分子量** 124.21

理化性质 无色或微黄色透明液体，有类似葱蒜的气味，相对密度1.2358(25/4°)，沸点120℃(15mmHg)。溶于水，可防止砷，汞，铋，金和锑等金属对身体组织的中毒作用。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	8.58	10.68	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	17.26	15.26	13.26	11.26	9.26	7.26	5.27	3.36	1.83	0.78	0.17	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Fe^{2+}	FeOHL	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	—	30.7①	5.23	—	13.5
lgK_2	15.8 (lgβ_2)	—	5.20	22.8 (lgβ_2)	9.8

① t=25℃, μ=0.1

合成方法[1] 将1000 g 2,3-二溴丙醇与12.6 l NaHS溶液置于一个密闭的容器内，使其在室温反应数天。用通常的方法分离化合物，得产品366 g (64%)。

提纯方法[1] 将360 g粗2,3-二巯基丙醇与4 l蒸馏水在室温摇动三小时，然后静置过夜。上

层清液用Whatman No.1滤纸过滤，以除去油珠；在滤液中加入1900 g $(NH_4)_2SO_4$，然后用1 l 苯萃取。苯萃取物用 Na_2SO_4干燥。过滤，将滤液减压（40～50℃）蒸馏，再将所得液体在高真空下蒸馏。取中间馏分的80%供检查使用，将低沸点的部分和高沸点的部分全部弃去。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Ag^+, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}, Zn^{2+}	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Ba^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}
Bi^{3+}, Pb^{2+}	pH2.5～3，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Th^{4+}

参 考 文 献

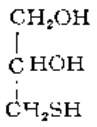
〔1〕 L. A. Stocken: *J. Chem. Soc.*, 592, (1947).

3-巯基-1,2-丙二醇 Ⅱ-4(2)-0016

3-Mercaptopropane-1,2-diol

别名 3-硫代甘油 3-Thioglycerol

结构式



分子式 $C_3H_8O_2S$ **分子量** 108.15

理化性质 粘稠状液体，相对密度$D^{14.4°}$1.295，易溶于水。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.5M〕

	HL	L⁻
pK	9.28	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	8.28	7.28	6.28	5.28	4.28	3.28	2.28	1.30	0.19	0.08	0.01

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.5M〕

金属离子	Pb^{2+}
lgK_1	6.63
lgK_2	5.87
lgK_3	3.40

合成方法[1] 将 1 mol α-氯代甘油和 2 mol KHS 在乙醇溶液中回流反应，反应完毕后进行脱色，回收乙醇得产品。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

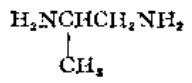
[1] *Beil.*, 1,519.

1,2-丙二胺　　Ⅱ-4(2)-0017

1,2-Propylenediamine

别名　DL-1-甲基乙二胺　DL-1-Methylethylenediamine; 1,2-二氨基丙烷1,2-Diaminopropane; Pn

结构式



分子式　$C_3H_{10}N_2$　　**分子量**　74.13

理化性质　无色液体，易吸水，呈强碱性。氨味，溶于水。闪点 160°F，有腐蚀性，易燃。相对密度D_4^{25}0.8580～0.8610，沸程（95%）119.5～121.5℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.61	9.72	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	14.33	12.33	10.33	8.33	6.34	4.43	2.87	1.74	0.80	0.18	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.42①	6.41②	10.44	—	7.29	—	5.89①
lgK_2	4.55①	5.06②	8.96	23.53③ (lgβ_2)	6.14	8.26④ (lgβ_2)	4.98①
lgK_3	2.15①	3.25②	—	—	4.18	—	1.70①

① t=30℃; μ=0.1; ② t=25℃, μ=1.0; ③ t=25℃, μ=0.1; ④ t=25℃, μ=0.2

合成方法[1,2]　用过量的乙醇氨溶液与溴化乙烯(1,2-二溴乙烷)混合，在100℃加热3～4天。用过量KOH固体干燥，并于水浴上加热，以除去乙醇和氨。蒸出丙二胺，并用金属钠干燥。

用途　络合隐蔽剂。

参 考 文 献

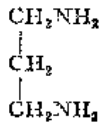
[1] A. W. Hafmann; *Ber.*, 6, 308 (1873).
[2] F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅱ, Van Chong book Company, p. 451, 1948.

1,3-丙 二 胺 Ⅱ-4(2)-0018

1,3-Diaminopropane

别名 三亚甲基二胺 Trimethylene diamine

结构式



分子式 $C_3H_{10}N_2$ **分子量** 74.13

理化性质 无色液体，易溶于醇和醚，溶于水，丙酮、苯、石油醚和乙酸乙酯。闪点75°F。相对密度(D_4^{25})0.8830～0.8850，沸程(95%)137.5～139.5℃。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	8.98	10.72	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	17.70	15.70	13.70	11.70	9.70	7.70	5.70	3.74	2.01	0.83	0.18	0.02

3. 络合物形成常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	5.92①		9.77	6.39②
lgK_2	—	7.42 (lgβ_2)	7.17	4.39
lgK_3	—	0.61	—	1.23

① t=20℃，μ=0；②所有K值t=25℃，μ=1.0

合成及提纯方法 见第一分册。

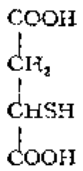
用途 络合隐蔽剂。

DL-巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0019

DL-Mercaptobutanedioic acid

别名 硫代苹果酸 Thiomalic acid；巯基琥珀酸Mercaptosuccinic acid

结构式



分子式 $C_4H_6O_4S$ **分子量** 150.15

理化性质 无色结晶或白色粉末，具有硫化物气味。溶于水、醇、乙醚和丙酮；微溶于苯。

其溶液遇氯化铁产生蓝色，但很快消失。熔点152～155℃。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0]

	H_3L	H_2L^-	HL^{2-}	L^{3-}
pK	2.30	4.60	10.38	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lg\alpha$	15.28	12.30	9.46	7.14	5.53	4.40	3.38	2.38	1.40	0.53	0.09	0.01

3. 络合物形成常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

金属离子	Ag^+	Co^{2+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	7.85	6.85	9.94	7.67	8.24

合成方法[1] 将23.2 g苹果酸，20 g硫代乙酸溶于80ml乙酸乙酯中，回流1小时，冷却，加入400ml苯提取，加活性炭脱色，过滤除去炭，回收苯得粗品。粗品精制后得32 g乙酰基硫代苹果酸，熔点126℃。以后再进一步水解得硫代苹果酸，熔点150～151℃。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Bi^{3+}, Fe^{3+}	酸性，邻苯二酚紫指示剂，EDTA滴定Th^{4+}

参考文献

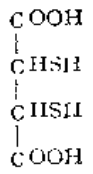
[1] A. Burger; C. A., 35, 2113b, (1941).

内消旋-2,3-二巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0026

meso-2,3-Dimercaptobutanedioic acid

别名 α,β-二巯基琥珀酸 α,β-Dimercaptosuccinic acid；二硫代酒石酸Dithiotartaric acid

结构式



分子式 $C_4H_6O_4S_2$ **分子量** 182.21

理化性质 白色结晶，溶于水，微溶于醇。熔点192～193℃。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

	H_4L	H_3L^-	H_2L^{2-}	HL^{3-}	L^{4-}
pK	2.11	5.48	8.89	10.79	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	21.87	17.94	14.43	11.80	9.69	7.68	5.69	3.73	2.04	0.97	0.21	0.03

3. 络合物形成常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

金属离子	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	11.69	14.42
lgK_2	1.64	3.32

合成及提纯方法[1,2] 将7.5ml硫代乙酸（CH_3COSH）加到10g乙炔二羧酸钾（丁炔二酸钾，KOOC≡COOK）溶于100ml水的溶液中，在0～25℃反应，反应后酸化并在水浴中保温，然后浓缩即得粗品，它可用水重结晶。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}, Mg^{2+}

参 考 文 献

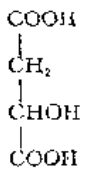
[1] A. Ernst; *Brit.*, 716, 647, *Oct.*, 13, (1954).
[2] O. C. Dermer; *C. A.*, 49, p. 12530f, (1955).

L-羟基丁二酸 Ⅱ-4-(2)-0021

L-Hydroxybutanedioic acid

别名 L-苹果酸 L-malic acid

结构式



分子式 $C_4H_6O_5$ **分子量** 134.09

理化性质 L-苹果酸（左旋苹果酸）是最常见的苹果酸。白色晶体，有不愉快的酸味。相对密度1.595(20/4°)，熔点99～100℃，沸点约140℃（分解）。易溶于水，溶于乙醇，乙醚和甲醇。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0]

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.46	5.10	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	6.56	[illegible]	2.69	1.24	0.26	0.05

3、络合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}
$\lg K_1$	1.45	2.70①	1.96	2.36	2.86	3.42	4.78	4.96	4.85	2.6
金属离子	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}
$\lg K_1$	7.1	4.76	4.90	4.37	5.08	1.70	2.24②	4.77	3.17	2.45①
金属离子	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}				
$\lg K_1$	4.65	4.89	5.00	4.91	5.05	2.93				

①t=25℃，μ=1.0；②t=25℃，μ=0.16

合成方法[1,2] 将25 g天冬酰胺溶于50ml稀HNO_3中，通入氮的氧化物7小时，并将溶液放在蒸汽浴中加热。当氮气停放后，用KOH中和，并加$Pb(Ac)_2$。收集沉淀，用温水洗涤，再将沉淀悬浮在水中，用H_2S分解。滤去PbS，滤液在蒸汽浴上浓缩到成浆状。将残渣溶于丙酮中、过滤，滤液真空蒸馏，除去丙酮，得晶状产品。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

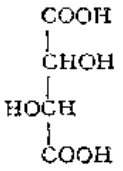
〔1〕 F. J. Welcher, "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅱ, Van Chong book Company, p. 111, 1948.
〔2〕 P. Walden, *Ber.*, 28, 2771. (1895).

D-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0022

D-2,3-Dihydroxybutanedioic acid

别名 D-酒石酸 D-Tartaric acid

结构式



分子式 $C_4H_6O_6$ **分子量** 150.09

理化性质 D-酒石酸即右旋酒石酸，无色晶体，熔点170℃，相对密度1.76，溶于水，乙醇和乙醚。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.04	4.37	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
$\lg\alpha$	5.41	3.45	1.70	0.56	0.09	0.01

3、络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.05M〕

金属离子	Al^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	Bi^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}
$\lg K_1$	5.32①	2.95②	1.74①	—	2.98②	2.8②	2.1②	3.2②	4.13	4.14
$\lg K_2$	—	—	—	—	6.30	—	—	1.91	—	—
$\lg K_3$	—	—	—	8.30② ($\lg\beta_3$)	—	—	—	−0.33	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	—	—	—	—	1.37	—	—

金属离子	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}
$\lg K_1$	4.33	2.2③	6.49③	4.15	7.0④	4.14	4.40①	4.61②	4.32	1.36⑤
$\lg K_2$	—	—	—	—	—	—	—	2.98	—	—

金属离子	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	$Pb(OH)_2L^{2-}$	Pr^{3+}	Ra^{2+}	Sm^{3+}	Sn^{2+}
$\lg K_1$	2.49④	4.20	2.06①	3.12④	14.1	4.08	1.24⑥	4.27	5.2③

金属离子	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tm^{3+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	1.65⑤	4.06	4.18	4.03	4.26	2.68②
$\lg K_2$	—	—	—	—	—	5.64

① $t=25℃$, $\mu=1.0$; ② 所有K值$t=25℃$, $\mu=0$; ③ $t=20℃$, $\mu=0.1$; ④ $t=25℃$, $\mu=0.1$; ⑤ t未标明, $\mu=0.2$; ⑥ $t=25℃$, $\mu=0.16$

合成方法[1] 将DL-酒石酸与α-苄基酚酞胺水溶液反应，得α-苄基酚酞胺的L-酒石酸盐，熔点72℃，产率18%，可做成$Pb(CHOHCOO)_2$盐而分离。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}, Zn^{2+}	pH12～13, N,N'-二(亚水杨基)乙二胺沉淀Ni^{2+}
Al^{3+}, Ca^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}	pH6～7.5, Cu-PAN指示剂，EDTA滴定Mn^{2+}
Al^{3+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}	pH5.5, Sn^{4+}, 加热隐蔽，Cu-PAN指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, In^{3+}, La^{3+}, Mn^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}
Cu^{2+}, Fe^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}	pH1.2, 抗坏血酸存在下，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}
Fe^{2+}, Mo^{6+}, Sn^{2+}	pH2.0, Cu-PAN指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, In^{3+}, Sn^{4+}
Fe^{3+}	pH10, KCN存在下，可隐蔽毫克量Fe^{3+}, 100mg Fe^{2+}, 铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}
Fe^{3+}	pH1.0～1.5, 苯甲酰乙酰苯胺沉淀Ti^{4+}
Mo^{6+}, Nb^{5+}, Sb^{3+}, UO_2^{2+}, W^{6+}	pH7.0, 电位滴定Cd^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}
Sb^{3+}, UO_2^{2+}	pH5～6, PAN指示剂，EDTA滴定Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, 稀土金属离子和Zn^{2+}

参考文献

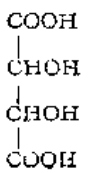
[1] A. R. Rose, *C. A.*, 20, 1219, (1926).

内消旋-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0023

meso-2,3-Dihydroxybutanedioic acid

别名 内消旋酒石酸 *meso*-Tartaric acid

结构式



分子式 $C_4H_6O_6$ **分子量** 150.09

理化性质 无色晶体，无水物熔点为205℃。其他性质见D-酒石酸。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	3.17	4.91	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	6.08	4.11	2.30	1.01	0.26	0.03

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Nd^{3+}	Pb^{2+}
lgK_1	5.62	1.74①	3.52	6.66	4.97	4.39	5.08	3.59
lgK_2	4.33	—	2.52	5.64	4.77	3.01	3.45	—

① t=25℃，μ=1.0

合成方法[1] 取200g D-酒石酸，700g NaOH溶于 1.4l H_2O中，混匀并加热煮沸4小时。然后用1.4l浓HCl中和，过滤，在滤液中加盐酸使呈酸性。煮沸后用NaOH调节pH至微碱性。在热溶液中加300g无水$CaCl_2$的饱和溶液，使DL-酒石酸钙及内消旋酒石酸钙沉淀。

将混合物放置一周后滤出沉淀，用冷水洗涤至不含氯化物为止。于40～50℃干燥，产量246～315g，产物为$C_4H_4O_6Ca\cdot4H_2O$。将其悬浮在800ml水中，用计算量（每1g盐用0.4g）的浓H_2SO_4（95～96%）处理，再将其温热30～40小时，趁热过滤，用热蒸馏水充分洗涤$CaSO_4$。

合并滤液和洗液，在蒸汽浴上蒸发到体积为200ml，室温放置24小时或更长时间后过滤。结晶在相等重量的蒸馏水中重结晶，即为DL-酒石酸。产量65～75g。原滤液为糖浆状，主要是内消旋的酒石酸及少量未变化的D-酒石酸。用等体积的水稀释并分成两等份。一份以酚酞为指示剂用KOH中和至刚好变色，再加入第二份。放置24小时后将D-酒石酸氢钾滤出。滤液用氨水中和，再加乙酸使呈酸性。然后用过量的$CaCl_2$溶液（约500ml 25%溶液）处理。放置一周后把内消旋酒石酸钙滤出，用冷蒸馏水洗涤，可再用沸水重结晶，产量为42～55g（相当于原来D-酒石酸的13～17%）。所得钙盐可悬浮于水中，用浓H_2SO_4处理，再将其温热30～40小时，趁热过滤，用热蒸馏水洗$CaSO_4$。合并滤液和洗液，在蒸汽浴上蒸发并在室温下放置24小时，过滤，在等体积的蒸馏水中重结晶即得内消旋酒石酸产品。

用途 络合隐蔽剂。

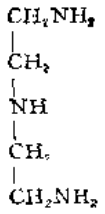
参 考 文 献

〔1〕 H. Gilman; "Organic Syntheses", Coll. I, p. 493, 1956.

二亚乙基三胺 Ⅱ-4(2)-0024

Diethylene triamine

结构式



分子式 $C_4H_{13}N_3$ **分子量** 103.17

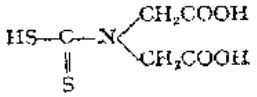
用途 络合隐蔽剂。

其他见本分册Ⅱ-3-0002。

N,*N*-双（羧甲基）二硫代氨基甲酸 Ⅱ-4(2)-0025

N, *N*-Bis(Carboxymethyl)dithiocarbamic acid

结构式



分子式 $C_5H_7NO_4S_2$ **分子量** 219.56

理化性质 白色结晶性粉末，溶于水和乙醇。

理化参数

络合物形成常数〔温度(*t*)20℃；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

金属离子	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
$lg\beta_2$	11.2	21.5	7.9	15.5	<4.5

合成方法[1] 13.3 g 的亚氨基二乙酸（0.1*M*）溶于150ml甲醇碱性溶液（含16.8g KOH）边搅拌边滴加8ml二硫化碳（～0.1*M*）。在水浴上将溶液加热至30℃，不断摇动并保温20～25分钟，冷却至4～0℃。将沉淀滤出，用甲醇洗涤数次后再用乙醚和甲醇（1:1）洗，于干燥器中干燥至恒重。

经氮、硫、碳的元素分析，化合物的组成为 $(KOOCH_2C)_2NCSSK$，若用稀盐酸酸化可得游离酸。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

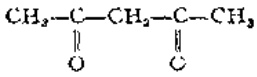
〔1〕 Ф. М. Тулюпа, Ю. И. Усатенко, и В. А. Павличенко; *Зав. Лаб.*, 34(1), 14, (1968).

乙 酰 丙 酮 Ⅱ-4(2)-0026

Acetylacetone

别名 2,4-戊二酮 Pentane-2,4-dione

结构式



分子式 $C_5H_8O_2$ **分子量** 100.11

理化性质 无色液体，具有酯的气味。相对密度0.9753(20/20°)，沸点140.5℃，凝固点－23.5℃。溶于水、乙醇、氯仿、乙醚、苯丙酮和冰乙酸。易水解成乙酸和丙酮。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	8.99	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.99	6.99	5.99	4.99	3.99	2.99	1.99	1.03	0.30	0.04

3．络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

金属离子	Al^{3+}	Be^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Cr^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}
lgK_1	8.6①	7.90	3.83	5.30	5.96②	5.40	8.27	4.06③	6.08③	5.1①
lgK_2	7.9	6.69	2.82	3.97	5.74	4.14	8.07	4.64④	4.59④	4.6
lgK_3	5.8	—	—	3.38	—	—	—	3.30④	3.43④	3.4

金属离子	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Gd^{3+}	Hf^{4+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	In^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}
lgK_1	5.07①	9.8①	9.4①	5.90③	8.7	—	6.07③	8.0①	5.1①	6.15③
lgK_2	3.60	9.0	8.4	4.48④	6.7	21.5⑤ (lgβ_2)	4.66④	7.1	3.9	4.85④
lgK_3	—	7.4	5.9	3.42④	6.4	—	3.37④	—	2.9	3.60④
lgK_4	—	—	—	—	6.3	—	—	—	—	—

金属离子	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Np^{4+}	NpO_2^+	Pb^{2+}	Pd^{2+}	Pr^{3+}
lgK_1	3.65	4.21	5.6①	6.06⑥	8.58②	4.08	—	16.4	5.4①
lgK_2	2.60	3.09	4.3	4.71	8.65	2.92	6.32 (lgβ_2)	11.1	—
lgK_3	—	—	3.2	2.32	6.77	—	—	—	3.0
lgK_4	—	—	—	—	6.28	—	—	—	—

金属离子	Pu^{4+}	Sc^{3+}	Sm^{3+}	$(CH_3)_2Sn^{2+}$	Tb^{3+}	Th^{4+}	Ti^{3+}	Tm^{3+}
lgK_1	10.5③	8.0①	5.9①	6.6③	6.02③	8.8①	10.43②	6.14③
lgK_2	9.2③	7.2	4.5	—	4.61④	7.4	8.39	4.71④
lgK_3	8.4③	—	3.2	—	3.37④	6.3	6.08	3.45④
lgK_4	6.0③	—	—	—	—	4.2	—	—

金属离子	U^{4+}	UO_2^{2+}	V^{2+}	VO^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	8.6③	7.7	5.38②	8.68	6.4①	6.18③	5.06	8.4
lgK_2	8.4③	6.4	4.81	7.16	4.7	4.86③	3.94	7.6
lgK_3	6.4②	—	4.51	—	2.8	3.56③	—	7.2
lgK_4	6.1③	—	—	—	—	—	—	6.9

① 所有K值t=30℃，μ=0；② 所有K值t=25℃，μ=1.0；③ t=25℃，μ=0.1；④ t=30℃，μ=0.1；⑤ t=30℃，μ=0.5；⑥ 所有K值t=20℃，μ=0；⑦ t=30℃，μ=0.7

合成方法 将25g金属钠丝快速地加入含有大约20ml无水乙醚的1.5l烧瓶中，装上冷凝管，并在冷冻浴中冷却。同时冷却225ml没有乙醇的纯乙酸乙酯，将其加至上述含有金属钠的烧瓶中。然后分批加入79ml丙酮，此时同样需要冷却并经常要摇动烧瓶。小心丙酮不要加得太多，因反应剧烈；但也不要加得太慢，因在此条件下会产生相当数量的乙酰乙酸乙酯。加入丙酮之后，使烧瓶继续在冷冻浴中保留几小时，然后在室温放置12小时。加350～400ml冰水以溶解乙酰丙酮的钠盐。从乙酸乙酯层上面分离出水层，用乙酸慢慢酸化水层，煮沸，在几小时内分批加完含有125g $Cu(Ac)_2$粉末的1500ml水，滤去不溶性的碱式盐。这时溶液应保持微热，直到含乙酰丙酮的酸性溶液有乙酰丙酮铜沉淀。将沉淀放置几小时，过滤，然后将潮湿的沉淀悬浮于乙醚中。边摇动边慢慢加稀H_2SO_4，直到固体消失。在分液漏斗中除去下层的$CuSO_4$溶液，用$CaCl_2$除去乙醚层的水。在水浴上蒸去乙醚，分馏残留部分。收集沸点在125～140℃部分的溶液[1]。然后二次分馏进行提纯[2,3]。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Be^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}, Pd^{2+}, Ti^{4+}, U^{4+}	pH5～6, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ti^{4+}, 部分隐蔽，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Pb^{2+}, Zn^{2+}
Al^{3+}, UO_2^{2+}	pH7, 电位法，以EDTA滴定La^{3+}, Zn^{2+}
Al^{3+}, Th^{4+}	pH7, 与柠檬酸联合隐蔽，电位法，EDTA滴定Zn^{2+}
Mo(Ⅵ)	强酸性，EDTA滴定Bi^{3+}

参考文献

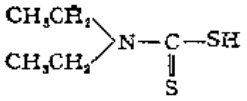
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagent", Vol. I., Van Chong book Company, p 404, 1948.
〔2〕 J. M. Sprague, L. J. Beckham and H. Adkims: *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 2665, (1934); *C. A.*, 29, 733, (1935).
〔3〕 F. Feigl and E. Bäcker: *Monatsh*, 49, 385, (1928); *C. A.*, 22, 3659, (1928).

二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-4(2)-0027

Diethyldithiocarbamic acid

别名 DDTC

结构式



分子式 $C_5H_{11}NS_2$ **分子量** 149.27

理化性质 白色结晶性粉末，极不稳定，在极微弱的酸性介质中也会发生分解，pH4的"半分解期"为0.5分钟；pH5的"半分解期"为4.9分钟。易溶于氯仿、四氯化碳等有机溶剂中。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L^-
pK	3.6	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.6	1.7	0.7	0.15	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.01M，75%二氧六环〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Cu^{2+}	UO_2^{2+}
lgK_1	8.3	14.9①	14.9②	—
lgK_2	—	13.9①	13.9②	17.49③ ($lg\beta_4$)

① t =23～27℃，μ=0.01MNaOH，75%乙醇；②t =20℃，μ=75%乙醇；③t =25℃，μ=1.0

合成方法[1] 取6 ml重蒸馏的二乙胺与20ml氯仿混匀，加入2 ml重蒸馏的二硫化碳，减压浓缩至有白色结晶析出，过滤，结晶用少量乙醇洗涤，干燥后即得纯品。

用途 络合隐蔽剂，沉淀隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Bi^{3+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Ba^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Sr^{2+}, Zn^{2+}

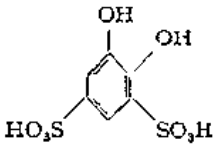
参 考 文 献

〔1〕 杭州大学化学系分析化学教研室：《分析化学手册》，第一分册，化学工业出版社，p. 145，1979。

1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸 Ⅱ-4(2)-0028

1,2-Dihydroxybenzene-3,5-disulphonic acid

结构式



分子式 $C_6H_6O_8S_2$ **分子量** 238.17

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Fe^{3+}, Ti^{3+}	碱性，铬黑T指示剂，EDTA滴定Mn^{2+}
Al^{3+}	pH5.2，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}

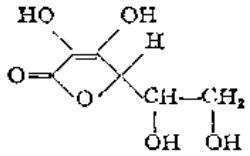
其他见本分册Ⅱ-2(2)-0004

L-抗坏血酸 Ⅱ-4(2)-0029

L-Ascorbic acid

别名 VC_1 维生素C Vitamin C

结构式



分子式 $C_6H_8O_6$ **分子量** 176.12

理化性质 白色或微黄色晶体或粉末，有酸味，熔点190～192℃（分解）。不纯制品和存在于天然产物中时不稳定，在贮存或腌渍，烹调时易破坏。干燥纯品在空气中是稳定的。溶于水，稍溶于乙醇，不溶于乙醚、氯仿、苯、石油醚、油类和脂肪中。易被氧化，是强还原剂。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	4.03	11.34	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	13.37	11.37	9.41	7.66	6.38	5.34	4.34	3.34	2.34	1.36	0.50	0.09	0.01

3．络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ag^+	$AlHL^{2+}$	Ca^{2+}	$CdHL^+$	$CoHL^+$	$CuHL^+$	Fe^{2+}	$MnHL^+$
lgK_1	3.66	1.89	1.4①	1.3②	1.4②	1.57③	1.99①	1.1②
lgK_2	—	1.66	—	—	—	—	—	—

金属离子	$NiHL^+$	Pb^{2+}	UO_2HL^+	$VO_2H_2L^+$	$ZnHL^+$
lgK_1	1.1②	1.77	3.35	2.69④	1.0②
lgK_2	—	—	0.97	—	—

① t=25℃，μ=3.0；② t=25℃，μ=0；③ t=0，μ=0.1；④ t=25℃，μ=1.0

合成方法

1．D-和L-木糖醛酮的制备：取D-或L-木糖脎干细粉10 g与90ml浓HCl于15℃混和，在激烈摇动下很快温热到40℃，并保温至溶液呈亮暗红色为止。立即冷至25℃，在此温度保持10分钟，然后在冰浴中冷却15分钟。通过玻璃毛过滤除去盐酸苯肼的结晶，用少量浓HCl洗涤。滤液用1 l水稀释，用$PbCO_3$中和过滤。将淡黄色滤液冷却至0℃，用$Ba(OH)_2$调到刚至碱性，得淡黄色木糖醛酮的$Pb(OH)_2$络合物沉淀，用倾注法洗涤沉淀两次并离心收集沉淀。将铅的化合物在搅拌下加入含有2.5 g H_2SO_4的60ml水中。过量的酸用$BaCO_3$中和，加入活性炭，过滤。溶液中木糖醛酮的量为0.35g（以木糖脎确定）。

2．D-和l-ϕ-抗坏血酸的合成 取木糖醛酮2 g溶于350ml水中，再与含1.6 g $CaCl_2$和1.2 g KCN的水溶液混合。使不含氧的细小氮气流连续地通过上述溶液，立即有氨逸出。接着用N/50碘在酸性溶液中滴定试样。在20分钟内反应完全。钙用等当量的草酸沉淀。加几滴乙酸以使滤液保持酸性。将溶液在35℃于一个大气压在CO_2中浓缩到粘稠状。用I_2滴定法确定ϕ-抗坏血酸为1.8 g。用乙醇提取浆状物，过滤除去无机物。

3. D-和L-抗坏血酸的合成　将浆状ϕ-抗坏血酸（含1.8g活性物质，以碘滴定法确定）溶于20ml 8%HCl中。将溶液在45～50℃于一个大气压在CO_2气流中硝化26小时。酸性水溶液的吸收光谱带在245nm处，而钠盐的吸收光谱带移向265nm处。谱带强度表明的抗坏血酸的浓度跟用I_2在酸性滴定时所确定的浓度完全相同。

溶液用没有氧的水稀释，加入$Pb(Ac)_2$（不是碱性）以除去大部分的（不是十分完全的）HCl。在这一步溶液基本上保持酸性。铅以硫化物的形式收集，将淡黄色液体于35℃在减压下浓缩到粘稠状。用无水乙醇提取浆状物，小心地将无水乙醚加到乙醇溶液中，此时有相当量的无机物沉淀析出。此操作重复两次。将溶剂蒸发掉，得到浆状物。虽然此物可在少量丙酮中全部溶解，但仍含有无机杂质。加入大大过量的无水丙酮，大量无机杂质即沉淀析出。在丙酮溶液中加乙醚到出现稳定的混浊态并在0℃保持三小时，有少量浆状物析出。倾出溶液于30℃在一大气压于CO_2气流中浓缩，得到无色抗坏血酸晶体（1.2g），用丙酮洗涤，熔点190℃。酸性水溶液的吸收光谱和中性溶液（C，0.002）的吸收光谱与天然抗坏血酸的吸收光谱完全相同（谱带分别在245和262nm，ε7500）[1]。

用途　氧化还原隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}	pH2.5，邻苯二酚紫指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}, Th^{4+}
Fe^{3+}	pH1～2，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}
Cu^{2+}, Hg^{2+}	pH5～6，在KI存在下，PAN指示剂，EDTA滴定Zn^{2+}
Fe^{3+}	4M HCl，磷酸三丁酯萃取Ga^{3+}
Fe^{3+}	pH1～3，变色酸光度法测定TiO_2

参考文献

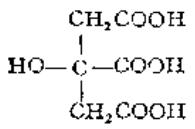
[1] R. G. Ault, et. al.: *J. Chem. Soc.*, 2, 1419, (1933).

柠檬酸　　Ⅱ-4(2)-0030

Citric acid

别名　2-羟基丙烷-1,2,3-三羧酸　2-Hydroxypropane-1,2,3-tricarboxylic acid

结构式



分子式　$C_6H_8O_7$　　**分子量**　192.12

理化性质　一水物约100℃熔解；无水物，相对密度1.542(18/4°)，熔点153℃，无色晶体或粉末，有强酸味，溶于水，乙醇和乙醚。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	H_3L	H_2L^-	HL^{3-}	L^{3-}
pK	3.13	4.76	6.40	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lg\alpha$	11.29	8.32	5.53	3.24	1.61	0.56	0.10	0.01

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃，离子强度（μ）0〕

金属离子	$AgHL^-$	Al^{3+}	$AlHL^+$	Am^{3+}	Ba^{2+}	Be^{2+}	BK^{3+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}
$\lg K_1$	7.1	20.0	7.0	7.74①	2.76①	4.5②	7.89①	4.68①	11.3	7.39①
$\lg K_2$	—	—	—	3.16①	—	—	3.31①	—	—	3.01①

金属离子	Cf^{3+}	Cm^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}
$\lg K_1$	7.93①	7.74①	12.5	14.2	9.34	9.41	9.46	15.5	25.0	10.02①
$\lg K_2$	3.27①	3.16①	—	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Gd^{3+}	Hg^{2+}	Ho^{3+}	La^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}
$\lg K_1$	9.38	10.9	9.39	9.18	7.17①	9.67	3.37①	3.76③	9.51	14.3	4.08④
$\lg K_2$	—	—	—	—	3.03①	—	—	—	—	—	2.02④

金属离子	Pr^{3+}	Ra^{2+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Tl^{+}	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	9.50	2.36③	4.11	9.30	1.48	9.55	7.4①	9.42	9.65	11.4

① t=25℃，μ=0.1；② t=34℃，μ=0.15；③ t=25℃，μ=0.16；④ t=25℃，μ=2.0

合成方法 见第一分册。

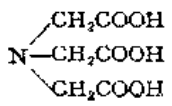
用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Fe^{3+}	pH8.7～9.3，氨缓冲液，双环己酮草酰双腙(BCO)光度法测定Cu^{2+}
Ba^{2+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, Mo^{4+}, Nb^{5+}, Sb^{3+}, Ta^{5+}, Th^{4+}, Ti^{4+}, UO_2^{2+}, W^{4+}, Zr^{4+}	pH7，电位法测定Cd^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Y^{3+}, Zn^{2+}
Ca^{2+}, Mg^{2+}	pH6～10，1M柠檬酸盐
Sn^{2+}, Th^{4+}, UO_2^{2+}, Zr^{4+}	pH5～6，PAN指示剂，EDTA滴定Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}

氨三乙酸 Ⅰ-4(2)-0031

Nitrilotriacetic acid

结构式



分子式 $C_6H_9NO_6$ **分子量** 191.14

用途 络合隐蔽剂。

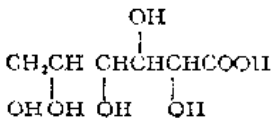
其他见本分册Ⅰ-3-0004。

D-葡萄糖酸 Ⅱ-4(2)-0032

D-Gluconic acid

别名 D-2,3,4,5,6-五羟基己酸 D-2,3,4,5,6-Pentahydroxyhexanoic acid

结构式



分子式 $C_6H_{12}O_7$ **分子量** 196.16

理化性质 无色针状结晶或白色粉末。易溶于水，微溶于醇。比旋光度 $[\alpha]_D^{20}$ $-5.0°\sim-3.5°$。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	HL	L^-
pK	3.86	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.86	1.86	0.92	0.24	0.03

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.2M〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}
lgK_1	0.95①	1.21①	—	2.40	2.50	2.74	1.0②	2.66	2.42	2.32
lgK_2	—	—	2.10② (lgβ_2)	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Y^{3+}
lgK_1	2.85	0.70①	2.66	1.82	2.6③	2.60	2.76	1.00①	2.47	2.40
金属离子	Yb^{3+}	Zn^{2+}	—	—	—	—	—	—	—	—
lgK_1	2.80	1.70①	—	—	—	—	—	—	—	—

① t未标明，μ=0.2；② t=25℃，μ=1.0；③ t=25℃，μ=0.1

合成方法 在带塞的瓶中将50 g葡萄糖溶于400ml水，用100 g溴处理，塞好瓶塞。在室温放三天经常摇动。在搅拌下煮沸直到溴除尽。冷却稀释至500ml。用$PbCO_3$悬浮水溶液中和。过滤，将沉淀悬浮于水中并通入H_2S使之饱和，过滤。滤液煮沸30分钟，用$Ca(OH)_2$中和。将滤液蒸发至大约100ml，加入葡萄糖钙晶种，放置24小时，吸滤。用冷水洗涤沉淀，将沉淀重新溶于少量热水中，煮沸，用少量活性炭脱色。滤去活性炭，滤液用计算量的草酸水溶液处理，除去所有的钙。滤去草酸钙，洗涤并在水浴上减压蒸发洗液和滤液，直至呈浆状[1,2]。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

[1] H. K Hant and S. Kleemann; *Ber.*, 17, 1298, (1884).

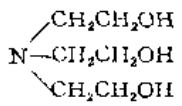
[2] F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅱ, Van Chong book Company, p. 109, 1943.

三 乙 醇 胺

Ⅱ-4(2)-0033

Triethanolamine

结构式



分子式 $C_6H_{15}NO_3$ **分子量** 149.19

理化性质 无色粘稠液体，在空气中逐渐变黄褐色。相对密度1.1242(20/4°)。熔点20～21℃，沸点360℃。有吸湿性，溶于水，乙醇和氯仿，微溶于乙醚和苯。具有碱性，能吸收二氧化碳和硫化氢等气体。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL^+	L^-
pK	7.80	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	6.80	5.80	4.80	3.80	2.80	1.90	1.00	0.21	0.03

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.5M〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	$Fe(OH)_4L^{4-}$	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	2.30	2.70①	1.73	3.9①	41.2②	6.90	2.27	2.00
lgK_2	1.34	1.90①	—	2.1①	—	6.18	0.82	—
lgK_3	—	0.61①	—	—	—	—	—	—

① t=25℃，μ=0.1；② t=18～25℃，μ=0.1

合成方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐 蔽 离 子	方 法 提 要
Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}	pH10.5～11，变色酸2R光度法测定Mg^{2+}
Al^{3+}, Fe^{3+}	pH10～12，在酸性条件下加入三乙醇胺再调PH，铬黑T指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}, Mg^{2+}
Cr^{3+}	pH12，在氨水存在下，甲基百里酚蓝指示剂，EDTA滴定Ca^{2+}
Mn^{2+}	pH11～12
Sn^{4+}, Ti^{4+}	pH10

三亚乙基四胺

Ⅱ-4(2)-0034

Triethylenetetraamine

结构式

$$H_2NCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$$

分子式 $C_6H_{12}N_4$ **分子量** 146.24

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cu^{2+}, Hg^{2+}	pH5.二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Pb^{2+}，Zn^{2+}

其他见本分册Ⅱ-3-0007。

水杨酸 Ⅱ-4(2)-0035

Salicylic acid

结构式 $C_7H_6O_3$ **分子量** 138.12

理化性质和理化参数 见本分册Ⅱ-2(2)-0005。

合成方法 将干燥的苯酚钠盐置于加压釜中，通入二氧化碳，压力控制在6kg/cm²，温度从100℃逐渐升至170℃，进行第一次羧化，约须12小时，放置。减压（20mmHg)蒸去苯酚，再以同样的方法加压羧化一小时，再以同样的方法回收苯酚。然后加水溶解成50%水杨酸钠溶液。在搅拌下逐渐加7～8%稀H_2SO_4至pH1～2为止，降温至30℃以下，离心过滤，甩干并真空干燥，得水杨酸粗品[1]。

提纯方法

升华法 在真空19～21mmHg下进行。

水重结晶法 将水杨酸按1:4加热溶于水中，加少许磷酸脱色，过滤，冷却，滤出结晶，真空干燥得成品[1]。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}	碱性，红紫酸铵指示剂，EDTA滴定Ni^{2+}

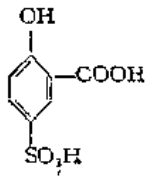
参考文献

〔1〕 医药产品生产工艺汇编一集，中国医药工业公司出版，p.100～101,(1966)。

5-磺基水杨酸 Ⅱ-4(2)-0036

5-Sulfosalicylic acid

结构式



分子式 $C_7H_6O_6S$ **分子量** 186.12

理化性质和理化参数 见本分册Ⅱ-2(2)-0006。

合成方法[1] 称取10 g 水杨酸及50 g 硫酸，置于烧杯中，徐徐加热半小时，待水杨酸溶解后放冷，析出结晶，以细菌漏斗过滤。滤出的结晶用饱和氯化钠溶液洗涤至洗液无色为止，干燥即为成品。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}	pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Mn^{2+}，Zn^{2+}（滴定Mn^{2+}需加抗坏血酸）
Al^{3+}，UO_2^{2+}	pH4.5，电位滴定Y^{3+}，Th^{4+}
Al^{3+}，Fe^{3+}，Nb^{5+}，Sn^{2+}，Ta^{5+}，Ti^{3+}，Zr^{4+}	pH4～4.5，丁酸/氯仿萃取稀土元素

参 考 文 献

〔1〕 陈执中编著：《氨羧络合剂及其在分析化学上的应用》，p. 57，1962.

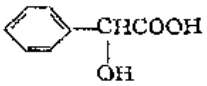
苦杏仁酸

Ⅱ-4(2)-0037

Mandelic acid

别名 扁桃酸；L-苯基羟乙酸 L-phenylhydroxyacetic acid

结构式



分子式 $C_8H_8O_3$ **分子量** 152.14

理化性质 无色结晶或结晶性粉末。易溶于热水，醚和异丙醇。见光变色。熔点117～119℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	HL	L^-
pK	3.40	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.40	1.42	0.55	0.10	0.01

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}
lgK_1	0.77①	1.45①	2.37	1.22②	2.60	2.66	2.54	2.53	2.63	2.28	2.82
lgK_2	—	—	—	0.52	—	—	—	—	—	—	—
lgK_3	—	—	—	0.93	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pr^{3+}	Sm^{3+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	2.52	1.41②	2.47	2.56	2.59	3.88③	2.57	2.56	2.84	1.51①
lgK_2	—	0.85	—	—	—	—	—	—	—	1.07
lgK_3	—	0.64	—	—	—	—	—	—	—	0.78

① t=25℃，μ=0；② 所有K值t=20℃，μ=2.0；③ t=20℃，μ=1.0

合成方法及提纯方法 见第一分册。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Ti^{4+}	pH6.5～5.8，NH_4F释放与Al^{3+}络合的EDTA，煮沸一分钟，冷却，Zn^{2+}回滴EDTA，二甲酚橙指示剂，测定Al^{3+}
Th^{4+}	pH1.0，H_2O_2存在下，偶氮氯膦Ⅲ光度法测定稀土元素

四亚乙基五胺 Ⅱ-4(2)-0038

Tetraethylenepentaamine

结构式

$$H_2NCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$$

分子式 $C_8H_{23}N_5$ **分子量** 189.31

用途 络合隐蔽剂。

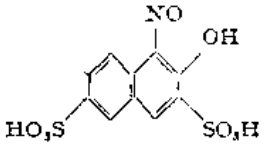
隐蔽离子	方法提要
Cd^{2+}，Co^{2+}，Cu^{2+}，Hg^{2+}，Ni^{2+}，Zn^{2+}	pH12，甲基百里酚蓝指示剂，EDTA滴定Ca^{2+} pH10，铬黑T指示剂，EDTA滴定Mg^{2+}

其他见本分册Ⅱ-3-0010。

亚硝基R盐 Ⅱ-4(2)-0039

Nitroso-R-Salt

结构式



分子式 $C_{10}H_7NO_8S_2$ **分子量** 333.29

理化性质及理化参数 见本分册Ⅱ-2(2)-0013。

合成方法[1]

1．R-盐的合成 将1份β-萘酚、3份浓（发烟）硫酸在100～110℃加热12小时，或与4份浓H_2SO_4在125～150℃加热5～6小时，用水稀释，加热至沸，加碳酸钡，滤出一磺酸钡盐，蒸发滤液，放置析出结晶。用冷水提取G-酸，R-酸不溶解。将R-酸转化成钠盐，加其重量的3～4倍的80～90%乙醇，残留的G-酸盐溶解，而R-酸盐不溶解，分离出R-盐纯品。

2．亚硝基-R-盐 将35 g纯R-盐溶解在400ml蒸馏水中，加入10ml浓盐酸，冷却至8～10℃，在搅拌下滴加7.2 g亚硝酸钠（溶于20ml水）水溶液，搅拌片刻，滤出结晶，用冷水洗，最后用乙醇洗，干燥即为成品。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Co^{2+}	pH3.5～4，分光光度法测定Ni^{2+}

参考文献

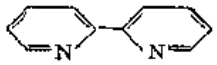
〔1〕 F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. I, p. 331, 1948.

2,2′-联吡啶 Ⅱ-4(2)-0040

2,2′-Bipyridyl

别名 α,α′-联吡啶 α,α′-Bipyridine

结构式



分子式 $C_{10}H_8N_2$ **分子量** 156.18

理化性质 白色或浅红色结晶粉末。易溶于醇、醚、苯、氯仿和石油醚；溶于水，其溶液遇亚铁离子显红色。熔点70～71℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	4.42	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.42	2.42	1.44	0.56	0.10	0.01

3. 络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ag^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Ga^{3+}	Hg^{2+}	CH_3Hg^{+}	In^{3+}
lgK_1	3.0①	4.18	5.80	—	6.33	4.20	4.52①	9.64②	5.86	4.75①
lgK_2	4.11	3.52	5.44	12.95② (lgβ_2)	—	3.70	3.18	7.06	—	3.25
gK_3	—	2.60	4.66	—	—	9.30	—	2.80	—	—

金属离子	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Tl^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	2.62	7.04	2.9	9.40①	5.13
lgK_2	2.00	6.81	—	6.70	4.37
lgK_3	0.93	6.31	—	3.95	3.70

① 所有K值t=25℃，μ=1.0；② 所有K值t=20℃，μ=0.1

合成方法[1] 取70 g无水吡啶与13 g无水$FeCl_3$混合，在封管中于300℃加热反应约35小时，开始变棕，最后变黑，冷却固化得红黑色结晶。打开封管，用少量热水洗出结晶（固体），得红黑色溶液。用乙醚萃取除去油状不纯物。用$NaHCO_3$中和溶液，用蒸汽加热除去过量的吡

啶。将混合物调成强碱性，用蒸气蒸出α,α'-联吡啶。将蒸出物酸化后蒸发浓缩，再加NaOH，用乙醚提取，除去乙醚，得粗品。

提纯方法[1] 将粗品溶于乙醚，用处理过的无铁活性炭脱色，过滤，移去乙醚，得白色叶片状结晶。亦可再进一步用稀乙醇重结晶，得较纯产品。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

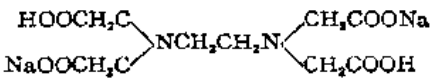
[1] F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅲ. p. 69, 1948.

乙二胺四乙酸二钠盐 Ⅱ-4(2)-0041

Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt

别名 EDTA

结构式



分子式 $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8$ **分子量** 336.21

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Al^{3+}, Be^{2+}, Co^{2+}, Cr^{3+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Ti^{3+}, Zn^{2+}	极谱法测定UO_2^{2+}
Al^{3+}, Fe^{3+}	pH3.5，阳离子交换树脂，与Be^{2+}分离，Be^{2+}吸着在柱上
Al^{3+}, Ba^{2+}, Ca^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}, Mn^{2+}, Pb^{2+}, Sn^{2+}, Sr^{2+}, UO_2^{2+}, RE^{3+}	pH10，百里酚酞络合剂光度法测定Th^{4+}
Al^{3+}, Cd^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, In^{3+}, Ga^{3+}, RE^{3+}, V(Ⅴ), Zr^{4+}	pH8.6～10，PAR光度法测定Ni^{2+}
Al^{3+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Ti^{3+}, Zn^{2+}, Zr^{4+},	乙酸盐缓冲液，铝试剂测定铍铜合金中的Be^{2+}
Co^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}	pH5～7，三氯乙酰丙酮/苯萃取Be^{2+}
Co^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}	pH8～10，三氯乙酰丙酮-异丁胺/氯仿萃取Pd^{2+}, Zn^{2+}
Fe^{3+}	pH10，偶氮氯膦Ⅲ光度法测定稀土金属离子
Fe^{3+}	pH1.5～2，阳离子交换树脂，与Cr^{3+}分离，Cr^{3+}吸着在柱上

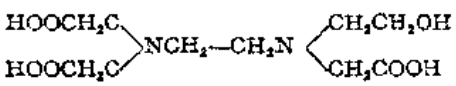
其他见本分册 Ⅱ-3-0011。

乙二胺-*N*-羟乙基-*N*,*N'*,*N'*-三乙酸 Ⅱ-4(2)-0042

Ethylenediamine-*N*-hydroxyethyl-*N*,*N'*,*N'*-triacetic acid

别名 HEDTA

结构式



分子式 $C_{10}H_{18}N_2O_7$ **分子量** 278.26

用途 络合隐蔽剂。

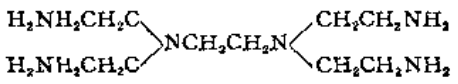
隐蔽离子	方　法　提　要
Fe^{3+}	碱性溶液，HEDTA隐蔽Fe^{3+}，甲醛肟光度法测定Mn^{2+}，λ_{max}=450nm

其他见本分册Ⅱ-3-0013。

五亚乙基六胺　　Ⅱ-4(2)-0043

Pentaethylenehexaamine

结构式



分子式　$C_{10}H_{28}N_6$　　**分子量**　232.38

其他见本分册Ⅱ-3-0016。

合成方法[1]　二氯乙烷与过量氨水于115～120℃，在10kg/cm²压力下反应而得，分馏并收集沸点220～250℃/10～20mmHg的馏分，再精馏一次即为成品。

安全与贮存　产品无毒，遇破损后可大量水冲之。

用途　络合隐蔽剂。

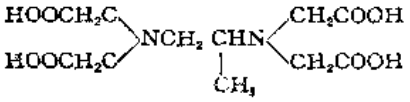
参　考　文　献

〔1〕 H. B. Jonassen: *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 4279, (1957).

1-甲基乙二胺四乙酸　　Ⅱ-4(2)-0044

1-Methylethylenediamine tetraacetic acid

结构式



分子式　$C_{11}H_{18}N_2O_8$　　**分子量**　306.27

用途　络合隐蔽剂。

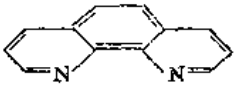
其他见本分册　Ⅱ-3-0019。

1,10-菲咯啉　　Ⅱ-4(2)-0045

1,10-Phenanthroline

别名　1,10-邻二氮菲

结构式



分子式　$C_{12}H_8N_2$　　**分子量**　180.20

理化性质　白色或浅黄色结晶或结晶性粉末。溶于醇，苯和丙酮；微溶于水；不溶于醚。可

蒸馏而不分解，稍能随水蒸汽挥发。熔点93～94℃（二水合物），117～119℃（无水物）。沸点300℃。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^{2+}	HL^+	L
pK	1.9	4.96	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	4.92	3.21	1.99	1.00	0.28	0.03

3．络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ag^+	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^+	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Ga^{3+}	Hg^{2+}
lgK_1	5.02	0.7①	5.8	7.08	—	9.08③	5.85	6.5③	5.58④	—
lgK_2	7.04	—	4.8	6.64	15.82② ($\lg\beta_2$)	6.68	5.30	4.9	3.63	19.65①
lgK_3	—	—	4.6	6.08	—	5.18	9.85	12.1	—	3.70①

金属离子	CH_3Hg^+	In^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	$(CH_3)_2Sn^{2+}$	Tl^{3+}	VO^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.15	5.70④	1.2①	4.0	8.6	4.65③	3.88	11.57④	5.47③	6.4
lgK_2	—	4.34	—	3.3	8.1	2.85	—	6.73	4.22	5.8
lgK_3	—	3.96	—	3.0	7.6	1.5	—	6.00	—	4.9

① t=20℃，μ=0.1；② t=25℃，μ=0.3；③ 所有K值t=25℃，μ=0；④ 所有K值t=25℃，μ=1.0

合成方法[1] 将36.0g(0.25mol)8-氨基喹啉，9.21g(1.0mol)甘油，43.7g(0.19mol)五氧化二砷和50.0g H_2SO_4混匀。再将反应产物倒入750ml水中，冷却，用1:1氨水中和，用苯回流萃取黑色浆状残渣。除去苯，用真空蒸馏或重结晶的方法提纯产品。

提纯方法[1] 用乙醇-水混合物或含水（未干燥过的苯）的苯重结晶，得一水合物，熔点99～100℃；用苯-石油醚重结晶，再蒸去水合物中的水得无水物，其熔点为117℃。含一个结晶水的产物，其产量为25～27 g。

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方法提要
Cd^{2+}, Zn^{2+}	pH5～6，六亚甲基四胺缓冲液，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Pb^{2+}
Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, UO_2^{2+}, Zn^{2+}	pH3，50～60℃，二甲酚橙指示剂，EDTA滴定In^{3+}
Cu^{2+}, Ni^{2+}	pH1～2，磺基水杨酸指示剂，EDTA滴定Fe^{3+} 二甲酚橙指示剂，EDTA滴定Bi^{3+}
Mn^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}	pH10，偶氮胂Ⅰ光度法测定Mg^{2+}

参 考 文 献

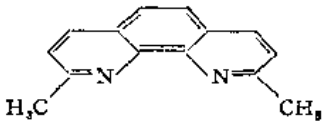
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅲ, Van Chong book Company, p. 85, 1948.

2,9-二甲基-1,10-菲咯啉　　Ⅱ-4(2)-0046

2,9-Dimethyl-1,10-phenanthroline

别名　新铜试剂　Neocuproin

结构式



分子式　$C_{14}H_{12}N_2$　　**分子量**　208.26

理化性质　白色针状结晶。易溶于乙醇和甲醇，溶于乙醚、苯、热水和稀酸，微溶于冷水。熔点159～161℃。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL^+	L
pK	5.58	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.85	3.85	2.85	1.86	0.91	0.23	0.03

3．络合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	4.1	4.2	—	5.2	5.0	4.1
lgK_2	3.3	2.8	19.1① (lgβ_2)	5.8	3.5	3.6
lgK_3	3.0	—	—	—	—	—

① t=25℃，μ=0.3

合成方法[1]

1．2-甲基-8-硝基喹啉的合成　取1mol邻硝基苯胺、0.6mol五氧化二砷、4mol浓硫酸（浓度为96.8%），混合，加热至100℃，边搅拌边加入1.6mol丁烯醛双乙酸酯，勿使温度超过140℃，在此温度维持反应2小时。然后将混合物倾入冷水中，用NaOH溶液中和，所得沉淀用热苯提取，脱色过滤，回收苯得粗品。可用苯-石油醚重结晶。

2．2-甲基-8-氨基喹啉的合成　取24 g 2-甲基-8-硝基喹啉、500ml乙醇混合好，加87 g氯化亚锡（$SnCl_2 \cdot 2H_2O$），回流3小时后回收乙醇，用NaOH溶液中和至呈碱性。用乙醚提取，回收乙醚，然后真空蒸馏得2-甲基-8-氨基喹啉。

3．2,9-二甲基-1,10-菲咯林的合成　将1mol2-甲基-8-氨基喹啉、0.65mol五氧化二砷、4mol浓硫酸（浓度为96.8%）混匀，加热至100℃，再逐渐加1.6mol丁烯醛双乙酸酯，勿使温度超过140℃，并在此温度保温3小时，将温合物倾入水中，加NaOH溶液至呈碱性，滤出焦状沉淀（粗品）。滤液用苯提取三次。用此提取液再提取焦状沉淀（粗品）。加无铁活性炭脱色，过滤，回收苯得2,9-二甲基-1,10-菲咯啉粗品。可用苯（脱色）重结晶得成品。熔点159～160℃，产率7.6%（按邻硝基苯胺计算）。

用途、络合隐蔽剂。

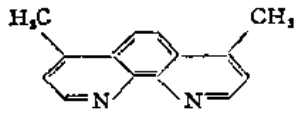
参 考 文 献

〔1〕 G. F. Smith and W. H. Mocurdy: *Anal. Chem.*, 24, 371, (1952); F. H. Case: *JACS*, 70, 3994, (1948).

4,7-二甲基-1,10-菲咯啉　　Ⅰ-4(2)-0047

4,7-Dimethyl-1,10-phenanthroline

结构式



分子式 $C_{14}H_{12}N_2$　　**分子量** 208.26

理化性质 白色结晶。不溶于水，微溶于矿酸，溶于苯。熔点194～195℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL^+	L
pK	5.95	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.95	3.95	2.95	1.95	1.00	0.28	0.04

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.08	8.76	5.60	8.44	6.90
lgK_2	8.02	7.24	—	8.16	6.20
lgK_3	8.40	6.00	—	8.40	6.00

合成方法[1] 取1 mol 4-甲基-8-氨基喹啉、0.65mol五氧化二砷、4mol浓H_2SO_4（酸的浓度为96.8%），加热到100℃，然后再逐渐加1.3mol 1,3,3-三甲氧基丁烷，勿使温度超过140℃，并在此温度保温3小时。将温合物倾入水中，加NaOH溶液至呈碱性。滤出焦状沉淀。滤液用苯提取，苯提取液再提取焦状物。脱色，回收苯得粗品。可用苯（脱色）重结晶。产品的熔点194～195℃，产率7.0%。

用途 络合隐蔽剂。

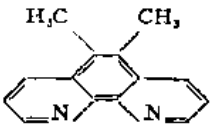
参 考 文 献

〔1〕 F. H. Case: *JACS*, 70, 3994, (1948).

5,6-二甲基-1,10-菲咯啉　　Ⅰ-4(2)0048

5,6-Dimethyl-1,10-phenanthroline

结构式



分子式 $C_{14}H_{12}N_2$ **分子量** 208.26

理化性质 白色结晶不溶于水，溶于矿酸，微溶于乙醇，溶于苯。熔点265～266℃。亚铁试剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL^+	L
pK	5.60	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.60	3.60	2.60	1.61	0.70	0.15	0.02

3. 络合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.47	8.71	6.37	8.25	6.87
lgK_2	8.03	6.99	—	8.35	6.03
lgK_3	1.10	5.40	—	8.20	5.70

合成方法[1]

1. 2-硝基-4,5-二甲基苯胺的合成　取24 g 3,4-二甲基苯胺，溶于174ml浓硫酸中，冷却备用。另取14ml浓HNO_3和44ml浓H_2SO_4的混合物，温度保持在0℃以下，在搅拌下慢慢加至3,4-二甲基苯胺的浓H_2SO_4溶液中。加完后将混合物在搅拌下于0℃放置1小时，以使反应完全。将混合物倾至3 l 冰水中，滤出沉淀，水洗，干燥。用苯重结晶得2-硝基-4,5-二甲基苯胺14 g。熔点137～138℃，产率42.6%。

2. 5,6-二甲基-8-硝基喹啉的合成　取1mol 2-硝基-4,5-二甲基苯胺，0.6mol五氧化二砷，4mol浓H_2SO_4（浓度为96.8%）混合，于100℃加热。边搅拌边加3.5mol甘油并使反应温度不超过140℃，在此温度下反应2小时。然后将混合物倾入水中。用NaOH中和，得沉淀。滤出沉淀，用热苯提取。干燥，滤去干燥剂，回收苯得粗品。可用苯结晶或用苯-石油醚重结晶。熔点163～164℃。产率63.5%。

3. 5,6-二甲基-8-氨基喹啉的合成　取25.6 g 5,6-二甲基-8-硝基喹啉，溶于500ml乙醇，加入87 g $SnCl_2 \cdot 2H_2O$，回流3小时，回收乙醇。残余物使呈碱性。用乙醚提取后回收乙醚。真空蒸馏得粗品。

4. 5,6-二甲基-1,10-菲咯啉的合成　取1 mol 5,6-二甲基-8-氨基喹啉、0.65mol五氧化二砷，4 mol浓H_2SO_4（浓度为96.8%），加热至100℃，在搅拌下再加3.6mol甘油，温度不超过140℃，并在此混度加热反应3小时。将混合物倾入水中，加NaOH使呈碱性。滤出焦状沉淀。滤液用苯提取三次，苯提取液再提取焦状沉淀，回收苯得粗品。可用苯重结晶。熔点265～266℃，产率9.3%。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

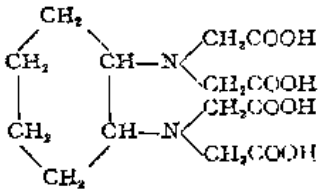
〔1〕 F. H. Case: *JACS*, 70, 3994, (1948).

环己二胺四乙酸 Ⅱ-4(2)-0049

Cyclohexane diamine tetraacetic acid

别名 CyDTA；

结构式



分子式 $C_{14}H_{22}N_2O_8$ **分子量** 346.34

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方 法 提 要
Mn^{2+}	pH4.0～4.4，阳离子交换树脂、与Ca^{2+}，Mg^{2+}分离，Ca^{2+}，Mg^{2+}吸着在柱上

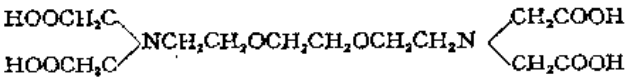
其他见本分册 Ⅱ-3-0024。

乙二醇醚二胺四乙酸 Ⅱ-4(2)-0050

Glycolether diamine tetraacetic acid

别名 EGTA

结构式



分子式 $C_{14}H_{24}N_2O_{10}$ **分子量** 380.35

用途 络合隐蔽剂。

隐蔽离子	方 法 提 要
Ca^{2+}	pH7.5～8.5，阳离子交换树脂，与Mg^{2+}分离，Mg^{2+}吸着在柱上
Ca^{2+}，RE^{3+}	pH10，硼砂缓冲液，EGTA-Pb隐蔽剂，偶氮胂Ⅰ光度法测定Mg^{2+}
Cu^{2+}，Ni^{2+}	pH5～5.5，Zn-EGTA隐蔽剂，5-Cl-PADAB光度法测定Co^{2+}

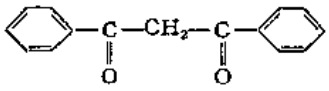
其他见本分册 Ⅱ-3-0029。

二苯甲酰甲烷 Ⅱ-4(2)-0051

Dibenzoylmethane

别名 1,3-二苯基-1,3-丙二酮 1,3-Diphenyl-1,3-propanedione

结构式



分子式 $C_{15}H_{12}O_2$ **分子量** 224.26

理化性质 浅粉红色片状结晶。溶于乙醇、乙醚、氯仿和氢氧化钠溶液中；不溶于碳酸钠溶液。熔点77～78℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）75% 1,4-二氧六环〕

	HL	L^-
pK	13.75	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	12.75	11.75	10.75	9.75	8.75	7.75	6.75	5.75	4.75	3.75	2.75	1.76	0.82	0.19

3. 络合物形成常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ）75% 1,4-二氧六环〕

金属离子	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Cs^{+}	Fe^{2+}	K^{+}
lgK_1	6.10	13.62	2.17	8.67	10.99	10.35	12.98	3.42	11.15	3.67
lgK_2	5.40	12.41	6.38	7.96	10.54	9.70	12.00	—	10.35	—
lgK_3	—	—	—	—	8.85	—	—	—	—	—

金属离子	Li^{+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Na^{+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Rb^{+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.95	6.54	9.32	4.18	10.83	9.75	3.52	6.40	10.23
lgK_2	—	7.67	8.47	—	9.89	9.04	—	5.70	9.42

合成方法

1. 二溴代亚苄基乙酰苯的制备 将21 g亚苄基乙酰苯溶于60ml CCl_4中，冰浴冷却，加入26ml溴。当反应完全后，滤出二溴代物并用两份25ml热乙醇洗涤。

2. 二苯酰甲烷的制备 将18.4 g二溴代亚苄基乙酰苯和16.5ml甲醇混合好，并快速加入甲醇钠(甲醇的制备：用2.3 g金属钠和23ml无水甲醇一起回流一段时间)，加足量的HCl中和此混合物。另外再加0.4ml HCl，再回流5分钟，加冷水16ml。在冰浴中冷却烧瓶并过滤，用约5 ml 50%甲醇洗涤，再以水洗至无游离酸为止，得粗品。所得粗品用少量热甲醇重结晶。

用途 络合隐蔽剂。

参 考 文 献

〔1〕 F. J. Welcher: *"Organic Analytical Reagents"*, Vol. I., *Van Chong book Company*, p. 417. 1948.

第五章 缓 冲 剂

在化工生产中，化学反应体在反应过程中往往要消耗或放出质子，或者较大量的溶液状态的反应物的加入，也会使体系被稀释而使溶液 pH 值产生相应的变化。另一方面，在化工生产中，许多化学反应必须在一定的pH范围内进行，或在一定的pH范围内才能进行完成，而溶液pH值的改变将有碍于反应的正常进行。为此，为了保证反应的完成，便需要寻找和使用各种能对体系酸度起稳定作用的物质来控制不同体系的pH值。凡是能使溶液pH控制并稳定在一定的范围之内、当有少量的酸或碱加入溶液时，仍能控制溶液的pH值不发生显著变化的试剂称为缓冲剂。常用的缓冲剂可以是一种纯净的化学试剂或化学制品，也可以是两种（或几种）试剂的混合物，且以后者最为常用。例如，由弱酸或弱碱及其共轭酸碱对所组成的混合物，便是常用的缓冲剂或缓冲物。这类缓冲物所以能起缓冲作用，是因为它们既含有质子（或氧氧离子）的大量供应者，又是质子（或氢氧离子）的大量接受者。所以，当体系中含有这类物质时，当外来少量酸或碱被加入，则其通过酸碱离解平衡的移动来调节并控制溶液pH值保持基本不变。当体系中有缓冲物质存在时，即使溶液被稀释，这时，由于作为缓冲物而加入的弱酸或弱碱的共轭酸碱对的浓度以同样程度降低，酸或碱的离解度则以同样的程度增大，所以溶液的pH值保持基本不变。而单单只有弱酸或弱碱存在时则不具备这种效应。

一般来说，单纯的强酸或强碱只能用来调节溶液的pH值。除特殊情况外，不能作为缓冲剂使用，只有在低pH（pH<2）或高pH（pH>12）范围，强酸或强碱才用来配制缓冲溶液。例如，用KOH或NaOH来调节溶液 pH 至12.5，即pOH=1.5，$[OH^-]=0.032M$。若反应中产生的H^+离子量为$0.002M$，那么OH^-离子的浓度便减小了$0.002M$，即$[OH^-]=0.032-0.002=0.030M$，pOH=1.52，pH=12.48，可见由于大量KOH或NaOH的加入，使反应前后溶液pH值并未有很大改变（仅变化了0.02单位，说明强碱在这时具有稳定酸度的作用。

多元酸的酸式盐也是常用的一类缓冲剂，纯净的这类缓冲剂在一定条件下其 pH 值为一定值，可以作为pH值的标准来使用，称为pH标准溶液。在用酸度计测量溶液的pH值时，就要用这类标准溶液来校正仪器，例如某些常用的pH值标准溶液的浓度及标准pH值如下。

pH标准溶液

pH标准溶液	pH（实验值，25℃）
饱和酒石酸氢钾(0.034M)	3.57
0.05M邻苯二甲酸氢钾	4.01
0.01M硼砂	9.18

硼砂$Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O$是弱酸和强碱所生成的盐，它的稀溶液会强烈水解，生成H_3BO_3和

NaH_2BO_3，也就是说实际上是H_3BO_3和$H_2BO_3^-$的混合溶液，呈现缓冲能力。

难溶氧化物或碳酸盐在一定条件下，也能作为缓冲剂使用。例如，用水将氧化锌调成悬浊液，加于微酸性的试液中，可将pH值控制在5.5～6.5。常用的几种这类缓冲剂在微酸性溶液中控制的溶液pH值如下。

用氧化物、碳酸盐悬浊液控制的pH

悬浊液	近似pH值	悬浊液	近似pH值
ZnO	6	$PbCO_3$	6.2
HgO	7.4	$CdCO_3$	6.5
MgO	10.5	$BaCO_3$	7.3
$CaCO_3$	7.4		

用缓冲剂配制成的、具有调节和控制溶液酸度的能力、减少其他因素对溶液pH值的影响的溶液称为缓冲溶液。每种缓冲溶液具备的缓冲能力是有一定限度的。对每种缓冲溶液而言，只能在加入一定数量的酸或碱时，才能保持溶液的pH值基本不变，所以每种缓冲溶液只具有一定的缓冲容量。

缓冲溶液的浓度较大时，缓冲容量较大，抗御酸、碱的能力也较强。反之，浓度较小时，缓冲容量较小，抗御酸、碱的能力也较弱。

影响缓冲溶液缓冲能力的因素，除了各缓冲剂组分浓度的大小以外，还与各缓冲组分浓度之比有关。当弱酸和弱酸盐的总液度一定时，弱酸和弱酸盐的浓度相等，即

$$C_{酸}:C_{盐}=1:1 \qquad pH=pK_a$$

这时溶液的缓冲能力最大。

同样，对于弱碱和弱碱盐所组成的缓冲溶液，其缓冲能力最大时：

$$C_{碱}:C_{盐}=1:1 \qquad pH=pK_b$$

常用的缓冲溶液，各组分的浓度一般大于0.1M，浓度之比大都在1:10到10:1之间。如果缓冲物的组分浓度比相差悬殊（例如，1:30或30:1），某一组分的浓度太小，溶液的缓冲能力就可能减弱。

用于控制溶液酸度的缓冲溶液很多，通常应根据实际情况，选用不同的缓冲溶液。选择的原则是：

1. 缓冲溶液对主化学反应过程应没有干扰。

2. 缓冲溶液应有足够的缓冲容量，如果需要足够大的缓冲容量，则使用的缓冲溶液的浓度应大一些。

3. 所需控制的溶液pH值应在缓冲溶液的缓冲范围之内。

碳酸钡　　Ⅰ-5-0001

Barium carbonate

分子式　$BaCO_3$　　**分子量**　197.35

理化性质　六角形微细结晶或白色粉末。溶于酸，不溶于水。有毒！

理化参数　碳酸钡悬浊液可将溶液pH控制在7.3左右。

合成方法 制备及纯化方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值。使用时必须注意Ba^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可。

碳酸钙 Ⅱ-5-0002

Calcium carbonate

分子式 $CaCO_3$ **分子量** 100.09

理化性质 白色结晶粉末，溶于酸，不溶于水。高温时（825℃）分解为氧化钙和二氧化碳。

理化参数 碳酸钙悬浊液可将溶液pH控制在7.4左右。

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值。使用时必须注意Ca^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

氢氧化钙 Ⅱ-5-0003

Calcium hydroxide

别名 熟石灰

分子式 $Ca(OH)_2$ **分子量** 74.09

理化性质 白色结晶性粉末。通常含有微量水分。溶于酸和氯化铵溶液，微溶于水，不溶于醇。在空气中易吸收二氧化碳变为碳酸钙。

理化参数 微溶于水的化合物，溶度积常数为

$$K_{SP}\ 5.5\times10^{-6} \qquad pK_{SP}\ 5.26$$

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 25℃氢氧化钙的饱和水溶液可供作pH值标准溶液（二级标准）使用，适用于作测定pH值的酸度计仪器校正等。该标准溶液的主要特性及pH值的温度因素等如下。

1．氢氧化钙pH标准缓冲溶液的主要特性

组成	质量摩尔浓度 m	体积摩尔浓度 M	密度 g/ml	质量-体积浓度* g/l	稀释值 ΔpH1/2	缓冲容量
$Ca(OH)_2$饱和溶液	0.0203	0.02025	0.9991	25℃饱和溶液	−0.28	0.09

2．饱和氢氧化钙溶液的温度因素

温度，℃	0	5	10	15	20	25	30
pH值	13.423	12.207	13.003	12.810	12.627	12.454	12.289
温度，℃	35	38	40	45	50	55	60
pH值	12.133	12.043	11.984	11.841	11.705	11.574	11.449

碳 酸 镉 Ⅰ-5-0004

Cadmium carbonate

分子式 $CdCO_3$ **分子量** 128.40

理化性质 棕红色结晶或棕黑色无定形粉末，在空气中能吸收二氧化碳而变成白色碳酸镉。可溶于稀酸和铵盐溶液，不溶于水和碱溶液。

理化参数 碳酸镉悬浊液可将溶液pH值控制在6.5左右。

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值，使用时必须注意Cd^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

盐 酸 Ⅰ-5-0005

Hydrochloric acid

分子式 HCl **分子量** 36.46

理化性质 无色透明液体，在空气中发烟，有刺激性酸味，能与水任意混溶。相对密度约1.18。有腐蚀性。

理化常数 盐酸溶液的百分含量、当量浓度和比重关系如下。

百分浓度 %	当量浓度 N	比重 d_4^{20}	百分浓度 %	当量浓度 N	比重 d_4^{20}
1.00	0.28	1.0032	25.00	7.71	1.1239
5.00	1.40	1.0230	30.00	9.46	1.1493
10.00	2.87	1.0474	35.00	11.27	1.1740
15.00	4.41	1.0725	38.00	12.39	1.1885
20.00	6.02	1.0980	39.00	12.76	1.1933

合成方法 制备及提纯方法参见本手册第一分册。

用途 由盐酸配制的一般缓冲溶液如下。

1. 盐酸-氯化钾缓冲溶液

(A)0.2M盐酸，ml	97.0	64.5	41.5	26.3	16.6	10.6	6.7
(B)0.2M氯化钾，ml	50	50	50	50	50	50	50
水，ml	53.0	85.5	108.5	123.7	133.4	139.4	143.3
pH (20℃)	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2

2. 盐酸-碳酸钠缓冲溶液

(A)0.1*N*盐酸，ml	20.0	15.0	10.0	5.0	0.0
(B)0.1*M*碳酸钠，ml	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
pH (18℃)	10.47	10.32	10.54	10.86	11.24

3．盐酸-乙酸钠缓冲溶液

(A)1*N*盐酸，ml	100	90.0	80.0	70.0	65.0	60.0	55.0	53.5
(B)1*M*乙酸钠，ml	50	50	50	50	50	50	50	50
水，ml	100	110.0	120.0	130.0	135.0	140.0	145.0	146.5
pH	0.65	0.75	0.91	1.09	1.24	1.42	1.71	1.85
(A)1*N*盐酸，ml	52.5	51.0	50.0	49.75	48.5	47.5	46.25	45.0
(B)1*M*乙酸钠，ml	50	50	50	50	50	50	50	50
水，ml	147.5	149.0	150.0	150.25	151.5	152.5	153.75	155.0
pH	1.99	2.32	2.64	2.72	3.09	3.29	3.49	3.61
(A)1*N*盐酸，ml	42.5	40.0	35.0	30.0	25.0	20.0	15.0	10.0
(B)1*M*乙酸钠，ml	50	50	50	50	50	50	50	50
水，ml	157.5	160.0	165.0	170.0	175.0	180.0	185.0	190.0
pH	3.79	3.95	4.19	4.39	4.58	4.76	4.95	5.20

氧 化 汞　　Ⅰ-5-0006

Mercuric oxide

分子式　HgO　　**分子量**　216.59

理化性质　有两种变体：一种是红色氧化物，鲜红色粉末，相对密度11.00～11.29；一种是黄色氧化物，桔黄色粉末，比重11.03(275°)。受光的作用缓慢地变为暗黑色，有毒！在500℃分解成汞和氧，几乎不溶于水和乙醇，溶于硝酸和盐酸而形成高汞盐。

理化参数　用水将氧化汞调成悬浊液，加入微酸性溶液中，可将pH值控制在7.4左右。

合成方法　制备及纯化方法参见第一分册。

用途　作缓冲剂控制溶液的pH值，使用时必须注意Hg^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

磷酸二氢钾

Ⅰ-5-0007

Potassium dihydrogen phosphate

别名 Potassium phosphate monobasic

分子式 KH_2PO_4 **分子量** 136.09

理化性质 无色柱状结晶或结晶性粉末。溶于水，不溶于醇。熔点96℃。

理化参数 对应于多元酸的各级离解常数为

K_1	7.5×10^{-3}	pK_1	2.12
K_2	6.2×10^{-8}	pK_2	7.21
K_3	4.8×10^{-13}	pK_3	12.32

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由0.025*M*的KH_2PO_4和0.025*M* Na_2HPO_4配制成的缓冲溶液可作为pH标准溶液使用。该溶液可用来校正酸度计的pH值等。作为pH标准缓冲溶液的主要特性及温度因素如下。

1. pH标准缓冲溶液的主要特性

组分名称	质量摩尔浓度 *m*	溶液密度 g/ml	体积摩尔溶液 *M*	质量-体积浓度 g/l*	稀释值 ΔpH1/2	缓冲容量
KH_2PO_4	0.025	1.0028	0.02490	3.388	+0.080	0.029
Na_2HPO_4	0.025		0.02490	3.533		
KH_2PO_4	0.008695	1.0020	0.008665	1.179	+0.07	0.016
Na_2HPO_4	0.03043		0.03032	4.302		

* 配制溶液时可参照此栏数据进行。

2. pH标准溶液的pH值温度因素

温度，℃	0	5	10	15	20	25	30	35	38
0.025*m*KH_2PO_4+0.025*m*Na_2HPO_4	6.984	6.951	6.923	6.900	6.881	6.865	6.853	6.844	6.840
0.008695*m*KH_2PO_4+0.03043*m*Na_2HPO_4	7.534	7.500	7.472	7.448	7.429	7.413	7.400	7.389	7.384
温度，℃	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**	**70**	**80**	**90**	**95**
0.025*m*KH_2PO_4+0.025*m*Na_2HPO_4	6.838	6.834	6.833	6.834	6.836	6.845	6.859	6.877	6.886
0.008695*m*KH_2PO_4+0.03043*m*Na_2HPO_4	7.380	7.373	7.367	—	—	—	—	—	—

用磷酸二氢钾配制的一般缓冲溶液如下。

3. 磷酸二氢钾-氢氧化钠缓冲溶液

(A)0.2*M*磷酸二氢钾，ml	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
(B)0.2*M*氢氧化钠，ml	3.72	5.70	8.60	12.60	17.80	23.65	29.63	35.00	39.50	42.80	45.20	46.80
水，ml	146.28	144.30	141.40	137.4	132.2	126.35	120.37	115.00	110.50	107.2	104.8	103.20
pH (20℃)	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0

4．磷酸二氢钾-磷酸氢二钠缓冲溶液

(A)*M*/15磷酸二氢钾，ml	10.0	9.75	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.5	0.0
(B)*M*/15磷酸氢二钠，ml	0.0	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5	10.0
pH(18℃)	(4.49)	5.29	5.59	5.91	6.24	6.47	6.64	6.81	6.98	7.17	7.38	7.73	8.04	(9.18)

5．磷酸二氢钾-磷酸氢二钠缓冲溶液

(A)*M*/30磷酸二氢钾，ml	32	16	8	4	2	1	1	1	1	1	1
(B)*M*/30磷酸氢二钠，ml	1	1	1	1	1	1	2	4	8	16	32
pH	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0	7.3	7.7	8.0	8.3

6．磷酸二氢钾-磷酸氢二钠缓冲溶液

(A)*M*/15磷酸二氢钾，ml		50.4	47.5	44.6	41.8	38.9	36.1	33.4	30.8
(B)*M*/15磷酸氢二钠，ml		49.6	52.5	55.4	58.2	61.1	63.9	66.6	69.2
pH	20℃	6.809	6.862	6.909	6.958	7.005	7.057	7.103	7.154
	30℃	6.781	6.829	6.885	6.924	6.979	7.022	7.076	7.128
(A)*M*/15磷酸二氢钾，ml		28.0	25.6	23.2	21.1	19.2	17.5	15.9	14.3
(B)*M*/15磷酸氢二钠，ml		72.0	74.4	76.8	78.9	80.8	82.5	84.1	85.7
pH	20℃	7.212	7.261	7.313	7.364	7.412	7.462	7.504	7.561
	30℃	7.181	7.230	7.288	7.338	7.384	7.439	7.481	7.530
(A)*M*/15磷酸二氢钾，ml		13.0	11.8	10.6	9.5	8.5	7.7	6.8	6.2	5.3
(B)*M*/15磷酸氢二钠，ml		87.0	88.2	89.4	90.5	91.5	92.3	93.2	93.8	94.7
pH	20℃	7.610	7.655	7.705	7.754	7.806	7.848	7.909	7.948	8.018
	30℃	7.576	7.626	7.672	7.726	7.776	7.825	7.877	7.819	7.977

氧 化 镁 Ⅱ-5-0008

Magnesium oxide

分子式 MgO **分子量** 40.30

理化性质 白色细微粉末，露置于空气中易吸收水分和二氧化碳，逐渐成为碱式碳酸镁，易溶于酸，可溶于铵盐溶液，难溶于水，不溶于醇。

理化参数 用水将氧化镁调成悬浊液，加于微酸性的溶液中，可将pH值控制在10.5左右。

合成方法 制备及纯化方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值。使用时必须注意Mg^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

碳 酸 钠 Ⅱ-5-0009

Sodium carbonate

分子式 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ **分子量** 286.14

理化性质 无色透明结晶，易风化。可溶于水和甘油，其水溶液呈碱性。不溶于醇。熔点34℃。

理化参数 系强碱弱酸盐，对应多元弱酸的各级离解常数分别为

$K_1=4.3\times10^{-7}$ $pK_1=6.37$

$K_2=5.6\times10^{-11}$ $pK_2=10.25$

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由0.025m碳酸钠和0.025m碳酸氢钠配制的缓冲溶液可作为pH标准溶液使用，供校正如酸度计等仪器作pH值标准用。该pH标准溶液的主要特性及缓冲溶液pH值的温度因素如下。

1. 碳酸钠-碳酸氢钠pH标准溶液的主要特性

组 分	质量摩尔浓度 m	体积摩尔浓度 M	密 度 g/ml	质量-体积浓度* g/l	稀释值 ΔpH1/2	缓冲容量
Na_2CO_3	0.025	0.02492	1.0013	2.640	+0.079	0.029
$NaHCO_3$	0.025	0.02492		2.092		

* 配制溶液时可参考此栏数据。

2. 碳酸钠-碳酸氢钠pH标准溶液的温度因素

温度，℃	0	5	10	15	20	25
pH值	10.317	10.245	10.179	10.118	10.062	10.012
温度 ℃	30	35	38	40	45	50
pH值	9.966	9.925	9.903	9.889	9.856	9.828

由碳酸钠配制的一般缓冲溶液如下。

3. 碳酸钠-碳酸氢钠缓冲溶液

(A)0.02*M*碳酸钠, ml	2.0	3.3	4.0	5.0	6.7	8.0	10.0
(B)0.02*M*碳酸氢钠, ml	8.0	6.7	6.0	5.0	3.3	2.0	0
pH (18℃)	9.50	9.79	9.94	10.10	10.33	10.54	11.23

4. 碳酸钠-碳酸氢钠缓冲溶液

(A)0.05*M*碳酸钠, ml	1.0	2.5	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	10.0
(B)0.1*M*碳酸氢钠, ml	9.0	7.5	6.0	5.0	4.0	2.5	1.0	0
pH (18℃)	8.94	9.37	9.62	9.80	9.95	10.18	10.58	11.37

5. 碳酸钠-碳酸氢钠缓冲溶液

(A) 0.1*M*碳酸钠, ml	4.0	5.0	6.25
(B) 0.1*M*碳酸氢钠 ml	6.0	5.0	3.75
pH (18℃)	9.83	9.97	10.16

6. 碳酸钠-碳酸氢钠缓冲溶液

(A)0.2*M*碳酸钠, ml	2.5	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	10.0
(B)0.2*M*碳酸氢钠, ml	7.5	6.0	5.0	4.0	2.5	1.0	0
pH (18℃)	9.47	9.73	9.90	10.08	10.36	10.77	11.54

磷酸氢二钠 Ⅱ-5-0010

Di-sodium hydrogen phosphate

别名 磷酸二钠; sodium phosphate dibasic; Disodium phosphate

分子式 $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ **分子量** 358.14

理化性质 无色柱状结晶，在空气中易风化，可溶于水，不溶于醇。熔点35.1℃。

理化参数 系多元弱酸的酸式盐，对应的多元弱酸的各级离解常数为

K_1 7.5×10^{-3} pK_1 2.12

K_2 6.2×10^{-8} pK_2 7.21

K_3 4.8×10^{-13} pK_3 12.32

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由磷酸氢二钠配制的一般缓冲溶液如下。

1．磷酸氢二钠-氢氧化钠缓冲溶液

(A) 0.1*M*磷酸氢二钠，ml	50	50	50	50	50	50
(B) 0.1*N*氢氧化钠，ml	8.26	12.00	17.34	24.50	33.3	43.2
水，ml	41.74	38.00	32.66	25.50	16.7	6.8
pH (18℃)	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0

2．磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液

(A)0.2*M*磷酸氢二钠，ml	0.4	1.24	2.18	3.17	4.11	4.94	5.70	6.44	7.10	7.71
(B)0.1*M*柠檬酸，ml	19.60	18.76	17.82	16.83	15.89	15.06	14.30	13.50	12.90	12.29
pH	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
(A)0.2*M*磷酸氢二钠，ml	8.28	8.82	9.35	9.86	10.30	10.72	11.15	11.60	12.09	12.63
(B)0.1*M*柠檬酸，ml	11.72	11.18	10.65	10.14	9.70	9.28	8.85	8.40	7.91	7.37
pH	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
(A)0.2*M*磷酸氢二钠，ml	13.23	13.85	14.55	15.45	16.47	17.39	18.17	18.73	19.15	19.45
(B)0.1*M*柠檬酸，ml	6.78	6.15	5.45	4.55	3.53	2.61	1.83	1.27	0.85	0.55
pH	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0

3．磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液

(A)0.123*M*磷酸氢二钠，ml	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
(B)0.263*M*柠檬酸，ml	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
pH	2.06	2.27	2.50	2.69	2.94	3.28	3.81	4.79	6.33

4．磷酸氢二钠-磷酸二氢钾缓冲溶液

(A)1.77%磷酸氢二钠，ml	8.2	7.2	5.9	4.7	3.5	2.4	1.6	1.0	0.2
(B)1.77%磷酸二氢钾，ml	1.8	2.8	4.1	5.3	6.5	7.6	8.4	9.0	9.8
pH	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6

氯 化 铵 Ⅱ-5-0011

Ammonium chloride

分子式 NH_4Cl **分子量** 53.49

理化性质 无色结晶或白色结晶性粉末，易吸湿后结块，溶于水和甘油，微溶于醇。

理化参数 系强酸弱碱盐，其对应弱碱的电离常数为

$$K_b=1.8\times10^{-5} \qquad pK_b=4.74$$

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由氯化铵配制的一般缓冲溶液如下。

1．氯化铵-氨水缓冲溶液

(A)0.1*M*氯化铵，ml	32	16	8	4	2	—	—	—	—	—	—
(B)0.1*M*氨水，ml	—	—	—	—	—	—	2	4	8	16	32
pH	8.0	8.3	8.58	8.89	9.1	9.5	9.8	10.1	10.4	10.7	11.0

2．氯化铵-氨水缓冲溶液

(A) 氯化铵，g	60	50	40	35	30	27	9	3
(B) 15*N*氨水，ml	1.4	3.5	8.8	24	65	197	176	207
水	加水稀至500ml							
pH	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0

碳 酸 铅 Ⅱ-5-0012

Lead carbonate

分子式 $PbCO_3$ **分子量** 207.21

理化性质 无色斜方结晶或白色粉末。溶于稀硝酸、乙酸或氢氧化碱溶液，不溶于水、醇和氨。加热至315℃分解。

理化参数 碳酸铅悬浊液可将溶液pH控制在6.2左右。

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值。使用时必须注意Pb^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

氧 化 锌 Ⅱ-5-0013

Zinc oxide

分子式 ZnO **分子量** 81.38

理化性质 白色或浅黄色粉末。在空气中吸收二氧化碳，系两性氧化物。溶于稀酸、浓氢氧

化碱溶液、氨水和铵盐溶液，不溶于水和醇中。

理化参数 ZnO在水溶液中有下列平衡关系：

$$ZnO + H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$$

$$[Zn^{2+}][OH^-]^2 = K_{sp} = 1.2 \times 10^{-17}$$

用水将氧化锌调成悬浊液，加于微酸性的溶液中，可将pH值控制在5.5～6.5。

合成方法 制备及纯化方法参见第一分册。

用途 作缓冲剂控制溶液的pH值，此时若用于金属离子的分离，可使Fe^{3+}、Al^{3+}、Cr^{3+}、Bi^{3+}、Ti^{4+}、Zr^{4+}和Th^{4+}等析出氢氧化物沉淀，而Mn^{2+}、Zn^{2+}、Co^{2+}、Ni^{2+}碱金属和碱土金属离子留在溶液中。

利用ZnO悬浊液为缓冲剂控制pH时，必须注意Zn^{2+}离子的存在不应干扰体系的化学反应方可使用。

硼　　酸　　Ⅱ-5-0014

Boric acid

分子式 H_3BO_3　　**分子量** 61.23

理化性质 无色透明而具珍珠光泽的结晶或白色粉末。溶于水、乙醇及甘油，易溶于高级醇中，微溶于乙醚及丙酮。水溶液呈弱酸性，熔点184～186℃。

理化参数 $K_1 = 5.9 \times 10^{-10}$　$pK_1 = 9.23$

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由硼酸配制的一般缓冲溶液如下。

1．硼酸、氯化钾-氢氧化钠缓冲溶液

(A)0.2*M*硼酸+氯化钾，ml	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
(B)0.1*N*氢氧化钠，ml	2.65	4.00	5.90	8.55	12.00	16.40	21.40	26.70	32.00	36.85	40.80	43.90
水	加至100ml											
pH	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0

2．硼酸、氯化钾-碳酸钠缓冲溶液

(A)0.2*M*硼酸+2*M*氯化钾 ml	95.0	93.8	91.7	90.0	88.8	85.0	80.7	80.0	75.7	70.0
(B)0.2*M*碳酸钠，ml	5.0	6.2	8.7	10.0	11.2	15.0	19.3	20.0	24.3	30.0
水，ml	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
pH(16℃)	7.44	7.6	7.8	7.93	8.0	8.2	8.4	8.43	8.6	8.78
(A)0.2*M*硼酸+2*M*氯化钾，ml	69.5	63.0	60.0	56.4	50.0	49.7	45.0	42.9	40.0	36.0
(B)0.2*M*碳酸钠，ml	30.5	37.0	40.0	43.6	50.0	50.3	55.0	57.1	60.0	64.0
水，ml	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
pH(16℃)	8.8	9.0	9.09	9.2	9.39	9.40 9.53	9.53	9.6	9.69	9.8

续表

(A)0.2*M*硼酸+2*M*氯化钾, ml	30.0	29.1	22.1	20.0	15.4	10.0	9.8	5.7	5.0	3.5
(B)0.2*M*碳酸钠ml	70.0	70.9	77.9	80.0	84.6	90.0	90.2	94.3	95.0	96.5
水, ml	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
pH(16℃)	9.98	10.0	10.2	10.25	10.40	10.59	10.6	10.8	10.85	11.0

硼　　砂　　Ⅱ-5-0015

Borax

别名　四硼酸钠；D-sodium tetraborate

分子式　$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$　　**分子量**　381.37

理化性质　无色坚硬的结晶或颗粒，在干燥空气中易风化。易溶于水，水溶液呈碱性。可溶于甘油，不溶于醇和酸类，加热至100℃失去五分子结晶水，至320℃完全失水。熔点75℃。

理化参数　硼砂系强碱弱酸盐，在水溶液中水解生成H_3BO_3和NaH_2BO_3。故实际上，稀的硼砂水溶液是H_3BO_3和$H_2BO_3^-$的混合溶液，且溶液中H_3BO_3与$H_2BO_3^-$离子的浓度相等。

$$H_3BO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2BO_3^-$$

$$\frac{[H^+][H_2BO_3^-]}{[H_3BO_3]} = K_1 = 5.9 \times 10^{-10}$$

$$pK_1 = 9.23$$

但是由硼砂配制的缓冲溶液的pH值用上述参数作的计算值与实际测量值有一定偏差，这是因为溶液的离子强度和活度等因素影响的结果。其实际测量值为：

0.01*M*硼砂溶液　　pH 9.18(t=25℃)

合成方法　制备及提纯方法参见第一分册。

用途　纯净的硼砂缓冲液可作pH标准溶液使用。

由硼砂配制的一般缓冲溶液如下。

1．硼砂-盐酸缓冲溶液

(A)0.2*M*硼砂, ml		10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.75	5.5	5.25
(B)0.1*N*盐酸, ml		0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.25	4.5	4.75
pH	10℃	9.30	9.22	9.14	9.06	8.96	8.84	8.72	8.54	8.32	8.17	7.96	7.64
	20℃	9.23	9.15	9.07	8.99	8.89	8.79	8.67	8.49	8.27	8.13	7.93	7.61
	30℃	9.15	9.08	9.01	8.92	8.83	8.72	8.61	8.44	8.23	8.09	7.89	7.58
	40℃	9.08	9.01	8.94	8.86	8.77	8.76	8.56	8.40	8.29	8.06	7.86	7.55

2．硼砂-氢氧化钠缓冲溶液

(A) 0.2*M*硼砂，ml		10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
(B) 0.2*M*氢氧化钠，ml		0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
pH	10℃	9.30	9.42	9.57	9.78	10.06	11.24	12.94
	20℃	9.23	9.35	9.48	9.66	9.94	11.04	12.32
	30℃	9.15	9.26	9.39	9.55	9.80	10.83	12.00
	40℃	9.08	9.18	9.30	9.44	9.07	10.61	11.68

3．硼砂-碳酸钠缓冲溶液

(A) 0.05*M*硼砂，ml	100	64.3	44.6	33.3	24.6	17.85	13.1	8.5	5.25	2.7
(B) 0.1*N*碳酸钠，ml	0.0	35.7	55.5	66.7	75.4	82.15	86.9	91.5	94.75	97.3
pH(18℃)	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0

4．硼砂-磷酸二氢钾缓冲溶液

(A) 0.05*M*硼砂，ml	0.79	1.23	1.70	2.22	2.73	3.33	3.77	4.19	4.50
(B) 0.1*M*磷酸二氢钾，ml	9.21	8.77	8.30	7.78	7.22	6.67	6.23	5.81	5.50
pH (18℃)	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4
(A) 0.05*M*硼砂，ml	4.83	5.08	5.35	5.70	6.13	6.60	7.24	8.25	9.50
(B) 0.1*M*磷酸二氢钾，ml	5.17	4.92	4.65	4.30	3.87	3.40	2.76	1.75	0.50
pH(18℃)	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2

5．硼砂-柠檬酸二氢钾缓冲溶液

(A)0.05*M*硼砂，ml	0.65	4.4	8.6	13.5	18.0	22.8	27.4	31.2	34.9	38.3	41.7	44.1
(B)0.1*M*柠檬酸二氢钾，ml	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
水，ml	24.35	20.6	16.4	11.5	7.0	2.2	0	0	0	0	0	0
pH(18℃)	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0

6．硼砂-丁二酸缓冲溶液

(A)0.05*M*硼砂，ml	0.14	0.35	0.60	0.95	1.37	1.78	2.22	2.62
(B)0.05*M*丁二酸，ml	9.86	9.65	9.40	9.05	8.63	8.22	7.78	7.38
pH(18℃)	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4

续表

(A)0.05*M*硼砂，ml	3.00	3.35	3.68	3.95	4.21	4.43	4.60
(B)0.05*M*丁二酸，ml	7.00	6.65	6.32	6.05	5.79	5.57	5.40
pH(18℃)	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8

7．硼砂-硼酸、氯化钠缓冲溶液

(A)0.05*M*硼砂，ml	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0	2.3	2.5	3.0	3.5
(B)0.2*M*硼酸+0.05*M*氯化钠，ml	9.7	9.4	9.0	8.5	8.0	7.7	7.5	7.0	6.5
pH(18℃)	6.77	7.09	7.36	7.60	7.78	7.88	7.94	8.08	8.20
(A)0.05*M*硼砂，ml	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
(B)0.2*M*硼酸+0.05*M*氯化钠，ml	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	2.0	1.0	0
pH(18℃)	8.31	8.41	8.51	8.60	8.69	8.84	8.98	9.11	9.24

甲　　酸　　Ⅱ-5-0016

Formic acid

别名　蚁酸

结构式　HCOOH

分子式　CH_2O_2　　**分子量**　46.03

性状　无色液体，呈弱酸性，有辛辣的刺激味。能与水、醇、醚、甘油任意混溶。有毒，有强腐蚀性，触及皮肤产生水泡。熔点8.6℃，沸点100.8℃。

理化常数　$K_1=1.77\times10^{-4}$　$pK=3.75$

合成方法　制备及提纯方法参见第一分册。

用途　由甲酸配制的缓冲溶液如下。

甲酸-甲酸钠缓冲溶液

(A)0.1*N*甲酸，ml	684	442	294	203	146	110
(B)0.1*N*氢氧化钠，ml	50	50	50	50	50	50
水	稀至1 l					
pH(25℃)	26	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
(A)0.1*N*甲酸，ml	87.9	73.9	65.1	59.5	56.0	53.8
(B)0.1*N*氢氧化钠，ml	50	50	50	50	50	50
水	稀至1 l					
pH(25℃)	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8

草 酸 氢 钾 Ⅱ-5-0017

Potassium hydrogen oxalate

别名 重草酸钾 Potassium bioxalate

结构式

分子式 C_2HKO_4 **分子量** 128.13

理化性质 白色结晶，溶于热水，微溶于冷水和醇。

理化参数 多元弱酸的酸式盐，对应多元弱酸的各级离解常数为

K_1 5.29×10^{-2} pK_1 1.23

K_2 6.4×10^{-5} pK_2 4.19

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由纯净的草酸氢钾可配制成 pH 标准溶液使用。该 pH 标准溶液的主要特性及温度因素如下。

1．草酸氢钾pH标准缓冲溶液的主要特性

组 分	质量摩尔浓度 m	体积摩尔浓度 M	密 度 g/ml	质量-体积浓度* g/l	稀 释 值 $\Delta pH_{1/2}$	缓冲容量
$KH_3(C_2O_4)_2\cdot2H_2O$	0.05	0.04962	1.0032	12.61	+0.186	0.370

* 配制时可参照此参数进行，即称取12.61g$KHC_2O_4\cdot H_2C_2O_4\cdot2H_2O$加水稀至1l。

2．草酸氢钾标准缓冲溶液pH值的温度因素

温 度	0	5	10	15	20	25	30	35	38
0.05m溶液的pH	1.666	1.668	1.670	1.672	1.675	1.679	1.683	1.688	1.691
温 度	40	45	50	55	60	70	80	90	95
0.05m溶液的pH	1.694	1.700	1.707	1.715	1.723	1.743	1.766	1.792	1.806

乳 酸 Ⅰ-5-0018

lactic acid

别名 α-羟基丙酸 α-Hydroxypropionic acid

结构式

$CH_3CH(OH)COOH$

分子式 $C_3H_6O_3$ **分子量** 90.08

理化性质 无色或浅黄色粘稠状液体，有酸味，能与水、醇、醚相混溶，受热易分解。熔点

16.8℃，沸点122℃(15mmHg)。

理化参数 $K_i=1.37\times10^{-4}$ $pK_i=3.86$

合成方法 制备及提纯方法参见本分册第四章Ⅱ-4(2)-0013。

用途 由乳酸配制的缓冲溶液如下。

乳酸-乳酸钠缓冲溶液

(A) 0.1*N*乳酸，ml	32	16	8	4	2	1	1	1	1	1	1
(B) 0.1*M*乳酸钠，ml	1	1	1	1	1	1	2	4	8	16	32
pH	2.3	2.61	2.9	3.2	3.5	3.8	4.17	4.45	4.7	5.0	5.3

甘 氨 酸 Ⅱ-5-0019

Glycine

别名 氨基乙酸 Aminoacetic acid； 乙氨酸 Glycocoll

结构式

$$H_2N-CH_2COOH$$

分子式 $C_2H_5NO_2$ **分子量** 75.07

理化性质 白色或浅黄色针状结晶，味甜，溶于水，微溶于吡啶，不溶于醇。熔点233℃。

理化参数 pK_1 3.55 pK_2 10.29

合成方法

$$Cl-CH_2COOH+2NH_3\longrightarrow H_2N-CH_2COOH+NH_4Cl$$

取100ml25%氨水、50ml水和220g碳酸铵混和并在水浴上加热到58℃。另行配制50g氯乙酸和40ml水的溶液，将此溶液在15分钟内滴加到前一溶液中，不断振荡并保温不超过60℃，加完后将混合物在60℃加热5小时，然后升温到80℃并保持此温度到氨味消失，保温后冷却使之结晶出无色针状结晶为产品。

将粗产品溶于50ml沸水，加入100ml甲醇，放置令其结晶，即为纯氨基乙酸。

用途 由甘氨酸配制的一般缓冲液如下。

1. 甘氨酸、氯化钠-氢氧化钠缓冲溶液

(A)0.1*M*甘氨酸+0.1*M*氯化钠，ml		9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	5.1	5.0	4.9	4.5	4.0	3.0	2.0	1.0
(B)0.1*N*氢氧化钠ml		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	4.9	5.0	5.1	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0
pH	10℃	8.75	9.10	9.45	9.90	10.34	10.68	11.29	11.35	11.80	12.34	12.65	12.92	13.12	13.23
	20℃	8.53	8.88	9.31	9.66	10.09	10.42	11.01	11.25	11.51	12.04	12.33	12.60	12.79	12.90
	30℃	8.32	8.67	9.08	9.42	9.83	10.17	10.74	10.97	11.22	11.74	12.03	12.29	12.47	12.57
	40℃	8.12	8.45	8.85	9.18	9.58	9.91	10.46	10.70	10.93	11.44	11.72	11.98	12.15	12.25

2. 甘氨酸、氯化钠-盐酸缓冲溶液

(A)0.1*M*甘氨酸+0.1*M*氯化钠, ml	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5
(B)0.1*M*盐酸, ml	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.5
pH(18℃)	1.04	1.15	1.25	1.42	1.65	1.93	2.28	2.61	2.93	3.31	4.68

3. 甘氨酸、氯化钠-氢氧化钠缓冲溶液

(A)0.1*M*甘氨酸+0.1*M*氯化钠, ml	62.50	59.00	56.00	54.00	52.50	51.20	50.20	49.80
(B)0.1*N*氢氧化钠, ml	37.50	41.00	44.00	46.00	47.50	48.80	49.80	50.20
pH	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4
(A)0.1*M*甘氨酸+0.1*M*氯化钠, ml	49.00	47.90	46.00	44.00	39.70	32.50	22.50	7.50
(B)0.1*N*氢氧化钠, ml	51.00	52.10	54.00	56.00	60.30	67.50	77.50	92.50
pH	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0

酒石酸氢钾 Ⅱ-5-0020

Potassinm hydrogen tartrate

别名 重酒石酸钾 Potassinm bitartrate

结构式

$$KOOC—(CHOH)_2—COOH$$

分子式 $C_4H_5KO_6$ **分子量** 188.18

理化性质 无色斜方晶体或白色结晶性粉末。易溶于水、不溶于冷水和乙醇。

理化常数 酒石酸氢钾是多元酸的酸式盐，其对应的多元酸的各级离解常数分别为

$$pK_1=2.98 \qquad pK_2=4.34$$

但用酒石酸氢钾配制的缓冲溶液的pH值用上述参数作的计算值与实际测量值有一定偏差，这是因为溶液中离子强度和活度等因素影响的结果。

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由酒石酸氢钾配制的饱和溶液可作为pH标准溶液使用。该pH标准缓冲溶液的主要特性及温度因素如下。

pH标准缓冲溶液的主要特性

组 分	质量摩尔浓度 *m*	体积摩尔浓度 *M*	密 度 g/ml	质量-体积浓度 g/l	稀释值 ΔpH1/2	缓冲容量
饱和酒石酸氢钾	0.0341	0.034	1.0036	25℃饱和溶液	+0.049	0.027

pH标准液液的pH值温度因素

温度，℃	25	30	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	95
饱和酒石酸氢钾	3.557	3.552	3.549	3.548	3.547	3.547	3.549	3.554	3.560	3.580	3.609	3.650	3.674

酒 石 酸 Ⅱ-5-0021

Tartaric acid

别名 二羟基琥珀酸；右旋葡萄酸

结构式

$$HOOC(CHOH)_2—COOH$$

分子式 $C_4H_6O_6$ **分子量** 150.09

理化性质 无色透明结晶或白色结晶性粉末。可溶于水，不溶于三氯甲烷。熔点168～170℃。

理化参数 二元弱酸，各级离解常数为

K_1 1.04×10^{-3} pK_1 2.98

K_2 4.55×10^{-5} pK_2 4.34

合成方法 制备及提纯方法参见本分册第四章Ⅱ-4(2)-0022。

用途 由酒石酸配制的一般缓冲溶液如下。

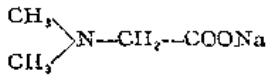
酒石酸-酒石酸钠缓冲溶液

(A)0.1*N*酒石酸，ml	32	16	8	4	2	1	1	1	1	1	1
(B)0.1*M*酒石酸钠，ml	1	1	1	1	1	1	2	4	8	16	32
pH	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.2	4.5

二甲基氨基乙酸钠 Ⅱ-5-0022

Sodium dimethylaminoacetate

结构式



分子式 $C_4H_8NNaO_2$ **分子量** 125.10

理化性质 对应的酸系吸湿性针状结晶，可溶于水，乙醇及醚中，熔点157～160℃。

理化参数 对应酸的酸离解常数（25℃）及碱离解常数（25℃）分别为

K_a 1.3×10^{-10} pK_a 9.89

K_b 9.8×10^{-13} pK_b 12.01

合成方法 对应的酸由氯乙酸及二甲胺直接反应制得。

用途 由二甲基氨基乙酸钠配制的一般缓冲溶液如下。

二甲基氨基乙酸钠-盐酸缓冲溶液

(A)0.2M二甲基氨基乙酸钠，ml		10	10	10	10	10	10	10	10
(B)0.1N盐酸，ml		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
水，ml		9.8	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1
pH(30℃)		10.58	10.42	10.28	10.16	10.05	9.96	9.87	9.79
(A)0.2M二甲基氨基乙酸钠，ml	10	10	10	10	10	10	10	10	10
(B)0.1N盐酸，ml	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
水，ml	9.0	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2
pH(30℃)	9.70	9.60	9.50	9.39	9.28	9.17	9.05	8.85	8.60

吡　　啶　　Ⅱ-5-0023

Pyridine

别名　氮杂苯

结构式

分子式　C_5H_5N　　**分子量**　79.10

理化性质　无色透明液体，有特殊臭味。能与水、乙醇、三氯甲烷和乙醚等有机溶剂相混溶。

理化参数

相对密度　($d_4^{20°}$)0.9819，闪点　68°F，

折光率　　1.5102，pK_b　8.69

合成方法　实验室中精制工业吡啶的方法是将吡啶与氯化锌的加成产物分离开来，然后再将这加成产物分解。得到的吡啶用固体氢氧化钾干燥之。

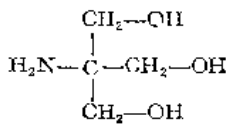
用途　吡啶常用来配制挥发性缓冲溶液，适用于柱色谱、纸上电泳等方法，其不同pH值的缓冲溶液配制方法如下。

pH	配　制　方　法
3.1	5 ml吡啶＋100ml乙酸稀至1 l
3.1	16.1ml吡啶＋30ml甲酸稀至1 l
3.1	16.1ml吡啶＋260ml乙酸稀至1 l
3.5	5 ml吡啶＋50ml乙酸稀至1 l
3.6	吡啶:乙酸:水＝1:10:89体积比
3.7	吡啶:乙酸:水＝1:10:289体积比
4.1	44.2ml吡啶＋138ml乙酸稀至1 l
4.7	25ml吡啶＋25ml乙酸稀至1 l
5.1	161ml吡啶＋145ml乙酸稀至1 l
5.4	8 ml吡啶＋2ml乙酸稀至1 l
6.5	100ml吡啶＋4ml乙酸稀至1 l

2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇　　Ⅱ-5-0024

2-Amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol

结构式



分子式　$C_4H_{11}NO_3$　　**分子量**　121.14

理化性质　结晶状物质、熔点171～172℃，沸点219～220℃，弱一元酸碱。溶解度(g/l)为：在25℃水中550；乙二醇79.1；甲醇26；无水乙醇14.6；95%乙醇22.0；二甲基甲酰胺14；戊醇2.6；丙酮2.0；乙酸乙酯0.5；橄榄油0.4；玉米油0.3；环己烷0.1；苯0.1；氯仿0.05；四氯化碳<0.05。

理化参数　K_b 1.202×10^{-5}　　$pK_b=5.92$(25℃)

0.1*M*水溶液的pH值：10.4

合成方法[1]　由相应的硝基化合物还原或催化氢化而得。

用途　由2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇配制的一般缓冲溶液如下。

1．2-氨基-2-羟基甲基-1,3-丙二醇-盐酸缓冲溶液

(A)2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B)0.1*N*盐酸，ml		45.0	42.5	40.0	37.5	35.0	32.5	30.0	27.5	25.0
水，ml		30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0
pH	23℃	7.20	7.36	7.54	7.66	7.77	7.87	7.96	8.05	8.14
	37℃	7.05	7.22	7.40	7.52	7.63	7.73	7.82	7.90	8.00
(A)2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
(B)0.1*N*盐酸，ml		22.5	20.0	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0	
水，ml		52.5	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0	
pH	23℃	8.23	8.32	8.40	8.50	8.62	8.74	8.92	9.10	
	37℃	8.10	8.18	8.27	8.37	8.48	8.60	8.78	8.95	

2．2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇-盐酸缓冲溶液

(A)2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B)0.1*N*盐酸，ml		45.0	42.5	40.0	37.5	37.0	32.5	30.0	27.5	25.0
水，ml		30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0
pH	23℃	7.83	8.00	8.18	8.30	8.40	8.50	8.60	8.70	8.78
	37℃	7.72	7.90	8.07	8.20	8.30	8.40	8.50	8.58	8.67

续表

(A)2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B)0.1N盐酸，ml		22.5	20.0	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
水，ml		52.5	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0
pH	23℃	8.87	8.96	9.05	9.15	9.26	9.38	9.56	9.72
	37℃	8.76	8.85	8.94	9.03	9.15	9.27	9.45	9.62

参 考 文 献

〔1〕 C. A., 44,1836b。

柠 檬 酸 钠

Ⅱ-5-0025

Sodium citrate

别名 枸橼酸钠

分子式 $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ **分子量** 294.10

理化性质 白色结晶或粉末，在空气中可被风化，易溶于水，不溶于醇。

理化参数 强碱弱酸盐，对应弱酸的各级离解常数为：

$$K_1\ 1.1\times10^{-3} \qquad pK_1\ 2.96$$

$$K_2\ 4.1\times10^{-5} \qquad pK_2\ 4.39$$

$$K_3\ 2.1\times10^{-6} \qquad pK_3\ 5.67$$

合成方法 柠檬酸钠的制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由柠檬酸钠配制的缓冲溶液如下。

1. 柠檬酸钠-盐酸缓冲溶液

(A)0.1M柠檬酸钠，ml	0.0	1.0	2.0	3.0	3.33	4.0	4.5	4.75
(B)0.1N盐酸，ml	10.0	9.0	8.0	7.0	6.67	6.0	5.5	5.25
pH (18℃)	1.04	1.17	1.42	1.93	2.27	2.97	3.36	3.53
(A)0.1M柠檬酸钠，ml	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5	10.0
(B)0.1N盐酸 ml	5.0	4.5	4.0	3.0	2.0	1.0	0.5	0
pH (18℃)	3.69	3.95	4.16	4.45	4.65	4.83	4.89	4.96

2. 柠檬酸钠-氢氧化钠缓冲溶液

(A)0.1*M*柠檬酸钠，ml		10.0	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	5.25
(B)0.1*N*氢氧化钠，ml		0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	4.75
pH	10℃	4.93	4.99	5.08	5.27	5.53	5.94	6.30	6.65
	20℃	4.96	5.02	5.11	5.31	5.57	5.98	6.34	6.69
	30℃	5.00	5.06	5.15	5.35	5.60	6.01	6.37	6.72
	40℃	5.04	5.10	5.19	5.39	5.64	6.04	6.41	6.76

柠檬酸二氢钾 Ⅱ-5-0026

Potassium dihydrogen citrate

别名 枸橼酸二氢钾

分子式 $C_6H_7KO_7$ **分子量** 230.22

理化性质 白色结晶性粉末，溶于水。

理化参数 系柠檬酸的酸式盐，其对应弱酸的各级离解常数为：

K_1 1.1×10^{-3} pK_1 2.96

K_2 4.1×10^{-5} pK_2 4.39

K_3 2.1×10^{-6} pK_3 5.67

合成方法 柠檬酸的制备及提纯方法参见第一分册。

用途 由柠檬酸二氢钾配制的一般缓冲溶液如下。

1. 柠檬酸二氢钾-柠檬酸缓冲溶液

(A) 0.1*M*柠檬酸二氢钾，ml	0.95	1.97	3.00	4.22	5.55	7.0	8.30	9.59
(B) 0.1*M*柠檬酸，ml	9.05	8.03	7.00	5.78	4.45	3.0	1.70	0.41
pH (18℃)	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6

2. 柠檬酸二氢钾-盐酸缓冲溶液

(A) 0.1*M*柠檬酸二氢钾，ml	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B) 0.1*M*盐酸，ml	24.84	21.70	18.40	15.10	11.80	8.60	5.35	2.10
水，ml	0.15	3.30	6.60	9.90	13.20	16.40	19.65	22.90
pH (18℃)	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6

3. 柠檬酸二氢钾-氢氧化钠缓冲溶液

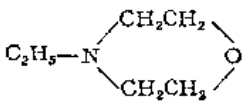
(A) 0.1*M*柠檬酸二氢钾，ml	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
(B) 0.1*M*氢氧化钠 ml	1.0	4.50	8.15	11.85	15.75	19.60	23.35	27.10	30.50	34.00	37.2	40.6
水，ml	24.0	20.50	16.85	13.15	9.25	5.40	1.65	0	0	0	0	0
pH (18℃)	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0

N-乙基吗啉 Ⅱ-5-0027

N-Ethylmorpholine

别名 乙基对氧氮六环；*N*-乙基四氢-1,4-噁嗪

结构式



分子式 $C_6H_{13}NO$ **分子量** 115.18

理化性质 无色液体，能与水、醇、醚相混溶。易燃。

用途 由*N*-乙基吗啉配制的不同用途的一般缓冲溶液如下。

1. *N*-乙基吗啉-乙酸挥发性缓冲溶液

pH	配制方法
8.0	23ml*N*-乙基吗啉与3ml乙酸加水稀至1 l
9.3	50ml*N*-乙基吗啉、30ml吡啶与0.4～2.0ml乙酸加水至1l

2. *N*-乙基吗啉-盐酸缓冲溶液

(A) 0.2*M* *N*-乙基吗啉，ml	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
(B) 0.1*N*盐酸，ml	8.0	7.1	6.1	5.0	4.0	2.9	2.0
水	加水稀至1 l						
pH (20℃)	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2

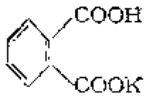
邻苯二甲酸氢钾 Ⅱ-5-0028

Potassium hydrogen phthalate

别名 酞酸氢钾

Potassium biphthalate

结构式



分子式 $C_8H_5KO_4$ **分子量** 204.22

理化性质 白色结晶性粉末，溶于水，水溶液呈酸性，微溶于醇。

理化常数 邻苯二甲酸氢钾是多元酸的酸式盐，其对应多元酸的各级离解常数分别为：

$$pK_1=2.96 \quad pK_2=5.41$$

但是由邻苯二甲酸氢钾配制的缓冲溶液的 pH值用上述参数作的计算值与实际测量值有一定偏差，这是因为溶液中离子强度和活度等因素影响的结果。其实际测量值为：

0.05*M*邻苯二甲酸氢钾pH 4.01(25℃)

合成方法 制备及提纯方法参见第一分册。

用途 配制成0.05*M*邻苯二甲酸氢钾溶液可作pH标准溶液使用，其pH=4.01，当用酸度计测量溶液的pH值时，可用来作仪器校正。

由邻苯二甲酸氢钾配制的一般缓冲溶液如下。

1．邻苯二甲酸氢钾-盐酸缓冲溶液

(A) 0.2*M*邻苯二甲酸氢钾，ml	50	50	50	50	50	50	50	50	50
(B) 0.2*M*盐酸，ml	46.70	39.60	32.95	26.42	20.32	14.70	9.90	5.97	2.63
水，ml	103.30	110.40	117.05	123.58	129.68	135.30	140.10	144.03	147.37
pH (20℃)	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8

2．邻苯二甲酸氢钾-氢氧化钠缓冲溶液

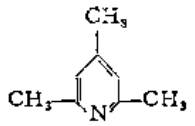
(A) 0.2*M*邻苯二甲酸氢钾，ml	50	50	50	50	50	50
(B) 0.2*M*氢氧化钠，ml	0.40	3.70	7.50	12.15	17.70	23.85
水，ml	149.60	146.30	142.50	137.85	132.20	126.15
pH (20℃)	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
(A) 0.2*M*邻苯二甲酸氢钾，ml	50	50	50	50	50	50
(B) 0.2*M*氢氧化钠，ml	29.95	35.45	39.85	43.00	45.45	47.00
水，ml	120.05	114.55	110.15	107.00	104.55	103.00
pH (20℃)	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2

2,4,6-三甲基吡啶 Ⅱ-5-0029

2,4,6-Trimethylpyridine

别名 对称可力丁 Sym-collidine

结构式



分子式 $C_8H_{11}N$ **分子量** 121.18

理化性质 无色液体，能与醇相混溶。微溶于水。沸点171～172℃，相对密度0.917。

理化参数 离解常数

$$K(25℃)2.05\times10^{-7}\ pK6.69$$

用途 由2,4,6-三甲基吡啶与盐酸配制的一般缓冲溶液组成及pH值如下。

(A) 0.2*M*2,4,6-三甲基吡啶，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B) 0.1*N*盐酸，ml		45.0	42.5	40.0	37.5	35.0	32.5	30.0	27.5
水，ml		30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5
pH	23℃	6.45	6.62	6.80	6.92	7.03	7.13	7.22	7.33
	37℃	6.37	6.54	6.72	6.84	6.95	7.05	7.14	7.23
(A)0.2*M*2,4,6-三甲基吡啶，ml		25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
(B) 0.1*N*盐酸，ml		25.0	22.5	20.0	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
水，ml		50.0	52.5	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0
pH	23℃	7.40	7.50	7.57	7.67	7.77	7.88	8.00	8.18	8.35
	37℃	7.32	7.40	7.50	7.60	7.70	7.80	7.94	8.10	8.28

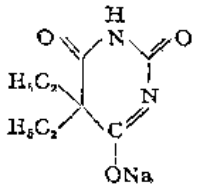
二乙基巴比妥酸钠 Ⅱ-5-0030

Sodium diethylbarbiturate

别名 巴比妥钠

Sodium barbital

结构式



分子式 $C_8H_{11}N_2NaO_3$ **分子量** 206.18

理化性质 白色结晶或粉末，味苦。溶于水，微溶于醇，不溶于醚。对应弱酸系无色结晶，融点191℃，难溶于冷水，可溶于热水、乙醚及氯仿之中。

用途 由二乙基巴比妥酸钠与盐酸配制的缓冲溶液组成及pH值如下。

二乙基巴比妥酸钠＋乙酸钠-盐酸缓冲溶液

(A) $M/7$二乙基巴比妥酸钠+$M/7$乙酸钠，ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
(B) 8.5%氯化钠，ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
(C) 0.1N盐酸，ml	0	0.25	0.50	0.75	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	6.0
水，ml	18.0	17.75	17.50	17.25	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.5	12.0
pH (25℃)	9.64	9.16	8.90	8.68	8.55	8.18	7.90	7.66	7.42	7.25	7.00
(A) $M/7$二乙基巴比妥酸钠+$M/7$乙酸钠，ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
(B) 8.5%氯化钠，ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
(C) 0.1N盐酸，ml	6.5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
水，ml	11.5	11.0	10	9	8	7	6	5	4	3	2
pH (25℃)	6.75	6.12	5.32	4.93	4.65	4.33	4.13	3.88	3.62	3.20	2.62

第六章　螯合萃取剂

所列螯合剂的数据主要是温度为20～25℃；离子强度为→0或0.1的数据，离子强度→0表示外推至离子强度为零的数值；若在相同条件下，数值彼此相差较大，一般取中间值，或次数出现较多的数值。

萃取中离子强度均指水相的离子强度，它是一价阳离子与一价阴离子的无机盐介质。水相离子的浓度、有机相中螯合剂的浓度及辅助配位体的浓度均为摩尔浓度，且系指初始浓度，不是平衡时的浓度。

各种有关的平衡常数有

1．螯合剂的离解常数（K_a）

2．酸效应系数（$\alpha_{L(H)}$）

3．螯合物的形成常数〔$K_n(n\geqslant1)$，$\beta_n(n\geqslant2)$〕

上述三项的说明见金属指示剂一节的有关说明。

4．螯合剂的分配常数（$K_{D,HL}$）

$$HL \rightleftharpoons HL_{(0)} \qquad K_{D,HL}=\frac{[HL]_0}{[HL]}$$

式中注脚（0）表示在有机相的浓度，没有注脚者表示在水相中的浓度。下面同。

5．可萃取螯合物的分配常数（K_{D,ML_n}）

$$ML_n \rightleftharpoons ML_{n(0)}, \quad K_{D,ML_n}=\frac{[ML_n]_0}{[ML_n]}$$

6．螯合物的萃取常数（K_{ex}）

$$M^{n+}+nHL_{(0)} \rightleftharpoons ML_{n(0)}+nH^+ \quad K_{ex}=\frac{[ML_n]_0[H^+]^n}{[M^{n+}][HL]_0^n}$$

萃取常数与各种常数的关系为

$$K_{ex}=\frac{K_{D,ML_n}\beta_n K_a^n}{K_{D,HL}^n}$$

7．加合物形成常数〔$K_{ML_n.S_{(0)}}$〕

$$ML_{n(0)}+aS_{(0)} \rightleftharpoons ML_n\cdot aS_{(0)}$$

$$K_{ML_n.S_{(0)}}=\frac{[ML_n\cdot aS]_0}{[ML_n]_0[S]_0^a}$$

式中S为加合配位体

8．加合物萃取常数（$K_{ex,ML_n\cdot S}$）

$$M^{n+}+nHL_{(0)}+aS_{(0)} \rightleftharpoons ML_n\cdot aS_{(0)}+nH^+$$

$$K_{ex,ML_n\cdot S}=\frac{[ML_n\cdot aS]_0[H^+]^n}{[M^{n+}][HL]_0^n[S]_0^a}$$

加合物萃取常数与各种常数的关系为

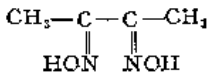
$$K_{ex,ML_n}\cdot S=\frac{K_{D,ML_n}\beta_n K_d^n K_{ML_n}\cdot S_{(0)}}{K_{D,HL}^n}=K_{ex}\cdot K_{ML_n}\cdot S_{(0)}$$

二甲基乙二肟 Ⅱ-6-0001

Dimethylglyoxime

别名 丁二肟；Butane-2,3-dione dioxime；二乙酰二肟 Diacetyldioxime

结构式



分子式 $C_4H_8N_2O_2$ **分子量** 116.12

理化性质 白色粉末。溶于乙醇和乙醚；不溶于水。熔点239.0～241.0。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	10.45	11.9	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	20.35	18.35	16.35	14.35	12.35	10.35	8.35	6.35	4.35	2.46	1.05	0.26	0.03

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	−0.95

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)50%二氧六环〕

金属离子	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	La^{3+}	Ni^{2+}	Ni^{2+}	Pd^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	5.7	11.75	11.90	—	—	6.6	11.55	8.08③		7.3	7.7
lgK_2	5.0	9.5	11.20	19.24① (lgβ_2)	7.25② (lgβ_2)	5.9	10.33	8.57③	34.1① (lgβ_2)	—	6.2

① t=25℃，μ=0.1；② t=27℃，μ未指明；③ t=20℃，μ=0.1

5. 螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Cu^{2+}	$[Cu(HL)_2]_o/[Cu(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	−0.93①
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_o/[Ni(HL)_2]$	H_2L-CCl_4	0.96
		H_2L-$CHCl_3$	2.58
		H_2L-CH_2Cl_2	2.53
		H_2L-正己烷	−0.79
		H_2L-C_6H_6	1.85
		H_2L-1,2-二氯苯	2.27
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_o/[Pd(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	1.86②

① t=25℃，μ=0.1；② t=25℃，μ=1.0

6.萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃　取　平　衡	有　机　相	$\lg K_{ex}$
Cu^{2+}	$[Cu(HL)_2]_o[H^+]^2/[Cu^{2+}][H_2L]_o^2$	H_2L-$CHCl_3$	−2.6
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_o[H^+]^2/[Ni^{2+}][H_2L]_o^2$	H_2L-$CHCl_3$	−1.17
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_o[H^+]^2/[Pd^{2+}][H_2L]_o^2$	H_2L-$CHCl_3$	15.0

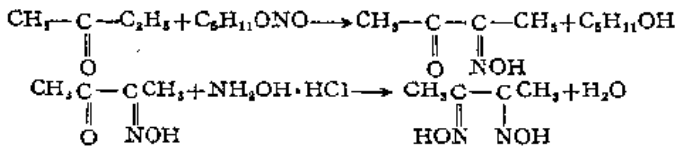
7．加合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加　合　平　衡	$\lg K_{MLn}\cdot S$
Cu^{2+}	吡　啶	S-C_6H_6	$[Cu(HL)_2S]_o/[Cu(HL)_2]_o[S]_o$	3.50
	二丁胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o/[Cu(HL)_2]_o[S]_o$	2.10
	苯　胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o/[Cu(HL)_2]_o[S]_o$	1.92
	喹　啉	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o/[Cu(HL)_2]_o[S]_o$	2.04
	十二胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o/[Cu(HL)_2]_o[S]_o$	3.36

8．加合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Cu^{2+}	二丁胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o[H^+]^2/[Cu^{2+}][H_2L]^2[S]_o$	−0.5
	苯　胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o[H^+]^2/[Cu^{2+}][H_2L]^2[S]_o$	−0.7
	喹　啉	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o[H^+]^2/[Cu^{2+}][H_2L]^2[S]_o$	−0.6
	十二胺	S-$CHCl_3$	$[Cu(HL)_2S]_o[H^+]^2/[Cu^{2+}][H_2L]^2[S]_o$	0.8

合成方法[1]



1．将850ml甲基乙基酮溶于30ml比重1.19的HCl中。快速搅拌，于40～50℃逐渐加入1000ml亚硝酸戊酯。加入800g冰，378gNaOH（溶于800ml水中），再搅拌30分钟。用虹吸法除去水溶液，并用醚提取戊醇。加盐酸羟胺，加热，用乙酸调节pH值。

2．取100g邻甲代丁间酮酸酯，加60g NaOH（溶于1500ml水），放置过夜，加50g $NaNO_2$及少许甲基橙至溶液呈明显的黄色。置于冰浴中冷却，边搅拌边加入20% H_2SO_4，直至溶液的颜色转变成粉红色。于冰浴中放置2～3小时后，加入5倍量的乙酸，同时进行搅拌。将萃取液收集在一起，蒸去乙醚。在残留物中加80g工业$NH_2OH\cdot HCl$和35g NaOH（溶于30ml水中），在水浴上加热2～3小时，冷却后吸滤，用水洗涤。空气干操。用含水的乙醇重结晶。

用途　螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Ni^{2+}	pH7～12，可被HL-$CHCl_3$萃取
Pd^{2+}	0.2～0.3MHCl，或1NH_2SO_4 可被HL-$CHCl_3$定量萃取

参 考 文 献

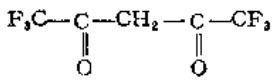
〔1〕 *Beil.*，1,772～773。

1,1,1,5,5,5-六氟-2,4-戊二酮　　Ⅱ-6-0002

1,1,1,5,5,5-Hexafluoro-2,4-pentane dione

别名　六氟乙酰丙酮　Hexafluoroacetylacetone

结构式



分子式　$C_5H_2F_6O_2$　　**分子量**　208.07

理化性质　无色液体。不溶于水，溶于氯仿，四氯化碳和环已烷等有机溶剂。沸点63～65℃。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L⁻
pK	4.42	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.42	2.42	1.44	0.56	0.10	0.01

3．螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	CCl_4	CCl_4
lgK_D	−1.92	−1.74①	−1.40②

① t=25℃，μ=1.0；② t=25℃；μ=3.0

4．螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Cu^{2+}	NpO_2^+
lgK_1	2.70	1.9

5．螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D\cdot ML_n}$
AC^{3+}	$[AcL_3]_0/[AcL_3]$	$HL_{0.5}$-$CHCl_3$	0.85
Am^{3+}	$[AmL_3]_0/[AmL_3]$	$HL_{0.5}$-$CHCl_3$	1.25
Cm^{3+}	$[CmL_3]_0/[CmL_3]$	$HL_{0.5}$-$CHCl_3$	1.25
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-CCl_4	0.90

6. 螯合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL-CCl_4	−0.26
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-CCl_4	−4.9

7. 加合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n\cdot S}$
Cu^{2+}	磷酸三丁酯	$HL_{0.1}$，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	4.6
	三正辛基氧化膦	$HL_{0.1}$，S<0.001-CCl_4	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$ $[CuL_2S_2]_0/[CuL_2]_0[S]_0^2$	5.63 9.36
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015，S<0.01-环已烷	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	10.84①
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015，S<0.001-环已烷	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	10.50②
	磷酸三-(2,2,2-三氯乙基)酯	HL，S-环已烷	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	5.87②
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015，S<0.01环已烷	$[TmL_3S_2]_0/[TmL_3]_0[S]_0^3$	10.76①
Zn^{2+}	磷酸三丁酯	$HL_{0.1}$，S<0.01-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	5.5
	三正辛基氧化膦	$HL_{0.1}$，S<1×10^{-4}-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$ $[ZnL_2S_2]_0/[ZnL_2]_0[S]_0^2$	7.0 11.6

① t=25℃，μ未指明；② t=25℃，μ=0.1

8. 加合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex\cdot S}$
Cu^{2+}	磷酸三丁酯	$HL_{0.1}$，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	4.0
	三正辛基氧化膦	$HL_{0.1}$，S<0.001-CCl_4	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$ $[CuL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Cu^{2+}]$	5.0 8.75
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015，S<0.01-环已烷	$[EuL_3S_2]_0$，$[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.05①

续表

金属离子	加合体，S	有 机 相	加合物萃取平衡	$lgK_{ex}\cdot S$
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015，S<0.01-环己烷	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	4.35②
	磷酸三-(2,2,2-三氯乙基)酯	HL，S-环己烷	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	0.24②
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.015,S<0.01-环己烷	$[TmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Tm^{3+}]$	4.63①
Zn^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	0.3
	三正辛基氧化膦	HL，S-正己烷	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	1.0③
		HL0.1，S<0.0001-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	~2
			$[ZnL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Zn^{2+}]$	~6.4
		HL，S-正己烷	$[ZnL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Zn^{2+}]$	~3

① $t=25℃$，μ未指明；② $t=25℃$，$\mu=0.1$；③ $t=26℃$，$\mu=0.01$

合成方法[1]

$$F_3CCOOH + HCH_2\underset{\underset{O}{\|}}{C}CF_3 \longrightarrow F_3C\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CF_3 + H_2O$$

由三氟乙酸和三氟丙酮缩合而成。全部缩合操作均在醚中进行，同时加新制得的乙醇钠。然后向所得的悬浮物中加入一当量的无水氯化酯，此时溶液出现轻微放热现象，乘此加入酮，将混合物回流50小时左右，也可短一些。由于缩合物对水有亲合力，必须进行分离，分离时，将反应混合物先用比中和所要的量大一些的硫酸氢钠处理，再用清亮的乙酸铜水溶液进行处理。蒸去有机相，过滤铜衍生物的结晶，再用升华法进行重结晶。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方 法 提 要
Cu^{2+}	1M$NaClO_4$或$HClO_4$，0.1M 六氟乙酰丙酮和小于 0.001M 三正辛基氧化膦，形成CuL_2S_2或CuL_2S可被CCl_4萃取

参 考 文 献

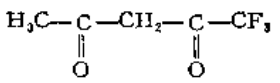
〔1〕 A. L. Henne: *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1819, (1947).

三氟乙酰丙酮 Ⅱ-6-0003

Trifluoroacetylacetone

别名 1,1,1,-三氟-2,4-戊二酮1,1,1-Trifluoro-2,4-pentanedione

结构式



分子式 $C_5H_5F_3O_2$ **分子量** 154.09

理化性质 无色液体。可溶于苯、氯仿等有机溶剂。沸点107℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O		75%二氧六环		50%二氧六环	
	HL	L^-	HL	L^-	HL	L^-
pK	6.42		8.70①		6.7②	

① t=30℃,μ未指明；② t=20℃,μ未指明。

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.42	4.42	3.42	2.42	1.44	0.56	0.10	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	CH_2Cl_2	C_2H_5Br	C_6H_6	1,2-二氯苯	正己烷
lgK_D	−0.22	0.29	0.40	0.23	0.11	−0.05	−0.50

4. 螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)75%二氧六环〕

金属离子	Ba^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_2	8.0	17.2	14.2
	(lgβ_2)	(lgβ_2)	(lgβ_2)

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o/[AcL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	−0.4
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.2
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o/[CmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.2
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	HL-CCl_4	1.24
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	HL-CCl_4	−1.84

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL-CCl_4	−1.12
		HL-$CHCl_3$	−2.0①
Hf^{4+}	$[HfL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	4.4②
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	HL-CCl_4	−2.0
		HL-$CHCl_3$	−2.6
		HL-CH_2Cl_2	−2.7

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	HL-C_2H_5Br	−2.3
		HL-C_6H_5	−2.2
		HL-1,2-二氯苯	−2.2
		HL-正己烷	−2.0
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL-CCl_4	−8.30
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Zr^{4+}]$	HL-C_6H_6	5.5②

① t和μ未指明；② t未指明，$\mu=0.5$。

7．加合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{MLn}\cdot S$
Cu^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2\cdot S]_o/[CuL_2]_o[S]_o$	2.16
	正三辛基氧化膦	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_o/[CuL_2]_o[S]_o$	2.96
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.5-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_o/[EuL_3][S]_o^2$	4.64①
Zn^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	4.29
	三正辛基氧化膦	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	6.70

① $t=25℃,\mu=0.1$。

8．加合物萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Cu^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Cu^{2+}]$	0.90
	三正辛基氧化膦	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Cu^{2+}]$	1.70
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[EuL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Eu^{3+}]$	−2.22①
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[NdL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Nd^{3+}]$	−2.77②
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[TmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Tm^{3+}]$	−2.62②
Zn^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Zn^{2+}]$	−4.47
	三正辛基氧化膦	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Zn^{2+}]$	−2.06

① $t=25℃,\mu$未指明；② $t=25℃,\mu=0.1$。

合成方法[1]

$$CF_3COOH + H_3C\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_3 \longrightarrow CF_3\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_2\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_3 + H_2O$$

由三氟乙酸和丙酮缩合、分离而得，产率70%。方法与六氟乙酰丙酮相同。用乙醇重结晶。

重结晶前，将干燥的铜盐悬浮于无水乙醚中，若有不溶物，通H_2S，使其成为CuS除去，再用分馏法除去乙醚。分馏时应采取有力措施以免挥发而损失。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方法提要
Zn^{2+}	稀乙酸，0.1*M*三氟乙酰丙酮和0.4*M*苄胺/$CHCl_3$可萃取Zn^{2+}，与Cu^{2+}分离
Zr^{4+}	0.1*M* H_2SO_4，加过氧化氢，三氟乙酰丙酮/苯萃取Zr^{4+}，与Nb^{5+}分离

参考文献

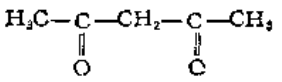
〔1〕 A. L. Henne: *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 181(1947).

2,4-戊二酮　　Ⅱ-6-0004

2,4-Pentane dione

别名　乙酰丙酮　Acetylacetone

结构式



分子式　$C_5H_8O_2$　　**分子量**　100.11

理化性质　见本分册Ⅰ-4(2)-0026。

理化参数

1. 离解常数，酸效应系数和螯合剂形成常数见本分册Ⅰ-4(2)-0026。
2. 螯合剂分配常数〔温度（*t*）25℃；离子强度（*μ*）0.1*M*〕

	CCl_4	$CHCl_3$	CH_2Cl_2	C_2H_5Br	C_6H_6	甲苯	二甲苯	间二甲苯
lgK_D	0.51	1.38①	1.41①	0.85	0.74	0.66①	0.57①	0.52
	1,3,5-三甲苯		乙苯	异丙基苯	氯苯	1,2-二氯苯	硝基苯	己酮
lgK_D	0.30②	0.25①	0.43	0.78	0.72	0.86	0.77	
	噻吩	异戊醇	正己烷	环己烷				
lgK_D	0.84	0.55③	−0.05	0.0④				

3. 螯合物分配常数〔温度（*t*）25℃；离子强度（*μ*）1.0*M*〕

金属离子	分配平衡	有机相	$lgK_{D\ MLn}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL<0.1-$CHCl_3$	2.07①
		纯HL	1.61②
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	HL-CCl_4	0.70③
		HL0.1-C_6H_6	1.0④
		HL-甲苯	0.78
		HL-二甲苯	0.58
		HL-1,3,5-三甲苯	0.43

续表

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	纯HL	0.81②
Dy^{3+}	$[DyL_3]_0/[DyL_3]$	纯HL	0.04②
Er^{3+}	$[ErL_3]_0/[ErL_3]$	纯HL	0.33②
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0/[FeL_3]$	纯HL	3.0②
Gd^{3+}	$[GdL_3]_0/[GdL_3]$	纯HL	−0.16②
Ho^{3+}	$[HoL_3]_0/[HoL_3]$	纯HL	0.19②
In^{3+}	$[InL_3]_0/[InL_3]$	HL<0.1-CCl_4	2.63④
		HL<0.1-$CHCl_3$	3.23④
		HL<0.1-C_6H_6	3.23④
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0/[NdL_3]$	纯HL	−0.39②
Np^{4+}	$[NpL_4]_0/[NpL_4]$	HL0.8-CCl_4	2.68
		HL0.4-C_6H_6	3.45
		HL0.8-正己烷	0.54
		HL0.8-环己烷	0.81
PaO_2^{+}	$[PaOL]_0/[PaOL]$	HL-二甲苯	0.02⑤
PaO^{3+}	$[PaOL_3]_0/[PaOL_3]$	HL-二甲苯	−0.06②
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0/[PbL_2]$	HL0.1-C_6H_6	0.6④
		纯HL	0.69②
Pu^{4+}	$[PuL_4]_0/[PuL_4]$	HL<0.1-$CHCl_3$	2.60③
		HL<0.1-C_6H_6	2.54③
Sm^{3+}	$[SmL_3]_0/[SmL_3]$	纯HL	−0.30②
Tb^{3+}	$[TbL_3]_0/[TbL_3]$	纯HL	−0.03②
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	HL<0.1-C_6H_6	2.5③
U^{4+}	$[UL_4]_0/[UL_4]$	HL-$CHCl_3$	4.0③
		HL<0.1-C_6H_6	3.63③
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0/[UO_2L_2]$	HL<0.1-C_6H_6	0.25③
	$[UO_2L_2HL]_0/[UO_2L_2HL]$	HL<0.1-C_6H_6	1.52③
Y^{3+}	$[YL_3]_0/[YL_3]$	纯HL	0.10②
Yb^{3+}	$[YbL_3]_0/[YbL_3]$	纯HL	0.8②
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	HL-CCl_4	−0.38
		HL<0.5-C_6H_6	−0.19
		纯HL	0.25②
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0/[ZrL_4]$	HL-C_6H_6	1.0

① $t=20℃$, $\mu=1.0$; ② $t=25℃$, μ未指明; ③ $t=25℃$, $\mu=0.1$; ④ $t=20℃$, $\mu=0.1$; ⑤ $t=25℃$, $\mu=3.0$

4. 萃取常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M]

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−6.48①
		纯HL	−8.0②
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−2.6③
		HL<0.1-C_6H_6	−2.79①
		纯HL	−3.3②
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL-CCl_4	−3.73④
		HL-$CHCl_3$	−2.98
		HL<0.3-C_6H_6	−3.5④
		HL-己酮	−3.78
		纯HL	−4.0②

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Fe^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−1.39①
		纯HL	−3.0②
Ga^{3+}	$[GaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ga^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−5.51①
		纯HL	−6.0②
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[In^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−7.2①
		HL0.1-$CHCl_3$	−9.1①
		HL0.1-C_6H_6	−7.2①
		纯HL	−8.0②
Np^{4+}	$[NpL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Np^{4+}]$	HL0.4-CCl_4	−4.98④
Np^{4+}	$[NpL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Np^{4+}]$	HL0.4-C_6H_6	−4.97④
		HL0.4-环己烷	−4.97①
		HL0.4-正己烷	−5.16④
$PaO(OH)^{2+}$	$[PaO(OH)L_2(HL)_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^4[PaO(OH)^{2+}]$	HL-1～2-C_6H_6	0.25③
PaO^{3+}	$[PaOL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[PaO^{3+}]$	HL-二甲苯	−0.4⑤
	$[PaOL_3(HL)_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^5[PaO^{3+}]$	HL-二甲苯	0.7⑤
PaO_2^+	$[PaO_2L]_o[H^+]/[HL]_o[PaO_2^+]$	HL-二甲苯	−2.1⑤
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pb^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−10.15①
		纯HL	−12.0②
Pu^{4+}	$[PuL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Pu^{4+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−4.2
		HL<0.1-C_6H_6	−1.8
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	HL-CCl_4	−5.7
		HL<0.1-$CHCl_3$	−6.35
		HL<0.1-C_6H_6	−5.83①
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	HL-甲苯	−6.0
		HL-正己烷	−6.1
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL<0.1-C_6H_6	−12.16
Tl^{3+}	$[TlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tl^{3+}]$	HL-C_6H_6	−3.2①
U^{4+}	$[UL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[U^{4+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−7.4
		HL<0.1-C_6H_6	−5.3
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[UO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	−5.85⑥
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL-CCl_4	−11.40④
		HL<0.5-C_6H_6	−11.0④
		纯HL	−10.0①

① $t=20℃$，$\mu=0.1$；② $t=25℃$，μ未指明；③ $t=20℃$，$\mu=1.0$；④ $t=25℃$，$\mu=1.0$；⑤ $t=25℃$，$\mu=3.0$；⑥ $t=30℃$，$\mu=2.0$

5. 加合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M〕

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Cu^{2+}	喹啉	HL<0.02，S<1-C_6H_6	$[CuL_2 \cdot S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	0.57①
	异喹啉	HL<0.04，S<1-C_6H_6	$[CuL_2 \cdot S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	0.72①
	三正辛基氧化膦	HL，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2 \cdot S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	1.28
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.5-$CHCl_3$	$[EuL_3 \cdot S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	1.90②
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL<0.2　S<0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2 \cdot S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	3.60③
Zn^{2+}	三正辛基氧化膦	HL，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2 \cdot S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$ $[ZnL_2 \cdot S_2]_0/[ZnL_2]_0[S]_0^2$	3.07 4.66

①t=20℃，μ未指明；②t=25℃，μ=0.1；③t=30℃；μ=2.0

6. 加合物萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex} \cdot S$
Cu^{2+}	三正辛基氧化膦	HL，S<0.1-CCl_4	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	−2.45
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	−2.25①
Zn^{2+}	三正辛基氧化膦	HL，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$ $[ZnL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Zn^{2+}]$	−8.33 −6.74

① t=30℃，μ=2.0

合成方法　见本分册Ⅱ-4(2)-0026。

用途　螯合萃取剂。

萃　取　离　子	方　法　提　要
Al^{3+}	pH3～6，纯乙酰丙酮一次萃取90%； pH5～9，0.10M乙酰丙酮-苯萃取率达90%
Be^{2+}	pH1.5～3，可用纯乙酰丙酮萃取
Ce^{3+}	pH5～6，0.85$M$$NaBrO_3$和0.61$M$乙酰丙酮，用苯萃取率达95%
Co^{3+}	pH0.3～2.0，乙酰丙酮一次萃取达95～99.5%
Cu^{2+}	pH2～5，乙酰丙酮萃取率80%； pH4～10，0.10M乙酰丙酮-苯萃取率90%
Fe^{3+}	pH1，乙酰丙酮萃取率99.9%； pH2.5～7，0.1M乙酰丙酮-苯可完全萃取
Ga^{3+}	pH6～9　乙酰丙酮萃取率97%

续表

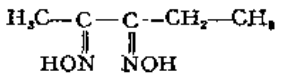
萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	pH>3，乙酰丙酮萃取率80%
In^{3+}	pH3～6，乙酰丙酮可定量萃取
Mn^{3+}	pH8～9.5，H_2O_2存在，几乎可完全萃取
MoO_4^{2-}	$6N$～$0.01N$ H_2SO_4，乙酰丙酮或乙酰丙酮:$CHCl_3$为1:1，萃取率达96～98%
Nb^{5+}	pH2～5，2.0M乙酰丙酮-苯萃取率90%
Pd^{2+}	pH0～8 0.1M乙酰丙酮-苯可完全萃取
Pu^{4+}	pH4～7 1.0M乙酰丙酮-苯可完全萃取
Sc^{3+}	pH3.5～9，0.1M乙酰丙酮-苯可定量萃取
Tb^{4+}	pH5～9，0.10M乙酰丙酮-苯可完全萃取
Tl^{3+}	pH2.0～10，0.10M乙酰丙酮-苯可定量萃取
U^{4+}	pH>3，0.50M乙酰丙酮-苯或$CHCl_3$可定量萃取
UO_2^{2+}	pH2～7 乙酰丙酮萃取率95%以上
VO^{+}	pH2～3 1:1的乙酰丙酮-$CHCl_3$完全萃取
VO^{2+}	pH2～4，1:1乙酰丙酮-$CHCl_3$萃取率80%
VO_2^{+}	pH2.1，1:1乙酰丙酮-$CHCl_3$萃取率68%
Yb^{3+}	pH6 乙酰丙酮萃取率约86%
Zr^{4+}	pH3～8，2M乙酰丙酮-$CHCl_3$萃取率98%

乙基甲基乙二肟 Ⅱ-6-0005

Ethylmethylglyoxime

别名 2,3-戊二肟 Pentane-2,3-dione dioxime

结构式



分子式 $C_5H_{10}N_2O_2$ **分子量** 130.15

理化性质 白色固体粉末。难溶于冷水，溶于热水，易溶于乙醇，氯仿，四氯化碳和苯。熔点171～172℃。

理化参数

1. 离解常数[温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M]

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	10.51	12.02	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	20.53	18.53	16.53	14.53	12.53	10.53	8.53	6.53	4.53	2.65	1.17	0.32	0.04	0.01

3．螯合剂分配常数〔温度（t）未指明；离子强度（μ）0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6	正己烷
$\lg K_D$	−1.10	−0.47	−0.51	−1.83

4．螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）50%二氧六环〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	12.1	12.3	9.03①	11.5	8.37①
$\lg K_2$	10.2	11.9	10.64①	11.0	9.42②

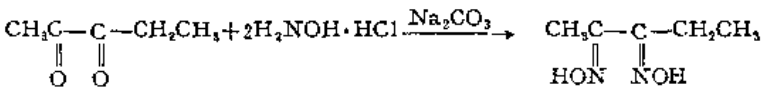
5．螯合物分配常数〔温度（t）未指明；离子度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Cu^{2+}	$[Cu(HL)_2]_0/[Cu(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	0.54
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_0/[Ni(HL)_2]$	HL-$CHCl_3$	3.75

6．萃取常数〔温度（t）未指明；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Ni^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	0.52

合成方法[1]



将5 g戊二酮溶于约20ml乙醇中，另将7 g盐酸羟胺溶于较冷的水中，然后将上述两溶液充分混合，并加入Na_2CO_3溶液，使呈弱碱性。放置12小时后即析出白色的固体。可用热水重结晶。熔点171～172℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ni^{2+}	0.1$M$$HClO_4$或0.1$M$$NaClO_4$，乙基甲基乙二肟镍络合物可被$CHCl_3$萃取

参考文献

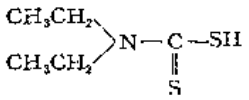
〔1〕 T. Posner; *Ber.*, 34, 3978, (1901).

二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅰ-6-0006

Diethyldithiocarbamic acid

别名 DDTC；二乙基氨荒酸

结构式



分子式 $C_5H_{11}NS_2$ **分子量** 149.27

理化性质 见本分册Ⅰ-4(2)-0027。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2O	CCl_4	$CHCl_3$
	$\frac{HL}{L^-}$	$\frac{HL}{L^-}$	$\frac{HL}{L^-}$
pK	3.6	6.21	7.0①

① t=25℃，μ=0.1，

2. 酸效应系数 见本分册Ⅱ-4(2)-0027

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$	CCl_4
$\lg K_D$	3.37	2.33

4. 螯合物形成常数 见本分册Ⅱ-4(2)-0027

5. 螯合物分配常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Bi^{3+}	$[BiL_3]_o/[BiL_3]$	$HL-CCl_4$	7.65
		$HL-CHCl_3$	9.00
		$HL-C_6H_6$	8.26
		HL-乙酸乙酯	7.65
Cd^{2+}	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	$HL-CCl_4$	5.81
		$HL-CHCl_3$	5.88
		$HL-C_6H_6$	5.81
		HL-乙酸乙酯	5.51
Co^{2+}	$[CoL_2]_o/[CoL_2]$	$HL-CCl_4$	5.38
		$HL-CHCl_3$	6.60
		$HL-C_6H_6$	5.98
		HL-乙酸乙酯	6.04
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	$HL-CCl_4$	8.34
		$HL-CHCl_3$	9.34
		$HL-C_6H_6$	8.11
		HL-乙酸乙酯	8.33
Mn^{2+}	$[MnL_2]_o/[MnL_2]$	$HL-CCl_4$	3.15
		$HL-CHCl_3$	3.40
		$HL-C_6H_6$	3.11
		HL-乙酸乙酯	3.45

续表

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_2}$
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o/[NiL_2]$	HL-CCl_4	5.57
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o/[NiL_2]$	HL-$CHCl_3$	6.36
		HL-C_6H_6	5.63
		HL-乙酸乙酯	5.96
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o/[PbL_2]$	HL-CCl_4	6.48
		HL-$CHCl_3$	7.41
		HL-C_6H_6	6.72
		HL-乙酸乙酯	6.48
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	HL-CCl_4	4.81
		HL-$CHCl_3$	5.28
		HL-C_6H_6	5.11
		HL-乙酸乙酯	5.11

6. 萃取常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ag^+	$[AgL]_o[H^+]/[HL]_o[Ag^+]$	HL-CCl_4	11.90①
		HL-$CHCl_3$	12.2②
Bi^{3+}	$[BiL_3]_o[H^+]^3/[HL]^3_o[Bi^{3+}]$	HL-CCl_4	16.80①
		HL-$CHCl_3$	15.5
	$[BiL_3]_o/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	HL-CCl_4	35.2
		HL-$CHCl_3$	36.52
		HL-C_6H_6	35.80
		HL-乙酸乙酯	35.90
Cd^{2+}	$[CdL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cd^{2+}]$	HL-CCl_4	5.8①
		HL-$CHCl_3$	4.75
	$[CdL_2]_o/[L^-]^2[Cd^{2+}]$	HL-CCl_4	18.68
		HL-$CHCl_3$	18.75
		HL-C_6H_6	18.68
		HL-乙酸乙酯	18.38
Co^{2+}	$[CoL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Co^{2+}]$	HL-CCl_4	6.1
		HL-$CHCl_3$	5.7
	$[CoL_2]_o/[L^-]^2[Co^{2+}]$	HL-CCl_4	18.53
		HL-$CHCl_3$	19.76
		HL-C_6H_6	19.15
		HL-乙酸乙酯	19.20
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL-CCl_4	14.0
		HL-$CHCl_3$	13.7
	$[CuL_2]_o/[L^-]^2[Cu^{2+}]$	HL-CCl_4	26.76
		HL-$CHCl_3$	27.76
		HL-C_6H_6	26.52
		HL-乙酸乙酯	27.39
Fe^{2+}	$[FeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Fe^{2+}]$	HL-CCl_4	1.28②
Hg^{2+}	$[HgL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Hg^{2+}]$	HL-CCl_4	30①
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[In^{3+}]$	HL-CCl_4	16.34①
Mn^{2+}	$[MnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mn^{2+}]$	HL-CCl_4	−2.2
		HL-$CHCl_3$	−3.5

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0/[L^-]^2[Mn^{2+}]$	$HL-CCl_4$	10.23
		$HL-CHCl_3$	10.48
		$HL-C_6H_6$	12.20
		HL-乙酸丁酯	10.52
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	$HL-CCl_4$	5.9
		$HL-CHCl_3$	5.0
	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$HL-CCl_4$	18.30
		$HL-CHCl_3$	19.00
		$HL-C_6H_6$	18.46
		HL-乙酸丁酯	18.59
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	$HL-CCl_4$	8.0①
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	7.75
	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$HL-CCl_4$	20.80
		$HL-CHCl_3$	21.75
		$HL-C_6H_6$	21.11
		HL-乙酸丁酯	20.80
Tl^{+}	$[TlL]_0[H^+]/[HL]_0[Tl^+]$	$HL-CCl_4$	0.5①
		$HL-CHCl_3$	−0.3③
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$HL-CCl_4$	2.8①
		$HL-CHCl_3$	1.9
	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$HL-CCl_4$	15.40
		$HL-CHCl_3$	15.88
		$HL-C_6H_6$	15.71
		HL-乙酸丁酯	15.71

① $t=20℃$，$\mu=0.1$；② $t=20℃$，μ未指明；③ $t=25℃$，$\mu=0.1$

合成方法 见本分册Ⅰ-4(2)-0027

用途 螯合萃取剂

金属离子	方法提要
Ag^{+}	pH4～11，0.006*M*EDTA和0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取Ag^{+}
As^{3+}	pH5～6，0.006*M*EDTA，0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取As^{3+}，当pH>8时，As^{3+}不被萃取
Bi^{3+}	pH4～11，0.006*M*EDTA和0.03*M*氰化物存在下，CCl_4可定萃取Bi-DDTC螯合物
Cd^{2+}	pH5～11，0.006*M*EDTA和0.01～0.03*M*NaDDTC存在，CCl_4可定量萃取Cd-DDTC螯合物。此螯合物在CCl_4的溶解度为8mg/100ml；而在$CHCl_3$中的溶解度为2g/100ml
Co^{2+}	pH4～11，0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取Co^{2+}
Cu^{2+}	pH4～11，0.006*M*EDTA和0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取Cu^{2+}。此螯合物在CCl_4的溶解度为0.2g/100ml；而在$CHCl_3$的溶解度为3.3g/100ml
Fe^{3+}	pH4～11，在0.01～0.03*M* NaDDTC存在下，CCl_4、$CHCl_3$、乙酸乙酯可定量萃取Fe^{3+}。DDTC铁螯合物在CCl_4的溶解度为1.0g/100ml；在$CHCl_3$中的溶解度为5.8g/100ml
Ga^{3+}	pH1.5～5，Ga-DDTC螯合物可被乙酸乙酯定量的萃取。在高pH时，Ga^{3+}不被萃取
Hg^{2+}	pH4～11，在0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量的萃取Hg^{2+}

续表

萃取离子	方法提要
In^{3+}	pH3～10，乙酸乙酯可定量萃取In-DDTC络合物
Ni^{2+}	pH5～11，0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取Ni^{2+}。Ni-DDTC螯合物在CCl_4的溶解度为0.1g/100ml；在$CHCl_3$的溶解度为2.8g/100ml
Pb^{2+}	pH4～11，0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取Pb^{2+}。Pb-DDTC螯合物在CCl_4中的溶解度为0.2g/100ml；在$CHCl_3$的溶解度为6.6g/100ml
Pd^{2+}	pH4～11，0.01～0.03*M* NaDDTC 存在下，CCl_4可完全萃取 Pd^{2+}。0.01～0.03*M* EDTA不干扰
Sb^{3+}	pH4～9.5，0.01～0.03*M*DDTC存在下，CCl_4可定量萃取 Sb^{3+}。Sb-DDTC 络合物在CCl_4的溶解度为4.4g/100ml
Se^{4+}	pH4～6.2，0.01～0.03*M*NaDDTC 存在下，CCl_4可定量萃取 Se^{4+}。pH>7.5，Se^{4+}实际上不被萃取
Sn^{4+}	pH4～6.2，CCl_4可定量萃取 Sn-DDTC 螯合物。该螯合物在 CCl_4 的溶解度为 0.1g/100ml；而在$CHCl_3$的溶解度为17.0g/100ml
Te^{4+}	pH4～8.8，0.01～0.03*M*NaDDTC存在下，CCl_4可定量萃取 Te^{4+}。pH>10 实际不被萃取
Tl^{+}	pH5～13，0.01～0.03*M* NaDDTC 存在下，CCl_4 可定量萃取 Tl^{+}；在 pH5～7，0.006*M*EDTA和pH>8，0.03*M*KCN存在对Tl^{+}的萃取无干扰
V^{5+}	pH3～6，0.01～0.03*M*NaDDTC存在，CCl_4可定量萃取V^{5+}。pH>7实际上不被萃取
Zn^{2+}	pH4～11 CCl_4可定量萃取 Zn-DDTC 螯合物。该螯合物在 CCl_4 的溶解度为 10.6g/100ml

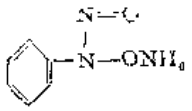
铜铁试剂 Ⅰ-6-0007

Cupferron

别名 *N*-亚硝基苯胺 *N*-Nitrosophenylhydroxylamine；

N-亚硝基苯胺铵 N-Nitrosophenylhydroxylamine ammonium salt

结构式



分子式 $C_6H_9N_3O_2$ **分子量** 155.16

理化性质 白色或淡黄色晶体粉末。溶于水和乙醇。熔点148～152℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(*t*)25℃；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	HL	L^-
p*K*	4.16	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.16	2.16	1.19	0.39	0.06	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(*t*)25℃；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	CCl_4	$CHCl_3$	乙醚	已酮	乙酸乙酯	乙酸丁酯
$\lg K_D$	3.36①	2.18	1.80①	1.93②	2.45③	2.23①

① $t=13\sim15℃$，μ未指明；② $t=25℃$，μ未指明；③ t，μ均未指明

4．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	La^{3+}	Sm^{3+}	Th^{4+}	UO_2^{2+}
$\lg K_1$	—	—	7.35	—
$\lg K_2$	—	—	6.95	11.0 ($\lg\beta_2$)
$\lg K_3$	12.90 ($\lg\beta_3$)	14.25 ($\lg\beta_3$)	6.55	
$\lg K_4$	—	—	6.15	

5．螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Th^{4+}	$[ThL_4]_o/[ThL_4]$	$HL-CHCl_3$	2.79
Ti^{4+}	$[TiL_4]_o/[TiL_4]$	$HL-CHCl_3$	2.26

6．萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Al^{3+}	$[AlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Al^{3+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	−3.5
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	−1.54
Bi^{3+}	$[BiL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Bi^{3+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	5.08
Ce^{4+}	$[CeL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Ce^{4+}]$	HL-乙酸丁酯	4.6⑤
Co^{2+}	$[CoL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Co^{2+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	−3.56
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	2.66
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Fe^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	~9.85②
Ga^{3+}	$[GaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ga^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	4.92
Hg^{2+}	$[HgL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Hg^{2+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	0.91
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[In^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	2.42
La^{3+}	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	−6.22
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pb^{2+}]$	$HL0.05-CHCl_3$	−1.53
Pu^{4+}	$[PuL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Pu^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	7.0①
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	3.34
Sm^{3+}	$[SmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sm^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−5.8④
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	$HL0.001-CHCl_3$	4.44
		HL-已酮	6.0④
		HL-乙酸丁酯	5.6①
Ti^{4+}	$[TiL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Ti^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	16.4
Tl^{3+}	$[TlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tl^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	~3
U^{4+}	$[UL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[U^{4+}]$	HL0.1-乙醚	~8③
Y^{3+}	$[YL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Y^{3+}]$	$HL0.005-CHCl_3$	−4.74

① t，μ均未指明；② $t=23℃$，$\mu=1.0$；③ $t=20℃$，$\mu=1.5$；④ $t=25℃$，$\mu=0.1$；⑤ t未指明，$\mu=1.2$

合成方法[1]

1．制取β-苯胺　将250 g氯化铵和8 l水与416ml硝基苯置于陶瓷罐中，混匀。在搅拌下

将620 g锌粉于15～20分钟内加至混合物中。尽快将反应物的温度升至60～65℃。锌粉全部加完后继续搅拌15分钟，然后用大布氏漏斗真空过滤混合物。将滤液倒入一定量的冰和盐的混合物中。所有的滤液加入后冰应保持过量，以使滤液得到迅速冷却和稀释。混合物放置数分钟，滤掉析出的β-苯胺，用冷水洗涤后可直接用于铜铁试剂的制备。

2．铜铁试剂　将用832ml硝基苯（上述量的一倍）制备的苯胺溶于9 l 乙醚中。过滤并称量不溶物。将乙醚溶液滤至12 l 的圆底烧瓶中，将瓶浸入水和冰的冷却浴中。在瓶内装上搅拌器，通氨气和加亚硝酸丁酯用的管子。

当烧瓶和混合物完全冷却后，往其中通氨气至过量。然后加新蒸馏的亚硝酸正丁酯（每100 g 苯胺加95 g），在此过程中应继续保持氨气的流量，但加亚硝酸正丁酯时要慢一些，以防止温度上升，一般要求1小时左右加完。亚硝酸正丁酯加完后再搅拌10～15分钟。滤出铜铁试剂沉淀，用乙醚彻底洗涤。将其薄薄地摊在大金属薄盘上的纸上，干燥至无醚为止。将产品贮于棕色玻璃瓶中。在瓶塞上悬挂一小块碳酸铵以防止分解。

用途　螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Al^{3+}	pH3.5～9.5，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可完全萃取
Au^{3+}	0.5～8*N* H_2SO_4铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Be^{2+}	pH>3，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Bi^{3+}	pH2～12，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取，并与Pb^{2+}分离
Ce^{3+}	pH4～5，铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Ce^{4+}	0.10～0.15*M* H_2SO_4，0.1%铜铁试剂-乙酸丁酯可萃取Ce^{4+}
Co^{2+}	pH>4.5，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可完全萃取
Cu^{2+}	pH2～10　0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Fe^{3+}	pH0～12，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Ga^{3+}	pH1.5～12，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Hf^{4+}	稀酸介质，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Hg^{2+}	pH2～5，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$萃取率98%
In^{3+}	pH3～8，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可完全萃取
La^{3+}	pH4～10，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$萃取率90%
Mo^{6+}	pH0～1.5，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取。pH>7则不被萃取； 3*M* H_2SO_4，0.1%铜铁试剂-异戊醇可完全萃取
Nb^{5+}	pH0～5，3%铜铁试剂和2%酒石酸存在，$CHCl_3$萃取率达90%以上
Pa^{5+}	0.1～6*M* HCl，铜铁试剂-戊醇萃取率达90%以上，Pa^{5+}可用1*M*柠檬酸盐溶液反萃取
Pb^{2+}	pH3～9，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Pd^{2+}	pH0～12，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Pm^{3+}	乙酸盐缓冲液，可被铜铁试剂-$CHCl_3$萃取
Pu^{4+}	pH0.3～2，可被铜铁试剂-$CHCl_3$萃取

续表

萃取离子	方法提要
Sb^{3+}	pH0～12，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Sc^{3+}	pH3～12，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$萃取率95%
Sn^{2+}	稀酸介质，可被铜铁试剂-$CHCl_3$萃取
Ta^{5+}	pH0，0.5%酒石酸存在，可被铜铁试剂-异戊醇萃取。pH>3 不被萃取
Th^{4+}	pH2.5～8.5，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
Ti^{4+}	pH0～4，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取
U^{4+}	酸性介质，铜铁试剂-乙醚可萃取
V^{4+}	0.5*M*HCl，大于$9\times10^{-3}M$铜铁试剂-乙酸乙酯 可定量萃取
V^{5+}	pH0～2.5，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取，pH>9，不被萃取
Y^{3+}	pH>5，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$萃取率75%
Zn^{2+}	pH9～10.5，0.05*M*铜铁试剂-$CHCl_3$萃取率82%
Zr^{4+}	pH0～3，0.005*M*铜铁试剂-$CHCl_3$可定量萃取

参 考 文 献

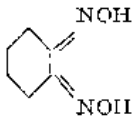
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagent", Vol. Ⅲ, 355, 1948.

1,2-环己二酮二肟 Ⅱ-6-0008

1,2-Cyclohexane-dione dioxime

别名 镍肟 Nioxime

结构式



分子式 $C_6H_{10}N_2O_2$ **分子量** 142.11

理化性质 白色结晶。溶于$CHCl_3$，苯等有机溶剂，不溶于水。熔点187～188℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(*t*)25℃；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
p*K*	10.7	12.16	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lg*α*	20.86	18.86	16.86	14.86	12.86	10.86	8.86	6.86	4.87	2.94	1.35	0.13	0.06

3. 螯合剂分配常数〔温度(*t*)25℃，离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	$CHCl_3$	异戊醇
$\lg K_D$	−0.94	1.49

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)50%二氧六环〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Ni^{2+}
$\lg K_1$	13.6	13.2	11.07①	10.8①
$\lg K_2$	12.5	12.5	10.67①	10.7①
$\lg K_3$			10.25①	

① $t=25℃, \mu=0.5$; ② $t=25℃, \mu=0.1$

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Fe^{3+}	$[Fe(HL)_3]_0/[Fe(HL)_3]$	H_2L-$CHCl_3$	1.98①
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_0/[Ni(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	2.15
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_0/[Pd(HL)_2]$	H_2L-C_6H_6	0.5②

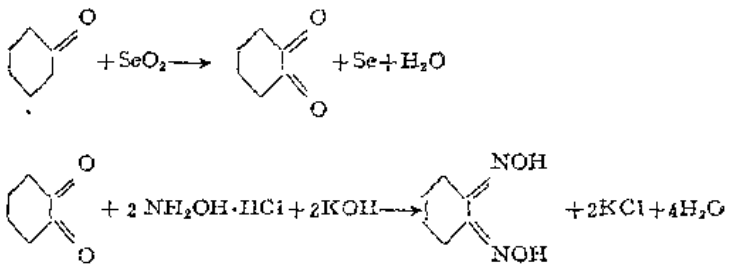
①$t=25℃, \mu=0.5$; ②$t=25℃, \mu=1.0$

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Fe^{3+}	$[Fe(HL)_3]_0[H^+]^3/[H_2L]_0^3[Fe^{3+}]$	H_2L-$CHCl_3$	2.9①
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Ni^{2+}]$	H_2L-$CHCl_3$	2.2

① $t=25℃, \mu=0.5$

合成方法[1]



在一个1 l 圆底烧瓶内放入200ml水和100g碎冰。在此冰-水混合液中加86.9g(1.25mol)盐酸羟胺。另将82.4 g (1.25mol) 85%氢氧化钾溶于 50ml 水，再加150g碎冰配成冰冷的碱性溶液。将冰冷的氢氧化钾溶液加至盐酸羟胺溶液中并将混合液仔细搅拌。然后在搅拌下向混合液中加入0.5 g 的1,2-环己烷二酮二肟，以除去试剂溶液中的杂质。加4 g 活性炭，仔细搅拌并用 5 英寸布氏漏斗过滤，滤液应清亮无色。

将冷溶液转移到1 l 烧瓶内，将其置于冰浴上。开动搅拌器，向溶液中缓慢加入56 g (0.5 mol) 熔融的1,2-环己烷二酮。沉淀的1,2-环己烷二酮二肟应及时取出，否则会加快溶液的沉淀。加入1,2-环己烷二酮后应搅拌30分钟。将沉淀物收集于一个 5 英寸的布氏漏斗内，用水彻底洗涤，以除去无机盐。粗品在真空干燥箱内干燥至结晶呈白色。产量52.5 g (74%)。熔点185～188℃(170℃变黑)。

提纯方法[1] 粗品用550ml水加2.5g不含铁的活性炭进行重结晶。产量39.3g（55%）。熔点186～188℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Pd^{2+}	pH0.5～6.0，可被1,2-环己二酮二肟-$CHCl_3$萃取

参考文献

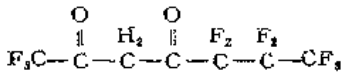
[1] C. C. Hach; *Org. Synth.*, 4, 230, (1963).

1,1,1,5,5,6,6,7,7,7,-十氟-2,4-庚二酮 Ⅱ-6-0009

1,1,1,5,5,6,6,7,7,7,-*D*ecafluoro-2,4-heptandione

别名 七氟丁酰三氟乙酰甲烷 Heptafluorobutyrotrifluoroacetylmethane

结构式



分子式 $C_7H_2F_{10}O_2$ **分子量** 308.09

理化性质 无色清亮液体。不溶于水，溶于环己烷等有机溶剂。沸点96～98℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	3.32	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.32	1.34	0.49	0.08	0.01

3. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Eu^{3+}	$[EuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Eu^{3+}]$	HL-环己烷	～0.1
Nd^{3+}	$[NdL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Nd^{3+}]$	HL-环己烷	～0.0
Tm^{3+}	$[TmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tm^{3+}]$	HL-环己烷	～0.3

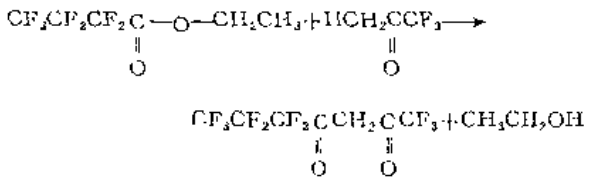
4. 加合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	lgK_{ML_nS}
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[EuL_3S_2]_o/[EuL_3]_o[S]_o^2$	10.00
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[NdL_3S_2]_o/[NdL_3]_o[S]_o^2$	9.96
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[TmL_3S_2]_o/[TmL_3]_o[S]_o^2$	10.20

5. 加合物萃取常数[温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M]

金属离子	加合体 S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}$·S
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[EuL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Eu^{3+}]$	10.06
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[NdL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Nd^{3+}]$	9.95
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[TmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Tm^{3+}]$	10.47

合成方法[1]



1,1,1,2,2,3,3-七氟丁酸乙酯与三氟丙酮缩合而成。对缩合产物进行蒸馏，并收集96～98℃的馏分即为产品。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Eu^{3+}	乙酸盐介质，HL，S*-环己烷可萃取Eu^{3+}
Nd^{3+}	乙酸盐介质，HL，S*-环己烷可萃取Nd^{3+}
Tm^{3+}	乙酸盐介质，HL，S-环己烷可萃取Tm^{3+}

* S表示磷酸三丁酯。

参考文献

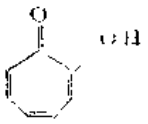
[1] C. A. Burgett, J. S. Fritz: *Talanta*, 20, 363, (1973).

1-羟基环庚-3,5,7-三烯-2-酮 Ⅰ-6-0010

1-Hydroxycyclohepta-3,5,7-trien-2-one

别名 草酚酮 Tropolone

结构式



分子式 $C_7H_6O_2$ **分子量** 122.12

理化性质 无色柱状晶体，可用石油醚重结晶。25℃时在水中的溶解度为4 g/100ml；易溶于乙醚，苯和乙醇中。熔点50～51℃，沸点70℃/2mmHg。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	0.03	6.68	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.73	4.68	3.68	2.68	1.69	0.76	0.17	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	1.70

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Dy^{3+}	Er^{3+}	Eu^{3+}	Fe^{3+}
lgK_1	7.40	3.06	4.60	6.56	5.59	8.35	7.23	7.54	7.10	10.50①
lgK_2	—	—	—	5.20	—	—	6.15	6.37	5.71	—
lgK_3	—	—	—	4.36	—	—	5.02	5.24	4.81	—
lgK_4	—	—	—	—	—	—	3.72	3.96	—	—

金属离子	Gd^{3+}	Ho^{3+}	La^{3+}	Lu^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	NpO_2^+	Pb^{2+}	Pr^{3+}
lgK_1	7.04	7.41	6.19	7.69	3.82	4.60	6.77	5.97	5.45②	6.64③	6.61
lgK_2	5.86	6.20	4.93	6.64	—	—	5.44	—	4.36②	—	5.33
lgK_3	4.82	5.20	4.19	5.44	—	—	4.40	—	—	—	4.45
lgK_4	3.30	3.77	—	3.96	—	—	—	—	—	—	—

金属离子	Pu^{3+}	Sm^{3+}	Sr^{2+}	Tb^{3+}	Th^{4+}	Tm^{3+}	UO_2^{2+}	Y^{3+}	Yb^{3+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.20②	6.91	2.45	7.15	9.61	7.60	8.18②	7.18	7.85	5.84
lgK_2	—	5.68	—	6.03	8.63	6.39	6.89②	6.08	6.50	—
lgK_3	—	4.60	—	4.82	7.65	5.40	—	4.81	5.48	—
lgK_4	—	—	—	3.38	6.67	3.80	—	3.42	3.90	—
lgK_5	—	—	—	—	2.29	—	—	—	—	—
lgK_6	—	—	—	—	1.87	—	—	—	—	—

① t=25℃, μ=2.0；② t=20℃, μ=1.0；③ t=30℃, μ=1.6

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

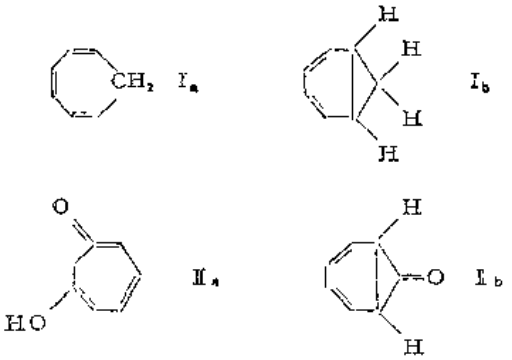
金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Am^{3+}	$[AmL_4]_0/[AmL_4]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.53
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	HL0.1-$CHCl_3$	3.16
Y^{3+}	$[YL_3]_0/[YL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.63

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg k_{ex}$
Am^{3+}	$[AmL_4]_0[H^+]^5/[HL]_0^8[Am^{3+}]$	HL 0.1-$CHCl_3$	−7.80
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	2.1
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	2.1
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Y^{3+}]$	HL 0.1-$CHCl_3$	−6.84

合成方法[1]

$$C_6H_6+CH_2N_2\xrightarrow[365\mu]{h\gamma}C_7H_8(\mathrm{I})\xrightarrow{KMnO_4}C_7H_8O_2(\mathrm{II})$$



对重氮甲烷的苯溶液进行照射，使之释放出氮和Ⅰ(C_7H_8)，在80块理论塔板数的塔中分馏，沸点114.5℃。Ⅰ的红外光谱结构如I_a和I_b。

对Ⅰ用4%高锰酸钾水溶液进行氧化使之产生少量的，可以在pH4用氯仿萃取的产物。萃取液浓缩后加乙酸铜水溶液，摇动并蒸发至干，所得结晶为绿色，是一种可溶于氯仿的铜络合物（产率1%）。熔点320℃(分解)。加硫化氢可释放出Ⅱ。Ⅱ用己烷重结晶得无色针状物。熔点48℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Th^{4+}	pH2～8，0.05*M*苯酚酮-$CHCl_3$可定量萃取钍
UO_2^{2+}	pH>2，0.05*M*苯酚酮-$CHCl_3$可完全萃取铀
Y^{3+}	pH5.5，0.05*M*苯酚酮-$CHCl_3$可完全萃取钇

参考文献

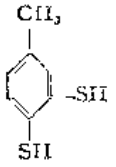
(1) W. E. Doering and L. H. Knox; *J. Am. Chem Soc.*, 72, 2305, (1950).

3,4-二巯基甲苯　　Ⅱ-6-0011

3,4-Dimercaptotoluene

别名 4-甲基-1,2-二巯基苯　4-Methyl-1,2-dithiolbenzene

结构式



分子式 $C_7H_8S_2$ **分子量** 156.25

理化性质 无色晶体。可溶于碱和乙酸戊酯。熔点31℃，沸点185～187℃/84mmHg。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	6.34	11.0	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	14.34	12.34	10.34	8.36	6.50	5.09	4.01	3.00	2.00	1.04	0.30	0.04

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	4.13

4. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Zn^{2+}
lgβ_2	25.7

5. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

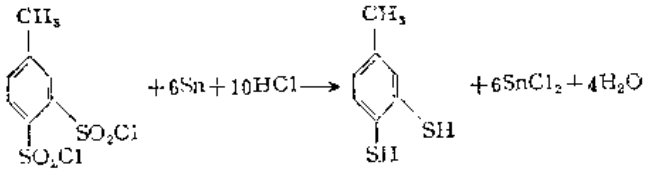
金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Zn^{2+}	$[Zn\text{-}phenL]_o/[Zn\text{-}phenL]$①	H_2L, phen-$CHCl_3$	3.60
	$[Zn\text{-}BL]_o/[Zn\text{-}BL]$②	H_2L B-$CHCl_3$	3.95

① phen表示1,10-邻二氮菲；② B表示4,7-二甲基-1,10-邻二氮菲

6. 加合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex,S}$
Zn^{2+}	1,10-邻二氮菲	H_2L-$CHCl_3$	$[ZnL\cdot S]_o[H^+]^2/[H_2L]_o[S]_o[Zn^{2+}]$	0.38
	4,7-二甲基-1,10-邻二氮菲	H_2L, S-$CHCl_3$	$[ZnL\cdot S]_o[H^+]^2/[H_2L]_o[S]_o[Zn^{2+}]$	1.68
	3,4,7,8-四甲基-1,10-邻二氮菲	H_2L, S-$CHCl_3$	$[ZnL\cdot S]_o[H^+]^2/[H_2L]_o[S]_o[Zn^{2+}]$	1.57

合成方法[1]



将45 g二磺酰氯甲苯，35 g锡和1000ml盐酸加热煮沸进行还原。20分钟后，使烧瓶迅速冷却并加入150ml苯，立即过滤（温度约40℃）。分离后，再用苯萃取水相。合并苯提取液，用Na_2SO_4干燥。除去苯，对残留油进行真空蒸馏。沸点185～187℃/84mmHg；174℃/41mmHg。熔点35℃。产品37.4 g（79%）。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方法提要
Se^{4+}	6～8*N*HCl，5% 高氯酸存在，3,4-二巯基甲苯（过量）-CCl_4:二氯乙烷（1:1）可完全萃取

参考文献

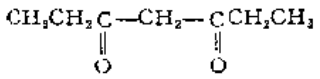
〔1〕 W. H. Mills and E. D. Clark; *J. Chem. Soc.*, 178,(1936).

3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0012

3,5-Heptandione

别名 二丙酰甲烷 Dipropionylmethane

结构式



分子式 $C_7H_{12}O_2$ **分子量** 128.17

理化性质 无色液体。不溶于水，溶于乙醚和苯。沸点172～173℃/711mmHg。

理化参数

1. 离解常数〔温度（*t*）20℃；离子强度（*μ*）0.1*M*〕

	HL	L^-
p*K*	9.55	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lg*α*	8.55	7.55	6.55	5.55	4.55	3.55	2.55	1.56	0.66	0.13	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度（*t*）20℃；离子强度（*μ*）0.1*M*〕

	C_6H_6
$\lg K_D$	1.61

4. 萃取常数〔温度（*t*）20℃；离子强度（*μ*）0.1*M*〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−6.12
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−4.34
Fe^{3+}	$[FeL_3][H^+]^3/[HL]_0^3[Fe^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−0.82
Lu^{3+}	$[LuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Lu^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−16.57
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−20.92
Pd^{2+}	$[PdL_2][H^+]^2/[HL]_0^2[Pd^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	1.22
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−11.76

5. 加合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_nS}$
Lu^{3+}	三正辛基氧化膦	HL0.1，S<0.02-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3][S]_0$	4.35

6. 加合物萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体 S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}$,S
Lu^{3+}	三正辛基氧化膦	HL0.1，S<0.02-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	−12.22

合成方法

$$CH_3CH_2COOC_2H_5+HCH_2\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_2CH_3 \xrightarrow{Na} CH_3CH_2\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_2\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_2CH_3 + C_2H_5OH$$

将103ml甲基乙基酮和340ml丙酸乙酯充分混合和冷却后，加入30 g 金属钠，加热。然后在冰浴上冷却，最后在水浴上加热使反应完全。将反应物倒入冷水中，认真摇动，用乙酸调节pH并用乙醚萃取。先蒸出乙醚，再将温度提高到105℃并将残留物溶于等体积的乙醇中，用水将乙醇溶液稀释后，加入饱和的热乙酸铜溶液，此时即析出蓝色针状的铜盐，过滤。用少量水，乙醇和乙醚洗涤。粗品用热乙醇进行重结晶。熔点206℃。产量33.6 g。再将铜盐用HCl分解后，用乙醚提取。回收乙醚，蒸馏并收集沸点172～173℃/711mmHg之馏分，即为产品[1,2]。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方法提要
Pd^{2+}	0.1MNaClO$_4$或0.1MHClO$_4$可被0.1M3,5-庚二酮-苯萃取

参考文献

[1] H. Fischer und F. Bartholomäus: *Ber.*, 1912, 45, (1983).

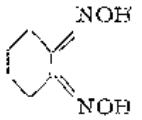
[2] J. T. Adams and C. R. Hauser: *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1220, (1944).

1,2-环庚烷二酮二肟　　Ⅱ-6-0013

1,2-Cycloheptane dione dioxime

别名　庚肟Heptoxime；1,2-环庚二肟

结构式



分子式　$C_7H_{12}N_2O_2$　　**分子量**　156.19

理化性质　白色结晶。用水重结晶含有1份结晶水，在82～87℃加热可失去结晶水，水中溶解度在19.5℃时为4.8 g/l。熔点179～180℃（用水重结晶），182℃（用苯重结晶）。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	10.65	12.20	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	20.85	18.85	16.85	14.85	12.85	10.85	8.85	6.85	4.86	2.94	1.03	0.41	0.20	0.04

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	−0.70

4. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	Ni^{2+}	Pd^{2+}
lgK_1	11.0	—
lgK_2	10.9	—
lgK_3	—	43.0① (lgβ_3)

① t=20℃，μ=1.0

5. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_o/[Ni(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	2.19
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_o/[Pd(HL)_2]$	H_2L-C_6H_6	1.4①

① t=20℃，μ=1.0

6. 萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Ni^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	2.8

合成方法

将25.4g盐酸羟酸和50.8g结晶乙酸钠溶于50ml沸水和45ml甲醇中，在$2\frac{3}{4}$小时内加入新制备的11.6g 2-溴环庚酮。将溶液回流1小时，然后真空蒸馏，流出40ml。过滤除去形成的半固态粉色片状物，并用水洗涤。使滤液沉淀析出结晶，用水和苯重结晶后得1.9g成分不明的羟基亚胺基羧酸。熔点139～140℃。制成溶液加入镍离子并加热，使生成暗黄色的沉淀。其中不纯的"环庚烷-1,2-二酮二肟"（0.68g，72%），熔点171～176℃（用苯和水重结晶）。用碳酸钠溶液洗涤，可使熔点稍有改进。二肟与镍离子形成典型的橙黄色沉淀。从反应混合物中可回收足够数量的粘稠状粉色物[1]。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ni^{2+}	pH3.8～11.7，可被庚肟-$CHCl_3$萃取

参考文献

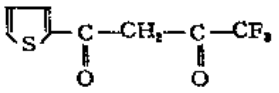
〔1〕 R. Belcher; *J. Chem. Soc.*, 2745, (1958).

噻吩甲酰三氟丙酮 Ⅰ-6-0014

Thenoyltrifluoroacetone

别名 HTTA；1-(2-噻吩基)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 1-(2-Thienyl)-4,4,4-trifluoro-1,3-butane dione

结构式



分子式 $C_8H_5F_3O_2S$ **分子量** 222.18

理化性质 草黄色结晶。微溶于水，与各种有机溶剂可任意比例混合。对光敏感。熔点42.5～43.2℃。

理化参数

1. 离解常数〔混度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L^-
pK	6.46	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.46	4.46	3.46	2.46	1.47	0.59	0.11	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	CH_2Cl_2	C_2H_5Br	C_6H_6	甲苯	二甲苯	间二甲苯	对二甲苯
$\lg K_D$	1.54	1.85	1.84	1.69	1.60	1.60	1.52	1.57	1.58

	1,3,5-三甲苯	异丙基苯	氯苯	1,2-二氯苯	1,2,4-三氯苯	正己烷	正庚烷
$\lg K_D$	1.50	1.37	1.65	1.59	1.46	0.72	0.57

	环己烷	环己烷	乙醚	二正丙醚	二异丙醚	二正丁醚	二正戊醚
$\lg K_D$	0.56	0.98①	1.91	1.50	1.51	1.29	1.13

	二异戊醚	二正己醚	乙丁醚	苯乙醚	二苄醚	二丙烯醚	二(2-氯乙基)醚
$\lg K_D$	1.08	1.08	1.63	1.57	1.50	1.78	1.70

	甲基乙基酮	甲基丙基酮	二乙基酮	己酮	环己酮	甲基异戊基酮	甲基戊基酮
$\lg K_D$	1.37	2.31	2.30	2.30	2.30	2.26	2.28

	乙基丁基酮	二丙基酮	乙基-2-甲基丁基酮	二异丁基酮	甲基己基酮	甲基庚基酮
$\lg K_D$	2.18	2.16	2.06	1.90	2.20	2.03

	乙酸乙酯	乙酸正丙酯	乙酸异丙酯	乙酸正丁酯	乙酸异丁酯	乙酸-2-丁酯
$\lg K_D$	2.27	2.30	2.29	2.22	2.18	2.19

	乙酸正戊酯	乙酸异戊酯	乙酸正辛酯	乙酸-2-乙基己酯	乙酸苄酯	丙酸乙酯
$\lg K_D$	2.11	2.26	1.81	1.84	2.02	2.24

	丙酸丁酯	丁酸丁酯	苯甲酸乙酯	丁醇	异丙醇	戊醇	异戊醇	异丁醇
$\lg K_D$	2.03	1.94	2.00	1.49	1.43	1.64	1.69①	1.38

	己醇	异己醇	2-乙基己醇	1-辛醇	2-辛醇	苄醇	环己醇	噻吩
$\lg K_D$	1.59	1.36	1.47	1.46	1.35	1.75	1.53	1.67

① t =18～20℃，μ=1.0

4. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）1.0M〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{+}	Fe^{2+}	Hf^{4+}	Lu^{3+}	Ni^{2+}	Pu^{3+}	Pu^{4+}	Sc^{3+}	Th^{4+}
$\lg K_1$	3.68	5.68	7.18	10.60	6.0①	4.45	9.53①	8.96②	7.1①	7.4①
$\lg K_2$	—	—	—	10.84	6.0①	—	—	—	—	—
$\lg K_3$	—	—	—	10.06	5.6①	—	—	—	—	—
$\lg K_4$	—	—	—	10.02	—	—	—	—	—	—

金属离子	U^{4+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	7.2①	10.98
$\lg K_2$	—	10.90
$\lg K_3$	—	10.36
$\lg K_4$	—	9.93

① t =25℃，μ=0.1；② t =25℃，μ=0.2

5. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D\cdot ML_n}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o/[AcL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.52
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.80
		HL0.1-己酮	2.67
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL-$CHCl_3$	2.58①
		HL-邻二甲苯	3.10

续表

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Cf^{3+}	$[CfL_3]_0/[CfL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.1
Cm^{3+}	$[CmL_3]_0/[CmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.7
Co^{2+}	$[CoL_2]_0/[CoL_2]$	HL-C_6H_6	2.5②
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-C_6H_6	2.40
In^{3+}	$[InL_3]_0/[InL_3]$	HL<0.3-$CHCl_3$	3.4
Sc^{3+}	$[ScL_3]_0/[ScL_3]$	HL-CCl_4	2.7
		HL-$CHCl_3$	2.9
		HL-C_6H_6	3.7
Y^{3+}	$[YL_3]_0/[YL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.70
		HL0.1-己酮	2.70

① $t=17\sim20℃$, $\mu=1.0$; ② $t=27.5℃$, $\mu=0.1$

6. 萃取常数*

金属离子	萃取平衡	有机相	t, ℃	μ, M	$\lg S_{ex}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ac^{3+}]$	HL0.03+TBP0.2-CCl_4	25	1.0	−5.04
		HL0.1-CCl_4	25	1.0	−12.90
		HL0.1-CCl_4	25	0.1	−12.90
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	HL0.01-C_6H_6	—	—	−5.25
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.1+10%(V/V)己酮-CCl_4	25	1.0	−6.73
		HL0.1+TBP 0.01-CCl_4	25	4.0	−4.45
		HL0.1-CCl_4	25	1.0	−8.88
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−9.20
		HL0.5-C_6H_6	25	0.1	−7.92
		HL-C_6H_6	25	0.01	−7.80
		HL0.2-甲苯	—	0.1	−8.6
		HL0.2-环己烷	20	—	−6.8
		HL0.1-己酮	25	0.1	−6.24
Ba^{2+}	$[BaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ba^{2+}]$	HL0.1+TBP [illegible]-CCl_4	25	1.0	−10.01
		HL-C_6H_6	—	—	−14.4
		HL0.1-己酮		0.1	−11.0
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-CCl_4	25	[illegible]	−1.3
		HL-$CHCl_3$	25	0.1	−1.4
		HL0.1-$CHCl_3$	20	1.0	−1.7
		HL-C_6H_6	25	0.1	−1.4
		HL0.01-C_6H_6	—	—	−3.2
		HL-二甲苯	25	0.1	−1.4
		HL0.5-邻二甲苯	25	0.1	−1.2
		HL-己烷	25	0.1	−1.2
		HL-二异丙醚	25	0.1	−1.8
		HL-二异戊醚	25	0.1	−1.6
		HL-己酮	25	0.1	−2.26
		HL0.03-己酮	25	1.0	−2.45

* 本表所列数据较多，且温度（t）和离子强度（μ）各有差异，故另列一栏。

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	t, ℃	μ, M	$\lg K_{ex}$
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Bi^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	25	1.0	−2.44
BK^{3+}	$[BKL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[BK^{3+}]$	HL-C_6H_6	23	0.1	−7.6
		HL0.2-甲苯	—	0.2	−7.5
Ca^{2+}	$[CaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ca^{2+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−13.40
		HL0.2-环已烷	20	HCl	−11.8
		HL-C_6H_6	20	HCl	−12.0
		HL0.1-已酮	25	1.0	−9.20
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	HL0.1-已酮	—	0.1	−8.0
Ce^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	HL<0.5-C_6H_6	—	0.1	−9.43
Cf^{3+}	$[CfL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cf^{3+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	25	0.1	−8.31
		HL-C_6H_6	25	0.1	−6.89
		HL0.5-C_6H_6	20	0.1	−6.6
		HL0.2-甲苯	—	0.2	−7.8
Cm^{3+}	$[CmL^3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cm^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	25	0.1	−9.15
		HL0.5-C_6H_6	25	0.1	−7.91
		HL0.2-甲苯	—	0.1	−8.7
		HL0.2-环已烷	20	HCl	−6.6
Co^{2+}	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL<0.2-C_6H_6	25	0.1	−6.9
		HL-C_6H_6	25	2.0	−7.6
		HL-环已烷	21～23	—	−8.37
		HL0.01～0.1-丁醇	27.5	0.1	～4
Cs^{+}	$[CsL]_0[H^+]/[HL]_0[Cs^{+}]$	HL0.2-C_6H_6	20	0.1	10.2
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−1.08
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−1.23
		HL-C_6H_6	25	2.0	−2.65
		HL0.1-C_6H_6	25	0.1	−0.73
		HL-环已烷	21～23	—	−2.77
		HL-已酮	25	0.1	−1.08
Dy^{3+}	$[DyL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Dy^{3+}]$	HL0.5-C_6H_6	—	0.1	−7.03
Er^{3+}	$[ErL_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Er^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−6.3
Es^{3+}	$[EsL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Es^{3+}]$	HL0.2-甲苯	—	0.1	−7.9
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−8.16
		HL0.1+10%(V/V)已酮-CCl_4	25	1.0	−6.31
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−8.68
		HL0.1+TBP1.0-$CHCl_3$	25	1.0	−2.87
		HL-C_6H_6	—	0.1	−7.7
		HL0.5-C_6H_6	25	0.1	−7.74
		HL0.2-甲苯	—	0.1	−8.2
		HL0.2-环已烷	24	0.1	−5.8
		HL0.01+TBP1×10^{-4}-已烷	25	0.1	−4.32
Fm^{3+}	$[FmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Fm^{3+}]$	HL0.5-C_6H_6	20	0.1	−6.3
		HL0.2-甲苯	—	0.1	−7.6
Ga^{3+}	$[GaL_2OH]_0[H^+]^3/[HL]_0^2[Ga^{3+}][H_2O]$	HL-C_6H_6	—	2.26	−3.0
Gd^{3+}	$[GdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Gd^{3+}]$	HL-C_6H_6	25	2.0	−7.69
		HL0.2-C_6H_6	—	0.1	−7.69
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	25	1.0	7.5
		HL<0.1-C_6H_6	—	2.0	7.3
		HL<0.2-二氯苯	—	4.0	7.2

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	t, ℃	μ, M	$\lg K_{ex}$
Ho^{3+}	$[HoL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ho^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−7.1
		HL0.2-C_6H_6	—	0.1	−7.3
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3[HL]_o^3[In^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	25	1.0	−2.64
		HL0.1-$CHCl_3$	25	1.0	−3.36
		HL0.5-C_6H_6	—	邻苯二甲酸盐	−4.34
		HL0.005-C_6H_6	25	3.0	−1.5
K^+	$[KL]_o[H^+]/[HL]_o[K^+]$	HL0.2-C_6H_6	20	0.1	−11.16
La^{3+}	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	25	1.0	−10.69
		HL0.1+TBP0.1-CCl_4	25	4.0	−2.72
		HL0.1+TBP3.4×10^{-2}-CCl_4	25	5.0	−6.62
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−11.06
		HL0.2+TBP0.1-$CHCl_3$	25	1.0	−7.28
		HL<0.5-C_6H_6	25	2.0	−9.79
Li^+	$[LiL]_o[H^+]/[HL]_o[Li^+]$	HL0.2-C_6H_6	20	0.1	−10.16
		HL0.2-环己烷	20	0.1	−10.0
Lu^{3+}	$[LuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Lu^{3+}]$	HL-CCl_4	25	2.0	−6.97
		HL0.1-CCl_4	25	1.0	−7.43
		HL0.1+TBP0.34-CCl_4	25	4.0	−4.0
		HL0.1+10%己酮(V/V)-CCl_4	25	1.0	−7.28
		HL-$CHCl_3$	25	2.0	−8.15
		HL0.2-$CHCl_3$	25	1.0	−7.90
		HL-C_6H_6	25	2.0	−6.47
		HL0.05-C_6H_6	20	0.1	−6.56
		HL-环己烷	25	2.0	−6.00
Mg^{2+}	$[MgL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mg^{2+}]$	HL0.2-己酮	—	3.0	−10
Mn^{2+}	$[MnL_3]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mn^{2+}]$	HL0.2-乙酸乙酯	—	1.0	−5.51
Na^+	$[NaL]_o[H^+]/[HL]_o[Na^+]$	HL0.2-C_6H_6	20	0.1	−11.16
Nd^{3+}	$[NdL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Nd^{3+}]$	HL-CCl_4	25	2.0	−8.85
		HL-$CHCl_3$	25	2.0	−10.12
		HL-C_6H_6	25	2.0	−8.38
		HL0.2-C_6H_6	—	0.1	−8.76
		HL-环己烷	25	2.0	−7.09
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Ni^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	20	0.1	−5.0
		HL-C_6H_6	25	0.1	−6.6
Np^{4+}	$[NpL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Np^{4+}]$	HL-C_6H_6	25	2.0	5.6
		HL<0.1-C_6H_6	25	0.6	4.22
		HL-环己烷	21～23	1.0	5.15
NpO_2^+	$[NpO_2L]_o[H^+]/[HL]_o[NpO_2^+]$	HL-异戊醇	25	1.0	−4.29
	$[NpO_2LHL]_o[H^+]/[HL]_o^2[NpO_2^+]$	HL-环己烷	21～23	0.02	1.0
NpO_2^+	$[NpO_2LHL]_o[H^+]/[HL]_o^2[NpO_2^+]$	HL-异戊醇	25	1.0	−3.48
Pa^{4+}	$[PaL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Pa^{4+}]$	HL-C_6H_6	—	6.0	6.7
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pb^{2+}]$	HL0.25-C_6H_6	—	—	−5.24
Pd^{2+}	$[PdClO_4L]_o[H^+]/[HL]_o[PdClO_4^+]$	HL<0.2-C_6H_6	25	—	0.8
Pm^{3+}	$[PmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Pm^{3+}]$	HL0.5-C_6H_6	25	0.1	−8.0
		HL0.2-环己烷	20	HCl	−7.0
PoO^{2+}	$[PoOL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[PoO^{2+}]$	HL0.25-C_6H_6	—	—	−0.34
Pr^{3+}	$[PrL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Pr^{3+}]$	HL<0.5-C_6H_6	—	0.1	−8.85

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	t, ℃	μ, M	$\lg K_{ex}$
Pu^{3+}	$[PuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Pu^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−4.44
		HL0.2-环已烷	21～23	0.01	−4.7
Pu^{4+}	$[PuL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Pu^{4+}]$	HL0.2-CCl_4	—	1.0	5.0
		HL-C_6H_6	—	1.0	6.85
		HL-环已烷	21～23	1.0	6.37
PuO_2^{2+}	$[PuO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[PuO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	—	0.05	−1.82
PuO_2^{2+}	$[PuO_2L_2]_o[F^+]^2/[HL]_o^2[PuO_2^{2+}]$	HL0.02-环已烷	—	0.05	−1.84
Ra^{2+}	$[RaL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Ra^{2+}]$	HL0.1+TBP0.1-CCl_4	25	1.0	−10.92
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sc^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−0.65
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−1.3
		HL-C_6H_6	25	0.1	−0.3
		HL<0.01-C_6H_6	25	0.1	−0.51
		HL-甲苯	25	0.1	−0.4
		HL-已烷	25	0.1	0.0
		HL0.01-乙醚	25	0.1	−0.6
		HL0.01-二异丙醚	25	0.1	−0.5
		HL0.01-二异戊醚	25	0.1	−0.3
		HL-已酮	25	0.1	−1.1
		HL-二异丁酮	25	0.1	−1.6
		HL-乙酸乙酯	25	0.1	−1.3
		HL-乙酸丁酯	25	0.1	−1.1
		HL-乙酸戊酯	25	0.1	−1.0
		HL-乙酸异戊酯	25	0.1	−0.9
		HL0.01-戊醇	25	0.1	−1.2
		HL0.01-已醇	25	0.1	−1.2
		HL0.01-2-乙基已醇	25	0.1	−1.5
		HL0.01-1-辛醇	25	0.1	−1.1
		HL0.01-2-辛醇	25	0.1	−1.0
Sm^{3+}	$[SmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sm^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−7.7
		HL0.2-C_6H_6	—	0.1	−7.22
Sr^{2+}	$[SrL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Sr^{2+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−15.03
		HL0.1+TBP0.1-CCl_4	25	1.0	−9.20
		HL0.05-C_6H_6	20	0.5	−12.0
		HL-C_6H_6	—	—	−14.1
		HL0.1-已酮	—	0.1	～−10.5
Tb^{3+}	$[TbL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tb^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−7.2
		HL0.5-C_6C_6	—	0.1	−7.51
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL0.01～0.1-CCl_4	25	1.0	1.20
		HL0.01～0.1-$CHCl_3$	25	1.0	0.0
		HL-C_6H_6	25	3.0	0.9
		HL0.25-C_6H_6	—	—	1.0
		HL-环已烷	21～23	—	1.67
Tl^{+}	$[TlL]_o[H^+]/[HL]_o[Tl^{+}]$	HL0.25-C_6H_6	—	—	−5.1
Tl^{3+}	$[TlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tl^{3+}]$	HL0.06～0.12-C_6H_6	20	0.1	2.6
Tm^{3+}	$[TmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tm^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−6.3
		HL0.2-C_6H_6	20	HCl	−6.96
		HL0.2-环已烷	20	HCl	−5.6
U^{4+}	$[UL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[U^{4+}]$	HL-C_6H_6	—	—	4.18

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	t, ℃	μ, M	$\lg K_{ex}$
U^{4+}	$[UL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[U^{4+}]$	HL0.2-C_6H_6	25	2.0	5.3
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[UO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	30	2.0	−2.4
		HL0.5-C_6H_6	25	2.0	−2.0
		HL-环已烷	22	0.2	−0.6
		HL0.02-环已烷	21～23	0.01	−2.82
		HL-乙酸乙酯	22	0.2	−2.2
		HL-异戊醇	22	0.2	−0.2
VO^{2+}	$[VOL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[VO^{2+}]$	HL0.1～0.05-C_6H_6	25	0.1	−1.97
Y^{3+}	$[YL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Y^{3+}]$	HL<0.5-C_6H_6	—	0.1	−7.33
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−8.55
		HL0.1-己酮	25	0.1	−5.55
Yb^{3+}	$[YbL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Yb^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	0.1	−6.3
		HL0.5-C_6H_6	—	0.1	−6.72
		HL0.2-甲苯	—	0.1	−7.3
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL0.1-CCl_4	25	0.1	−8.3
		HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−8.13
		HL0.1-CH_2Cl_2	25	0.1	−7.9
		HL-C_6H_6	25	2.0	−7.70
		HL0.1-C_6H_6	25	0.1	−8.03
		HL0.1-甲苯	25	0.1	−8.0
		HL0.1-异丙基苯	25	0.1	−8.2
		HL0.1-氯苯	25	0.1	−8.1
		HL0.1-1,2-二氯苯	25	0.1	−8.0
		HL0.1-正己烷	25	0.1	−8.4
		HL-环已烷	21～23	—	−8.33
		HL0.1-环已烷	25	0.1	−8.0
		HL0.1-正庚烷	25	0.1	−8.3
		HL0.1-二异丙醚	25	0.1	−5.6
		HL0.1-二正丁醚	25	0.1	−5.6
		HL0.1-甲基丙酮	25	0.1	−5.8
		HL0.1-己酮	25	0.1	−5.69
		HL0.1-二异丁酮	25	0.1	−6.2
		HL0.1-乙酸异戊酯	25	0.1	−6.0
		HL0.1-丙酸丁酯	25	0.1	−6.1
		HL0.1-戊醇	25	0.1	−5.4
		HL0.1-2-乙基己醇	25	0.1	−5.7
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Zr^{4+}]$	HL-C_6H_6	25	1.0	8.0
		HL<0.1-C_6H_6	—	4.0	9.5
		HL0.1-二氯苯	—	4.0	9.4

7. 加合物形成常数*

* 本表所列数据较多，且温度（t）和离子强度（μ）各有差异，故另列一栏。

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n}$-S
Ac^{3+}	甲基异丁酮	HL, S-CCl_4	$[AcL_3S]_0/[AcL_3]_0[S]_0$	25	1.0	1.3
		HL, S-CCl_4	$[AcL_3S_2]_0/[AcL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	3.1
	磷酸三丁酯	HL<0.1, S-CCl_4	$[AcL_3S]_0/[AcL_3]_0[S]_0$	25	1.0	4.2
		HL<0.1, S-CCl_4	$[AcL_3S_2]_0/[AcL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	8.9
Am^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1 S<1-CCl_4	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	25	1.0	1.8
		HL<0.1, S<1-CCl_4	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	2.4
	磷酸三丁酯	HL0.1, S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	25	1.0	5.06
		HL, S-CCl_4	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	—	—	7.23
		HL0.1, S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	8.89
		HL, S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	—	—	3.5
		HL<0.3, S<0.2-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl<0.01	6.50
		HL<0.2, S0.03-环己烷	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl<0.02	9.20
		HL, S-正己烷	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	—	—	7.83
	氧化三正辛基膦	HL0.2, S<0.01-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01	9.97
Am^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.2, S<0.01-环己烷	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01	11.94
	二丁基亚砜	HL0.1, S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	25	1.0	4.97
		HL0.1, S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	8.48
Ba^{2+}	磷酸三丁酯	HL<0.1, S-CCl_4	$[BaL_2S]_0/[BaL_3]_0[S]_0$	25	1.0	2.62
		HL<0.1, S-CCl_4	$[BaL_2S_2]_0/[BaL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	5.84
	氧化三正辛基膦	HL0.1, S-CCl_4	$[BaL_2S]_0/[BaL_2]_0[S]_0$	25	1.0	5.7
		HL0.1, S-CCl_4	$[BaL_2S_2]_0/[BaL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	10.0
Ca^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1, S<1-CCl_4	$[CaL_2S]_0/[CaL_3]_0[S]_0$	25	0.1	1.83
		HL<0.1, S<1-CCl_4	$[CaL_2S_2]_0/[CaL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	2.66
	磷酸三丁酯	HL<0.1 S-CCl_4	$[CaL_3S]_0/[CaL_3]_0[S]_0$	25	1.0	4.11
		HL<0.1, S-CCl_4	$[CaL_2S_2]_0/[CaL_2]_0[S]_0^2$	25	1.0	8.22
		HL, S-C_6H_6	$[CaL_2S_2]_0/[CaL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl	6.70
		HL<0.2, S<0.1-环己烷	$[CaL_2S_2]_0/[CaL_2]_0[S]_0^2$	22	HCl<0.03	8.53
	氧化三正辛基膦	HL0.1, S-CCl_4	$[CaL_2S]_0/[CaL_2]_0[S]_0$	25	1.0	5.64
		HL0.1, S-CCl_4	$[CaL_2S_2]_0/[CaL_2]_0[S]_0^2$	25	1.0	10.68
		HL0.2, S<0.03-CCl_4	$[CaL_3S_2]_0/[CaL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl, 0.001	8.73
		HL0.2, S<0.03-环己烷	$[CaL_3S_2]_0/[CaL_2]_0[S]_0$	22	HCl, 0.001	9.81

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
Cm^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[CmL_3S_2]_0/[CmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl，0.001	6.40
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[CmL_3S_2]_0/[CmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl，0.001	9.10
	氧化三正辛基膦	HL0.0，S<0.01-C_6H_6	$[CmL_3S_2]_0/[CmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl，0.001	9.93
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[CmL_3S_2]_0/[CmL_3]_0[S]_0^2$	22	HCl，0.001	12.04
Co^{2+}	磷酸三丁酯	HL，S<0.001-环已烷	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	21～23	—	4.59
		HL，S<0.001-环已烷	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	21～23	—	7.26
	吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_3]_0[S]_0^2$	—	—	10.09
	2-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_3S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	—	—	8.05
	3-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	—	—	10.24
	4-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	—	—	10.59
	3-氯吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_3S_2]_0/[CoL_3]_0[S]_0^2$	—	—	8.73
Co^{2+}	喹啉	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	—	—	7.97
	异喹啉	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	—	—	10.26
	二乙胺	HL<0.02，S<0.05-C_6H_6	$[CoL_3S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	5.4
	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	25	2.0	5.34
Cs^{+}	2-乙基己醇	HL<0.2，S<3.0-C_6H_6	$[CsLS]_0/[CsL]_0[S]_0$	22	0.1	1.05
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[CsLS_2]_0/[CsL]_0[S]_0^2$	20	0.1	1.78
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.5-C_6H_6	$[CsLS_3]_0/[CsL]_0[S]_0^2$	20	0.1	3.30
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[CsLS_3]_0/[CsL]_0[S]_0^3$	20	0.1	−0.70
Cu^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<2.0-CCl_4	$[CuL_3S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	0.47
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	2.27
		HL0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	0.65
		HL<0.02，S<0.02-环已烷	$[CuL_3S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	21～23	—	3.32
	氧化三正丁基膦	HL<0.002，S<0.01-环已烷	$[CuL_2S]_0/[CuL_3]_0[S]_0$	21～23	—	3.98
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S-CCl_4	$[CuL_3S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	3.28
Cu^{2+}	氧化三正辛基膦	HL0.1，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	1.28
		HL<0.2，S<0.01-环已烷	$[CuL_3S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	22	HCl	3.98
	吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	2.43
	2-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_3]_0[S]_0$	—	—	1.66
	4-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	2.57
	4-氰基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	1.50

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
Cu^{2+}	2,6-二甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	0.68
	喹啉	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	1.20
	异喹啉	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	—	—	2.46
	α,α′-联吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	—	3.67
		HL，S-C_6H_6	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	2.0	3.42
	4,4′-联吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	—	2.51
	1,10-邻二氮菲	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0/[CuL_2]_0[S]_0$	25	—	5.40
Eu^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3][S]_0$	25	0.1	1.6
	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	0.9
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[EuL_2S_2]_0/[EuL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	2.5
		HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_2S_2]_0/[EuL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	1.6
	α-萘酚	HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	0.61
	邻氧萘酮	HL<0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_2]_0[S]_0$	25	0.1	1.92
		HL<0.1，S<0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	1.08
		HL<0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	2.76
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	5.46
		HL<0.1，S-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	3.62
		HL<0.1，S-CCl_4	$[EuL_2S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	8.46
		HL<0.1，S-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	5.44
		HL<0.02，S<0.1-环己烷	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	21～23	—	9.44
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S<0.01-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	7.49
		HL0.1，S<0.01-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	5.40
Eu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.1，S<0.01-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	12.26
		HL0.1，S<0.01-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	7.60
		HL，S-环己烷	$[EuL_2S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	24	0.1	13.9
	亚甲基双(氧化二己基膦)	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	24	0.1	10.85
	三亚甲基双(氧化二己基膦)	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	24	0.1	11.15
	四亚甲基双(氧化二己基膦)	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_2S]_0/[EuL_2]_0[S]_0$	24	0.1	11.74
	喹啉	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	3.48
		HL0.1，S<0.1-$CHCl_3$	$[EuL_2S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	3.29
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	5.16

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	25	0.1	5.09
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	25	0.1	8.58
Gd^{3+}	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0/[GdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	6.38
		HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0/[GdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	8.59
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0/[GdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	4.54
	α,α-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0/[GdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	6.59
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0/[GdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	6.98
		HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0/[GdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	10.85
K^+	2-乙基己醇	HL<0.2，S<3.0-C_6H_6	$[KLS]_0/[KL]_0[S]_0$	22	0.1	1.56
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[KLS_2]_0/[KL]_0[S]_0^2$	20	0.1	3.00
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[KLS_2]_0/[KL]_0[S]_0^2$	20	0.1	4.80
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[KLS_3]_0/[KL]_0[S]_0^3$	20	0.1	−0.06
La^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[LaL_3S]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	1.0	2.0
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[LaL_3S_2]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	1.0	2.9
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[LaL_3S]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	1.0	4.83
		HL<0.1，S-CCl_4	$[LaL_3S_2]_0/[LaL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	9.33
	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	2.0	4.77
		HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_0/[LaL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	6.70
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	2.0	3.34
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_0/[LaL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	5.55
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_0/[LaL_3]_0[S]_0$	25	2.0	6.25
		HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_0/[LaL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	9.91
Li^+	2-乙基己醇	HL<0.2，S<2.0-C_6H_6	$[LiLS]_0/[LiL]_0[S]_0$	22	0.1	3.36
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.2-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	0.1	5.96
		HL<0.1 S<0.1-环己烷	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	—	6.80
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	0.1	7.96
		HL<0.2，S<0.5-环己烷	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	0.1	4.57
	氧化二苯基膦	HL，S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	0.1	5.41
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^3$	20	0.1	0.66
	N,N-二丁基乙酰胺	HL<0.1，S<0.2-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	20	0.1	5.51

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ M	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Lu^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	1.0	1.7
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	1.0	5.69
		HL<0.1，S-CCl_4	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	1.0	6.67
	氧化三正辛基膦	HL0.06，S<0.001-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	20	0.1	7.25
	α,α'-联吡啶	HL，S-CCl_4	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	2.0	5.52
		HL，S-$CHCl_3$	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	2.0	4.62
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	2.0	6.49
		HL，S-环已烷	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0/[S]_0$	25	2.0	5.99
		HL，S-CCl_4	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	8.86
		HL，S-$CHCl_3$	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	7.70
		HL S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	8.63
		HL、S-环已烷	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	9.06
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	25	2.0	5.17
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	6.88
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	25	2.0	7.27
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0/[LuL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	11.88
	二丁基亚砜	HL，0.1，S<0.1-CCl_4	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	25	1.0	5.21
Na^+	2-乙基已醇	HL<0.2，S<3.0-C_6H_6	$[NaLS]_0/[NaL]_0[S]_0$	22	0.1	2.26
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	20	0.1	4.26
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.5-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	20	0.1	6.16
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	20	0.1	−0.28
	N,N-二丁基乙酰胺	HL<0.1，S<0.2-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	20	0.1	4.41
Nd^{3+}	α,α'-联吡啶	HL S-CCl_4	$[NdL_3S]_0/[NdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	5.64
		HL，S-$CHCl_3$	$[NdL_3S]_0/[NdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	4.86
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S]_0/[NdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	5.21
		HL，S-环已烷	$[NdL_3S]_0/[NdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	5.22
		HL，S-CCl_4	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	7.63
		HL，S-$CHCl_3$	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	5.62
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	6.71
		HL，S-环已烷	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	7.76
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S]_0/[NdL_3]_0[S]_0$	25	2.0	4.21

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Nd^{3+}	4,4′-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	5.98
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[NdL_2S]_0/[NdL_2]_0[S]_0$	25	2.0	6.36
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0/[NdL_3]_0[S]_0^2$	25	2.0	9.03
Ni^{2+}	吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	—	0.1	5.7
		HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	20	0.1	5.4
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	—	0.1	8.2
	2-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	20	0.1	4.5
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	—	0.1	5.4
	3-甲基吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	—	0.1	6.5
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	—	0.1	9.2
	4-甲基吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_3S]_0/[NiL_3]_0[S]_0$	—	0.1	7.1
		HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	20	0.1	5.7
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	—	0.1	10.4
	哌啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	20	—	3.1
	二己胺	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	20	0.1	2.3
	二乙胺	HL<0.02，S<0.05-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0/[NiL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	4.2
Pm^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.3，S<0.2-C_6H_6	$[PmL_3S_2]_0/[PmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01HCl	6.70
		HL<0.3，S<0.1-环己烷	$[PmL_3S_2]_0/[PmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01HCl	9.30
	氧化三正辛基磷	HL<0.2，S<0.03-C_6H_6	$[PmL_3S]_0/[PmL_3]_0[S]_0$	22	<0.04HCl	10.2
		HL<0.2，S<0.001-环己烷	$[PmL_3S]_0/[PmL_3]_0[S]_0$	22	0.01HCl	12.0
Pu^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.01-环己烷	$[PmL_3S_2]_0/[PmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01HCl	12.55
PuO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.02-环己烷	$[PuO_2L_2S]_0/[PuO_2L_2]_0[S]_0$	21～23	0.01HNO_3	4.67
Sc^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-CCl_4	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	3.38
		HL，S-$CHCl_3$	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	1.89
		HL，S-$CHBr_3$	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	2.16
		HL，S-CH_2Cl_2	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	2.94
		HL，S-C_6H_6	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	2.92
		HL，S-甲苯	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	3.10
	磷酸三丁酯	HL，S-氯苯	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	2.70
		HL，S-1,2-二氯苯	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	2.76
		HL，S-正己烷	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	4.61

续表

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Sc^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-环己烷	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	4.52
		HL，S-正庚烷	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	0.1	4.42
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ScL_3S]_0/[ScL_3]_0[S]_0$	25	1.0	3.30
Sr^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[SrL_2S]_0/[SrL_2]_0[S]_0$	25	0.1	1.80
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0/[SrL_2]_0[S]_0^2$	25	0.1	2.60
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S]_0/[SrL_2]_0[S]_0$	25	1.0	3.76
		HL<0.1 S-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0/[SrL_2]_0[S]_0^2$	25	1.0	7.52
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S]_0/[SrL_2]_0[S]_0$	25	1.0	5.39
		HL0.1 S-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0/[SrL_2]_0[S]_0^2$	25	1.0	9.78
Th^{4+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S-CCl_4	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	25	1.0	5.18
		HL0.1 S-$CHCl_3$	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	25	1.0	3.30
	磷酸三丁酯	HL0.01，S<0.1-C_6H_6	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	22	0.03HCl	4.7
		HL0.2，S<0.1-环己烷	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	22	0.2HCl	6.28
	氧化三正辛基膦	HL0.02，S<0.02-C_6H_6	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	22	1.0HCl	6.7
		HL0.02，S<0.0002-环己烷	$[ThL_4S]_0/[ThL_4]_0[S]_0$	22	1.0HCl	8.93
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.2 S<0.2 C_6H_6	$[TmL_3S]_0/[TmL_3]_0[S]_0$	22	0.01HCl	4.35
		HL0.2，S<0.01-环己烷	$[TmL_3S]_0/[TmL_3]_0[S]_0$	22	0.01HCl	5.18
		HL0.2，S<0.1-环己烷	$[TmL_3S_2]_0/[TmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01HCl	8.22
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.1-C_6H_6	$[TmL_3S]_0/[TmL_3]_0[S]_0$	22	0.01HCl	6.95
		HL<0.02，S<0.1-环己烷	$[TmL_3S]_0/[TmL_3]_0[S]_0$	22	0.01HCl	6.84
		HL0.2，S<0.1-环己烷	$[TmL_3S_2]_0/[TmL_3]_0[S]_0^2$	22	0.01HCl	11.32
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL，S-CCl_4	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	6.06
		HL，S-$CHCl_3$	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	4.46
		HL，S-$CHBr_3$	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	4.86
		HL，SCH_2Cl_2	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	4.42
		HL，S-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	5.54
		HL0.2，S<0.03-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	22	<0.2HCl	4.70
		HL，S-甲苯	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	5.70
		HL，S-异丙苯	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	5.39
		HL，S-氯苯	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	5.43
		HL，S-1,2-二氯苯	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	5.62

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加　合　平　衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL，S-正己烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	6.67
		HL，S-环己烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	6.81
		HL0.2，S<0.01-环己烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	22	<0.1HCl	6.02
		HL，S-正庚烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	25	0.1	6.47
	氧化三正丁基膦	HL<0.02，S<0.0005-环己烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	21～23	0.01HNO_3	8.2
		HL<0.02，S<0.0005-环己烷	$[UO_2L_2S_2]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$[3]	21～23	0.01HNO_3	17.2
	氧化三正辛基膦	HL0.02，S<0.001-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	22	0.01HCl	5.36
		HL0.02，S<0.001-环己烷	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	22	0.01HCl	6.5
		HL0.02，S<0.01-C_6H_6	$[UO_2L_2S_3]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$[3]	22	0.01HCl	15.72
Zn^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	0.1	1.22
		HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	0.1	1.00
	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	0.1	4.34
		HL<0.2，S<0.15-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	—	4.38
		HL0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	0.1	2.69
		HL<0.5，S<0.05-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	23	—	3.85
		HL<0.002，S<0.02-环己烷	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	23	—	4.77
	磷酸三-(正丁氧乙基)酯	HL0.1，S<0.1-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	—	—	2.50
		HL<0.1，S<0.3-CCl_4	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	—	—	3.97
	α,α'-联吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	—	—	1.95
		HL S-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	25	2.0	4.65
	4,4'-联吡啶	HL S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	—	—	1.71
	1,10-邻二氮菲	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	—	—	2.50

8. 加合物萃取常数*

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ac^{3+}	甲基异丁酮	HL，S-CCl_4	$[AcL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Ac^{3+}]$	25	1.0	−11.6
		HL，S-CCl_4	$[AcL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Ac^{3+}]$	25	1.0	−9.8
	磷酸三丁酯	HL，S-CCl_4	$[AcL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Ac^{3+}]$	25	1.0	−8.7
		HL，S-CCl_4	$[AcL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Ac^{3+}]$	25	1.0	−4.0
Am^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[AmL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Am^{3+}]$	25	1.0	−7.1
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[AmL_4S]_o[H^+]^3/[HL]_o^4[S]_o[Am^{3+}]$	25	1.0	−6.5
	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Am^{3+}]$	25	1.0	−3.82
		HL，S-CCl_4	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	—	—	0.43
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	25	1.0	0.0
		HL，S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	—	—	−3.28
		HL<0.3，S<0.2-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	<0.01HCl	−0.96
		HL S-正己烷	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	—	—	1.03
		HL<0.2，S0.03-环己烷	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	<0.02HCl	2.40
Ba^{2+}	磷酸三苯酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	0.001HCl	−4.64
	丁基磷酸二丁酯	HL<0.2，S<0.2-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	<0.01HCl	0.5
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.01-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	0.01HCl	2.51
		HL0.2，S<0.01-环己烷	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	0.01HCl	5.14
	氧化三苯基膦	HL<0.2，S<0.1-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	22	0.01HCl	0.85
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[AmL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Am^{3+}]$	25	1.0	−3.9
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[AmL_4S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Am^{3+}]$	25	1.0	−0.4
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[BaL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ba^{2+}]$	25	1.0	−12.4
		HL<0.1，S-CCl_4	$[BaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ba^{2+}]$	25	1.0	−9.2
	氧化三正辛基膦	HL<0.1，S-CCl_4	$[BaL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ba^{2+}]$	25	1.0	−9.3
		HL<0.1，S-CCl_4	$[BaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ba^{2+}]$	25	1.0	−5.0

* 本表所列数据较多，且温度（t）和离子强度（μ）各有差异，故另列一栏。

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ca^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[CaL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ca^{2+}]$	25	0.1	−11.57
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	25	0.1	−10.74
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[CaL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ca^{2+}]$	25	1.0	−9.27
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	25	1.0	−5.18
		HL，S-C_6H_6	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	22	HCl	−5.27
		HL<0.2，S<0.1-环已烷	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	22	<0.03HCl	−3.27
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S-CCl_4	$[CaL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ca^{2+}]$	25	1.0	−7.76
		HL0.1，S-CCl_4	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	25	1.0	−2.72
		HL0.2，S<0.03-C_6H_6	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	22	0.001HCl	−3.27
		HL0.2，S<0.03-环已烷	$[CaL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Ca^{2+}]$	22	0.001HCl	−1.99
Cm^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[CmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Cm^{3+}]$	22	0.01HCl	−0.70
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[CmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Cm^{3+}]$	22	0.01HCl	2.50
	氧化三正辛基膦	HL0.0，S<0.01-C_6H_6	$[CmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Cm^{3+}]$	22	0.01HCl	2.83
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[CmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Cm^{3+}]$	22	0.01HCl	5.44
Co^{2+}	磷酸三丁酯	HL，S<0.001-环已烷	$[CoL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Co^{2+}]$	21～23	—	−3.78
		HL，S<0.001-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	21～23	—	−1.1
	吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	—	—	1.57
	2-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	—	—	−0.48
	3-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	—	—	1.76
	4-甲基吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	—	—	2.15
	3-氯吡啶	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	—	—	0.22
	喹啉	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Co^{2+}]$	—	—	−0.55
	异喹啉	HL+S=0.2-环已烷	$[CoL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Co^{2+}]$	—	—	1.72
	二乙胺	HL<0.02，S<0.05-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o^2[Co^{2+}]$	25	0.1	−1.5
	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[CoL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Co^{2+}]$	25	2.0	−2.26
Cs^+	2-乙基已醇	HL<0.02，S<3.0-C_6H_6	$[CsLS]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o[Cs^+]$	22	0.1	−9.15
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[CsLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Cs^+]$	20	0.1	−8.42
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.5-C_6H_6	$[CsLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Cs^+]$	20	0.1	−6.90
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[CsLS_4]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^3[Cs^+]$	20	0.1	−10.90
Cu^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<2.0-CCl_4	$[CuL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Cu^{2+}]$	25	0.1	−0.61
	磷酸三丁酯	HL0.1，S<1.0-CCl_4	$[CuL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Cu^{2+}]$	25	0.1	1.19

续表

金属离子	加合体，S	溶　机　相	加合萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Cu^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	25	0.1	−0.60
		HL<0.02，S<0.02-环己烷	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	21～23	—	0.48
	氧化三正丁基膦	HL<0.002，S<0.01-环己烷	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	21～23	—	1.14
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S-CCl_4	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	25	0.1	2.20
		HL0.1，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	25	0.1	0.03
		HL<0.2，S<0.01-环己烷	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	22	HCl	1.14
		HL<0.001，S<0.01-正己烷	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	25	0.01	3.26
	吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	1.2
	2-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	0.4
	4-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	1.3
	4-氰基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	0.2
	2,6-二甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	−0.5
	喹啉	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	0.0
	异喹啉	HL，S-$CHCl_3$	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	—	—	1.2
	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[CuL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Cu^{2+}]$	25	2.0	0.77
Eu^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S-1.0-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−0.6
		HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−7.8
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−5.7
		HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−7.1
	α-萘酚	HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−8.1
	邻氧萘酮	HL<0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−6.2
		HL<0.1，S<0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−7.6
		HL<0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−5.4
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−2.7
		HL<0.1，S-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−5.06
		HL<0.1，S-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	0.3
		HL<0.1，S-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−3.24
		HL<0.02，S<0.1-环己烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	21～23	—	1.78
	氧化二正丁基膦	HL<0.02，S<0.001-环己烷	$[EuL_2NO_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^2[S]_0^2[HNO_3][Eu^{3+}]$	21～23	0.001HNO_3	6.0
	氧化三正辛基膦	HL0.1，S<0.01-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−0.67
		HL0.1，S<0.01-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−3.28

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Eu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.1，S<0.01-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	4.10
		HL0.1，S<0.01-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−1.08
		HL，S-环己烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	24	0.1	8.1
	亚甲基双（氧化二己基膦）	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	24	0.1	5.02
		HL，S-环己烷	$[EuL(ClO_4)_2S_3]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^3[ClO_4^-]^2[Eu^{3+}]$	24	1.0	14.1
	三亚甲基双（氧化二己基膦）	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	24	0.1	5.33
	四亚甲基双（氧化二己基膦）	HL<0.1，S<0.01-环己烷	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	24	0.1	5.91
	喹啉	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−4.7
		HL0.1，S<0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	0.1	−5.4
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	0.1	−3.0
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	25	1.0	−3.5
		HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	25	1.0	0.0
Er^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.25，S0.25-CH_2Cl_2	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	7.70
		HL0.25，S0.25-1,2-二氯乙烷	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	7.94
		HL0.25，S0.25-三氯乙烷	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.50
		HL0.25，S0.25-C_6H_6	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.27
		HL0.25，S0.25-氯苯	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	5.40
		HL0.25，S0.25-异丙醚	$[ErL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[ErL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.98
Gd^{3+}	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Gd^{3+}]$	25	2.0	−1.31
		HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Gd^{3+}]$	25	2.0	0.90
	4,4'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Gd^{3+}]$	25	2.0	−3.15
		HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Gd^{3+}]$	25	2.0	−1.10
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Gd^{3+}]$	25	2.0	−0.71
		HL，S-C_6H_6	$[GdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Gd^{3+}]$	25	2.0	3.16
HO^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.25，S0.25-CH_2Cl_2	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	7.45
		HL0.25，S0.25-1,2-二氯乙烷	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	7.95
		HL0.25，S0.25-1,2-三氯乙烷	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.29
		HL0.25，S0.25-C_6H_6	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	3.99
		HL0.25，S0.25-氯苯	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.96
		HL0.25，S0.25-异丙醚	$[HoL_2ClO_4S_5]_0[HL]_0/[HoL_3S_2]_0[S]_0^3[H^+][ClO_4^-]$	25	0.2	4.64

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
K^+	2-乙基己醇	HL<0.2，S<3.0-C_6H_6	$[KLS]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o[K^+]$	22	0.1	−9.60
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[KLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[K^+]$	20	0.1	−8.16
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.5-C_6H_6	$[KLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[K^+]$	20	0.1	−6.36
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[KLS_3]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^3[K^+]$	20	0.1	−11.22
La^{3+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[La^{3+}]$	25	1.0	−8.95
		HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[LaL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[La^{3+}]$	25	1.0	−8.05
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[LaL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[La^{3+}]$	25	1.0	−6.1
		HL<0.1，S-CCl_4	$[LaL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[La^{3+}]$	25	1.0	−1.6
	α,α'-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[La^{3+}]$	25	2.0	−5.0
		HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[La^{3+}]$	25	2.0	−3.1
	4,4′-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[La^{3+}]$	25	2.0	−6.45
		HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[La^{3+}]$	25	2.0	−4.24
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[La^{3+}]$	25	2.0	−3.54
		HL，S-C_6H_6	$[LaL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[La^{3+}]$	25	2.0	0.1
Li^+	2-乙基己醇	HL<0.2，S<2.0-C_6H_6	$[LiLS]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o[Li^+]$	22	0.1	−6.80
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.2-C_6H_6	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	0.1	−4.20
		HL<0.1，S<0.1-环己烷	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	—	−3.20
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	0.1	−2.2
		HL<0.2，S<0.5-环己烷	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	0.1	−5.43
	氧化三苯基膦	HL，S-C_6H_6	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	22	0.1	−4.75
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	0.1	−9.50
	N,N-二丁基乙酰胺	HL<0.1，S<0.2-C_6H_6	$[LiLS_2]_o[H^+]/[HL]_o[S]_o^2[Li^+]$	20	0.1	−4.65
Lu^{3+}	甲基异丁酮	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[LuL_3]_o[H^+]^3[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	1.0	−5.7
Lu^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	1.0	−1.7
		HL<0.1，S-CCl_4	$[LuL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Lu^{3+}]$	25	1.0	−0.76
	氧化三正辛基膦	HL0.05，S<0.001-C_6H_6	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	20	0.1	0.69
	α,α'-联吡啶	HL，S-CCl_4	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	2.0	−1.45
		HL，S-$CHCl_3$	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	2.0	−3.53
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	2.0	0.0
		HL，S-环己烷	$[LuL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Lu^{3+}]$	25	2.0	0.0
		HL，S-CCl_4	$[LuL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	1.89

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Lu^{3+}	α,α'-联吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[LuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	−0.45
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	2.16
		HL，S-环已烷	$[LuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	3.06
	4,4′-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	25	2.0	−1.3
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	0.4
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	25	2.0	0.80
		HL，S-C_6H_6	$[LuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Lu^{3+}]$	25	2.0	5.4
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	25	1.0	−2.2
Na^+	2-乙基己醇	HL<0.2，S-C_6H_6	$[NaLS]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0[Na^+]$	22	0.1	−8.90
	磷酸三丁酯	HL<0.2，S<0.5-C_6H_6	$[NaLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	20	0.1	−6.90
	氧化三正辛基膦	HL0.2，S<0.5-C_6H_6	$[NaLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	20	0.1	−5.0
	硝基甲烷	HL0.2，S<8.0-C_6H_6	$[NaLS_3]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^3[Na^+]$	20	0.1	−11.44
	N,N-二丁基乙酰胺	HL<0.1，S<0.2-C_6H_6	$[NaLS_2]^0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	20	0.1	−6.75
Nd^{3+}	α,α'-联吡啶	HL，S-CCl_4	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−3.21
		HL，S-$CHCl_3$	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−5.26
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−3.17
		HL，S-环已烷	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−1.87
		HL，S-CCl_4	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	−1.22
		HL，S-$CHCl_3$	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	−4.50
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	−1.67
Nd^{3+}	α,α'-联吡啶	HL，S-环已烷	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	0.67
	4,4′-联吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−4.17
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	−2.40
	1,10-邻二氮菲	HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Nd^{3+}]$	25	2.0	−2.02
		HL，S-C_6H_6	$[NdL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Nd^{3+}]$	25	2.0	0.66
Ni^{2+}	吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	—	0.1	−0.9
		HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	20	0.1	0.69
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	—	0.1	1.6
	2-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	20	0.1	−1.79
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	—	0.1	−1.2
	3-甲基吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	—	0.1	−0.1

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ni^{2+}	3-甲基吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	—	0.1	2.6
	4-甲基吡啶	HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	—	0.1	0.5
		HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	20	0.1	0.63
		HL，S-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	—	0.1	3.8
	哌啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	20	—	−2.35
	二己胺	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	20	0.1	−2.63
	二乙胺	HL<0.02，S<0.05-C_6H_6	$[NiL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Ni^{2+}]$	25	0.1	−2.4
Np^{4+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.001-环己烷	$[NpL_3NO_3S]_0[H^+]^4/[HL]_0^3[HNO_3][S]_0[M^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	7.75
	氧化三正丁基膦	HL<0.02，S<0.002-环己烷	$[NpL_3NO_3S]_0[H^+]^4/[HL]_0^3[HNO_3][S]_0[Np^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	9.0
		HL<0.02，S<0.002-环己烷	$[NpL_2(NO_3)_2S_2]_0[H^+]^4/[HL]_0^2[HNO_3]^2[S]_0^2[Np^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	11.5
NpO_2^+	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.01-环己烷	$[NpO_2LHLS]_0[H^+]/[HL]_0^2[S]_0[NpO_2^+]$	21～23	0.01HNO_3	5.3
Pm^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.3，S<0.2-C_6H_6	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pm^{3+}]$	22	0.01	−1.04
		HL<0.2，S<0.1-环己烷	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pm^{3+}]$	22	0.01	2.3
	磷酸三苯酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pm^{3+}]$	22	0.001	−4.70
	丁基膦酸二丁酯	HL<0.2，S<0.2-C_6H_6	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pm^{3+}]$	22	0.01	0.43
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.03-C_6H_6	$[PmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Pm^{3+}]$	22	<0.04HCl	2.43
		HL<0.2，S<0.001-环己烷	$[PmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Pm^{3+}]$	22	0.01	5.00
Pm^{3+}	氧化三苯基膦	HL<0.2，S<0.1-C_6H_6	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2][Pm^{3+}]$	22	0.01	0.78
Pr^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.15，S<0.15-CCl_4	$[PmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pr^{3+}]$	25	0.1	−0.5
Pu^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.01-环己烷	$[PuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Pr^{3+}]$	22	0.01	5.33
Pu^{4+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.01-环己烷	$[PuL_3NO_3S]_0[H^+]^4/[HL]_0^3[S]_0[HNO_3][Pu^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	8.67
	氧化三正丁基膦	HL<0.02，S<0.002-环己烷	$[PuL_3NO_3S]_0[H^+]^4/[HL]_0^3[S]_0[HNO_3][Pu^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	9.9

续表

金属离子	加合体，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Pu^{4+}	氧化二正丁基膦	HL<0.02，S<0.002-环已烷	$[PuL_2(NO_3)_2S_2]_0[H^+]^4/[HL]_0^2[S]_0^2[HNO_3]_0^2[Pu^{4+}]$	21～23	1MHNO_3	11.9
PuO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL<0.02，S<0.02-环已烷	$[PuO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[PuO_2^{2+}]$	21～23	0.01HNO_3	3.13
Sc^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S-CCl_4	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	0.1	3.0
		HL，S-$CHCl_3$	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	0.1	0.9
		HL，S-C_6H_6	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	0.1	2.6
		HL，S-甲苯	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	0.1	2.7
		HL，S-正已烷	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	0.1	4.6
	二丁基亚砜	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ScL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Sc^{3+}]$	25	1.0	2.5
Sr^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[SrL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Sr^{2+}]$	25	0.1	−13.23
	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[S^{2+}]$	25	0.1	−12.43
	磷酸三丁酯	HL<0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Sr^{2+}]$	25	1.0	−11.27
		HL<0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0[S]_0^2[Sr^{2+}]$	25	1.0	−7.51
	氧化三正辛基膦	HL<0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Sr^{2+}]$	25	1.0	−9.64
		HL<0.1，S-CCl_4	$[SrL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Sr^{2+}]$	25	1.0	−5.25
Th^{4+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S-CCl_4	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	25	1.0	6.4
		HL0.1，S-$CHCl_3$	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	25	1.0	3.30
		HL0.03，S<0.1-C_6H_6	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	22	0.03	5.70
		HL0.2，S<0.1-环已烷	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	22	0.2	7.95
	氧化三正辛基膦	HL0.02，S<0.02-C_6H_6	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	25	1.0	7.70
		HL0.02，S<0.0002-环已烷	$[ThL_4S]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[S]_0[Th^{4+}]$	22	1.0	10.58
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[TmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Tm^{3+}]$	22	0.01	−2.61
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[TmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Tm^{3+}]$	22	0.01	−0.42

续表

金属离子	加合物，S	有　机　相	加合物萃取平衡	t，℃	μ，M	$\lg K_{ex}\cdot S$
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S<0.1-环已烷	$[TmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Tm^{3+}]$	22	0.01	2.62
	氧化三正辛基膦	HL<0.2，S<0.1-C_6H_6	$[TmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Tm^{3+}]$	22	0.01	−0.01
		HL<0.2，S<0.1-环已烷	$[TmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Tm^{3+}]$	22	0.01	1.24
		HL0.2，S<0.1-环已烷	$[TmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Tm^{3+}]$	22	0.01	5.72
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S<0.03-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	<0.2HCl	2.48
		HL0.2，S<0.01-环已烷	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	<0.1HCl	3.20
	磷酸三苯酯	HL0.2，S<0.2-C_6H_6	$[UO_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	0.01	−0.3
	氧化三正丁基膦	HL<0.02，S<0.0005-环已烷	$[UO_2L_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^3[UO_2^{2+}]$	22	0.01	−14.4
	氧化三正辛基膦	HL0.02，S<0.001-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	0.01	3.10
		HL0.02，S<0.001-环已烷	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	0.01	3.7
		HL0.02，S<0.01-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[UO_2^{2+}]$	22	0.01	12.9
	氧化三苯基膦	HL<0.2，S<0.1-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	22	0.01	3.5
Yb^{3+}	磷酸三丁酯	HL<0.15，S<0.15-CCl_4	$[YbL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Yb^{3+}]$	—	—	0.0
Zn^{2+}	甲基异丁酮	HL<0.1，S<1.0-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	0.1	−6.82
		HL<0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	0.1	−7.13
	磷酸三丁酯	HL0.1，S<0.1-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	0.1	−3.7
		HL0.1，S<1.0-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	0.1	−5.44
		HL<0.5，S<0.05-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	23	—	−4.15
		HL<0.002，S<0.02-环已烷	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	23	—	−3.56
	磷酸三（正丁氧乙基）酯	HL<0.1，S<0.3-CCl_4	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	0.1	−4.49
	氧化三正丁基膦	HL0.15，S<0.1-正已烷	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	26	0.01	−1.0
	α,α'-联吡啶	HL，S<C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	25	2.0	3.05

合成方法[1] 由三氟乙酸乙酯和乙酰噻吩反应而得。少量噻吩甲酰三氟丙酮的提纯方法是将酮溶于苯，加大量50%的乙酸镁水溶液，用力搅拌2小时。为了使反应完全，可加入足够的氨水，使pH最后达6.5。再将镁的螯合物进行分解而提纯。大量的噻吩甲酰三氟丙酮可用一个具有25个理论塔板数的柱子进行减压蒸馏而提纯。提纯前最好先将钠盐加以酸化。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ac^{3+}	pH>5.5 用0.25*M*HTTA-苯可定量萃取Ac^{3+}
Al^{3+}	pH5.5～6，0.10*M*HTTA-4-甲基-2-戊酮可定量萃取Al^{3+}
Am^{3+}	pH>3.5，0.5*M*HTTA-苯，萃取率达95%以上
Be^{2+}	pH<4，0.5～1.0*M*HTTA-二甲苯可完全萃取Be^{2+}
Bi^{3+}	pH>2.5，0.25*M*HTTA-苯可定量萃取Bi^{3+}
BK^{3+}	pH约3.4，用0.2*M*HTTA-甲苯萃取率约80%
Ca^{2+}	pH约8，0.05*M*HTTA-甲基异丁酮可定量萃取Ca^{2+}
Cd^{2+}	pH>7，0.10*M*HTTA-$CHCl_3$可萃取Cd^{2+}
Ce^{4+}	pH4～6，0.15*M*HTTA-苯，萃取率达80%以上
Cf^{3+}	pH$_3$，0.2*M*HTTA-甲苯萃取率约70%
Co^{2+}	pH7.6～8.8，0.1*M*HTTA-异丁醇，萃取率达97%以上； pH5.1—6.8，用HTTA-1:3～1:2苯-丙酮可定量萃取Co^{2+}
Cr^{4+}	pH5～6 0.15*M*HTTA-苯萃取率达80%以上
Cs^{+}	pH8～9.5，0.3～0.7*M*柠檬酸铵存在下，0.25*M*HTTA-硝基苯-二甲苯（1:1）萃取率达90%
Cu^{2+}	pH3～6，0.15*M*HTTA-苯可定量萃取Cu^{2+}
Dy^{3+}	pH$_3$，0.5*M*HTTA-苯，萃取率约85%
Er^{3+}	pH5.5 0.10*M*HTTA-甲基异丁酮或己酮可萃取Er^{3+}
Eu^{3+}	0.5*M*HTTA-苯可萃取Eu^{3+}
Fe^{3+}	pH2，0.15*M*HTTA-苯萃取率达99%以上； 2*M*HNO_3+9*M*NH_4NO_3，15%HTTA-二甲苯可定量萃取Fe^{3+}； 10*M*HNO_3，0.5*M*HTTA-二甲苯萃取率达90%，然后用0.25*M*(HF+HCl)洗有机相，可增加分离的选择性
Fm^{3+}	pH3.4，0.2*M*HTTA-甲苯可萃取70%Fm^{3+}
Gd^{3+}	pH>3，0.5*M*HTTA-苯可萃取75%以上Gd^{3+}
Hf^{4+}	2*M*$HClO_4$，HTTA-苯可萃取Hf^{4+}
Ho^{3+}	pH>3，0.2*M*HTTA-苯可萃取Ho^{3+}
In^{3+}	pH>4，0.005*M*HTTA-苯可定量萃取In^{3+}
Ir^{3+}	pH>7，HTTA-苯可萃取Ir^{3+}
K^{+}	pH9，0.5*M*HTTA-硝基苯可萃取约82%K^{+}
La^{3+}	pH>3.5，0.5*M*HTTA-苯可萃取La^{3+}； pH5，0.1*M*HTTA-甲基异丁酮可定量萃取La^{3+}

续表

萃取离子	方法提要
Li^{+}	pH9，0.5*M*HTTA-硝基甲烷或HTTA-硝基苯可萃取91% Li^{+}，若 pH<7.5Li^{+} 不被0.2*M*HTTA-苯所萃取
Lu^{3+}	HTTA-苯或甲基异丁酮可萃取Lu^{3+}
Mn^{2+}	pH6.7～8.0，HTTA-丙酮:苯（3:1）或2-辛醇:2-甲基异丁酮(2:1）可定量萃取Mn^{2+}
MoO_4^{2-}	9*M*HCl，0.15*M*HTTA-丁醇:苯乙酮（5:8）可完全萃取MoO_4^{2-}
Nb^{5+}	10*M*HNO_3，0.5*M*HTTA-二甲苯可萃取约95%Nb^{5+}； 7*N*HCl，丁醇存在，HTTA-二甲苯可萃取99.7%Nb^{5+}
Nd^{3+}	pH>3，0.5*M*HTTA-苯可萃取Nd^{3+}
Ni^{2+}	pH5.5～8.0，丙酮存在（苯与丙酮最适比例为1:3），0.15*M*HTTA-苯可萃取
Np^{4+}	1*M*HCl，0.5*M*HTTA-二甲苯，萃取99%以上的Np^{4+}。再以10*M*HNO_3从有机相中反萃取，PoO^{2+}和Zr^{4+}仍留在有机相
Np^{5+}	pH7～9，0.01*M*HTTA-异丁醇可萃取90%Np^{5+}
Pa^{4+}	6*N*HCl，0.3～1.0*M*HTTA-苯可萃取90%Pa^{4+}
Pa^{5+}	2～6*M*HCl，0.5*M*HTTA-苯可萃取90%Pa^{5+}；若酸度为0.2*M*HCl，则0.2*M*HTTA-苯也可定量萃取
Pb^{2+}	pH5，0.25*M*HTTA-苯可完全萃取
Pd^{2+}	pH4.5～8.8，HTTA-丁醇可萃取Pd^{2+}
Pm^{3+}	pH4，0.5*M*HTTA-苯可萃取Pm^{3+}
PoO^{2+}	pH2，0.25*M*HTTA-苯可定量萃取
Pr^{3+}	pH>4，0.1～0.5*M*HTTA-苯可定量萃取
Pu^{3+}	pH4.2，HTTA-苯或环己烷可萃取99%Pu^{3+}；0.5～1.0*M*HNO_3，0.5～1.0*M*HTTA-苯可定量萃取Pu^{3+}
Pu^{6+}	HTTA-苯或环己烷可萃取Pu^{6+}
Pt^{4+}	5～9*N*HCl，0.1*M*HTTA-正丁醇:苯乙酮（2:1）可定量萃取Pt^{4+}
Rb^{+}	pH9，0.5*M*HTTA-硝基苯可萃取约92%Rb^{+}
Sc^{3+}	pH>1.6，0.5*M*HTTA-苯可萃取95%以上Sc^{3+}
Sm^{3+}	pH4，0.5*M*HTTA-苯可萃取Sm^{3+}
Sn^{4+}	大于0.5*M*HCl，0.5*M*HTTA-甲基异丁酮可完全萃取Sn^{4+}，用1*M*酒石酸反萃取Sn^{4+}时，Fe^{3+}，UO_2^{2+}仍留在有机相
Sr^{2+}	pH9～13，0.2*M*HTTA-苯可萃取约80%Sr^{2+}； pH10～12，0.2*M*HTTA-甲基异丁酮可萃取99%以上
Tb^{3+}	HTTA-苯可萃取Tb^{3+}
Th^{4+}	pH>1，0.25～0.45 *M* HTTA-苯可萃取 98%以上的 Th^{4+}，有机相中的 Th^{4+} 可用2*M*HNO_3反萃取
Ti^{4+}	10*M*HCl，0.1*M*HTTA-异戊醇:苯（2:1）可萃取Ti^{4+}
Tl^{+}	pH7，0.25*M*HTTA-苯可萃取95%以上Tl^{+}
Tl^{3+}	pH4，0.25*M*HTTA可定量萃取Tl^{3+}

续表

萃取离子	方法提要
Tm^{3+}	pH4，0.5*M*HTTA-苯或环已烷可萃取Tm^{3+}
U^{4+}	pH4.2，0.4*M*HTTA-苯可萃取98.5%的U^{4+}
UO_2^{2+}	pH3.5～8，0.15*M*HTTA-苯可定量萃取UO_2^{2+}。0.01*M*HTTA而溶剂不同时，pH1/2为：异戊醇2.1；正丁醇2.2；环已烷2.3；乙酸戊酯3.1；苯3.5；氯仿3.8；$CCl_4$4.0。当采用高浓度HTTA萃取时，形成$UO_2(HTTA)_2 \cdot HTTA$被萃取
VO^{2+}	pH4，0.25*M*HTTA-苯，最大萃取率约70%
VO_2^+	pH2.5～4.1，0.3*M*HTTA-正丁醇可定量萃取VO_2^+
WO_4^{2-}	9*N*HCl，0.15*M*HTTA-丁醇:苯乙酮（5:8）可定量萃取
Y^{3+}	pH5.4，0.3*M*HTTA-苯或pH3.9～4.3，0.3*M*HTTA-$CHCl_3$均可萃取99%以上的Y^{3+}
Yb^{3+}	HTTA-苯或甲苯可萃取Yb^{3+}
Zn^{2+}	pH>5，0.1*M*HTTA-甲基异丁酮，萃取率达99%以上
Zr^{4+}	2*N*HNO_3，0.5*M*HTTA-苯，可萃取95%以上的Zr^{4+}

参考文献

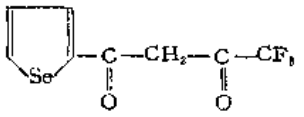
〔1〕 J. C. Reid, M. Calvin; *J. Amer. Chem. Soc.*, 72. 2948, (1950).

1-(2-硒吩)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮　Ⅰ-6-0015

1-(2-Selenophen)-4,4,4-trifluoro-1,3-butane dione

别名　2-硒吩甲酰三氟丙酮　2-Selenoyltrifluoroacetone

结构式



分子式　$C_8H_5F_3O_2Se$　　**分子量**　269.08

理化性质　固体粉末。不溶于水，溶于氯仿和苯等溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0*M*〕

	HL	L^-
p*K*	6.32	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lg*a*	5.32	4.32	3.32	2.32	1.34	0.49	0.08	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1*M*〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
$\lg K_D$	2.37	1.92①

① t=25℃，μ=1.0

4．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	Hf^{4+}	Zr^{4+}
$\lg K_1$	10.46	11.35
$\lg K_2$	10.28	10.75
$\lg K_3$	9.48	10.16
$\lg K_4$	9.48	9.55

5．螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

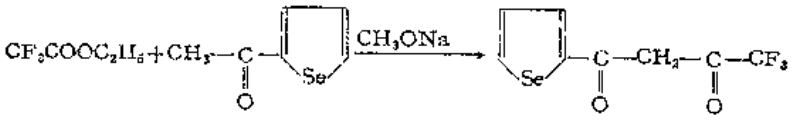
金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Hf^{4+}	$[HfL_4]_o/[HfL_4]$	$HL-C_6H_6$	0.2
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_o[ZrL_4]$	$HL-C_6H_6$	0.6

6．萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ce^{3+}	$[CeL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ce^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−8.30①
Hf^{4+}	$[HfL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Hf^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	~7.0
Nd^{3+}	$[NdL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Nd^{3+}]$	$HL0.1-CHCl_3$	−7.42②
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Zr^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	~9.0

① t=20℃，μ=0.1，② t=25℃，μ=0.1

合成方法[1]



按标准技术进行克莱森缩合。将1.05mol市售甲醇钠溶于100ml无水乙醚中，边搅拌边滴加1.00mol三氟乙酸乙酯，随后加入1.00mol硒吩甲酮。将混合物放置一夜，使反应趋于完全。将反应物转化成铜盐。水蒸汽蒸馏除去挥发性不纯物。用10%硫酸分解铜盐，分离出产品。用无水氯化钙干燥。粗品用稀乙醇重结晶。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	1.0$M$$HClO_4$，$HL-C_6H_6$可萃取$Hf^{4+}$
Zr^{4+}	1.0$M$$HClO_4$，$HL-C_6H_6$可萃取$Zr^{4+}$

参考文献

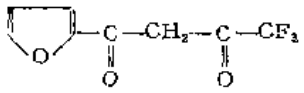
〔1〕 J. C. Reid: *J. Amer. Chem. Soc.* 72, 2948, (1950).

1-(2-呋喃)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮　　Ⅱ-6-0015

1-(2-Furan)-4,4,4-trifluoro-1,3butane-dione

别名　2-呋喃甲酰三氟丙酮　2-Furoyltrifluoroacetone; HFTA

结构式



分子式　$C_8H_5F_3O_3$　　**分子量**　206.12

理化性质　结晶性粉末。难溶于水；溶于乙醇，氯仿，苯等有机溶剂中。熔点19～21℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O	75%二氧六环
	HL　L⁻	HL　L⁻
pK	5.87	3.5①

① t=30℃，μ未指明

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.87	3.87	2.87	1.88	0.92	0.24	0.03

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
lgK_D	1.25	0.87①

① t未指明，μ=2.0

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ba^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}	NpO_2^+
lgK_1	—	—	—	2.23
lgK_2	10.2①	17.2①	14.2①	2.37
	(lgβ_2)	(lgβ_2)	(lgβ_2)	

① t=30℃，μ未指明，75%二氧六环

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL-已酮	2.40
Y^{3+}	$[YL_3]_o/[YL_3]$	HL-已酮	2.40

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.1-己酮	−5.94
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−8.73
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	7.26①
Lu^{3+}	$[LuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Lu^{3+}]$	HL0.05-C_6H_6	−6.78②
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL0.2-C_6H_6	−2.25③
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Y^{3+}]$	HL0.1-己酮	−5.10
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Zr^{4+}]$	HL-C_6H_6	8.65①

① t未指明，$\mu=2.0$；② $t=20℃$，$\mu=0.1$；③ $t=30℃$，$\mu=2.0$

7．加合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n\cdot S}$
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S0.5-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	3.59
		HL0.1，S0.5-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	5.00
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.05，S0.01-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	7.15①
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S0.2-C_6H_6	$[LuL_2S]_0/[LuL_2]_0[S]$	5.19②

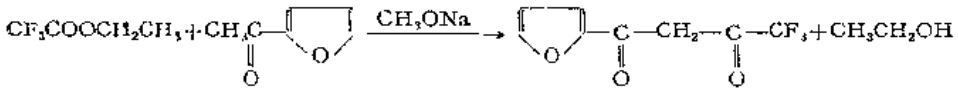
① $t=20℃$，$\mu=0.1$；② $t=30℃$，$\mu=0.2$

8．加合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体 S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1，S0.5-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	−5.23
		HL0.1，S0.5-CH_3Cl_3	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	−3.73
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.05，S0.01-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	0.37①
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[S]_0[UO_2^{2+}]$	2.85②

① $t=20℃$，$\mu=0.1$；② $t=30℃$，$\mu=2.0$

合成方法[1]



将1.05mol工业甲醇钠悬浮于100ml无水乙醚中，在搅拌下滴加1mol三氟乙酸乙酯，随后滴加1mol呋喃甲酮。混合物放置过夜使反应完全。反应产物转化成铜盐（或称铜螯合物）。水蒸汽蒸馏除去挥发性不纯物。用10%H_2SO_4分解铜盐，分离出产品，用无水氯化钙干燥。减压蒸馏。如不够纯，可再用乙醇重结晶一次即为纯品。

附　铜盐（铜螯合物）制备，将上述二酮的醇溶液加至过量的乙酸铜溶液中，滤出铜盐，用稀醇重结晶。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方法提要
Cu^{2+}	pH7，HFTA-甲基异丁酮可萃取Cu^{2+}
Hf^{4+}	酸性，HFTA-苯可萃取Hf^{4+}
Zr^{4+}	酸性，HFTA-苯可萃取Zr^{4+}

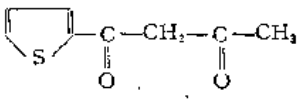
参考文献

〔1〕 J.C. Reid; *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 2948, (1950).

2-噻吩甲酰丙酮 Ⅱ-6-0017

2-Thenoylacetone

结构式



分子式 $C_8H_8O_2S$ **分子量** 168.20

理化性质 固体粉末。难溶于水，易溶于溴乙烷，苯等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)75%二氧六环〕

	HL	L^-
pK	12.35	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
lgα	11.35	10.35	9.35	8.35	7.35	6.35	5.35	4.35	3.35	2.35	1.37	0.52	0.05	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	CH_2Cl_2	CH_3CH_2Br	C_6H_6	1,2-二氯苯	正己烷
lgK_D	2.06	2.75	2.49	2.40	2.49	1.30

4. 螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)75%二氧六环〕

金属离子	Ba^{2+}	Ce^{3+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}
lgK_1	—	10.05	11.70	9.38
lgK_2	9.2 (lgβ_2)	9.40	10.68	8.22
lgK_3	—	7.74	—	—

5. 萃取常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)2M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL0.2-C_6H_6	−4.70

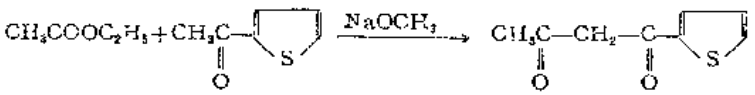
6. 加合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)2M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{MLS}$·S
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	3.35

7. 加合物萃取常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)2M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取常数	$\lg K_{ex}$·S
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2，S0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	−1.35

合成方法[1]



由等摩尔的乙酸乙酯与2-乙酰噻吩反应而成。具体步骤参照Ⅱ-6-0016的合成步骤。

用途 螯合萃取剂。

参 考 文 献

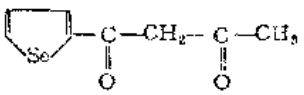
〔1〕 J. C. Reid: *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 2948, (1950).

1-(2-硒吩)-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0018

1-(2-Selenophen)-1,3-butane dione

别名 2-硒吩甲酰丙酮 2-Selenoylacetone

结构式



分子式 $C_8H_8O_2Se$ **分子量** 215.11

理化性质 固体粉末。难溶于水，易溶于氯仿和苯等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	8.55	

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.55	6.55	5.55	4.55	3.55	2.55	1.56	0.66	0.13	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
$\lg K_D$	2.92	3.00

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Eu^{3+}	Th^{4+}
$\lg K_1$	6.24	10.04
$\lg K_2$	6.05	9.00
$\lg K_3$	5.59	8.90
$\lg K_4$	—	8.84

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	$HL-CHCl_3$	2.74①
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0/[ZrL_4]$	$HL-C_6H_6$	0.9

① t=25℃，μ=0.1

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	~1
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−18.60①
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	−6.4①
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0[H^+]^4[HL]_0^4[Zr^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	~2

① t=25℃，μ=0.1

合成方法[1] 将1.05mol工业甲醇钠悬浮于100ml无水乙醚中，在搅拌下滴加1mol乙酸乙酯，再加1mol乙酰硒酚。将反应混合物放置过夜以使反应完全。减压浓缩除去多余的醇后，用10%硫酸游离出二酮。再用乙醚提取，干燥乙醚溶液，回收乙醚，蒸馏得产物。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Nd^{3+}	pH4.5，硒吩甲酰丙酮-氯仿，萃取率近100%； pH8.5，硒吩甲酰丙酮-氯仿，萃取率近100%

参考文献

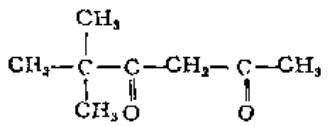
〔1〕 J. C. Reid: *JACS.*, 72, 2948, (1950).

2,2-二甲基-3,5-己二酮　　Ⅱ-6-0019

2,2-Dimethyl-3,5-hexane dione

别名　新戊酰乙酰甲烷　Pivalylacetylmethane

结构式



分子式　$C_8H_{14}O_2$　　**分子量**　142.19

理化性质　油状物液体。芬香气味。不溶于水，溶于苯等溶剂。沸点170～171℃(745mm Hg)。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O		75%二氧六环	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	10.00		14.20①	

① t=30℃，μ未指明

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	9.00	8.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	1.04	0.30	0.04

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	C_6H_6
lgK_D	2.18

4. 螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)75%二氧六环〕

金属离子	Ce^{3+}	Ni^{2+}
lgK_1	10.60	9.94
lgK_2	10.20	2.19
lgK_3	8.50	—

5. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Al^{3+}	$[AlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Al^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−6.77
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−4.63
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Fe^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−0.87
Lu^{3+}	$[LuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Lu^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−16.90
Mn^{2+}	$[MnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−20.94
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Ni^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−13.80
Pd^{2+}	$[PdL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pd^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	0.18
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−12.08

6. 加合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体 S	有 机 相	加 合 平 衡	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Lu^{3+}	氧化三辛基膦	HL0.1, S<0.1-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	4.8

7. 加合物萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex \cdot S}$
Lu^{3+}	氧化三辛基膦	HL0.1, S<0.1-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	−12.1

合成方法[1] 于100 g 甲基叔丁基甲酮中加入1 l 水进行蒸馏，并用 80ml 浓 H_2SO_4 析出甲基叔丁基甲酮。用K_2CO_3干燥，在104～108℃蒸馏备用。

在冰冷却下，将7.8 g 钠丝溶于 130ml 无水乙酸乙酯中，加34 g 甲基叔丁基甲酮。钠在12小时内消失，但不应出现钠盐沉淀。在水浴上保温使混合物成为固体。混合物冷却45分钟后用冰水处理。分出油层并用水洗涤。水层和洗涤液用乙酸中和后，用乙酸铜处理。此时蓝紫色铜盐即析出。此铜化合物在188℃熔结，于190℃熔融为深蓝色液体。冷却后它又重新固化为结晶。用稀硫酸在乙醚存在下分解结晶，并反复分馏以进行提纯。得到的油状物有芬香气味。沸点170～171℃(745mmHg柱)。

用途 螯合萃取剂。

参 考 文 献

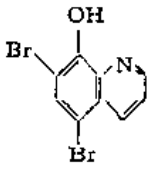
〔1〕 Morgan and Drew; *JCS*, 121,937,(1972).

5,7-二溴-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0020

5,7-Dibromo-8-hydroxyquinoline

别名 溴喹星 Bromoxine

结构式



分子式 $C_9H_5Br_2NO$ **分子量** 302.95

理化性质 针状结晶。溶于乙醇，氯仿和苯等有机溶剂；不溶于水。熔点196℃。

理化参酸

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	.52	7.47	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	8.00	6.01	4.59	3.48	2.47	1.48	0.60	0.11	0.01

3．螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	乙酸戊酯	甲基异丁基甲醇
$\lg K_D$	4.05	3.70	3.36

4．螯合物形成常数〔温度(t)18℃；离子强度(μ)0.2M〕

金属离子	Be^{2+}	Cu^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	3.44①	14.18	7.1	7.76
$\lg K_2$	—	10.32	6.5	7.56

① t 和μ未指明

5．螯合物分配常数〔温度(t)18℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_0/[BeL_2]$	HL0.01-$CHCl_3$	2.02①
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-$CHCl_3$	2.04
Mg^{2+}	$[MgL_2]_0/[MgL_2]$	HL-$CHCl_3$	1.45①
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0/[NdL_3]$	HL-$CHCl_3$	2.92②
		HL-乙酸戊酯	3.28②
Sr^{2+}	$[SrL_2]_0/[SrL_2]$	HL-$CHCl_3$	−0.54

① t=17～20℃，μ=1.0；② t=25℃，μ=0.1

6．萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.9①
Ca^{2+}	$[CaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ca^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−15.7②
Co^{2+}	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−6.0
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	3.4
Mg^{2+}	$[MgL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mg^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−11.5①
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−10.58
		HL-乙酸戊酯	−8.79
Sr^{2+}	$[SrL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Sr^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−9.8②
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−5.5

① t=17～20℃，μ=1.0；② t=18℃，μ=0.1

合成方法[1,2] 将 20 g 8-羟基喹啉在冰冷却下溶于纯氯仿中。另将低于当量数的溴溶于冷氯仿中，在不断搅拌下将此溶液加至8-羟基喹啉中。黄色沉淀立刻沉出，上层清液呈浅黄色。用管子加溴至二溴代物形成，并使溴稍过量（可观察氯仿溶液的颜色）。过滤，用冷氯仿减压洗涤直至洗去过量的溴。减压干燥，用乙醇萃取。用热苯重结晶至结晶几乎无色，而苯则完全无色。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方　法　提　要
Ga^{3+}	弱酸性，溴喹星-氯仿可萃取Ga^{3+}
In^{3+}	弱酸性，溴喹星-氯仿可萃取In^{3+}
Y^{3+}	pH7.2～7.6，溴喹星-氯仿可完全萃取Y^{3+}

参 考 文 献

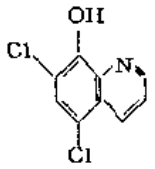
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents," Vol. I, 323, 1948.
〔2〕 L. W. Hasse: *Z. anal. Chem.*, 78, 113—24, (1929).

5,7-二氯-8-羟基喹啉　　Ⅰ-6-0021

5,7-Di Chloro-8-hydroxyquinoline

别名　氯喹星　Chloroxine

结构式



分子式　$C_9H_5Cl_2NO$　　**分子量**　214.05

理化性质　针状结晶。溶于碱和酸成为黄色溶液，溶于乙醇，氯仿和苯等有机溶剂。熔点179～180℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	2.90	7.40	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	8.30	6.35	4.65	3.43	2.40	1.42	0.55	0.10	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	甲基异丁基甲醇
lgK_D	3.86	3.14

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Fe^{2+}	Nd^{3+}	Th^{4+}
lgK_1	7.50①	6.6②	11.40
lgK_2	7.31①	6.2②	10.40
lgK_3	4.50	5.6②	9.40
lgK_4	—	—	8.40

① t=25℃，μ=0.3M，75%二氧六环；② t=25℃，μ=1.0

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_0/[AmL_3]$	HL-$CHCl_3$	2.1
Be^{2+}	$[BeL_2]_0/[BeL_2]$	HL<0.04-$CHCl_3$	1.95①
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-$CHCl_3$	3.08
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0/NdL_3]$	HL-乙酸戊酯	2.36
		HL0.012-$CHCl_3$	2.48
Np^{4+}	$[NpL_4]_0/[NpL_4]$	HL-$CHCl_3$	3.25
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	HL<0.05-$CHCl_3$	4.60
		HL0.01-甲基异丁基甲醇	2.72

① t=17～20℃，μ=1.0

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.05-$CHCl_3$	−9.75
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−8.0
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	3.78
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL0.05-$CHCl_3$	−9.83
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−13.44
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL0.01-$CHCl_3$	−13.74
		HL-乙酸戊酯	−13.11
Np^{4+}	$[NpL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Np^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	4.2
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−0.88
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.26

合成方法[1,2] 往10%的8-羟基喹啉乙酸溶液中通氯气直至深棕色溶液变成深黄色，而且绿色絮状沉淀开始析出。此时停止氯化，将混合物倒入水中。用醇重结晶。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ga^{3+}	弱酸介质，氯喹星-氯仿可萃取Ga^{3+}
Y^{3+}	弱碱介质，氯喹星-氯仿可萃取Y^{3+}

参考文献

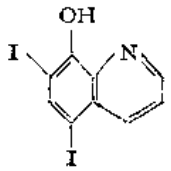
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. I, 328, 1948.
〔2〕 A. Hebebrand: *Ber.*, 21, 2980(1888).

5,7-二碘-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0022

5,7-Diiodo-8-hydroxyquinoline

别名 碘喹星 Iodoxine

结构式



分子式 $C_9H_5I_2NO$ **分子量** 396.95

理化性质 无色或淡黄色针状结晶。几乎不溶于水，难溶于乙醇和乙醚，溶于氯仿。分解点208～210℃。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M

	H_2L^+	HL	L^-
pK	2.7	8.0	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	8.71	6.78	5.18	4.02	3.00	2.00	1.00	0.30	0.04

3．螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	4.15

4．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.3M，75%二氧六环〕

金属离子	Fe^{2+}
lgK_1	7.40
lgK_2	7.69
lgK_3	4.25

5．螯合物分配常数〔温度(t)17～20℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_2}
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL<0.01-$CHCl_3$	0.95

6．萃取常数〔温度(t)17～20℃；离子强度(μ)1.0M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{ex}
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	−8.1

合成方法[1]

一、用碘和碘化钠与8-羟基喹啉在碱性溶液中反应而得。

二、取2105 g (14.5mol)8-羟基喹啉，溶于5800ml15%盐醚（按其重量算）中，慢慢通入气流。在室温将4872 g (30mol)一氯化碘溶于6000ml15%盐酸中。然后将此溶液与8-羟基喹啉盐酸溶液混合，搅拌4小时成更长时间。放置12小时，用倾斜法洗沉淀，以后再用5%盐酸移去过量的一氯化碘。再用水洗，最后用2%亚硫酸氢钠溶液洗少量游离碘，得4900～5300 g产物。熔点198～200℃。产率83.5～92.5%。含量98.5%（测碘）。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ga^{3+}	pH4，碘喹星-氯仿可萃取Ga^{3+}
In^{3+}	pH4，碘喹星-氯仿可萃取In^{3+}

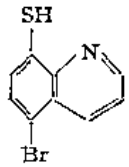
参考文献

〔1〕 *Brit.* 351,605.
〔2〕 V. Papesch; *J. Am. Chem. Soc.*, 58,1314,(1936).

5-溴-8-巯基喹啉　　Ⅰ-6-0023

5-Bromo-8-mercaptoquinoline

结构式



分子式　C_9H_6BrNS　　**分子量**　240.11

理化性质　浅黄色针状结晶。不溶于水，溶于乙醇，氯仿等有机溶剂。熔点69℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	1.43	7.30	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	6.87	5.30	4.32	3.30	2.30	1.32	0.48	0.08	0.01

3. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	49.0
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0/[HL][L^-]^2[Co^{2+}]$	$CHCl_3$	36.0
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0/[L^-]^3[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	42.9
Ga^{3+}	$[GaL_2^+]_0/[L^-]^2[Ga^{3+}]$	$CHCl_3$	28.1
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0/[L^-]^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	50.4
In^{3+}	$[InL_3]_0/[L^-]^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	43.8
MoO_2^{2+}	$[MoO_2L_2]_0/[L^-]^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	32.0
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	26.8
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	23.7
Sb^{3+}	$[SbL_2^+]_0/[L^-]^2[Sb^{3+}]$	$CHCl_3$	34.5
Tl^+	$[TlL]_0/[L^-][Tl^+]$	$CHCl_3$	7.06
VO^{2+}	$[VOL_2]_0/[L^-]^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	25.4
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	28.0

合成方法[1] 称取1g溴苯磺酰喹啉，溶于15ml浓盐酸和6ml稀盐酸（或15ml48%氢溴酸和12ml水）中，加热回流1小时。在此过程中，苯磺酸在冷凝器中冷凝，冷却后，由清亮的黄色溶液析出一种黄色的沉淀，此沉淀为苯磺酸和5-溴-8-巯基喹啉。用1:1HCl萃取，大部分沉淀都溶解。将该酸性溶液用碱调至碱性，通入二氧化碳使游离的硫醇沉淀。用乙醇或冰乙酸进行重结晶，可得浅黄色针状结晶。熔点69℃。不溶于水。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要*
Bi^{3+}	0.1$M$$HClO_4$，HL-$CHCl_3$可萃取$Bi^{3+}$
Hg^{2+}	0.1$M$$HClO_4$，HL-$CHCl_3$可萃取$Hg^{2+}$

* HL为5-溴-8-巯基喹啉。

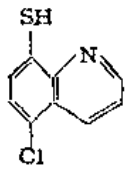
参考文献

〔1〕 A. Edinger; *Ber.*, 41, 943, (1908).

5-氯-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0024

5-Chloro-8-mercaptoquinoline

结构式



分子式 C_9H_6ClNS **分子量** 195.66

理化性质 针状结晶。不溶于水，溶于乙醇和氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	1.48	7.25	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	6.85	5.36	4.26	3.25	2.25	1.27	0.44	0.07	0.01

3. 萃取常数〔溴度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Bi^{3+}	$[BiL_3]_o/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	47.9
Co^{2+}	$[CoL_3HL]_o/[HL][L^-]^3[Co^{2+}]$	$CHCl_3$	35.0
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o/[L^-]^3[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	41.4

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ga^{3+}	$[GaL_2^+]_0/[L^-]^2[Ga^{3+}]$	$CHCl_3$	27.7
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0/[L^-]^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	50.3
In^{3+}	$[InL_3]_0/[L^-]^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	43.4
MoO_2^{2+}	$[MoO_2L_2]_0/[L^-]^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	30.8
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	25.9
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	23.5
Sb^{3+}	$[SbL_2^+]_0/[L^-]^2[Sb^{3+}]$	$CHCl_3$	33.1
Tl^+	$[TlL]_0/[L^-][Tl^+]$	$CHCl_3$	6.68
VO^{2+}	$[VOL_2]_0/[L^-]^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	24.1
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	27.2

合成方法[1,2] 在盐酸溶液中用氯化锌还原5-氯喹啉-8-磺酰氯而得。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
In^{3+}	pH1～14，HL*-$CHCl_3$可萃取In^{3+}
Ir^{3+}	0.5～2*N*HCl，HL-$CHCl_3$可萃取Ir^{3+}
Pd^{2+}	pH3～8*N*HCl，HL-$CHCl_3$可萃取Pd^{2+}
Pt^{2+}	4*N*HCl～pH12，HL-$CHCl_3$可萃取Pt^{2+}
Rh^{3+}	2.5～0.3*N*HCl，HL-$CHCl_3$可萃取Rh^{3+}
Tl^+	pH9.2～14，HL-$CHCl_3$可萃取Tl^+

* HL为5-氯-8-巯基喹啉。

参考文献

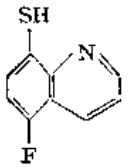
〔1〕 *Beil.*, 21,99,(1935).

〔2〕 A. Edinger; *Ber.*, 41,943,(1908).

5-氟-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0025

5-Fluo-8-mercaptoquinoline

结构式



分子式 C_9H_6FNS **分子量** 179.21

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1*M*〕

	H_2L^+	HL	L^-
p*K*	1.95	7.45	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	7.45	5.73	4.49	3.45	2.45	1.46	0.58	0.11	0.01

3. 萃取常数〔温度(t)20℃，离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	46.4
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0/[HL][L^-]^2[Co^{2+}]$	$CHCl_3$	33.0
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0/[L^-]^3[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	38.9
Ga^{3+}	$[GaL_2^+]_0/[L^-]^2[Ga^{3+}]$	$CHCl_3$	26.8
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0/[L^-]^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	48.2
In^{3+}	$[InL_3]_0/[L^-]^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	41.7
MoO_2^{2+}	$[MoO_2L_2]_0/[L^-]^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	29.6
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	25.2
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	21.5
Sb^{3+}	$[SbL_2^+]_0/[L^-]^2[Sb^{3+}]$	$CHCl_3$	32.0
Tl^+	$[TlL]_0/[L^-][Tl^+]$	$CHCl_3$	6.24
VO^{2+}	$[VOL_2]_0/[L^-]^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	23.7
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	25.3

合成方法[1] 0.8g 5-氟-8-苯甲酰硫代喹啉溶于15ml浓盐酸和6ml稀盐酸(或15ml48%氢溴酸和12ml水)中，回流1小时，在回流过程中冷凝器壁上附有升华的白色苯甲酸结晶。冷却后从清亮的溶液中分离出沉淀。此沉淀中有少量苯甲酸。将沉淀溶于50%盐酸中，过滤，并将此酸性溶液调成碱性，再通入二氧化碳使5-氟-8-巯基喹啉沉淀析出。过滤，烘干即为粗品。粗品可用乙醇或冰乙酸重结晶，即得针状纯品结晶。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Bi^{3+}	0.1$M$$HClO_4$，5-氟-8-巯基喹啉-氯仿可萃取$Bi^{3+}$
Hg^{2+}	0.1$M$$HClO_4$，5-氟-8-巯基喹啉-氯仿可萃取$Hg^{2+}$

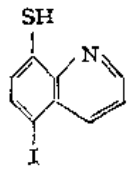
参考文献

〔1〕 A. Edinger; *Ber.*, 41, 943, (1908).

5-碘-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0026

5-Iodo-8-mercaptoquinoline

结构式



分子式 C_9H_6INS **分子量** 287.11

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	1.37	7.35	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	7.74	5.87	4.44	3.35	2.35	1.37	0.51	0.09	0.01

3. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	49.7
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0/[HL][L^-]^2[Co^{2+}]$	$CHCl_3$	37.1
Fe^{3+}	$[FeL_2^+]_0/[L^-]^2[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	43.6
Ga^{3+}	$[GaL_3]_0/[L^-]^3[Ga^{3+}]$	$CHCl_3$	28.4
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0/[L^-]^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	51.1
In^{3+}	$[InL_3]_0/[L^-]^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	44.9
MoO_2^{2+}	$[MoO_2L_2]_0/[L^-]^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	32.6
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	26.3
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	24.1
Sb^{3+}	$[SbL_2^+]_0/[L^-]^2[Sb^{3+}]$	$CHCl_3$	34.4
Tl^+	$[TlL]_0/[L^-][Tl^+]$	$CHCl_3$	7.03
VO^{2+}	$[VOL_2]_0/[L^-]^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	24.5
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	29.0

合成方法[1] 取1.15g 5-碘-8-苯甲酰基硫代喹啉，溶于15ml浓盐酸和6ml稀盐酸（或15ml 48%氢溴酸和12ml水）中，回流1小时，在此回流过程中冷凝器壁上附有升华的白色苯甲酸结晶。冷却后滤出黄色沉淀。此沉淀为5-碘-8-巯基喹啉盐酸盐和苯甲酸（少量）的混合物。将此沉淀溶于5%盐酸中，过滤。将滤液中和至碱性，通入二氧化碳使5-碘-8-巯基喹啉沉淀。过滤，烘干即为粗品。

粗品用乙醇或冰乙酸重结晶即得纯品

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Bi^{3+}	0.1$M$$HClO_4$，5-碘-8-巯基喹啉-氯仿可萃取$Bi^{3+}$
Hg^{2+}	0.1$M$$HClO_4$，5-碘-8-巯基喹啉-氯仿可萃取$Hg^{2+}$

参考文献

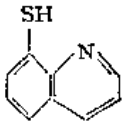
〔1〕 A. Edinger; *Ber.*, 41, 943, (1908).

8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0027

8-Mercaptoquinoline

别名 硫喹星 Thioxine

结构式



分子式 C_9H_7NS **分子量** 161.22

理化性质 深蓝色液体，暴露于空气中变成黑色固体（二水合物）；加热至58～59℃，则失去结晶水，又变成深蓝色液。难溶于冷水（0.1g/100ml），易溶于乙醇（12g/100ml），丙酮，无机酸和碱溶液。易被空气中的氧，氧化为S,S′-联硫代喹星。纯品为红色针状物，含两分结晶水。熔点110℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃，离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O			50%二氧六环		
	H_2L^+	HL	L^-	H_2L^+	HL	L^-
pK	2.16	8.38		1.79	9.22	

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	8.57	6.77	5.44	4.39	3.38	2.38	1.40	0.53	0.09	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.15M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6	溴苯	乙酸戊酯	异辛烷
lgK_D	1.91	2.60①	2.20②	2.40②	0.6	1.0

① t=20℃,μ=0；② t=20℃,μ未指明

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M50%二氧六环〕

金属离子	Co^{2+}	Cu^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	7.9	12.7	6.74①	11.0	11.85①	11.0

① t=27℃，μ≥0.1

5. 螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)-〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o/[FeL_3]$	$CHCl_3$	4.11
Hg^{2+}	$[HgL_2]_o/[HgL_2]$	$CHCl_3$	6.15
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	$CHCl_3$	3.92

6. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)—〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	12.6①
	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$CHCl_3$	45.6
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[Co^{2+}]$	$CHCl_3$	3.9
	$[CoL_2HL]_0/[L^-]^2[HL][Co^{2+}]$	$CHCl_3$	28.4
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	6.8
	$[FeL_3]_0/[L^-]^3[Fe^{3+}]$	$CHCl_3$	39.6
Ga^{3+}	$[GaL_2^+]_0/[L^-]^2[Ga^{3+}]$	$CHCl_3$	26.3②
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	25.3③
Hg^{2+}	$[HgL_2]_0/[L^-]^2[Hg^{2+}]$	$CHCl_3$	47.6
In^{3+}	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	9.9②
	$[InL_3]_0/[L^-]^3[In^{3+}]$	$CHCl_3$	42.7
Mn^{2+}	$[MnL_2(HL)_2]_0[H^+]^2/[HL]^4[Mn^{2+}]$	$CHCl_3$	1.0②
	$[MnL_2(HL)_2]_0/[HL]^2[L^-]^2[Mn^{2+}]$	$CHCl_3$	28.15②
MoO_2^{2+}	$[MoO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	8.2④
	$[MoO_2L_2]_0/[L^-]^2[MoO_2^{2+}]$	$CHCl_3$	30.2
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	3.3
	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$CHCl_3$	25.2
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	−0.5
	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$CHCl_3$	21.4
Sb^{3+}	$[SbL_2^+]_0/[L^-]^2[Sb^{3+}]$	$CHCl_3$	31.8⑤
Tl^+	$[TlL]_0[H^+]/[HL]_0[Tl^+]$	$CHCl_3$	−4.5
	$[TlL]_0/[L^-][Tl^+]$	$CHCl_3$	6.46
VO^{2+}	$[VOL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	1.8②
	$[VOL_2]_0/[L^-]^2[VO^{2+}]$	$CHCl_3$	23.7
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	3.8②
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$HL/0.001\text{-}C_6H_6$	3.76⑥
	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Zn^{2+}]$	$CHCl_3$	25.7

① $t=20℃$, $\mu=2.0$; ② $t=20℃$, $\mu=0.1$; ③ $t=20℃$, $\mu=3.0MHCl$; ④ $t=20℃$, $\mu=1.5$; ⑤$t=20℃$, $\mu=5MHClO_4$; ⑥ $t=23℃$, $\mu=3.0$; ⑦ $t=20℃$, $\mu=1.5$

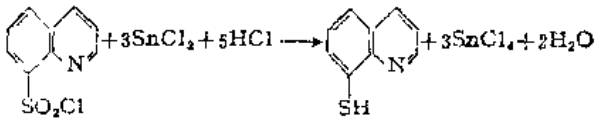
7. 加合物形成常数〔温度(t)—；离子强度(μ)—〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n\cdot S}$
Ni^{2+}	吡啶	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	−5.4
	3-甲基吡啶	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	−4.4
	4-甲基吡啶	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	−0.16
	α,α'-联吡啶	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	2.35
	1,10-邻偶氮菲	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	3.97
	乙二胺	HL, S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0/[NiL_2]_0[S]_0$	3.38

8. 加合物萃取常数〔温度(t)-；离子强度(μ)-〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ni^{2+}	吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	2.8
	3-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	2.9
	4-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	3.1
	α,α'-联吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	5.6
	1,10-邻偶氮菲	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	7.3
	乙二胺	HL，S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[S]_o[Ni^{2+}]$	3.7

合成方法



将2.5 g喹啉-8-磺酰氯溶于8ml浓盐酸中，过滤，向此冷溶液中滴加8 g 氯化亚锡（溶于20ml浓盐酸中）溶液。将溶液加热，片刻后即析出一种黄色结晶。充分冷却，过滤，用1:1冷盐酸彻底洗涤[1]。

提纯方法 将粗品溶于碱溶液中，用1:1HCl中和至沉淀析出。纯品为红色针状物，含两份结晶水。熔点110℃[1]。

用途 螯合萃取剂。

萃 取 离 子	方 法 提 要
Bi^{3+}	pH3.5～11，硫喹星-氯仿可萃取Bi^{3+}
Co^{2+}	pH3.5～11，硫喹星-氯仿可萃取Co^{2+}；若pH>9，用0.1M硫喹星-氯仿萃取率大于99%
Cu^{2+}	pH3～14，硫喹星-氯仿可萃取Cu^{2+}
Fe^{3+}	pH3～11，硫喹星-氯仿可定量萃取Fe^{3+}
Ga^{3+}	pH6.5～10 硫脲作掩蔽剂，硫喹星-甲苯可萃取Ga^{3+}
Hg^{2+}	硫喹星-氯仿可定量萃取Hg^{2+}

续表

萃取离子	方法提要
In^{3+}	pH4～13，KCN作掩蔽剂，硫喔星-甲苯可定量萃取In^{3+}
Ir^{3+}	pH7.6～9，加热，螯合物可被有机溶剂所萃取
Mn^{3+}	pH6～12，0.1*M*硫喔星-氯仿萃取率近100%
MoO_2^{2+}	pH2～5，硫喔星-氯仿可完全萃取MoO_2^{2+}
Ni^{2+}	pH>6，硫喔星-氯仿可萃取Ni^{2+}
Pb^{2+}	pH2.5～11，硫喔星-氯仿可定量萃取Pb^{2+}
Pd^{2+}	6*N*HCl或1*N*NaOH，硫喔星-氯仿可定量萃取Pd^{2+}
Pt^{2+}	pH3.5～5.0，硫喔星-氯仿可萃取 Pt^{2+}。室温反应慢。煮沸，反应加快，萃取率约93%
Pt^{4+}	Pt^{4+}可被过量硫喔星还原至Pt^{2+}而萃取
ReO_4^-	5.0～11.7*N*HCl，硫喔星-氯仿可萃取ReO_4^-
Rh^{3+}	pH5～6，硫喔星-氯仿可定量萃取Rh^{3+}。室温不能定量反应，若硫喔星过量10倍，加热10分钟即可；若硫喔星过量100倍，萃取的酸度范围更宽，pH4.8～7.6
Ru^{7+}	pH5～5.7，硫喔星-氯仿可定量萃取Ru^{7+}
Sb^{3+}	pH2.5～11，硫喔星-氯仿可定量萃取Sb^{3+}
Tc^{7+}	2～5*N*HCl，0.1*M*硫喔星-氯仿可定量萃取Tc^{7+}
Tl^{+}	pH10～12，0.004*M*硫喔星-氯仿可定量萃取Tl^{+}；若用乙酸乙酯，甲基异丁酮，异丁醇或CCl_4萃取，则萃取率只有80～90%
VO_2^{+}	pH4，硫喔星还原V^{5+}为V^{4+}，再生成螯合物被氯仿或甲苯所萃取
Zn^{2+}	pH1～11，硫喔星-氯仿可定量萃取Zn^{2+}

参考文献

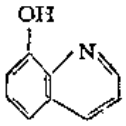
〔1〕 A. Edinger; *Berichte*, 41, 938, (1908).

8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0028

8-Hydroxyquinoline

别名 喔星 Oxine

结构式



分子式 C_9H_7NO **分子量** 145.16

理化性质 见本分册Ⅱ-2(2)-0010。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅱ-2(2)-0010

2. 螯合剂分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）1.0M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6	甲苯	硝基苯	环己烷	正己烷
$\lg K_D$	2.10	2.60	2.20	2.25①	2.59①	2.0②	1.5②

	1,2-二氯乙烷	二氯甲烷	1,2-二氯苯	二丁醚	二乙基酮	己酮
pK_D	2.49	2.58①	1.92③	1.1②	2.18①	2.18①

	乙酸异戊酯	丁醇	4-甲基-2-戊醇	戊醇	异戊醇	辛醇
pK_D	2.24①	1.66①	1.79①	1.86	1.85	1.96

① t=25℃，μ=0.1；② t=30℃，μ=0.1；③ t和μ均未指名

3. 螯合剂形成常数 见本分册Ⅱ-2(2)-0010。

4. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	$CHCl_3$	2.04①
Cd^{2+}	$[CdL_2(HL)_2]_o/[CdL_2(HL)_2]$	$CHCl_3$	4.1
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	$CHCl_3$	2.08
		CCl_4	2.05
		C_6H_6	1.50②
		甲苯	2.66
		1,2-二氯苯	2.76
		己酮	1.97
		乙酸异戊酯	1.98
		丁醇	2.15
		异戊醇	2.44
		辛醇	2.67
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o/[FeL_3]$	C_6H_6	2.0③
In^{3+}	$[InL_3]_o/[InL_3]$	$CHCl_3$	3.09
Mg^{2+}	$[MgL_2]_o/[MgL_2]$	$CHCl_3$	2.09④
Np^{4+}	$[NpL_4]_o/[NpL_4]$	$CHCl_3$	2.77
Sc^{3+}	$[ScL_3]_o/[ScL_3]$	CCl_4	2.00⑤
		$CHCl_3$	2.99⑤
		1,2-二氯乙烷	2.56⑤
		C_6H_6	2.39⑤
		乙醚	1.04⑤

续表

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_m}$
Sc^{3+}	$[ScL_3]_0/[ScL_3]$	戊醇	1.51⑤
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	$CHCl_3$	2.39
		己酮	1.95
Y^{3+}	$[YL_3]_0/[YL_3]$	$CHCl_3$	3.26⑥

① $t=17\sim20℃$，$\mu=1.0$；② $t=22℃$，$\mu=0.1$；③ $t=25℃$，$\mu=0.5$；④ $t=17\sim20℃$，μ未指明；⑤ t，μ未指明；⑥ $t=18\sim26℃$，$\mu=3.0$

5. 萃取常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ag^+	$[AgL\cdot HL]_0[H^+]/[HL]_0^2[Ag^+]$	HL<0.1-CCl_4	−5.2①
		HL<0.1-$CHCl_3$	−4.51
		HL<0.1-C_6H_6	−4.8①
		HL<0.1-甲苯	−5.4①
		HL<0.1-氯苯	−4.6①
		HL<0.1-溴苯	−4.5①
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	−5.22
Ba^{2+}	$[BaL_2(HL)_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^4[Ba^{2+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−20.9
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−9.62
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Bi^{3+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−1.2
Ca^{2+}	$[CaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ca^{2+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−17.89
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	HL>0.02-$CHCl_3$	−5.29
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[Co^{2+}]$	HL<0.02-$CHCl_3$	−3.7
	$[CoL_2(HL)_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^4[Co^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−2.16
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	1.77
		HL<0.01-C_6H_6	1.50
Dy^{3+}	$[DyL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Dy^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−13.7
Er^{3+}	$[ErL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Er^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−13.7②
Fe^{2+}	$[FeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Fe^{2+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	4.11
		HL<0.01-C_6H_6	4.06③
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Fe^{3+}]$	HL0.01-己酮	3.32③
Ga^{3+}	$[GaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ga^{3+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	3.72
GeO^{2+}	$[GeOL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[GeO^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−2②
Ho^{3+}	$[HoL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ho^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	14.0②
In^{3+}	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	HL0.001-CCl_4	−1.2①
		HL<0.1-$CHCl_3$	0.89
		HL0.001-C_6H_6	−0.3①
		HL0.001-甲苯	−0.9①
		HL0.001-氯苯或溴苯	0.0①
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−16.37
Mg^{2+}	$[MgL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mg^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−15.13
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mn^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−9.32
MoO^{+}	$[MoOL_3]_0[H^+]/[HL]_0[MoO^{+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	1.0④
$MoO(OH)^{2+}$	$[MoO(OH)L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[MoO(OH^{2+})]$	HL<0.4-$CHCl_3$	6.5④
H_2MoO_4	$[MoO_2L_2]_0/[H_2MoO_4][HL]_0^2$	HL<0.01-$CHCl_3$	9.88
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−13.7②

续表

金属离子	萃 取 平 衡	有 机 相	$\lg K_{ex}$
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	−2.18
	$[NiL_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[Ni^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−0.1
Np^{4+}	$[NpL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Np^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	1.2⑤
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−8.04
Pd^{2+}	$[PdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	15
Pm^{3+}	$[PmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Pm^{3+}]$	HL0.2-$CHCl_3$	14.4④
Sc^{3+}	$[ScL_3HL]_0[H^+]^3/[HL]_0^4[Sc^{3+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−6.64
Sm^{3+}	$[SmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Sm^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−14.7②
Sr^{2+}	$[SrL_2(HL)_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^4[Sr^{2+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−19.71
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.18
Ti^{4+}	$[TiL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Ti^{4+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	~2.0⑧
$Tl(OH)_2^{2+}$	$[Tl(OH)_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Tl(OH)_2^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	0.9
Tl^{+}	$[TlL]_0[H^+]/[HL]_0[Tl^{+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	-9.4
Tl^{3+}	$[TlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Tl^{3+}]$	HL0.01-$CHCl_3$	5.0
Tm^{3+}	$[TmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Tm^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	-14.7②
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL0.05-$CHCl_3$	−2.42⑤
	$[UO_2ALL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL>0.01-$CHCl_3$	−1.60
VO_2^{+}	$[VO_2L]_0[H^+]/[HL]_0[VO_2^{+}]$	HL<0.01-$CHCl_3$	1.67
	$[VO_2LHL]_0[H^+]/[HL]_0^2[VO_2^{+}]$	HL<0.006-$CHCl_3$	4.4⑤
		HL<0.006-C_6H_6	4.2⑤
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Y^{3+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−13.0⑦
Yb^{3+}	$[YbL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Yb^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−15.0②
Zn^{2+}	$[ZnL_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[Zn^{2+}]$	HL<0.17-$CHCl_3$	−5.2③
	$[ZnL_2(HL)_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^4[Zn^{2+}]$	HL>0.01-$CHCl_3$	−2.41
	$[Zn_2L_3(HL)_2ClO_4]_0[A^+]^3/[HL]_0^6[Zn^{2+}]^2[ClO_4^-]$	HL>0.1 $CHCl_3$	1.1
ZrO^{2+}	$[ZrOL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[ZrO^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	2.71

① t=30℃，μ=0.1；② t,μ未指明；③ t=25℃，μ=0.5；④ t未指明，μ=0.1；⑤ t=25℃，μ=0.1；⑥ t=20℃，μ=1.0；⑦ t=18～26℃，μ=3.0；⑧ t=25℃，μ未指明。

6. 加合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）—〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加 合 平 衡	$\lg K_{ML_n\cdot S}$
Zn^{2+}	吡啶	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	3.05
	2-甲基吡啶	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	2.10
	4-甲基吡啶	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	3.40
	2,4,6-三甲基吡啶	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	1.50

7. 加合物萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex\cdot S}$
Zn^{2+}	1,10 邻二氮菲	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−2.2
		HL,S-$CHCl_3$	$[ZnLS_2\cdot ClO_4]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[ClO_4^-][Zn^{2+}]$	6.8
	4,7-二甲基-1,10-邻二氮菲	HL,S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−1.4①

① t未指明，μ=0.1

合成方法 见本分册Ⅱ-2(2)-0010。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Ac^{3+}	pH>9，形成$Ac(OH)(HL)_2$被$CHCl_3$萃取
Ag^{+}	pH8～9，形成$AgL_2 \cdot HL$被0.10*M*HL-$CHCl_3$萃取
Al^{3+}	pH4.5～11，0.01～0.10*M*HL-$CHCl_3$可完全萃取Al^{3+}
Ba^{2+}	pH>10，形成$Ba(HL)_2$被0.5～1.0*M*HL-$CHCl_3$萃取
Be^{2+}	pH6～10，0.5*M*HL-$CHCl_3$萃取率达87%
Bi^{3+}	pH2.5～11，0.1*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Bi^{3+}
Ca^{2+}	pH>10.7，0.5*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Ca^{2+}，进入有机相的络合物为$CaL_2 \cdot HL$； pH10～11，2%HL+2%正丁胺-$CHCl_3$萃取率达90%以上
Cd^{2+}	pH5.5～9.5，形成$CdL_2(HL)_2$被0.1*M*HL-$CHCl_3$完全萃取； pH11～11.6，0.2*M*正丁胺(或其他胺)存在，也可被HL-$CHCl_3$定量萃取，此时形成$CdL_2(H_2O)(RNH_2)$或$CdL_2(H_2O)(R_2NH)$进入有机相
Ce^{3+}	pH9.9～10.6，柠檬酸盐或酒石酸盐存在，1.4*M*HL-$CHCl_3$可萃取Ce^{3+}
Co^{2+}	pH4.5～10.5，形成$CoL_2(HL)_2$被0.10*M*HL-$CHCl_3$定量萃取
Cr^{3+}	pH6～8，过量HL存在，煮沸，可被$CHCl_3$完全萃取。有机相中的Cr^{3+}可用大于6*N* HCl溶液反萃取。室温时，Cr^{3+}在任何pH都不被0.1～0.01*M*HL-$CHCl_3$所萃取
Cu^{2+}	pH2～12，0.10*M* HL-$CHCl_3$可完全萃取Cu^{2+}
Fe^{3+}	pH2～10，0.01～0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Fe^{3+}。当离子强度为0.5*M*时，若HL为0.1*M*，则用苯，三氯甲烷，甲基异丁酮，乙酸乙酯，异戊醇，环己烷和乙醚萃取时，pH1/2分别为2.13，1.68，2.08，2.13，1.94，2.13和2.83
Ga^{3+}	pH2.2～12，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Ga^{3+}
Ge^{4+}	pH3，HL-硝基苯，萃取率达90%以上
Hf^{4+}	pH2，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Hf^{4+}
Hg^{2+}	pH>3，0.10*M*HL-$CHCl_3$可萃取Hg^{2+}
Ho^{3+}	pH6，0.1*M*HL-$CHCl_3$可完全萃取Ho^{3+}
In^{3+}	pH3.0～11.5，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取In^{3+}
La^{3+}	pH7～10，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取La^{3+}
Mg^{2+}	pH9，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Mg^{2+}； pH10.7～13.6，2%正丁胺存在，形成$[RNH_3][MgL_3]$被0.1%HL-$CHCl_3$定量萃取
Mn^{2+}	pH6.5～10，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Mn^{2+}
Mo^{6+}	pH1.0～5.5，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Mo^{6+}
Nb^{5+}	pH6～9，4%HL-$CHCl_3$可从2.5%酒石酸溶液中定量萃取Nb^{5+}
Ni^{2+}	pH4.0～10.0，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Ni^{2+}
Pb^{2+}	pH6～10，0.01～0.10*M*HL-$CHCl_3$可完全萃取Pb^{2+}
Pd^{2+}	pH0～10，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Pd^{2+}
Pu^{4+}	pH<8，HL-乙酸戊酯可萃取Pu^{4+}
Rh^{3+}	pH6～9，90～100℃，黄色络合物沉淀可被$CHCl_3$萃取
Ru^{3+}	pH6.4，5～15%HL-$CHCl_3$萃取率92%以上

续表

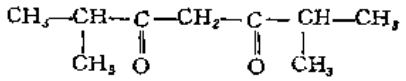
萃取离子	方　法　提　要
Sc^{3+}	pH4.5～10，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Sc^{3+}
Sm^{3+}	pH6～8.5，0.5*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取Sm^{3+}
Sn^{4+}	pH2.5～5.5，0.07*M*HL-$CHCl_3$可萃取Sn^{4+}
Sr^{2+}	pH>11.5，形成$SrL_2(HL)_2$被0.5*M*HL-$CHCl_3$定量萃取
Tb^{3+}	pH>7，0.10*M*HL-$CHCl_3$几乎可完全萃取
Th^{4+}	pH4～10，0.10*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取
Ti^{4+}	pH2.5～9.0，形成$TiOL_2$被0.10*M*HL-$CHCl_3$完全萃取；
Ti^{4+}	pH3～5，1%H_2O_2存在，0.07*M*HL-$CHCl_3$可完全萃取
Tl^{+}	pH12，0.05*M*HL-异丁醇萃取率85%
Tl^{3+}	pH3.5～11.5，0.01*M*HL-$CHCl_3$可定量萃取
UO_2^{2+}	pH5～9，形成UO_2L_2HL被0.10*M*HL-$CHCl_3$定量萃取
VO_2^{+}	pH2～6，形成VO_2L被0.10*M*HK-$CHCl_3$萃取。pH>9，VO_2^{+}形成VO_3^{-}故不被萃取
W^{6+}	pH2.5～3.5，0.01*M*EDTA存在，0.01～0.14*M*HL-$CHCl_3$萃取率99%以上
Y^{3+}	pH7～10，HL-$CHCl_3$ 可萃取Y^{3+}
Yb^{3+}	pH>8，0.10*M*HL-$CHCl_3$ 可定量萃取Yb^{3+}
Zn^{2+}	pH4～5，形成$ZnL_2(HL)_2$被0.10*M*HL-$CHCl_3$定量萃取； pH10～11，0.08%正丁胺存在，形成$ZnL_2\cdot 2H_2O\cdot C_4H_9NH_2$被0.001*M*HL-$CHCl_3$完全萃取
Zr^{4+}	pH1.5～4.0，形成$ZrOL_2$被0.10*M*HL-$CHCl_3$定量萃取

2,6-二甲基-3,5-庚二酮　　Ⅱ-6-0029

2,6-Dimethyl-3,5-heptandione

别名　二异丁酰甲烷　Di-isobutyrylmethane

结构式



分子式　$C_9H_{16}O_2$　　**分子量**　156.22

理化性质　无色液体。不溶于水，溶于苯等有机溶剂。沸点75～77℃。

理化参数

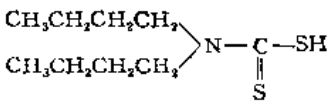
1. 离解常数〔温度（*t*）20℃；离子强度（*μ*）0.1*M*〕

	HL	L^-
p*K*	9.82	

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lg*α*	8.82	7.82	6.82	5.82	4.82	3.82	2.87	1.83	0.88	0.77	0.03

结构式



分子式 $C_9H_{19}NS_2$ **分子量** 205.37

理化性质 白色结晶粉末。不溶于水，溶于氯仿，四氯化碳等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

	HL	L^-
pK	5.25	

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.25	3.25	2.25	1.27	0.44	0.07	0.01

3. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.01M，75%C_2H_5OH〕

金属离子	Cu^{2+}
lgK_1	15.2
lgK_2	14.2

4. 螯合物分配常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Bi^{3+}	$[BiL_3]_o/[BiL_3]$	HL-CCl_4	10.36
		HL-$CHCl_3$	10.46
		HL-C_6H_6	9.71
		HL-乙酸丁酯	10.36
Cd^{2+}	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	HL-CCl_4	7.98
	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	HL-$CHCl_3$	8.30
		HL-C_6H_6	8.11
		HL-乙酸丁酯	7.94
Co^{2+}	$[CoL_2]_o/[CoL_2]$	HL-CCl_4	8.08
		HL-$CHCl_3$	8.30
		HL-C_6H_6	8.34
		HL-乙酸丁酯	8.20
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	HL-CCl_4	10.84
		HL-$CHCl_3$	10.74
		HL-C_6H_6	10.84
		HL-乙酸丁酯	10.81
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o/[NiL_2]$	HL-CCl_4	8.00
		HL-$CHCl_3$	8.30
		HL-C_6H_6	8.20
	$[NiL_2]_o/[NiL_2]$	HL-乙酸丁酯	7.85
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o/[PbL_2]$	HL-CCl_4	7.83
		HL-$CHCl_3$	8.66
		HL-C_6H_6	8.28
		HL-乙酸丁酯	7.88
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	HL-CCl_4	7.15
		HL-$CHCl_3$	7.18
		HL-C_6H_6	7.15
		HL-乙酸丁酯	7.11

5. 萃取常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	萃取常数	有机相	$\lg K_{ex}$
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	$HL-CCl_4$	42.26
		$HL-CHCl_3$	42.34
		$HL-C_6H_6$	41.60
	$[BiL_3]_0/[L^-]^3[Bi^{3+}]$	HL-乙酸丁酯	42.26
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0/[L^-]^2[Cd^{2+}]$	$HL-CCl_4$	23.98
		$HL-CHCl_3$	24.32
		$HL-C_6H_6$	24.11
		HL-乙酸丁酯	23.94
Co^{2+}	$[CoL_2]_0/[L^-]^2[Co^{2+}]$	$HL-CCl_4$	24.56
		$HL-CHCl_3$	24.78
		$HL-C_6H_6$	24.81
		HL-乙酸丁酯	24.86
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[L^-]^2[Cu^{2+}]$	$HL-CCl_4$	32.11
		$HL-CHCl_3$	32.00
		$HL-C_6H_6$	32.11
		HL-乙酸丁酯	32.08
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0/[L^-]^2[Ni^{2+}]$	$HL-CCl_4$	24.48
		$HL-CHCl_3$	24.76
		$HL-C_6H_6$	24.66
		HL-乙酸丁酯	24.32
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0/[L^-]^2[Pb^{2+}]$	$HL-CCl_4$	24.48
		$HL-CHCl_3$	25.28
		$HL-C_6H_6$	24.88
		HL-乙酸丁酯	24.38
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[L^-]^2[Mn^{3+}]$	$HL-CCl_4$	20.94
		$HL-CHCl_3$	20.98
		$HL-C_6H_6$	20.94
		HL-乙酸丁酯	20.92

合成方法[1]

$$(CH_3CH_2CH_2CH_2)_2NH+CS_2+NaOH \longrightarrow (CH_3CH_2CH_2CH_2)_2N\underset{\underset{S}{\|}}{C}-SNa+H_2O$$

由1 mol二丁胺、1 mol二硫化碳和1 mol氢氧化钠反应而成，所得为钠盐。可用氯仿重结晶。产品极易挥发，真空蒸馏。

用途 螯合萃取剂。

金属离子	方法提要
Bi^{3+}	$HL-CHCl_3$可萃取Bi^{3+}
Cu^{2+}	$HL-CHCl_3$可萃取Cu^{2+}

参考文献

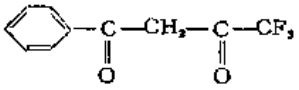
〔1〕 *Beil.*, 4, 170.

1-苯基-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮　　Ⅱ-6-0031

1-Phenyl-4,4,4-trifluoro-1,3-butane dione

别名　苯甲酰三氟丙酮　Benzoyltrifluoroacetone

结构式



分子式　$C_{10}H_7F_3O_2$　　**分子量**　266.15

理化性质　结晶性粉末。难溶于水，易溶于氯仿，苯等有机溶剂。熔点39.0～40.5℃。

理化参结

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L⁻
pK	6.30	

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.30	4.30	3.30	2.30	1.32	0.48	0.08	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$	$CHCl_3$
lgK_D	2.71	2.84①

① t =25℃，μ=1.0

4. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	NpO_2^+
lgK_1	4.11
lgK_2	3.75

5. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o/[AcL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.82
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.08
	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.1-己酮	2.53
Cf^{3+}	$[CfL_3]_o/[CfL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.24
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o/[CmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.02
Y^{3+}	$[YL_3]_o/[YL_3]$	HL-$CHCl_3$	2.65
		HL-己酮	2.65

6. 萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃　取　平　衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−10.26
		HL0.1-已酮	−5.91
Cf^{3+}	$[CfL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cf^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−8.77
Cm^{3+}	$[CmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cm^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−9.99
Co^{2+}	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL0.05-C_6H_6	−10.50①
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−9.47
		HL0.05-C_6H_6	−8.9①
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL<0.5-C_6H_6	5.4②
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL0.05-C_6H_6	−11.6①
Lu^{3+}	$[LuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Lu^{3+}]$	HL0.05-C_6H_6	−7.7①
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL0.05-C_6H_6	−9.6①
Tb^{3+}	$[TbL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Tb^{3+}]$	HL0.05-C_6H_6	−8.8①
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	−2.95③
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Y^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−9.45
		HL0.1-已酮	−5.25
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL0.05-C_6H_6	−9.9①
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Zr^{4+}]$	HL<0.2-C_6H_6	6.7②

①$t=20℃$，$\mu=0.1$；②t未指明，$\mu=4.0$；③$t=30℃$，$\mu=2.0$

7. 加合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加　合　平　衡	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
Co^{2+}	正己醇	HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	2.20
		HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	3.80
	磷酸三丁酯	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	3.45
		HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	5.20
	氧化三正丁基磷	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	5.6
	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	5.7
	喹　啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	4.20
		HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	6.40
	异喹啉	HL0.05,S<0.03-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	5.50
		HL0.05,S<0.03-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	9.80
	对甲基吡啶	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	4.80
			$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	6.80
	2-甲基喹啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	4.80
	氮蒽	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	5.0
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1,S0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	3.64①
		HL0.1,S0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	5.28①
Lu^{3+}	氧化三正丁基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	7.5
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2,S<0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	5.35②
Zn^{2+}	正己醇	HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	1.45
		HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[ZnL_2S_2]_0/[ZnL_2]_0[S]_0^2$	2.9
	磷酸三丁酯	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	3.75
	氧化三正丁基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	6.2
	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	6.24
	喹啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	4.5
	异喹啉	HL0.05,S<0.03-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	5.45
	2-甲基喹啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	4.10

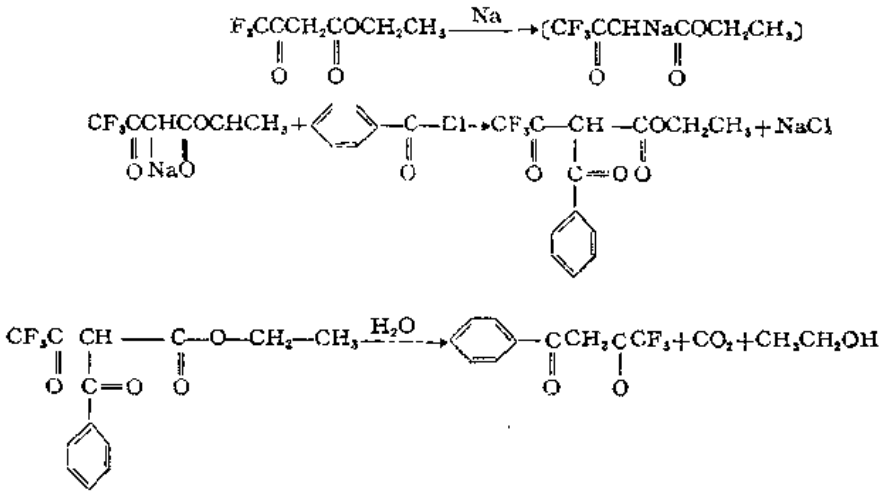
① $t=25℃$，$\mu=0.1$；② $t=30℃$，$\mu=2.0$

8. 加合物萃取常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}$-S
Co^{2+}	正己醇	HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−8.3
			$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−6.7
	磷酸三丁酯	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−7.05
			$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−5.30
	氧化三正丁基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−4.9
	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−4.8
	喹　啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−6.3
			$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]^2_0[S]_0^2[Co^{2+}]$	−4.1
	异喹啉	HL0.05,S<0.03-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−5.0
			$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−0.7
	对甲基吡啶	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−5.7
			$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−3.7
	2-甲基喹啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−5.7
	氮　蒽	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−5.5
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL0.1,S0.1-$CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	−5.83①
			$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	−4.19
Lu^{3+}	氧化三正丁基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	−0.2
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.2,S<0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	2.40②
Zn^{2+}	正己醇	HL0.05,S<1.0-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−8.45
			$[ZnL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Zn^{2+}]$	−7.0
	磷酸三丁酯	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−6.15
	氧化三正丁基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−3.7
	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.01-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−3.66
	喹　啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−5.4
	异喹啉	HL0.05,S<0.03-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−4.45
	2-甲基喹啉	HL0.05,S<0.1-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−5.8

① t=25℃，μ=0.1；② t=30℃，μ=2.0

合成方法[1]



1. 制备苯甲酰三氟乙酰乙酸酯　取金属钠（0.23mol）5.6g、三氟乙酰乙酸乙酯（0.23mol）42.32g及300ml无水乙醚制备三氟乙酰乙酸乙酯钠。在搅拌下向所制得的三氟乙酰乙酸乙酯钠中滴加（0.23mol）32.4g苯甲酰氯的300ml无水乙醚溶液。将反应物放置

几小时，然后加水溶解反应中产生的氯化钠，分出醚层，用无水硫酸钠干燥。回收乙醚得粗品。

将粗品溶于等体积的乙醇中，加冷水析出，再用水洗数次备用。

2. 制备苯甲酰三氟丙酮　所得苯甲酰三氟乙酰乙醚乙酯与水一起回流5小时，水蒸汽蒸馏，从蒸出液中析出结晶即为粗品。粗品用乙醇或稀醇重结晶。

用途　螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Hf^{4+}	4.0$M$$HClO_4$，0.5$M$HL-$C_6H_6$可萃取$Hf^{4+}$
Zr^{4+}	4.0$M$$HClO_4$，0.2$M$HL-$C_6H_6$可萃取$Zr^{4+}$

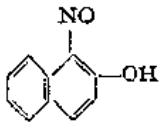
参 考 文 献

〔1〕 韩广甸等编译：《有机制备化学手册》，中卷，p. 159，1977。

1-亚硝基-2-萘酚　　Ⅱ-6-0032

1-Nitroso-2-naphthol

结构式



分子式　$C_{10}H_7NO_2$　　**分子量**　173.16

理化性质　黄色结晶粉末，微溶于水，易溶于氯仿，苯和甲基异丁酮等有机溶剂。熔点108～110℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2O		75%二氧六环	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	7.65		11.62①	

① t＝30℃，μ未指明

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	6.65	5.65	4.65	3.65	2.65	1.66	0.74	0.16	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ），pH2〕

	CCl_4	$CHCl_3$	1,2-二氯乙烷	$CHBr_3$	C_6H_6	甲苯	邻二甲苯	间二甲苯
lgK_D	2.13	3.04	3.27	3.06	2.63	2.60	2.62	2.59
	对二甲苯	乙基苯	异丙苯	氯苯	溴苯	正庚烷	正辛烷	异辛烷	正壬烷
lgK_D	2.57	2.45	1.28	2.81	2.86	1.28	1.28	1.15	1.32
	环己烷	乙酸正丁酯	乙酸戊酯	己酮	异戊醇	正庚酸	正辛醇	正壬醇	正癸醇
lgK_D	1.28	2.51	2.49	2.55	2.13	2.30	2.28	2.23	2.18

4. 螯合物形成常数〔温度（t）30℃；离子强度（μ），75%二氧六环〕

金属离子	Ag^+	Cd^{2+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Gd^{3+}	Mg^{2+}	Nd^{3+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Pr^{3+}	Th
$\lg K_1$	7.74	6.18①	10.67	12.52	4.70②	6.05	9.5	10.75	9.73	9.04	8.50
$\lg K_2$	—	5.20①	12.14	10.85	—	4.72	8.2	10.54	7.58	8.02	7.63
$\lg K_3$	—	—	—	—	—	—	7.86	6.80	—	6.79	7.89
$\lg K_4$											6.26

金属离子	Y^{3+}	Zn^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	9.02	4.63②	9.32
$\lg K_2$	8.72	—	7.70
$\lg K_3$	7.30	—	—

① $t=30℃$，μ未指明，50%二氧六环；② $t=25℃$，$\mu=0.1$

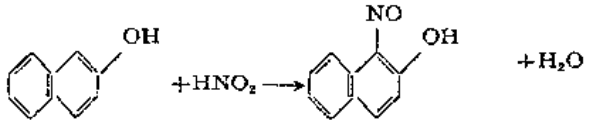
5．螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	HL-$CHCl_3$	2.00
Th^{4+}	$[ThL_4]_o/[ThL_4]$	HL-$CHCl_3$	6.75
		HL-已酮	2.05

6．萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	0.87
Ni^{2+}	$[NiL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−4.3
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.64
Tl^+	$[TlL]_o[H^+]/[HL]_o[Tl^+]$	HL-$CHCl_3$	−6.3

合成方法



在装有机械搅拌器的圆底烧瓶中放入500 g（3.5mol）工业2-萘酚，加140 g（3.5mol）氢氧化钠和6 l 水，温热溶解。将溶液放在冰盐浴上冷却至0℃，加250 g（3.5mol）粉状工业亚硝酸钠。开始搅拌并用滴液漏斗加入1100 g（833ml，4.6mol）硫酸（相对密度1.32），在1～1.5小时内加完，温度保持在0℃。为保持温度于0℃，可加入一些冰块，总用量一般为1 kg。待硫酸全部加完后，溶液对刚果红试纸应呈酸性反应。在低温下将混合物搅拌1小时。待反应完全后，立即吸滤，产品用水彻底洗涤。开始时产物呈浅黄色，3～4天后变成深棕色。

将产物在空气中干燥4天后，产量为665 g。熔点97℃。产品在真空干燥器内于硫酸上干燥20小时后，约失去其量的10%，熔点106℃。在原条件下长时间干燥，熔点也是106℃。产品总量约595 g（为理论量的99%）[1]。

提纯方法 粗品可用热石油醚（沸点60～90℃）重结晶。15ml沸石油醚可溶解2 g左右的产

品。该产品不易溶于冷石油醚，因此几乎可全部回收[1]。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Co^{2+}	pH3.5～8，0.1%HL-CCl_4可萃取98%以上的Co^{2+}。有机相可用2N HCl反萃取，以除去干扰离子
Cu^{2+}	HL-$CHCl_3$可萃取Cu^{2+}。再以2M HCl反萃取
Fe^{2+}	pH7.5±0.5，酒石酸盐存在下，HL-异戊醇萃取
Fe^{3+}	pH1.5，HL-$CHCl_3$萃取

过滤，将结晶干燥，即得产品。

用途　螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Pd^{2+}	pH1.0～2.5，EDTA存在，0.01%HL-C_6H_6 可萃取Pd^{2+}
Th^{4+}	pH>3.0，0.05*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Th^{4+}

参 考 文 献

〔1〕 F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅲ, p. 321, 1947.

N-亚硝基萘胺　　Ⅰ-6-0034

N-Nitroso naphthyl hydroxylamine

① $t=20℃$, $\mu=1.0$

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D\cdot ML_n}$
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_o/[Ni(HL)_2]$	H_2L-$CHCl_3$	2.18
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_o/[Pd(HL)_2]$	H_2L-C_6H_6	1.8①

① $t=20℃$, $\mu=1.0$

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ni^{2+}	$[Ni(HL)_2]_o[H^+]^2/[H_2L]^2[Ni^{2+}]$	H_2L-$CHCl_3$	−2.2

合成方法[1]

1. 糠偶姻(二呋喃基乙醇酮)的制备　40份糠醛溶于30份乙醇和80份水中，加4份氰化钾，混匀。加热回流30～40分钟。滤出浅红色结晶，用水洗去有色物质。用少量冷乙醇萃取几次，每次都将棕色乙醇溶液抽滤掉。所得的浅黄色固体置于滤纸层中干燥。再将其溶于少量沸甲苯中，加入等量的乙醇，冷却，析出糠偶姻结晶。

2. 制备糠偶酰（联呋喃甲酰）将上述糠偶姻溶于热乙醇中，快速冷却。析出的结晶溶于尽可能少的氢氧化钠溶液中，加等体积的水，冷却至0℃。然后往混合物中通入强空气流至绿蓝色完全变成灰褐色。析出糠偶酰针状结晶。若加水，分离更完全。过滤，用水仔细洗涤沉淀，再用沸乙醇结晶。

3. 制备糠偶酰二肟（联呋喃甲酰二肟）糠偶酰和重量为其8倍的水及过量的盐酸羟胺于水浴上加热至完全溶解。将溶液倒入为其体积6倍的沸水中，保持沸腾几分钟，冷却。滤出沉淀，用大量水洗涤，水于30～90℃下蒸发干燥即为成品。

用途　螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Ni^{2+}	pH8.5～9.4，HL-$CHCl_3$可萃取Ni^{2+}，Co^{2+},Cu^{2+}用1:40稀氨溶液从有机相中反萃取

参考文献

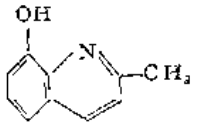
〔1〕 F. J. Welcher; "Organic Analytical Reagents", Vol. Ⅲ., P. 230, 1948.

2-甲基-8-羟基喹啉　Ⅱ-6-0036

2-Methyl-8-hydroxyquinoline

别名　8-羟基喹哪啶　8-Hydroxyquinaldine；2-甲基喔星　2-Methyloxine

结构式



分子式 $C_{10}H_9NO$ **分子量** 159.18

理化性质 棱柱形晶体。溶于醇、醚、苯和稀碱溶液中，微溶于水。熔点74℃。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL^-	L^{2-}
pK	5.70	10.04	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	13.74	11.74	9.74	7.75	5.82	4.22	3.06	2.04	1.08	0.32	0.04

3．螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	CH_2Cl_2	甲苯	1,2-二氯苯	二丁酮	已酮	乙酸异戊酯
lgK_D	2.64	3.22	3.10	2.75	3.00	2.52	2.50	2.61

	丁醇	异戊醇	4-甲基-2-戊醇	辛醇
lgK_D	1.92	2.13	2.14	2.33

4．螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M，50%二氧六环〕

金属离子	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	In^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	UO_2^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	9.00	7.71	8.59	11.92	8.75①	12.2②	5.24	6.81	8.96	9.97	9.4③	9.06
lgK_2	7.60	—	8.79	10.90	8.35①	11.7②	4.4	6.29	7.98	7.21	8.0③	8.84
lgK_3	—	—	—	—	—	11.1②	—	—	—	—	—	—

① t=25℃，μ=0.3，50%二氧六环；② t,μ未指明，乙醇；③ t=20℃，μ=0.3，50%二氧六环

5．螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.0①
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o/[CuL_2]$	HL-CCl_4	3.50
		HL-$CHCl_3$	4.15
		HL-甲苯	3.23
		HL-1,2-二氯苯	3.59
		HL-乙酸异戊酯	2.89
		HL-已酮	3.03
		HL-丁醇	2.98
		HL-异戊醇	3.30
		HL-辛醇	3.31
Mg^{2+}	$[MgL_2]_o/[MgL_2]$	HL-$CHCl_3$	0.95①
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	HL-$CHCl_3$	2.99

① t −17～20℃，μ=1.0

6．萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃　取　平　衡	有 机 相	$\lg K_{ex}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	$-8.36$①
Mg^{2+}	$[MgL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mg^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	$-19$①
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	-7.8

① t=17～20℃，μ=1.0

7．加成物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)-〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加　合　平　衡	$\lg K_{ML_2}\cdot S$
Zn^{2+}	吡啶	$HL,S-CHCl_3$	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	1.60
	2-甲基吡啶	$HL,S-CHCl_3$	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	1.00
	4-甲基吡啶	$HL,S-CHCl_3$	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	1.75
	2,4,6-三甲基吡啶	$HL,S-CHCl_3$	$[ZnL_2S]_o/[ZnL_2]_o[S]_o$	0.20

合成方法[1,2]　在三颈瓶中将55 g邻氨基酚和25 g邻硝基酚溶于100 g 12 N盐酸中。三颈瓶中装有回流冷凝器、机械搅拌和滴液漏斗。加40 g巴豆醛，搅拌45分钟。在搅拌下于水浴上加热6小时，将混合物放置过夜。用水蒸汽蒸馏以从酸溶液中除去过量的邻硝基酚。

往残留物中加6 N氢氧化钠至近中性，然后用碳酸钠饱和并蒸馏，然后（冷至）蒸馏瓶

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-CCl_4	3.29
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-$CHCl_3$	4.56
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-己酮	2.75
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-乙酸异戊酯	2.80
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-丁醇	2.74
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-异戊醇	3.20
	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	HL-辛醇	3.51
Zn^{2+}	$[ZnL_2HL]_0/[ZnL_2][HL]$	HL-$CHCl_3$	7.44①

① t、μ未指明

6. 加合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)—〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Zn^{2+}	吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2 \cdot S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	2.47
	2-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	2.00
	4-甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	2.87
	2,4,6-三甲基吡啶	HL，S-$CHCl_3$	$[ZnL_2S]_0/[ZnL_2]_0[S]_0$	1.50

合成方法[1] 将4-甲基喹啉与纯净的H_2SO_4(无需冷却)一起缓慢加热至300℃。

所得的对磺酸和邻磺酸的甲基喹啉磺酸加NaOH和KOH各6份，用稀H_2SO_4调节酸度，加$NaHCO_3$至反应物呈弱碱性，水蒸汽蒸馏，用乙醚萃取黄色馏出物，可得具有特殊气味的略带绿色的结晶，熔点141℃。

该产物易溶于冷苯、氯仿、乙醚和丙酮。在乙醇和水中只在煮沸时才开始溶解。它可用酸和不挥发的碱吸收。若在石油醚中结晶，可得最好的浅绿色针状物。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Cu^{2+}	HL-$CHCl_3$可萃取Cu^{2+}
Zn^{2+}	HL-$CHCl_3$可萃取Zn^{2+}

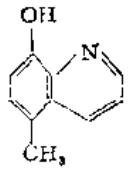
参考文献

〔1〕 B. Albert, Und W. Koenigs; *Ber.*, 23, 2686, (1890).

5-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0038

5-Methyl-8-hydroxyquinoline

结构式



分子式 $C_{10}H_9NO$ **分子量** 159.18

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O			50%二氧六环		
	H_2L^+	HL	L^-	H_2L^+	HL	L^-
pK	5.29	9.93	—	4.24①	11.25①	—

① t=25，μ=0.3

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	13.22	11.22	9.22	7.24	5.40	4.01	2.94	1.93	0.98	0.27	0.04

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_0	3.28

4. 螯合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.3M，50%二氧六环〕

金属离子	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	UO_2^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	13.55	—	—	5.21	11.25	9.46
lgK_2	12.55	16.90① (lgβ_2)	39.5① (lgβ_3)	4.47	9.52	8.40

① t=25℃，μ=0.3，50%二氧六环

5. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{0,ML_n}
Th^{4+}	$[ThL_4]_o/[ThL_4]$	HL-$CHCl_3$	3.0

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−10.0

合成方法[1] 10 g 对氨基甲酚盐酸盐、24 g 甘油、20 g 硫酸和 2 g 苦味酸混匀。加热3～4小时。用水稀释，使之呈弱碱性。用乙酸调至强酸性。最后用水蒸汽蒸馏。加氢氧化铵，由乙酸馏出液中沉淀出试剂。用乙醇重结晶提纯。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Th^{4+}	HL-$CHCl_3$时萃取Th^{4+}

参考文献

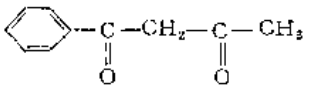
(1) F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. I. P. 340, 1948.

1-苯基-1,3-丁二酮　　Ⅱ-6-0039

1-Phenyl-1,3-butane dione

别名　苯甲酰丙酮　Benzoylacetone

结构式



分子式　$C_{10}H_{10}O_2$　　**分子量**　162.18

理化性质　具有刺激性气味的固体结晶。难溶于水；易溶于氯仿，四氯化碳和苯等有机溶剂中。熔点59～60℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	8.88	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.88	6.88	5.88	4.88	3.88	2.88	1.89	0.94	0.25	0.03

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6	异戊醇
lgK_D	2.82	3.46	3.15	2.66①

① t=18～20℃，μ=1.0

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ce^{3+}	Eu^{3+}	Sc^{3+}	UO_2^{2+}	VO^{2+}	Zr^{4+}
lgK_1	6.19①	6.89	8.8②	7.2①	10.49	12.71③
lgK_2	5.91①	6.48	—	—	10.05	11.86③
lgK_3	4.89①	6.23	—	—	—	11.34③
lgK_4	—	—	—	—	—	11.09③

① t=20℃，μ=0.1；② t=18～20℃，μ=0.01；③ t=25℃，μ=1.0

5. 螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	1.77
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL-$CHCl_3$	1.90
Cd^{2+}	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	HL<0.1-CCl_4	1.7
	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	HL<0.1-$CHCl_3$	2.15
	$[CdL_2]_o/[CdL_2]$	HL<0.1-C_6H_6	2.15
In^{3+}	$[InL_3]_o/[InL_3]$	HL<0.1-CCl_4	4.7
	$[InL_3]_o/[InL_3]$	HL<0.1-$CHCl_3$	5.5
	$[InL_3]_o/[InL_3]$	HL<0.1-C_6H_6	5.5
La^{3+}	$[LaL_3]_o/[LaL_3]$	HL<0.5-CCl_4	2.45
	$[LaL_3]_o/[LaL_3]$	HL<0.1-$CHCl_3$	3.95
	$[LaL_3]_o/[LaL_3]$	HL<0.1-C_6H_6	3.05

续表

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
VO^{2+}	$[VOL_2]_0/[VOL_2]$	HL<0.1-C_6H_6	0.92
Y^{3+}	$[YL_3]_0/[YL_3]$	HL<0.1-CCl_4	3.5
	$[YL_3]_0/[YL_3]$	HL<0.1-$CHCl_3$	4.2
	$[YL_3]_0/[YL_3]$	HL<0.1-C_6H_6	4.2
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0/[ZrL_4]$	HL-C_6H_6	−0.08①

① $t=25℃$, $\mu=1.0$

6. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ag^+	$[AgL]_0[H^+]/[HL]_0[Ag^+]$	HL0.1-C_6H_6	−7.81
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−7.60
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−18.45
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−5.2①
	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−3.88
Ca^{2+}	$[CaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ca^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−16.28
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	HL<0.1-CCl_4	−14.90②
	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−15.82
	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	HL<0.1-C_6H_6	−14.92
Ce^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−20.19
Co^{2+}	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−11.11②
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−4.17②
Eu^{3+}	$[CuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−18.9
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Fe^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−0.50②
Ga^{3+}	$[GaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ga^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−6.31
In^{3+}	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	HL<0.1-CCl_4	−9.24
	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−10.65
	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−9.30
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL<0.5-CCl_4	−20.34
	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−21.81
	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−20.46
Lu^{3+}	$[LuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Lu^{3+}]$	HL-C_6H_6	−15.21
Mg^{2+}	$[MgL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mg^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−16.65
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−14.63②
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−12.12②
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−9.62
Pd^{2+}	$[PdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pd^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	1.2
Sc^{3+}	$[ScL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Sc^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−5.99
Sr^{2+}	$[SrL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Sr^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	~−20
Tb^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[TH^{4+}]$	HL0.1-C_6H_6	−7.68
Tl^{3+}	$[TlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Tl^{3+}]$	HL0.005~0.05-C_6H_6	−2.1
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	−5.56③
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.1-CCl_4	−5.06④
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−4.44④
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.1-C_6H_6	−4.68

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
VO^{2+}	$[VOL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[VO^{2+}]$	$HL-C_6H_6$	$-2.62$⑤
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3/[Y^{3+}]$	$HL0.1-C_6H_6$	-16.95
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$HL0.1-C_6H_6$	-10.79
Zr^{4+}	$[ZrL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Zr^{4+}]$	$HL<0.1-C_6H_6$	$\sim3$⑥

① $t=22℃$, $\mu=1.0$; ② $t=20℃$, μ未指明; ③ $t=30℃$, $\mu=2.0$; ④ $t=20℃$, μ未指明;
⑤ $t=25℃$, $\mu=0.1$; ⑥ $t=25℃$, $\mu=1.0$

7. 加合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	$HL0.1, S<0.5-CHCl_3$	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	1.60①
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	$HL<0.05, S<0.1-C_6H_6$	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	5.25
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	$HL<0.2, S<0.2-C_6H_6$	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	3.85②

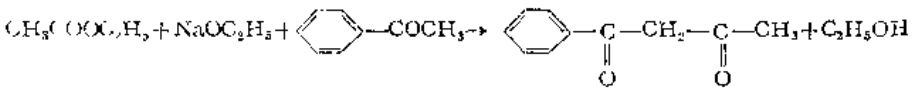
① $t=25℃$, $\mu=1.0$; ② $t=30℃$, $\mu=2.0$

8. 加合物萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	$HL0.1, S<0.5-CHCl_3$	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	$-17.40$①
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	$HL<0.05, S<0.1-C_6H_6$	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	-9.96
UO_2^{2+}	磷酸三丁酯	$HL<0.2, S<0.2-C_6H_6$	$[UO_2L_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[UO_2^{2+}]$	$-1.65$②

① $t=25℃$, $\mu=0.1$; ② $t=30℃$, $\mu=2.0$

合成方法



干燥的乙醇钠（用4 g钠与乙醇制成）与35 g乙酸乙酯在冷却下混合，15分钟后加20 g苯乙酮。放置数小时，加乙醚至混合物中的苯甲酰丙酮钠盐完全析出，过滤，用乙醚洗涤。将干燥的盐溶于冷水中，加乙酸使之沉淀。得产品约19 g[1,3]。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Al^{3+}	pH3，用0.10M $HL-C_6H_6$可萃取90%以上Al^{3+}
Be^{2+}	pH4～10，0.10M $HL-C_6H_6$可完全萃取Be^{2+}
Ca^{2+}	pH>11.5，0.10M $HL-C_6H_6$可萃取95%Ca^{2+}

续表

萃取离子	方　法　提　要
Cd^{2+}	pH9.5～11，0.10*M* HL-C_6H_6可完全萃取；pH>9，0.10*M* HL-CCl_4可萃取98%Cd^{2+}
Co^{2+}	pH7.5～11.0，0.10*M* HL-C_6H_6 可定量萃取Co^{2+}
Cu^{2+}	pH4～9，0.10*M* HL-C_6H_6可定量萃取Cu^{2+}
Er^{3+}	pH7，0.10*M*HL-$CHCl_3$可萃取Er^{3+}
Eu^{3+}	pH>8.5，0.10*M*HL-C_6H_6可定量萃取Eu^{3+}
Fe^{3+}	pH2～7，0.10*M* HL-C_6H_6可完全萃取Fe^{3+}
Ga^{3+}	pH4～8，0.10*M* HL-C_6H_6 可定量萃取Ga^{3+}
Gd^{3+}	pH8～10，0.10*M* HL-$CHCl_3$ 可萃取约98%Gd^{3+}
Hg^{2+}	pH5～10，0.10*M* HL-C_6H_6 萃取率达75%以上
In^{3+}	pH5～7，0.10*M* HL-C_6H_6($CHCl_3$ 或CCl_4)可定量萃取In^{3+}
La^{3+}	pH9，0.10*M* HL-C_6H_6($CHCl_3$ 或CCl_4)可定量萃取La^{3+}
Mg^{2+}	pH>10.5，0.10*M* HL-C_6H_6 可完全萃取Mg^{2+}
Mn^{2+}	pH9～12，0.10*M* HL-C_6H_6可萃取90%Mn^{2+}
Ni^{2+}	pH7.5～10，0.10*M* HL-C_6H_6 萃取率达80%
Pb^{2+}	pH7或pH10，0.10*M* HL-C_6H_6 可定量萃取Pb^{2+}
Pd^{2+}	pH1.5～10，0.10*M* HL-C_6H_6可完全萃取Pd^{2+}
Pu^{4+}	pH4，HL-C_6H_6可萃取近90%Pu^{4+}
Sc^{3+}	pH4.5～7，0.10*M* HL-C_6H_6可完全萃取Sc^{3+}
Th^{4+}	pH4～8，0.1*M* HL-C_6H_6 可定量萃取Th^{4+}
Ti^{4+}	pH>3，0.10*M* HL-C_6H_6可定量萃取Ti^{4+}
UO_2^{2+}	pH5～7，形成$UO_2L_2 \cdot HL$被0.10*M* HL-C_6H_6($CHCl_3$或CCl_4)所萃取
Y^{3+}	pH>8，0.10*M* HL-C_6H_6($CHCl_3$ 或CCl_4)可完全萃取Y^{3+}
Zn^{2+}	pH7～9，0.10*M* HL-C_6H_6 可定量萃取Zn^{2+}
Zr^{4+}	pH5～6，0.10*M* HL-C_6H_6 可萃取90%以上Zr^{4+}

参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*，7，680.

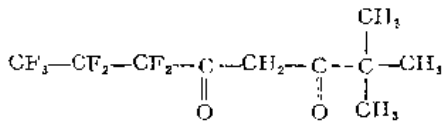
〔2〕 韩广甸　赵树纬　李述文等编译：《有机制备化学手册》，中卷，159，1977.

1,1,1,2,2,3,3-七氟-7,7,-二甲基-4,6-辛二酮　Ⅱ-6-0040

1,1,1,2,2,3,3-Heptanfluoro-7,7,-dimethyl-4,6-octane dione

别名　七氟丁酰新戊酰甲烷　Heptanfluorobutyrylpivalylmethane

结构式



分子式 $C_{10}H_{11}F_7O_2$ **分子量** 296.19

理化性质 无色液体。不溶于水，溶于四氯化碳等溶剂。沸点33℃(2.7mmHg)。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)24℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	6.70	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.70	4.70	3.70	2.70	1.71	0.78	0.18	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)24℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4
lgK_D	4.03

4. 螯合物分配常数〔温度(t)24℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Eu^{3+}	$[EuL_3]_o/[EuL_3]$	HL0.1-CCl_4	4.2
Gd^{3+}	$[GdL_3]_o/[GdL_3]$	HL0.1-CCl_4	3.8
Pr^{3+}	$[PrL_3]_o/[PrL_3]$	HL0.1-CCl_4	3.8
Sm^{3+}	$[SmL_3]_o/[SmL_3]$	HL0.1-CCl_4	4.1
Tb^{3+}	$[TbL_3]_o/[TbL_3]$	HL0.1-CCl_4	3.6

5. 萃取常数〔温度(t)24℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Eu^{3+}	$[EuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−9.5
Gd^{3+}	$[GdL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Gd^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−9.6
Pr^{3+}	$[PrL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Pr^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−10.3
Sm^{3+}	$[SmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Sm^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−9.6
Tb^{3+}	$[TbL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Tb^{3+}]$	HL0.1-CCl_4	−9.1

6. 加合物萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	lg$K_{ex}\cdot S$
Eu^{3+}	磷酸三丁酯	HL,S-环己烷	$[EuL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Eu^{3+}]$	1.94
Nd^{3+}	磷酸三丁酯	HL,S-环己烷	$[NdL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Nd^{3+}]$	1.64
Tm^{3+}	磷酸三丁酯	HL,S-环己烷	$[TmL_3S_2]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o^2[Tm^{3+}]$	1.74

合成方法[1] 于2000ml三口圆底烧瓶上装一个干燥管，将甲醇钠(0.2mol，10.87g)和150ml

无水乙醚加入瓶内，通氮气将瓶内空气排净。将七氟丁酸乙酯（0.2mol，48.42g）于1小时内经带塞的加料漏斗在搅拌下滴至混合物内，此时即产生乳白色稠浆。将频哪酮（0.2mol，20.04g）溶于50ml无水乙醚中，在0.5小时内经漏斗加入。当加至一半时，瓶内即出现纯黄色的溶液。待频哪酮全部加入后，此液呈碱性（用pH试纸检验）。继续搅动2小时，再放置一夜。在搅拌下将100ml2*M* H_2SO_4慢慢加入乙醚溶液中。当酸全部加入后，生成的水相仍呈碱性（用pH试纸检验）。分离水层，用新鲜乙醚洗涤。洗涤液与原来的黄色有机层合并，在蒸汽浴上部分蒸发，然后用12英寸的维格罗柱进行真空蒸馏。于28℃(1.7mmHg)收集中间馏分。经过再次分馏后即呈无色液体。沸点33℃(2.7mmHg)。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Eu^{3+}	0.1*M* $(C_2H_5)_4NClO_4$，0.1*M* HL-CCl_4可萃取Eu^{3+}
Sm^{3+}	0.1*M* $(C_2H_5)_4NClO_4$，0.1*M* HL-CCl_4可萃取Sm^{3+}

参 考 文 献

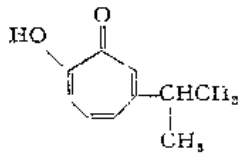
〔1〕 C. S. Springer; *Inorg. Chem.*, 6, 1106, (1967).

β-异丙基莨菪酮　　Ⅱ-6-0041

β-Isopropyltropolone

别名 1-羟基-4-异丙基环庚-3,5,7-三烯-2-酮　1-Hydroxy-4-isopropylcyclohepta-3,5,7-trien-2-one；β-苧侧素　β-Thujaplicin

结构式



分子式 $C_{10}H_{12}O_2$　　**分子量** 164.20

理化性质 固体粉末。可从松木或侧柏树（Thuja）中得到，它在松木和侧柏树中的含量达

续表

金属离子	萃　取　平　衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Pr^{3+}	$[PrL_3]_3[H^+]^3/[HL]_6^3[Pr^{3+}]$	HL0.05～0.5-$CHCl_3$	−8.49
Pu^{4+}	$[PuL_{4-6}][H^+]^4/[HL]_6^4[Pu^{4+}]$	HL-C_6H_6	7.33②
Sc^{3+}	$[ScL_3]_3[H^+]^3/[HL]_3^3[Sc^{3+}]$	HL<0.05-$CHCl_3$	1.06
Sr^{2+}	$[SrL_2HL]_6[H^+]^2/[HL]_6^3[Sr^{2+}]$	HL<0.5-$CHCl_3$	−14.15
Th^{4+}	$[ThL_4]_3[H^+]^4/[HL]_3^4[Th^{4+}]$	HL-CCl_4	4.12①
	$[ThL_4]_3[H^+]^4/[HL]_3^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	4.66①
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2HL]_6[H^+]^2/[HL]_6^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.05-$CHCl_3$	2.63
VO_2^+	$[VO_2LHL]_3[H^+]/[HL]_3^2[VO_2^+]$	HL-$CHCl_3$	4.0
Y^{3+}	$[YL_3]_6[H^+]^3/[HL]_6^3[Y^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−6.30
	$[YL_3]_3[H^+]^3/[HL]_3^3[Y^{3+}]$	HL0.1-苯酚	−4.65
Yb^{3+}	[illegible]	[illegible]	[illegible]

出。减压浓缩滤液得黄色沉淀。合并所有的黄色钡盐沉淀，用稀硫酸分解，用乙醚提取。将乙醚溶液用5%氢氧化钠提取三次。用二氧化碳饱和碱溶液，再用乙醚提取。回收乙醚，再减压蒸馏并收集沸点。145～147℃/12mmHg之馏分即为粗品。粗品可用石油醚重结晶。其熔点为52～52.5℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Am^{3+}	pH>4，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Am^{3+}
Ca^{2+}	pH>8.5，0.5*M* HL-$CHCl_3$萃取率99%以上
Cd^{2+}	pH8～10，0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取率99%以上
Co^{2+}	pH8～10，Co^{2+}被HL氧化成Co^{3+}，络合物定量被$CHCl_3$萃取
Cu^{2+}	pH2～4，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Cu^{2+}
Eu^{3+}	pH>4，形成EuL_3·HL定量被0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取
Fe^{3+}	pH>4，0.1*M* HL-$CHCl_3$可萃取Fe^{3+}
Ho^{3+}	pH>5，形成HoL_3·HL被0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取
In^{3+}	pH2，易被0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取
La^{3+}	pH>5.5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取La^{3+}
Lu^{3+}	pH>3.5，形成LuL_3·HL可被0.1*M* HL-$CHCl_3$定量萃取
Ni^{2+}	pH6.5～8，形成NiL_2或$NaNiL_3$被0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取，萃取率达99%
Pr^{3+}	pH5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可萃取Pr^{3+}
Sc^{3+}	pH>1.5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Sc^{3+}
Sm^{3+}	pH>4.5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Sm^{3+}
Sr^{2+}	pH9.0～9.5，0.5*M* HL-$CHCl_3$萃取率达97%
Th^{4+}	pH>1，0.1*M* HL-$CHCl_3$可定量萃取Th^{4+}
Tm^{3+}	pH5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可萃取Tm^{3+}
UO_2^{2+}	pH>1，形成UO_2L_2·HL可被0.1*M* HL-$CHCl_3$定量萃取
Y^{3+}	pH5，0.1*M* HL-$CHCl_3$可萃取Y^{3+}
Yb^{3+}	pH5，形成YbL_3·HL被0.1*M* HL-$CHCl_3$萃取
Zn^{2+}	pH5.5～11，0.1*M* HL-$CHCl_3$可完全萃取Zn^{2+}

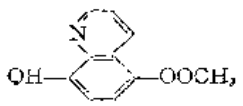
参 考 文 献

[1] A. B. Anderson: *Acta Chem. Scand.*, Vol.2, 645, (1948).

5-乙酰基-8-羟基喹啉 Ⅰ-6-0042

5-Acetyl-8-hydroxyquinoline

结构式



分子式 $C_{11}H_9NO_2$ **分子量** 187.19

理化性质 固体粉末。难溶于水，溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L^+	HL	L^-
pK	4.00	7.75	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
lgα	9.75	7.75	5.79	4.05	2.79	1.76	0.82	0.19	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	2.80

4. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Th^{4+}	$[ThL_4]_o/[ThL_4]$	HL-$CHCl_3$	5.90

5. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−3.08

合成方法[1] 将25 g 乙酰氯滴加至43.5 g 8-羟基喹啉溶于400 g 硝基苯之溶液中，得黄色沉淀。加100 g 三氯化铝，摇荡以使黄色沉淀消失，得清亮溶液。在70℃保温12小时，加冰块，再加100ml10%盐酸，蒸出硝基苯，放置过夜。滤出5-乙酰-8-羟基喹啉盐酸盐。将盐酸盐溶于水，加酸酸钠使产物析出。滤出结晶。用热水重结晶得25.5 g 产物（产率45%）产物为无色针状结晶。熔点112～112.5℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Th^{4+}	0.1M $HClO_4$，HL-$CHCl_3$ 可萃取Th^{4+}

参考文献

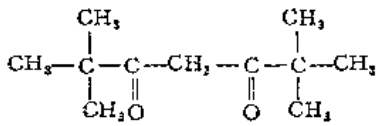
〔1〕 K. Matsumura; *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 4433, (1930).

2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0043

2,2,6,6-Tetramethyl-3,5-heptandione

别名 二新戊酰甲烷 Dipivalylmethane

结构式



分子式 $C_{11}H_{20}O_2$ **分子量** 184.27

理化性质 油状物。难溶于水，能溶于乙醚，苯，氯仿和四氯化碳等有机溶剂中。

理化参数

1. 离解常数[温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M]

	HL	L^-
pK	11.57	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
lgα	10.57	9.57	8.57	7.57	6.57	5.57	4.57	3.57	2.57	1.58	0.67	0.14	0.01

3. 螯合剂分配常数[温度(t)20℃，离子强度(μ)0.1M]

分子式 $C_{12}H_9Cl_3N_2O_2$ **分子量** 319.56

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	HL	L⁻
pK	3.36	—

2. 效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	2.36	1.38	0.52	0.09	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	2.36

4. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	$HL-CHCl_3$	2.9

5. 萃取常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Am^{3+}	$[AmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Am^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−6.75

合成方法[1] 参照1-苯基-3-甲基-4-三氟乙酰-5-吡唑酮（$C_{12}H_9O_2N_2F_3$，本分册Ⅱ-6-0046）的合成方法。将三氟乙酰酐按摩尔比改为三氯乙数酐即可。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Am^{3+}	$HL—CHCl_3$可萃取Am^{3+}

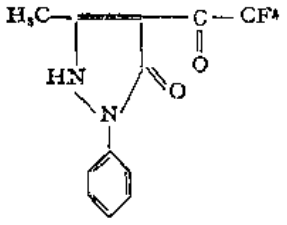
参考文献

〔1〕 B. S. Jensen; *Acta Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

1-苯基-3-甲基-4-三数乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0046

1-Phenyl-3-methyl-4-trifluoroacetyl-5-pyrazolone

结构式



分子式 $C_{12}H_9F_3N_2O_2$ **分子量** 270.21

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于乙醇和氯仿。熔点酮式144℃；烯醇式132℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2O	$CHCl_3$
	HL　L^-	HL　L^-
pK	2.73	5.6①

① $t=22℃$，$\mu=0.1$

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4
lgα	1.74	0.80	0.19	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	2.49

4. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/(AmL_3)$	HL-$CHCl_3$	3

5. 萃取常数〔温度（t）22℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Am^{3+}	$[AmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Am^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−2.88①
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−3.2
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.6

① $t=25℃$，$\mu=0.1$

合成方法[1] 将8.5 g 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮溶于50ml无水吡啶。向此液中滴加10 g 三氟乙酸酐。加热离析，烧瓶用自来水冷却。待反应物变成红棕色后，于室温下放置1小时，然后将其倒入200ml水中。此时不生成沉淀。酸化后得粗品结晶。用乙醇-水混合溶剂重结晶，纯品产率78%。酮式熔点144℃；烯醇式熔点132℃。

用途 螯合萃取剂。

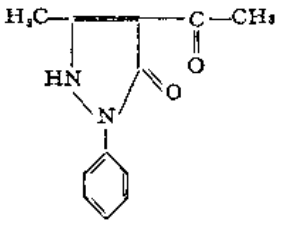
萃取离子	方法提要
Am^{3+}	HL-$CHCl_3$可萃取Am^{3+}

参考文献

1-苯基-3-甲基-4-乙酰基-5-吡唑酮　　Ⅱ-6-0048

1-Phenyl-3-methyl-4-acetyl-5-pyrazolone

结构式



分子式　$C_{12}H_{12}N_2O_2$　　**分子量**　216.24

理化性质　片状结晶。难溶于冷水，溶于氯仿，苯等有机溶剂。熔点58℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2O		$CHCl_3$	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	3.78		7.10①	

① t=22℃，μ=0.1

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lg$a$	2.78	1.79	0.85	0.20	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
lgK_D	2.90	2.24

4. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

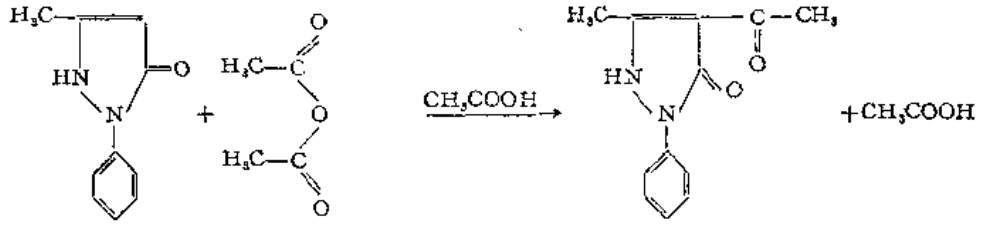
金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_0/[AcL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.2
Am^{3+}	$[AmL_3]_0/[AmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.6
Cf^{3+}	$[CfL_3]_0/[CfL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.9
Cm^{3+}	$[CmL_3]_0/[CmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.4
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0/[UO_2L_2]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.3
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	HL0.1-$CHCl_3$	1.49

5. 萃取常数〔温度（t）22℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ac^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−10.99 ①
Am^{3+}	$[AmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Am^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−5.22 ①
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−4.0
Cf^{3+}	$[CfL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Cf^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−4.68 ①
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Cm^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−5.87 ①
Eu^{3+}	$[EuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Eu^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	−3.3 ①
Hf^{4+}	$[HfL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Hf^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	10.3 ②
	$[HfL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	10.5 ②
La^{3+}	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.8
Mn^{2+}	$[MnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−6.5
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pb^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−4.6
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−0.4
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	0.3
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−5.2
	$[ZnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Zn^{2+}]$	HL-C_6H_6	−5.57 ③

① t =25℃, μ=0.1; ② t 未指明, μ=2.0; ③ t 未指明, μ=0.1

合成方法[1,2]



1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮加乙酸酐和乙酸钠，煮沸，所得粗品用水重结晶。得片状结晶，熔点58℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	2.0M $HClO_4$,HL-$CHCl_3$或HL-C_6H_6可萃取Hf^{4+}

参考文献

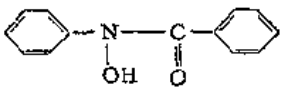
〔1〕 *Beil*, 24, 361.
〔2〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

N-苯甲酰-*N*-苯胺 Ⅰ-6-0049

N-Benzoyl-*N*-phenylhydroxylamine

别名 BPHA

结构式



分子式 $C_{13}H_{11}NO_2$ **分子量** 213.23

理化性质 见本分册Ⅰ-2(2)-0029

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅰ-2(2)-0029

2. 螯合剂分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）1.0M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6	C_6H_6	己酮	己醇
$\lg K_D$	2.33	1.65	2.30①	2.30②	1.85②

① t=17℃，水；② t=22℃，μ未指明

3. 螯合剂形成常数 见本分册Ⅱ-2(2)-0029

4. 螯合物分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML}$
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0/[CdL_2]$	$HL-CHCl_3$	1.73
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0/[CuL_2]$	$HL-CHCl_3$	2.35
Gd^{3+}	$[GdL_3]_0/[GdL_3]$	$HL-CHCl_3$	2.75
In^{3+}	$[InL_3]_0/[InL_3]$	$HL-CHCl_3$	3.03
Pu^{4+}	$[PuL_4]_0/[PuL_4]$	$HL-CHCl_3$	3.5 ①
	$[PuL_4]_0/[PuL_4]$	$HL-C_6H_6$	2.94①
Th^{4+}	$[ThL_4]_0/[ThL_4]$	$HL-CHCl_3$	3.45②
Ti^{4+}	$[TiL_4]_0/[TiL_4]$	$HL-C_6H_6$	1.86
Tl^{+}	$[TlL]_0/[TlL]$	$HL-CHCl_3$	0.3
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	$HL-CHCl_3$	1.93

① t=22℃，μ=1.0；② t=25℃，μ=0.1

5. 萃取常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

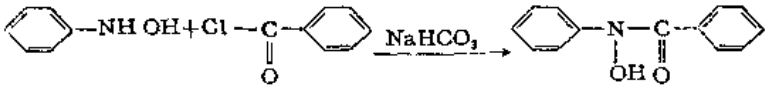
金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Al^{3+}	$[AlL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Al^{3+}]$	$HL0.01-CHCl_3$	~-7 ①
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	$HL0.1-CHCl_3$	-11.61
Bi^{3+}	$[BiL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Bi^{3+}]$	$HL0.01-CHCl_3$	5.1①
Cd^{2+}	$[CdL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cd^{2+}]$	$HL0.01\sim0.05-CHCl_3$	-12.08
Ce^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	$HL0.001\sim0.1-CHCl_3$	-13.21
Co^{2+}	$[CoL_2HL]_0[H^+]/[HL]_0^2[CoL^+]$	$HL0.001\sim0.1-CHCl_3$	-1.02
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	$HL0.001\sim0.01-CHCl_3$	-0.66
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	$HL0.1-CHCl_3$	-11.39 ②
Fe^{3+}	$[FeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Fe^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	5.27
$Fe(OH)^{2+}$	$[Fe(OH)L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Fe(OH)^{2+}]$	$HL0.001\sim0.01-CHCl_3$	4.78
	$[Fe(OH)L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Fe(OH)^{2+}]$	$HL0.0001\sim0.001-C_6H_6$	6.5
Ga^{3+}	$[GaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ga^{3+}]$	$HL<0.01-C_6H_6$	2.46
Gd^{3+}	$[GdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ga^{3+}]$	$HL0.01\sim0.05-CHCl_3$	-12.61
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	$HL<0.01-C_6H_6$	12.6③
In^{3+}	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	$HL0.001\sim0.01-CHCl_3$	-1.78
	$[InL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[In^{3+}]$	$HL0.005\sim0.01-C_6H_6$	-0.90
La^{3+}	$[LaL_3HL]_0[H^+]^3/[HL]_0^4[La^{3+}]$	$HL0.001\sim0.1-CHCl_3$	-13.59
Ni^{2+}	$[NiL_3]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	$HL0.01-CHCl_3$	~-11①
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	$HL0.01-CHCl_3$	-8.2

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Pu^{4+}	$[PuL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Pu^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	3.7
	$[PuL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Pu^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	5.8
ReO_4^-	$[HReO_4HL]_0/[HL]_0[H^+][ReO_4^-]$	$HL0.001-0.03-CHCl_3$	1.65④
TcO_4^-	$[HTCO_4HL]_0/[HL]_0[H^+][ReO_4^-]$	$HL0.001-0.03-CHCl_3$	3.78④
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	$HL0.007-0.05-CHCl_3$	−0.65
Ti^{4+}	$[TiL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Ti^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	9.61
Tl^+	$[TlL]_0[H^+]/[HL]_0[Tl^+]$	$HL0.01\sim0.1-CHCl_3$	−7.31
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	$HL0.1\sim0.2-CHCl_3$	−3.14
VO_2^{2+}	$[VO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[VO_2^{2+}]$	$HL0.001\sim0.01-CHCl_3$	1.6 ⑤
VO_2^{2+}	$[VO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[VO_2^{2+}]$	$HL0.001\sim0.01-C_6H_6$	1.9 ⑤
Y^{3+}	$[YL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Y^{3+}]$	$HL0.001\sim0.1-CHCl_3$	−12.4
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$HL0.001\sim0.1-CHCl_3$	−9.96

① t未指明，$\mu=0.5$；② $t=25℃$，$\mu=0.1$；③ $t=25℃$，$\mu=0.5$；④ $t=25℃$，$\mu=7.5$；⑤ $t=25℃$，$\mu=1.0$

合成方法



取10 g苯基羟胺，溶于400ml温水中，过滤，冷却，在用力搅拌下逐滴加入1.5 g苯甲酰氯和少量碳酸氢钠或乙酸钠溶液，以保持pH8～9。数分钟后析出灰白色片状结晶。待苯甲酰氯的气味消失，将其吸出，并按同样方法继续保持在弱碱性中进行苯甲酰化，直至Fehlings试剂即使在加温时也不发生还原和具有明显的苯甲酰氯的气味。过滤，除去氯化物，用水洗涤，粉碎，加碳酸氢钠，放置一个半小时，用煮沸的水进行重结晶，一苯甲酸盐溶于沸水，而二苯甲酸盐则为深棕色沉淀，不久即在滤纸上凝聚或油状物。

N-苯甲酰-*N*-苯基羟胺在冷却后为白色针状结晶。易溶于苯和醇；难溶于醚。熔点121～122℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Al^{3+}	pH3～8，$HL-CHCl_3$可萃取Al^{3+}
Be^{2+}	pH5，$HL-CHCl_3$可萃取Be^{2+}
Bi^{3+}	pH5～12，$HL-CHCl_3$可萃取Bi^{3+}
Ce^{3+}	pH6，$HL-CHCl_3$可萃取Ce^{3+}
Ce^{4+}	3*N*酸度，$HL-CHCl_3$可萃取Ce^{4+}
[illegible]	[illegible]

参 考 文 献

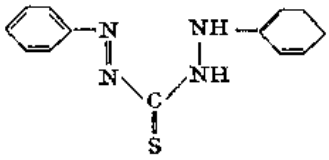
[1] K. Blaskopt; *Ber*, 52, 1116, (1919).

双 硫 腙　　Ⅰ-6-0050

Dithizone

别名　二苯基硫代卡巴腙　Piphenylthiocarbazone

结构式



分子式　$C_{13}H_{12}N_4S$　　**分子量**　256.33

7．加合物形成常数〔温度(t)-离子强度(μ)—〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n \cdot S}$
Ni^{2+}	吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	1.08
		H_2L,S-CCl_4	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	1.46
	2-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	−0.24
		H_2L,S-CCl_4	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	−0.01
	3-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	1.32
	4-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	1.45
		H_2L,S-CCl_4	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	1.92
	2,6-二甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	−0.60
	α,α'-联吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	4.63
	1,10-邻二氮菲	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	5.96
	5-硝基-1,10-邻二氮菲	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	4.65
	乙二胺	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0/[Ni(HL)_2]_0[S]_0$	3.86

8．加合物萃取常数〔温度(t)—；离子强度(μ)—〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex \cdot S}$
Ni^{2+}	吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	0.9
	2-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	−[illegible].6
	3-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	1.1
	4-甲基吡啶	H_2L,S-$CHCl_3$	$[Ni(HL)_2S]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	1.2

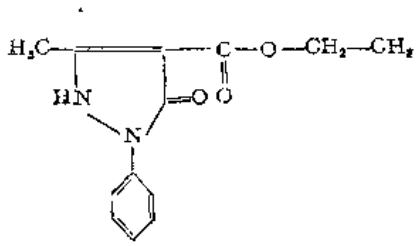
续表

萃取离子	方　法　提　要
Ga^{3+}	pH4.5～6.0可被$10^{-5}M$ H_2L-$CHCl_3$萃取，萃取率90%
Hg^{2+}	pH4～6M H_2SO_4，以单取代物被H_2L-CCl_4定量萃取； pH4～14，以双取代物被H_2L-CCl_4定量萃取
In^{3+}	pH5～6.3，可被H_2L-$CHCl_3$萃取，系红色单取代物，在CCl_4和$CHCl_3$中的溶解度分别为7.8×10^{-4}和$1.1\times10^{-3}M$
Ni^{2+}	pH6～9，可被H_2L-CCl_4定量萃取
Pb^{2+}	pH8.0～10，可被H_2L-CCl_4定量萃取； pH8.5～11.5，可被H_2L-$CHCl_3$定量萃取
Pd^{2+}	酸性溶液，形成褐绿色单取代物，被CCl_4萃取，在CCl_4中的溶解度为$4.5\times10^{-4}M$；在中性介质中形成紫红色双取代物，它不溶于有机溶剂中。单取代物很稳定，既不被$6M$ H_2SO_4分解也不被$2M$NaOH分解
Po^{4+}	pH0～9，H_2L-CCl_4萃取率达95%以上
Pt^{2+}	1～10.5N H_2SO_4，可被0.01%H_2L-苯萃取，各种干扰元素可用HCl反萃取
Se^{4+}	6N HCl，可被H_2L-CCl_4萃取，Te^{4+}，Ag^+和Bi^{3+}不被萃取；Hg^{2+}，Cu^{2+}可用双硫腙预先萃取而除去，Se^{4+}仍留在水相中
Te^{4+}	0.1～1.0M酸度，$1.8\times10^{-3}M$ H_2L-CCl_4萃取率达95%
Zn^{2+}	pH6～9.5，H_2L-CCl_4可定量萃取

1-苯基-3-甲基-4-乙氧羰基-5-吡唑酮　Ⅱ-6-0051

1-Phenyl-3-methyl-4-ethyloxycarbonyl-5-pyrazolone

结构式



分子式　$C_{13}H_{14}N_2O_3$　　**分子量**　146.26

理化性质　固体结晶。不溶于水，溶于氯仿和醇等有机溶剂。酮式熔点122℃，烯醇式熔点72℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)—；离子强度(μ)—〕

	H_2O		$CHCl_3$	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	4.66		7.95①	

① $t=22$℃，$\mu=0.1$

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.66	2.66	1.67	0.75	0.16	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)—；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
$\lg K_D$	3.29	2.57

4．螯合物分配常数〔温度(t)—；离子强度(μ)0.1M〕

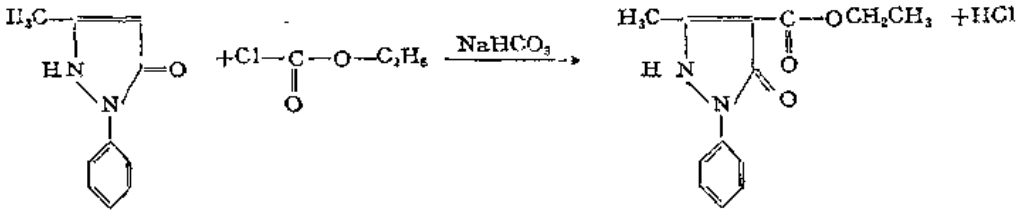
金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	$HL—C_6H_6$	2.37

5．萃取常数〔温度(t)22℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−5.0
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	8.36①
	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	9.16①
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−7.5
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−4.6
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−2.0
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	$HL-C_6H_6$	−6.57

① t未指明，$\mu=2.0$

合成方法[1]



等摩尔的乙氧基氯甲酰与1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮反应而成。粗品用甲醇-水重结晶，产率46%。酮式熔点122℃；烯醇式熔点72℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	2.0M $HClO_4$，$HL-CHCl_3$或$HL-C_6H_6$可萃取Hf^{4+}

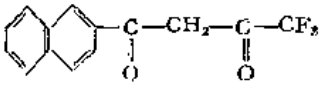
参考文献

(1) B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

2-萘甲酰三氟丙酮 Ⅰ-6-0052

2-Naphthoyltrifluoroacetone

结构式



分子式 $C_{14}H_9F_3O_2$ **分子量** 266.21

理化性质 固体粉末。难溶于水，易溶于氯仿等有机溶剂。熔点70.1～71.1℃。

8 **理化参数**

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	6.28	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.28	4.28	3.28	2.28	1.30	0.18	0.08	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	3.78

4. 螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_3}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o/[AcL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.0
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.26
Cf^{3+}	$[CfL_3]_o/[CfL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.42
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o/[CmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.30

5. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ac^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−13.6
Am^{3+}	$[AmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Am^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−9.8
Cf^{3+}	$[CfL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Cf^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−8.9
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Cm^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−9.7

合成方法[1] 直接由钠盐酸化分离而得。再用稀乙醇重结晶提纯。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Cf^{3+}	0.1M $HClO_4$，0.5M-HL-$CHCl_3$可萃取Cf^{3+}

参考文献

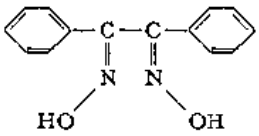
〔1〕 J. C. Reid and M. Calvin: *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 2948, (1950).

α-苯偶酰二肟 Ⅰ-6-0053

α-Benzil dioxime

5 **别名** 1,2-二苯基乙烷-1,2-二酮二肟 1,2-Diphenyl-1,2-ethanedione dioxime

结构式



分子式 $C_{14}H_{12}N_2O_2$ **分子量** 240.26

理化性质 白色细小叶状晶体。不溶于水，微溶于乙醇，易溶于氢氧化钠溶液和丙酮中。熔点235～237℃，同时分解。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	10.3	11.2	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
lgα	19.5	17.5	15.5	13.5	11.5	9.50	7.50	5.50	3.52	1.68	0.46	0.07

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	2.00

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	Ni^{2+}	Pd^{2+}
lgK_2	26.2	34.6①
	(lgβ_2)	(lgβ_2)

① t=20℃，μ=1.0

5. 螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)1.0M〕

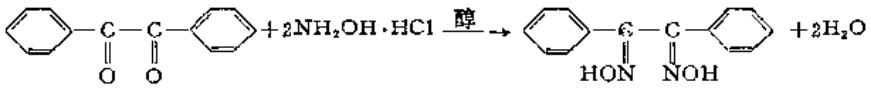
金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_0/[Pd(HL)_2]$	H_2L-C_6H_6	2.3

6. 萃取常数〔温度(t)23℃；离子强度(μ)0.05M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Pd^{2+}	$[Pd(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Pb^{2+}]$	H_2L-C_6H_6	16.3①
Cu^{2+}	$[Cu(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Cu^{2+}]$	H_2L-C_6H_6	−6.8

① t=20℃，μ=1.0

合成方法[1]



0.1mol苯偶酰与0.2mol盐酸羟胺和少量盐酸混合，置甲醇或乙醇溶液中于水浴上回流两小时，冷却，过滤，即得苯偶酰二肟。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Ni^{2+}	pH6.0～11.4，H_2L—$CHCl_3$可萃取Ni^{2+}
Pd^{2+}	pH2～6，H_2L—$CHCl_3$可萃取Pd^{2+}
Re^{7+}	5～9*M*热H_2SO_4，H_2L—异戊醇可萃取Re^{7+}

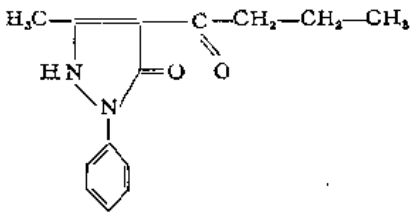
参 考 文 献

〔1〕 *Beil.*, 7,760.

1-苯基-3-甲基-4-丁酰基-5-吡唑酮　　Ⅰ-6-0054

1-Phenyl-3-methyl-4-butyryl-5-pyrazolone

结构式



分子式　$C_{14}H_{16}N_2O_2$　　**分子量**　248.29

理化性质　固体结晶。不溶于水，溶于氯仿，苯等溶剂。酮式熔点80℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(*t*)—；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	H_2O		$CHCl_3$	
	HL	L^-	HL	L^-
p*K*	4.15		8.17 ①	

① $t=22℃, \mu=0.1$

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lg*α*	3.15	2.15	1.18	0.38	0.06	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(*t*)—；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
$\lg K_D$	4.02	3.45

4. 螯合物分配常数〔温度(*t*)—；离子强度(*μ*)0.1*M*〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	$HL-C_6H_6$	3.27

5. 萃取常数〔温度(t)22℃，离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−6.5
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	11.84 ①
	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	12.32 ①
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.4
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.3
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−4.3
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.7
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.0
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−6.0
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-C_6H_6	−5.87②

① t未指明，μ=2.0；② t未指明，μ=0.1

合成方法[1] 等摩尔的1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮与丁酰氯反应而成。粗品用甲醇-水重结晶，产率57%。酮式熔点80℃。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	2.0M $HClO_4$，HL-$CHCl_3$或HL-C_6H_6可萃取Hf^{4+}

参考文献

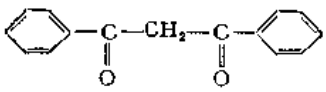
〔1〕 B. S. Jensen: *Acta, Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

1,3-二苯基-1,3-丙二酮 Ⅱ-6-0055

1,3-Diphenyl-1,3-propane dione

别名 二苯甲酰甲烷 Dibenzoylmethane

结构式



分子式 $C_{15}H_{12}O_2$ **分子量** 224.25

理化性质 固体结晶。难溶于水，易溶于氯仿，苯等有机溶剂。熔点77～78℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃，离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O	76%二氧六环
	HL　L⁻	HL　L⁻
pK	9.35	13.75①

① t=30℃，μ未指明

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
lgα	8.35	7.35	6.35	5.35	4.35	3.35	2.35	1.37	0.51	0.09	0.01

3．螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6
lgK_D	4.51	5.40	5.35

4．螯合物形成常数〔温度(t)30℃；离子强度(μ)—，75%二氧六环〕

金属离子	Ba^{2+}	Be^{2+}	Ca^{2+}	Cd^{2+}	Ce^{3+}	Co^{2+}	Cu^{2+}	Cs^{+}	Fe^{2+}	K^{+}	Li^{+}
lgK_1	6.10	13.62	7.17	8.67	10.99	10.35	12.98	3.42	11.15	3.67	5.95
lgK_2	5.40	12.41	6.38	7.96	10.54	9.70	12.09	—	10.35	—	—
lgK_3	—	—	—	—	8.85	—	—	—	—	—	—

金属离子	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Na^{+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	Rb^{+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}
lgK_1	8.54	9.32	4.18	10.83	9.75	3.52	6.40	10.23
lgK_2	7.67	8.47	—	9.89	9.04		5.70	9.42

5．螯合物分配常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.5-$CHCl_3$	2.05
Be^{2+}	$[BeL_2]_o/[BeL_2]$	HL-$CHCl_3$	1.60①
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o/[UO_2L_2]$	HL0.1-$CHCl_3$	3.4②

① t=22℃，μ=1.0；② t=30℃，μ=0.1

6．萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Ag^{+}	$[AgL]_o[H^+]/[HL]_o[Ag^+]$	HL0.1-C_6H_6	−8.58
Al^{3+}	$[AlL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Al^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−8.92
Am^{3+}	$[AmL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Am^{3+}]$	HL0.5-$CHCl_3$	−17.55
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−3.46
Ca^{2+}	$[CaL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Ca^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−18.0
Cd^{2+}	$[CdL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cd^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−13.98
Co^{2+}	$[CoL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Co^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−10.78
Cs^{+}	$[CsL]_o[H^+]/[HL]_o[Cs^+]$	HL-C_6H_6	−14.63①
Cu^{2+}	$[CuL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Cu^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−3.80
Fe^{3+}	$[FeL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Fe^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−1.93
Ga^{3+}	$[GaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Ga^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−5.76
Gd^{3+}	$[GdL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Gd^{3+}]$	HL-C_6H_6	−16.5②
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[In^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−7.61
K^{+}	$[KL]_o[H^+]/[HL]_o[K^+]$	HL-C_6H_6	−15.05
La^{3+}	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	HL-C_6H_6	−19.9②
	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−19.46
Li^{+}	$[LiL]_o[H^+]/[HL]_o[Li^+]$	HL-C_6H_6	−14.15①
Lu^{3+}	$[LuL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[Lu^{3+}]$	HL-C_6H_6	−15.16
Mg^{2+}	$[MgL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mg^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−14.72
Mn^{2+}	$[MnL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Mn^{2+}]$	HL-C_6H_6	−13.71
Na^{+}	$[NaL]_o[H^+]/[HL]_o[Na^+]$	HL-C_6H_6	−14.97①

续表

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL-C_6H_6	−17.7②
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−11.02
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−9.45
Pm^{3+}	$[PmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Pm^{3+}]$	HL-C_6H_6	−17.6②
Pr^{3+}	$[PrL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Pr^{3+}]$	HL-C_6H_6	−17.8②
Sc^{3+}	$[ScL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Sc^{3+}]$	HL0.1-C_6H_6	−6.04
Sr^{2+}	$[SrL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Sr^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−20.9
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-C_6H_6	−6.38
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-C_6H_6	−4.7 ①
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.1-CCl_4	−4.48
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.1-$CHCl_3$	−4.02
	$[UO_2L_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[UO_2^{2+}]$	HL<0.2-C_6H_6	−4.12
VO^{2+}	$[VOL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[VO^{2+}]$	HL0.05～0.2-C_6H_6	−3.46③
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL0.1-C_6H_6	−10.67

① $t=20℃,\mu$未指明；② $t=25℃,\mu=0.1$；③ $t=25℃,\mu$未指明

7．加合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.025M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_nS}$·S
Cs^+	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[CsLS_2]_0/[CsL]_0[S]_0^2$	1.0
K^+	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[KLS_2]_0/[KL]_0[S]_0^2$	4.59
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[KLS_2]_0/[KL]_0[S]_0^2$	1.88
Li^+	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	3.15
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	4.42
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	7.55
	氧化三苯基膦	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0/[LiL]_0[S]_0^2$	3.95
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.02-C_6H_6	$[LuL_3S]_0/[LuL_3]_0[S]_0$	6.15①
Na^+	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	1.97
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	2.24
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0/[NaL]_0[S]_0^2$	5.07
UO_2	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	0.6 ②
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	2.8 ②
	磷酸三丁酯	HL0.2,S0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0/[UO_2L_2]_0[S]_0$	4.45③

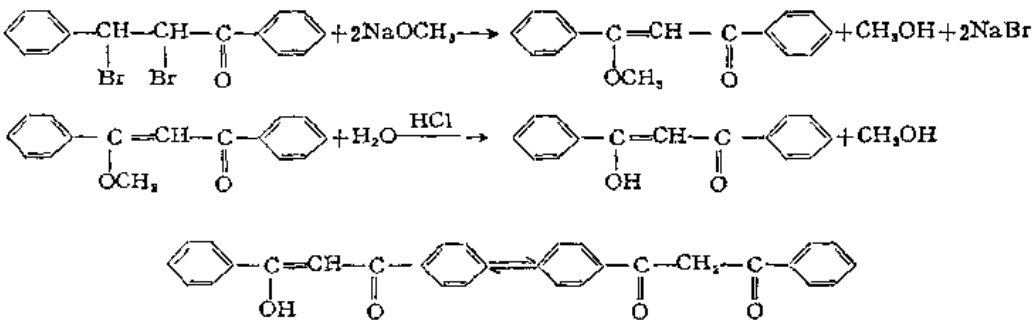
① $t=20℃,\mu=0.1$；② $t=20℃,\mu$未指明；③ $t=30℃,\mu=2.0$

8．加合物萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.025M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}$·S
Cs^+	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[CsLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Cs^+]$	−13.6
K^+	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[KLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[K^+]$	−13.17
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[KLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[K^+]$	−10.46
Li^+	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Li^+]$	−11.0
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]^2[Li^+]$	−6.60
	氧化三苯基膦	HL,S-C_6H_6	$[LiLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Li^+]$	−10.2
Lu^{3+}	氧化三正辛基膦	HL0.05,S<0.02-C_6H_6	$[LuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Lu^{3+}]$	−9.0 ①
Na^+	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	−13.0
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	−12.73
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[NaLS_2]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0^2[Na^+]$	−9.99
UO_2^{2+}	乙基己醇	HL,S-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0[UO_2^{2+}]$	−4.10②
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0[UO_2^{2+}]$	−1.9 ②
		HL0.2,S0.2-C_6H_6	$[UO_2L_2S]_0[H^+]/[HL]_0[S]_0[UO_2^{2+}]$	−1.0 ③

① $t=20℃,\mu=0.1$；② $t=20℃,\mu$未指明；③ $t=30℃,\mu=2.0$

合成方法[1]



将18.4 g苯甲酰二溴乙苯和16.5ml甲醇加以混合，迅速加入新制备的甲醇钠。回流一段时间，加足够的盐酸至混合物呈中性，再补加0.4ml盐酸，再回流5分钟并加16ml冷水。将烧瓶放在冷水中冷却，过滤，先用约5ml 50%甲醇洗涤，然后用水洗至无游离酸。用少量热甲醇进行重结晶。

用途 螯合萃取。

萃取离子	方　法　提　要
Al^{3+}	pH5～10，0.10*M* HL-苯可萃取约80%Al^{3+}，但萃取平衡极慢
Be^{2+}	pH4.5～8，0.10*M* HL-苯可定量萃取Be^{2+}
Ca^{2+}	pH>10.5，0.10*M* HL-苯可完全萃取Ca^{2+}
Cd^{2+}	pH9～12，0.10*M* HL-苯可定量萃取Cd^{2+}
Co^{2+}	pH7.5～10，0.10，*M* HL-苯可定量萃取Co^{2+}
Cu^{2+}	pH4～9，0.10*M* HL-苯可完全萃取Cu^{2+}
Fe^{3+}	pH2～4，0.1*M* HL-苯可完全萃取Fe^{3+}
Ga^{3+}	pH4～5.5，0.10*M* HL-苯可定量萃取Ga^{3+}
Hg^{2+}	pH5.5～7.5，HL-苯可定量萃取Hg^{2+}
In^{3+}	pH4.5～5.5，0.10*M* HL-苯可定量萃取In^{3+}
La^{3+}	pH>9，0.10*M* HL-苯可定量萃取La^{3+}
Lu^{3+}	pH7～8，HL-苯或乙酸丁酯可萃取97%以上的Lu^{3+}
Mg^{2+}	pH>9.5，0.10*M* HL-苯可完全萃取Mg^{2+}
Mn^{2+}	pH9～12，0.10*M* HL-苯可定量萃取Mn^{2+}
Pb^{2+}	pH7.5～11，0.10*M* HL-苯可定量萃取Pb^{2+}
Pd^{2+}	pH3～11，0.10*M* HL-苯萃取率达90%，但萃取速度很慢
Sc^{3+}	pH4～8，0.10*M* HL-苯可定量萃取Sc^{3+}
Sr^{2+}	pH12，0.10*M* HL-苯可萃取近80%Sr^{2+}
Th^{4+}	pH3.5～8，0.10*M* HL-苯可定量萃取Th^{4+}
Ti^{4+}	pH>3，0.10*M* HL-苯可定量萃取Ti^{4+}
Tl^{3+}	pH5～9，0.10*M* HL-苯可萃取约80%Tl^{3+}
UO_2^{2+}	pH5～6.5，以UO_2I_2·HL被0.10*M* HL-苯（或$CHCl_3$或CCl_4）定量萃取UO_2^{2+}

续表

萃取离子	方　法　提　要
Zn^{2+}	pH8～11，0.10M HL-苯可定量萃取Zn^{2+}
Zr^{4+}	pH4～5，0.10M HL-苯可萃取近90%Zr^{4+}

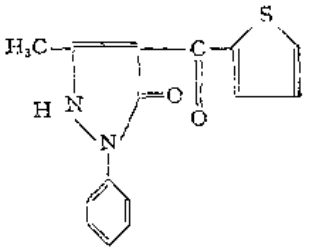
参 考 文 献

〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents", Vol. I, p. 417, 1947.

1-苯基-3-甲基-4-噻吩甲酰基-5-吡唑酮　　Ⅱ-6-0056

1-Phenyl-3-methyl-4-thenoyl-5-pyrazolone

结构式



分子式　$C_{15}H_{12}N_2O_2S$　　**分子量**　284.33

理化性质　固体结晶。不溶于水，可溶于氯仿等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	3.8	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lg$a$	2.80	1.90	0.86	0.21	0.03

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$
lgK_D	2.57

4. 萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃 取 平 衡	有 机 相	lgK_{ex}
Se^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−6.3

5. 加合物形成常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有 机 相	加 合 平 衡	lgK_{ML_nS}
Ce^{3+}	磷酸三丁酯	HL，S0.1-$CHCl_3$	$[SeL_3S]_0/[CeL_3]_0[S]_0$	3.1

6. 加合物萃取常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ce^{3+}	磷酸三丁酯	HL_2,S0.1-$CHCl_3$	$[CeL_3S]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[S]_o[Ce^{3+}]$	−4.2

合成方法[1]

参见1-苯基-3-甲基-4-酰基-5-吡唑啉酮的合成方法。将等摩尔的1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮与噻吩甲酰氯合成而得。

用途 螯合萃取剂。

参 考 文 献

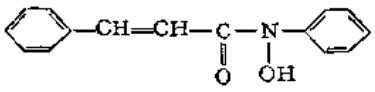
〔1〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand*, 13, 1668, (1959).

N,3-二苯基丙烯氧肟酸 Ⅱ-6-0057

N,3-Diphenylpropenohydroxamic acid

别名 *N*-肉桂酰-*N*-苯胺 *N*-Cinnamoyl-N-phenylhydroxylamine

结构式



分子式 $C_{15}H_{13}NO_2$ **分子量** 239.26

理化性质 淡绿色晶体，很稳定。难溶于水，溶于氯仿和苯等有机溶剂。熔点162～163℃

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	HL	L^-
pK	8.80	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.80	6.80	5.80	4.80	3.80	2.80	1.81	0.86	0.21	0.03

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
lgK_D	3.18	2.26

4. 螯合物形成常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	In^{3+}	Th^{4+}	Ti^{4+}
lgK_1	11.8	12.76	13.3
lgK_2	10.2	11.94	13.1
lgK_3	—	11.02	12.9
lgK_4	—	—	12.7

5. 螯合物分配常数〔温度(t)20℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,MLn}$
Th^{4+}	$[ThL_4]_o/[ThL_4]$	$HL-CHCl_3$	3.5
Ti^{4+}	$[TiL_4]_o/[TiL_4]$	$HL-C_6H_6$	2.23①

① $t=20℃, \mu=1.0$

6. 萃取常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
In^{3+}	$[InL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[In^{3+}]$	$HL<0.04-CHCl_3$	0.22
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	$HL<0.04-CHCl_3$	1.2
Ti^{4+}	$[TiL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Ti^{4+}]$	$HL<0.003-C_6H_6$	9.94①

① $t=20℃, \mu=1.0$

合成方法[1] 将30 g苯胺（苯基羟胺）溶于1.2 l水中，在强力搅拌下滴加53 g肉桂酰氯溶于75ml乙醚之溶液，约90分钟加完。为了使反应保持在碱性溶液中进行，在反应过程中不断补加碳酸氢钠。当肉桂酰氯全部加完后再搅拌45分钟。分离出N-肉桂酰-N-苯胺结晶，滤出结晶，用水洗，干燥即为成品。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Fe^{3+}	pH1，$HL-CHCl_3$可萃取Fe^{3+}
UO_2^{2+}	pH5.5～8.5，HL-乙酸乙酯可萃取UO_2^{2+}
V^{5+}	2.7～7.5M HCl，$HL-CHCl_3$可定量萃取V^{5+}

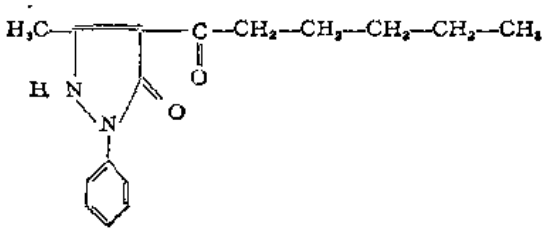
参考文献

〔1〕 A. K. Majumdar; *Anal. Chim. Acta*, 22(6), 515, (1960).

1-苯基-3-甲基-4-己酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0058

1-Phenyl-3-methyl-4-hexanoyl-5-pyrazolone

结构式



分子式 $C_{16}H_{20}N_2O_2$ **分子量** 272.34

理化性质 固体结晶。不溶于水，溶于苯和氯仿等溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)—；离子强度(μ)0.1M〕

	H_2O		$CHCl_3$	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	5.10		9.4①	

① t=22℃，μ=0.1

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7
lgα	4.10	3.10	2.10	1.13	0.35	0.05	0.01

3. 螯合剂分配常数〔温度(t)—；离子强度(μ)0.1M〕

	$CHCl_3$	C_6H_6
lgK_D	4.3	3.77

4. 螯合物分配常数〔温度(t)—；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0/[ZnL_2]$	HL-C_6H_6	3.84

5. 萃取常数〔温度(t)22℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	lgK_{ex}
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−7.7
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	11.4①
	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	12.2
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	−9.4
Mn^{2+}	$[MnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Mn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−8.0
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−4.6
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	11.0
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−1.4
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	−5.6
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-C_6H_6	−6.54②

① t未指明，μ=2.0；② t未指明，μ=0.1

合成方法[1] 参见1-苯基-3-甲基-4-酰基-5-吡唑酮的合成方法。将1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮与等摩尔的己酰氯反应而成。粗品用甲醇-水重结晶。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Hf^{4+}	2.0M $HClO_4$，HL-$CHCl_3$或HL-C_6H_6可萃取Hf^{4}

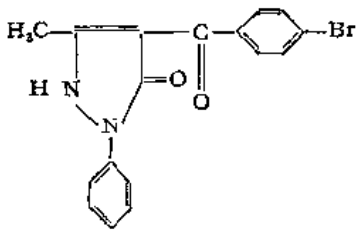
参 考 文 献

〔1〕 B. S. Jensen: *Acta Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

1-苯基-3-甲基-4-对溴苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0059

1-Phenyl-3-methyl-4-*p*-bromobenzoyl-5-pyrazolone

结构式



分子式 $C_{17}H_{13}BrN_2O_2$ **分子量** 357.19

理化性质 结晶性粉末。难溶于水，溶于氯仿。酮式熔点167℃；烯醇熔点122℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)22℃；离子强度(μ)0.1M，$CHCl_3$〕

	HL	L⁻
pK	8.80	—

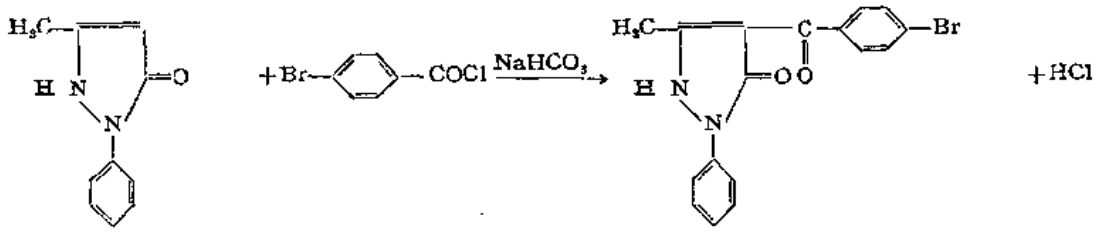
2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
lgα	7.80	6.80	5.80	4.80	3.80	2.80	1.81	0.86	0.21	0.03

3. 萃取常数〔温度(t)22℃；离子强度(μ)0.1M〕

金属离子	萃 取 平 衡	有 机 相	lgK_{ex}
Be^{2+}	$[BeL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Be^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−7.1
La^{3+}	$[LaL_3]_o[H^+]^3/[HL]_o^3[La^{3+}]$	$HL-CHCl_3$	−6.9
Pb^{2+}	$[PbL_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[Pb^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−3.2
Th^{4+}	$[ThL_4]_o[H^+]^4/[HL]_o^4[Th^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	−1.2
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o[H^+]^2/[HL]_o^2[UO_2^{2+}]$	$HL-CHCl_3$	−1.8

合成方法[1]



制备方法参见1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑酮（$C_{17}H_{14}O_2N_2$）。用二氧六环-水重结晶。产率82%。熔点167℃（酮式）；122℃（烯醇式）。

用途 螯合萃取剂。

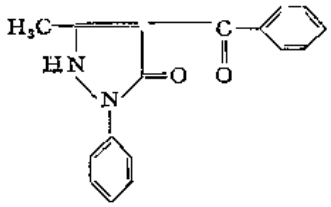
参 考 文 献

〔1〕 B.S. Jensen: *Acta, Chem, Scand.*, 13, 1668, (1959).

1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0060

1-Phenyl-3-methyl-4-benzoyl-5-pyrazolone

结构式



分子式 $C_{17}H_{14}N_2O_2$ **分子量** 278.30

理化性质 结晶性粉末。难溶于水，溶于氯仿，苯等有机溶剂。熔点122℃（酮式）；92℃（烯醇式）。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

	H_2O		$CHCl_3$	
	HL	L^-	HL	L^-
pK	4.09			8.1 ①

① t=22℃，μ=0.1

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	3.09	2.09	1.12	0.35	0.05

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）—〕

	$CHCl_3$	C_6H_6	甲苯	异戊醇
lgK_D	3.61①	3.66	3.45	2.33②

① t=25℃，μ=0.1；② t=25℃，μ=1.0

4. 螯合物分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	分配平衡	有机相	lgK_{D,ML_n}
Ac^{3+}	$[AcL_3]_o/[AcL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.6
Am^{3+}	$[AmL_3]_o/[AmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.3
Ce^{3+}	$[CeL_3]_o/[CeL_3]$	HL-甲苯	2.8 ①
Cf^{3+}	$[CfL_3]_o/[CfL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.1
Cm^{3+}	$[CmL_3]_o/[CmL_3]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.2
Co^{2+}	$[CoL_2]_o/[CoL_2]$	HL-C_6H_6	1.42①
Eu^{3+}	$[EuL_3]_o/[EuL_3]$	HL-甲苯	3.15①
Pu^{4+}	$[PuL_4]_o/[PuL_4]$	HL-C_6H_6	3.3 ②
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_o/[UO_2L_2]$	HL0.1-$CHCl_3$	2.5
VO^{2+}	$[VOL_2]_o/[VOL_2]$	HL-C_6H_6	1.12
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_o/[ZnL_2]$	HL-C_6H_6	3.57①

① t=20℃，μ=0.1；② t=25℃，μ=3.0

5. 萃取常数❶

金属离子	萃 取 平 衡	有 机 相	t,℃	μ, M	$\lg K_{ex}$
Ac^{3+}	$[AcL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ac^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−8.79
	$[AcL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ac^{3+}]$	HL-C_6H_6	—	1.0	−7.54
Am^{3+}	$[AmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Am^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−4.43
Be^{2+}	$[BeL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Be^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	22	0.1	−5.7
Ca^{2+}	$[CaL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ca^{2+}]$	HL-异戊醇	25	—	−6
Ce^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	20	0.1	−3.66
Ce^{3+}	$[CeL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Ce^{3+}]$	HL-甲苯	20	0.1	−2.28
Cf^{3+}	$[CfL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cf^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−3.25
Cm^{3+}	$[CmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cm^{3+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	−4.24
	$[CmL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Cm^{3+}]$	HL-异戊醇	—	0.5	−0.5
Co^{2+}	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL-C_6H_6	25	0.1	−7.25
	$[CoL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Co^{2+}]$	HL<0.05-异戊醇	25	0.1	−1.87
	$[CoL_2HL]_0[H^+]^2/[HL]_0^3[Co^{2+}]$	HL-C_6H_6	20	0.1	−5.42
Cu^{2+}	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL0.01-C_6H_6	25	1.0	1.44
	$[CuL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Cu^{2+}]$	HL-异戊醇	—	0.1	1.36
Eu^{3+}	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL-甲苯	20	0.1	−4.87
	$[EuL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Eu^{3+}]$	HL-异戊醇	—	0.5	0
	$[EuL_3HL]_0[H^+]^3/[HL]_0^4[Eu^{3+}]$	HL-甲苯	20	0.1	−3.22
Hf^{4+}	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	20	2.0	12.4
	$[HfL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Hf^{4+}]$	HL-C_6H_6	20	2.0	13.1
La^{3+}	$[LaL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[La^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	22	0.1	−7.4
Nd^{3+}	$[NdL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Nd^{3+}]$	HL-$CHCl_3$	21	—	−5.63
Ni^{2+}	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	20	0.1	−4.22
	$[NiL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Ni^{2+}]$	HL-异戊醇	—	0.1	−1.31
Pb^{2+}	$[PbL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Pb^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	22	0.1	−3.2
Pu^{4+}	$[PuL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Pu^{4+}]$	HL-C_6H_6	25	1.0	13
Sc^{3+}	$[ScL_3]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[Sc^{3+}]$	HL-C_6H_6	25	1.0	−3.7
Th^{4+}	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-$CHCl_3$	22	0.1	−1.6
	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	1.0	3.6
	$[ThL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Th^{4+}]$	HL-C_6H_6	25	0.1	5.8
Ti^{4+}	$[TiL_4]_0[H^+]^4/[HL]_0^4[Ti^{4+}]$	HL-C_6H_6	20	0.1	4.3
UO_2^{2+}	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	22	0.1	−2.0
	$[UO_2L_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[UO_2^{2+}]$	HL0.1-$CHCl_3$	25	0.1	0.06
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-CCl_4	23	—	−5.78
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-$CHCl_3$	23	—	−6.18
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-C_6H_6	20	0.1	−5.35
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL0.5-C_6H_6	23	—	−5.80
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-己烷	23	—	−5.38
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-环己烷	23	—	−5.34
	$[ZnL_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[Zn^{2+}]$	HL-异戊醇	23	—	−1.63

❶ 数据较多，温度（t）和离子强度（μ）各有差异故另列一栏。

6. 加合物形成常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合平衡	$\lg K_{ML_n}\cdot S$
Am^{3+}	甲基异丁基酮	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	0.59①
		HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	0.96①
	磷酸三丁酯	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	0.77①
		HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_0/[AmL_3]_0[S]_0^2$	2.0 ①
	氧化三正丁基膦	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	0.22①
	氧化三正辛基膦	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	0.90①
	氧化三苯基膦	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0/[AmL_3]_0[S]_0$	0.88①
Ce^{3+}	磷酸三丁酯	HL,S-甲苯	$[CeL_3S]_0/[CeL_3]_0[S]_0$	1.76
		HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0/[CeL_3]_0[S]_0^2$	2.88
	氧化三正丁基膦	HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0/[CeL_3]_0[S]_0^2$	7.14
	氧化三正辛基膦	HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0/[CeL_3]_0[S]_0^2$	6.78
Co^{2+}	异戊醇	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	2.00
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	2.90
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	4.18
	磷酸三（2-乙基己基）酯	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	3.0
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	4.08
	氧化三正丁基膦	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	5.34
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	7.46
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	4.96
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	6.52
	喹啉	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0/[CoL_2]_0[S]_0$	4.05
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0/[CoL_2]_0[S]_0^2$	6.22
Eu^{3+}	异戊醇	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	3.00
	磷酸三丁酯	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	6.7
	磷酸三（2-乙基己基）酯	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	6.6
	氧化三正丁基膦	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	10.70
	氧化三正辛基膦	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0/[EuL_3]_0[S]_0^2$	10.18
	喹啉	HL,S-甲苯	$[EuL_3S]_0/[EuL_3]_0[S]_0$	3.3

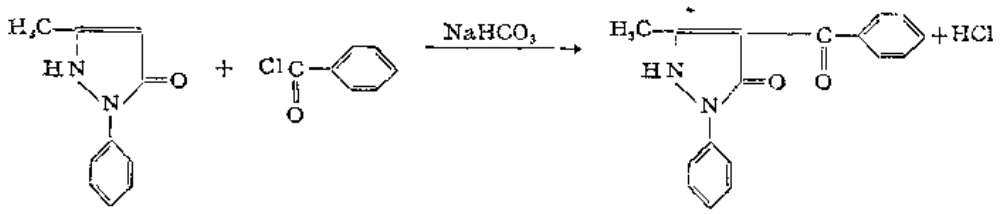
7. 加合物萃取常数〔温度（t）20℃；离子强度（μ）0.1M〕

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Am^{3+}	甲基异丁酮	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Am^{3+}]$	−3.8 ①
		HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Am^{3+}]$	−3.5 ①
	磷酸三丁酯	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Am^{3+}]$	−3.7 ①
		HL,S-CCl_4	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	−2.22②
	磷酸三丁酯	HL,S-$CHCl_3$	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	−2.4 ①
		HL,S-C_6H_6	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	1.33②
		HL,S-甲苯	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	1.59②
		HL,S-正己烷	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	5.18②
		HL,S-环己烷	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	4.76②
		HL,S-正庚烷	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	4.98②
		HL,S-正辛烷	$[AmL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Am^{3+}]$	4.85②
Ce^{3+}	磷酸三丁酯	HL,S-甲苯	$[CeL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Ce^{3+}]$	−0.5
		HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Ce^{3+}]$	0.6

金属离子	加合体，S	有机相	加合物萃取平衡	$\lg K_{ex}\cdot S$
Ce^{3+}	氧化三正丁基膦	HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Ce^{3+}]$	4.9
	氧化三正辛基膦	HL,S-甲苯	$[CeL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Ce^{3+}]$	4.5
Co^{2+}	异戊醇	HL,S-甲苯	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−5.4
	磷酸三丁酯	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−4.5
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−3.2
	磷酸三(2-乙基己基)酯	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−4.4
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−3.3
	氧化三正丁基膦	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−2.0
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	0.1
	氧化三正辛基膦	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−2.4
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−0.9
	喹啉	HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Co^{2+}]$	−3.3
		HL,S-C_6H_6	$[CoL_2S_2]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0^2[Co^{2+}]$	−1.1
Eu^{3+}	异戊醇	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	−1.9
	磷酸三丁酯	HL,S-CCl_4	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	2.48②
		HL,S-C_6H_6	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	1.56②
		HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	1.8②
		HL,S-正己烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.61②
		HL,S-环己烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.09②
	磷酸三丁酯	HL,S-正庚烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.47②
		HL,S-正辛烷	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.24②
	磷酸三(2-乙基己基)酯	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	1.7
	氧化三正丁基膦	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.8
	氧化三正辛基膦	HL,S-甲苯	$[EuL_3S_2]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0^2[Eu^{3+}]$	5.3
	喹啉	HL,S-甲苯	$[EuL_3S]_0[H^+]^3/[HL]_0^3[S]_0[Eu^{3+}]$	−1.6
Ni^{2+}	二己胺	HL,S-$CHCl_3$	$[NiL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Ni^{2+}]$	0.61
Zn^{2+}	磷酸三丁酯	HL0.05,S0.05-C_6H_6	$[ZnL_2S]_0[H^+]^2/[HL]_0^2[S]_0[Zn^{2+}]$	−3.63③

① $t=25℃$，$\mu=0.1$；② t未指明，$\mu=0.1$；③ $t=23℃$，$\mu=0.02$

合成方法[1]



将15 g 1-苯基-3-甲基吡唑啉酮放于一装有搅拌器，分液漏斗和回流冷凝器的烧瓶中，在加热下将其溶于60～80ml 1,4-二氧六环中，加12 g 氢氧化钙，在一分钟内滴加9.9ml苯甲酰氯，此时反应物成稠状液体，且在最初几分钟内温度有所提高。将混合物加热回流30分钟。瓶中的钙络合物倒至200ml12N HCl中，使之分解，即析出乳白色结晶。用布氏漏斗过滤。粗品用微酸性甲醇-水重结晶。纯品产率70%。熔点122℃（酮式）；92℃（烯醇式）。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方　法　提　要
Co^{2+}	0.1*M* HL-溶剂可萃取Co^{2+}。当溶剂为异戊醇，乙酸乙酯，环己烷，氯仿和苯时，它们的$pH_{1/2}$分别为5.16,5.58,5.40,7.36和9.7
Co^{2+}	pH>3,0.05*M* HL-异戊醇可定量萃取Co^{2+}
Cu^{2+}	pH 2.0~2.5,乙醇存在下，HL-$CHCl_3$可萃取Cu^{2+}
Ni^{2+}	pH2.0~2.5,乙醇存在下，HL-$CHCl_3$可萃取Ni^{2+}
Np^{4+}	1*M* HNO_3,0.1*M* HL-苯可萃取Np^{4+},而Np^{5+}和Np^{6+}分别萃取了1.0%和0.8%
Pu^{4+}	1~7*M* HNO_3,0.1*M* HL-C_6H_6可定量萃取99.8%以上的Pu^{4+}
Th^{4+}	0.25~1*N* HCl或HNO_3,HL-苯可萃取98%Th^{4+}

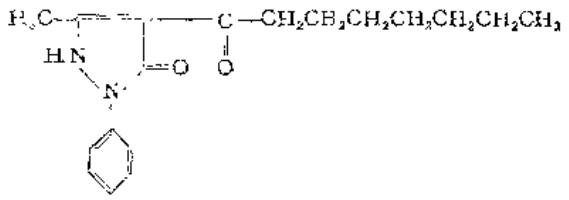
参　考　文　献

〔1〕 B. S. Jensen; *Acta Chem. Scand.*, 13, 1668, (1959).

1-苯基-3-甲基-4-辛酰基-5-吡唑酮　　Ⅱ-6-0061

1-Phenyl-3-methyl-4-Octanoyl-5-pyrazolone

结构式



分子式　$C_{18}H_{24}N_2O_2$　　**分子量**　300.39

理化性质　固体结晶。不溶于水，溶于氯仿和苯等溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）—；离子强度（μ）0.1*M*〕

	HL	L^-
pK	5.09	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
$\lg\alpha_H$	4.09	3.09	2.09	1.12	0.35	0.05

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）—；离子强度（μ）0.1*M*〕

	C_6H_6
$\lg K_D$	4.94

4. 螯合物分配常数〔温度（t）—；离子强度（μ）0.1*M*〕

金属离子	分配平衡	有机相	$\lg K_{D,ML_n}$
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_y/[ZnL_2]$	HL-C_6H_6	4.11

5. 萃取常数〔温度（t）—；离子强度（μ）2M〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Hf^{4+}	$[HfL_{4-n}(H^+)_n]/(HL)_2^4[Hf^{4+}]$	$HL-CHCl_3$	11.4
	$[HfL_{4-n}(H^+)_n]/(HL)_2^4[Hf^{4+}]$	$HL-C_6H_6$	12.3
Zn^{2+}	$[ZnL_2]_s[H^+]^2/(HL)_2^5[Zn^{2+}]$	$HL-C_6H_6$	$-6.8$①

① t未指明，$\mu=0.1$

合成方法[1] 将15 g 1,3,5-吡唑啉酮溶于60～80ml二氧六环中，在搅拌下加12 g氢氧化钙，在1分钟滴加14.8ml肉桂酰氯。将混合物加热并回流30分钟。用稀酸分解钙络合物。滤出产品，用水洗。用乙醇—水重结晶即为成品。

用途 螯合萃取剂。

测定离子	方法提要
Hf^{4+}	2.0M $HClO_4$，$HL-CHCl_3$或$HL-C_6H_6$同萃取Hf^{4+}

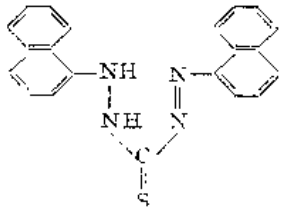
参 考 文 献

1. B. S. Jensen; *Acta Chem. Scand*, 13, 1668, (1959).

双-(α-萘基)硫代卡巴腙 Ⅱ-6-0062

Bis-(α-naphthyl)thiocarbazone

结构式



分子式 $C_{21}H_{16}N_4S$ **分子量** 356.44

理化性质 蓝黑色粉末。不溶于水和酸，溶于氯仿和四氯化碳等有机溶剂。

理化参数

1. 离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.25M〕

	H_2O	CCl_4	$CHCl_3$	50%二氧六环
	H_2L HL^-	H_2L HL^-	H_2L HL^-	H_2L HL^-
pK	3.7	11.0①	12.3②	5.23③

① t和μ均未指明；② $t=25$℃，μ未指明；③ $t=25$℃，$\mu=0.1$

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	6
$\lg\alpha$	2.70	1.80	0.78	0.18	0.02

3. 螯合剂分配常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.25M〕

	$CHCl_3$
$\lg K_D$	8.6

4. 螯合物形成常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0.1M，50%二氧六环〕

金属离子	Ni^{2+}	Zn^{2+}
$\lg K_1$	5.38	4.21

5. 萃取常数〔温度（t）—；离子强度（μ）—〕

金属离子	萃取平衡	有机相	$\lg K_{ex}$
Cu^{2+}	$[Cu(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Cu^{2+}]$	H_2L-CCl_4	8.31
Hg^{2+}	$[Hg(HL)_2]_0[H^+]^2/[H_2L]_0^2[Hg^{2+}]$	H_2L-CCl_4	22.14

合成方法[1] 将1g双（α-萘基）-硫代碳酰二肼悬浮在25ml沸乙醇中，与含1g氢氧化钾的液水溶液混合后煮沸几分钟，放冷，滤出钾盐（卡巴腙的K盐），酸化后滤出结晶，干燥即为成品。

用途 螯合萃取剂。

萃取离子	方法提要
Cu^{2+}	pH1.3～5.5，H_2L-CCl_4可定量萃取Cu^{2+}
Hg^{2+}	pH0.5～5.0，H_2L-CCl_4可定量萃取Hg^{2+}

参考文献

〔1〕 F. J. Welcher: "Org. Anal. Reagents", Vol. 3, 464, 1948.

第七章 沉 淀 剂

本章收集的沉淀剂是指用作沉淀分离法和重量分析法中较常用的沉淀剂，所收集的主要数据是难溶化合物的溶度积常数和其他有关数据，由于有些常用沉淀剂缺乏难溶化合物的溶度积常数而没有收入；有些试剂虽有难溶化合物的溶度积常数，但不常用或不作为沉淀剂，故也未收入。

沉淀剂分为无机沉淀剂和有机沉淀剂两大类。无机沉淀剂的排列以其阴离子的化学式中元素符号英文字母为序，例如氯化物Cl^-，氢氧化物OH^-，硫化物S^{2-}，磷酸盐PO_4^{3-}、它们的排列次序为Cl^-，OH^-，PO_4^{3-}，S^{2-}。但分子式，分子量，试剂的理化性质及合成方法等又必须以具体的对象才能叙述，为此在这些栏中均以常用试剂为代表，如氯化物以HCl，氢氧化物以NaOH，硫化物以$(NH_4)_2S$等为代表进行讨论。

第一节 无机沉淀剂

氯 化 物 Ⅱ-7(1)-0001

Chloride

结构式

Cl^-

分子式 HCl **分子量** 36.46

理化性质 见第一分册。

理化参数

1 离解常数及酸效应系数 见本分册Ⅱ-4(1)-0002

2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AgCl	1.8×10^{-10}	9.75	$CuCl+Cl^-=CuCl_2^-$	7.6×10^{-2}	1.12
$AgCl+Cl^-=AgCl_2^-$	2.0×10^{-5}	4.70	$CuCl+2Cl^-=CuCl_3^{2-}$	3.4×10^{-3}	1.47
$AgCl+2Cl^-=AgCl_3^{2-}$	2.0×10^{-5}	4.70	Hg_2Cl_2	1.3×10^{-18}	17.88
$AgCl+3Cl^-=AgCl_4^{3-}$	3.5×10^{-5}	4.46	K_2PdCl_6	6.0×10^{-7}	6.22
AuCl	2.0×10^{-13}	12.7	K_2PtCl_6	1.1×10^{-6}	4.96
$AuCl_3$	3.2×10^{-25}	24.5	$PbCl_2$	1.6×10^{-5}	4.79
$BiOCl=BiO^++Cl^-$	7.0×10^{-9}	8.2	PbOHCl	2×10^{-14}	13.7
$BiOCl+2H^+=Bi^{3+}+Cl^-+H_2O$	2.7×10^{-7}	6.68	TlCl	1.7×10^{-4}	3.76
$BiOCl+H_2O=Bi^{3+}+Cl^-+2OH$	1.8×10^{-31}	30.75	$TlCl+Cl^-=TlCl_2^-$	1.8×10^{-4}	3.74
CuCl	1.2×10^{-6}	5.92	$TlCl+2Cl^-=TlCl_3^{2-}$	2.0×10^{-5}	4.70

3. 氯化物的溶解度（在100 g 水中最大溶解的克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
AgCl	—	—	8.9×10^{-5}	1.5×10^{-4}	—	—	5×10^{-4}	—	—	—	—	2×10^{-3}
$AlCl_3$	$6H_2O$	43.8	44.9	45.9	46.7	47.3	—	48.1	—	48.6	—	49.9
$BaCl_2$	$2H_2O$	31.6	33.3	35.7	38.2	40.7	43.6	46.4	49.4	52.4	—	58.8
$CaCl_2$	$6H_2O$	59.5	65.0	74.5	102	—	—	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	136.8	141.7	147.0	152.7	159
$CdCl_2$	$4H_2O$	97.59	125.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$2\frac{1}{2}H_2O$	90.01	122.8	—	132.1	—	—	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	135.1	134.5	—	135.3	—	136.5	—	140.5	—	147.0
$CoCl_2$	$6H_2O$	41.6	46.0	50.4	53.5	—	—	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	88.7	93.5	95.3	97.6	101.2	106.2
	$1H_2O$	—	—	—	—	69.5	88.7	90.5	—	98.0	—	104.1
CsCl	—	161.4	174.7	186.5	197.3	208.0	218.5	229.7	239.5	250.0	260.1	270.5
Cs_2PtCl_6	—	4.7×10^{-3}	6.4×10^{-3}	8.6×10^{-3}	11.9×10^{-3}	15.8×10^{-3}	21.2×10^{-3}	29.0×10^{-3}	38.9×10^{-3}	52.5×10^{-3}	67.5×10^{-3}	91.5×10^{-3}
CuCl	—	—	—	1.52 (25℃)	—	—	—	—	—	—	—	—
$CuCl_2$	$4H_2O$	68.6	70.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	70.7	73.76	77.0	80.34	83.8	87.44	91.2	—	99.2	—	107.9
$Cu(NH_4)_2Cl_4$	$2H_2O$	28.24	—	35.05	—	43.82	—	56.57	—	76.56	—	—
$FeCl_2$	$4H_2O$	—	64.5	—	73.0	77.3	82.5	88.7	—	100	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105.3	105.8
$FeCl_3$	$6H_2O$	74.4	81.8	91.9	106.8	—	—	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	315.2	—	—	—	—	—
	—	74.4	81.9	91.8	—	—	315.1	—	—	525.8	—	535.7
HCl	—	82.3	—	—	67.3	63.3	59.6	56.1	—	—	—	—
Hg_2Cl_2	—	1.4×10^{-4}	—	2×10^{-4}	—	7×10^{-4}	—	—	—	—	—	—
$HgCl_2$	—	3.6	4.8	6.5	8.3	10.2	—	16.2	—	30.0	—	61.3
KCl	—	27.6	31.0	34.0	37.0	40.0	42.6	45.5	48.3	51.1	54.0	56.7
K_2PtCl_6	—	0.74	0.90	1.12	1.41	1.76	2.17	2.64	3.19	3.79	4.45	5.12
LiCl	$1H_2O$	67	72	78.5	84.5	90.5	97	103	—	115	—	127.5
$MgCl_2$	$6H_2O$	52.8	53.6	54.5	—	57.5	—	61.0	—	66.0	—	73.0
$MnCl_2$	$4H_2O$	63.4	68.1	73.9	80.71	88.59	98.15	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	108.6	110.6	112.7	114.1	115.3

续表

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NaCl	—	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3	37.8	38.4	39.0	39.8
NH_4Cl	—	29.4	33.3	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2	60.2	65.6	71.3	77.3
$(NH_4)_2PtCl_6$	—	—	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	1.25
$NiCl_2$	$6H_2O$	53.9	59.5	64.2	68.9	73.3	78.3	82.2	85.2	—	—	87.6
	$4H_2O$	—	—	—	—	72.5	—	80.5	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	86.9	—	88.0
$PbCl_2$	—	0.6728	—	0.99	1.20	1.45	1.70	1.98	—	2.62	—	3.34
RbCl	—	77	84.4	91.1	97.6	103.5	109.3	115.5	121.4	127.2	133.1	138.9
Rb_2PtCl_6	—	13.7×10^{-3}	20.0×10^{-3}	28.2×10^{-3}	39.7×10^{-3}	56.5×10^{-3}	—	99.7×10^{-3}	—	182×10^{-3}	—	334×10^{-3}
$SbCl_3$	—	601.6	—	931.5	1068.0	1368.0	1917.0	4531.0	—	∞	—	—
$SnCl_2$	—	83.9	—	269.8 (15℃)	—	—	—	—	—	—	—	—
$SrCl_2$	$6H_2O$	43.5	47.7	52.9	58.7	65.3	72.4	81.8	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	85.9	90.5	—	100.8
TlCl	—	0.21	0.25	0.33	0.42	0.52	0.63	0.80	—	1.20	—	1.80
$ZnCl_2$	$3H_2O$	207.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$2\frac{1}{2}H_2O$	—	271.7	367.3	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	452.5	—	488.3	—	541.1	—	614.4

4. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
AgCl	70～600	Ag:0.7526; Cl:0.2474	$PbCl_2$	53～528	Pb:74.9; PbO:0.8076
CsCl	110～877	Cs:0.7894; Cs_2O:0.8369	$(NH_4)_2PtCl_6$	<181	Pt:0.4396

* $(NH_4)_2PtCl_6$的沉淀剂是NH_4Cl；其他的沉淀剂是HCl。

合成方法及提纯方法 见第一分册。

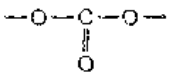
用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Ag^+	加1%HNO_3，加HCl，加热至70℃，放数小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，0.06%HNO_3洗涤，沉淀于130～150℃干燥，称量形式为AgCl。 Br^{3+}，CN^-，Cu^+，Hg_2^{2+}，Pb^{2+}，$S_2O_3^{2-}$，Tl^+，Sb^{3+}干扰；低价离子经硝酸氧化[illegible]
Bi^{3+}	加氨水至浑浊，加HCl，热水，煮沸2小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，热水，乙醇洗[illegible]，100℃干燥，称量形式BiOCl

碳酸盐 Ⅱ-7(1)-0002

Carbonate

结构式



分子式 $(NH_4)_2CO_3$ **分子量** 96.09

理化性质 $(NH_4)_2CO_3$的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数见本分册Ⅱ-4(1)-0001。
2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2CO_3	8.1×10^{-12}	11.09	$CdCO_3$	5.2×10^{-12}	11.28
$BaCO_3$	5.1×10^{-9}	8.29	$CoCO_3$	1.4×10^{-13}	12.84
$BaCO_3+CO_2+H_2O=Ba^{2+}+2HCO_3^-$	4.5×10^{-5}	4.35	$CuCO_3$	1.4×10^{-10}	9.8[illegible]
			$FeCO_3$	3.2×10^{-11}	10.[illegible]
$BeCO_3\cdot4H_2O$	1×10^{-3}	3.0	$Gd(HCO_3)_3$	2×10^{-7}	1.7
$CaCO_3$	2.8×10^{-9}	8.54	Hg_2CO_3	8.9×10^{-17}	16.05
$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca^{2+}+2HCO_3^-$	5.2×10^{-5}	4.28	$K_4[UO_2(CO_3)_3]$	6.3×10^{-5}	4.2
$CaCO_3$（方解石）	4.5×10^{-9}	8.35	Li_2CO_3	2.5×10^{-2}	1.60
$CaCO_3$（文石）	6.0×10^{-9}	8.22	$MgCO_3$	3.5×10^{-8}	7.46
$Ca[Mg(CO_3)_2]$（石云石）	1×10^{-11}	11.0	$MgCO_3\cdot3H_2O$	2.1×10^{-5}	4.67

续表

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$MnCO_3$	1.8×10^{-11}	10.74	PuO_2CO_3	1.7×10^{-18}	13.77
$NaPb(OH)(CO_3)_2$	1×10^{-31}	31.0	$SrCO_3$	1.1×10^{-10}	9.96
$NiCO_3$	6.6×10^{-9}	8.18	UO_2CO_3	1.8×10^{-12}	11.73
$PbCO_3$	7.4×10^{-14}	13.13	$ZnCO_3$	1.4×10^{-11}	10.84

3．碳酸盐在水中的溶解度（在100 g 水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ag_2CO_3	—	—	—	3.2×10^{-3}	—	—	—	—	—	—	—	0.05
$BaCO_3$	—	—	1.6×10^{-3} (8°)	2.2×10^{-3} (18°)	2.4×10^{-3} (24.2°)	—	—	—	—	—	—	—
$CaCO_3$	—	8.1×10^{-3}	7.0×10^{-3}	6.5×10^{-3}	5.2×10^{-3}	4.2×10^{-3}	3.8×10^{-3}	—	—	—	—	—
$Ca(HCO_3)_2$	—	16.15	—	16.60	—	17.05	—	17.50	—	17.95	—	18.40
CO_2	—	—	0.3346	0.2318	0.1688	0.1257	0.0973	0.0761	0.0576	—	—	0
K_2CO_3	$2H_2O$	105.5	108	110.5	113.7	116.9	121.2	126.8	133.1	139.8	147.5	155.7
$KHCO_3$	—	22.4	27.7	33.2	39.1	45.4	—	60.0	—	—	—	—
Li_2CO_3	—	1.54	1.43	1.33	1.25	1.17	1.08	1.01	—	0.85	—	0.72
Na_2CO_3	$10H_2O$	7	12.5	21.5	38.8	—	—	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	50.5	48.5	—	46.4	—	45.8	—	45.5
$NaHCO_3$	—	6.9	8.15	9.6	11.1	12.7	14.45	16.4	—	—	—	—
NH_4HCO_3	—	11.9	15.8	21	27	—	—	—	—	—	—	—
$NiCO_3$	—	—	—	9.25×10^{-3} (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
$PbCO_3$	—	—	—	1.1×10^{-4}	—	—	—	—	—	—	—	—

合成方法与提纯方法 见第一分册。

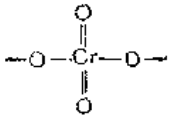
用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Bi^{3+}	煮沸试液，加$(NH_4)_2CO_3$，氨水，过滤，热水洗涤，沉淀于1000℃灼烧。称量形式为Bi_2O_3，不溶性氢氧化物，Cl^-，SO_4^{2-}有干扰
Os^{4+}	酸性试液，加热100℃，加5% $NaHCO_3$至pH1.5～6.3，玻璃过滤器过滤，用1% NH_4Cl 及乙醇洗涤，800℃灼烧
Ru^{3+}或Ru^{4+}	酸性试液，加5%$NaHCO_3$至pH5～7（溴甲酚紫变色），沸5分钟，滤纸过滤，2%$(NH_4)_2SO_4$溶液洗，800℃灼烧（在氢气中）
Zn^{2+}	试液热至100℃，加Na_2CO_3（酚酞变红），玻璃过滤器过滤，水洗涤，950～1000℃灼烧，称量形式ZnO

铬 酸 盐

Chromate

结构式



分子式 $K_2CrO_4(H_2CrO_4)$ **分子量** 194.19(118.02)

理化性质 K_2CrO_4的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	0.93	6.50	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
lgα	5.79	4.54	3.50	2.50	1.51	0.62	0.12	0.01

3. 难溶化合物的溶度积常数

化 合 物	K_{sp}	pK_{sp}	化 合 物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2CrO_4	1.1×10^{-12}	11.95	Hg_2CrO_4	2.0×10^{-9}	8.70
$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}	9.93	$PbCrO_4$	2.8×10^{-13}	12.55
$CaCrO_4$	7.1×10^{-4}	3.15	$SrCrO_4$	2.2×10^{-5}	4.66
$CuCrO_4$	3.6×10^{-6}	5.44	Tl_2CrO_4	1.0×10^{-12}	12.0
$LaV_2(CrO_4)_3\cdot10H_2O$	1×10^{-8}	8.0			

4. 铬酸盐在水中的溶解度（在100 g 水中最大溶解克数）

化 合 物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ag_2CrO_4	—	0.0014	—	—	0.0036	—	0.0053	—	0.008	—	—	[illegible]
$LaCrO_4$	—	0.0002	0.00028	0.00037	0.00046	—	—	—	—	—	—	—
CrO_3	—	164.9	—	—	—	174.0	182.1	—	—	—	[illegible]	[illegible]
K_2CrO_4	—	58.2	60.2	61.7	63.4	65.2	66.8	68.6	70.4	72.1	[illegible]	[illegible]
Na_2CrO_4	$10H_2O$	31.70	50.17	68.7	—	—	—	—	—	—	—	—
	$4H_2O$	—	—	—	88.7	95.96	104	114.6	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	123.0	124.5	—	[illegible]
$(NH_4)_2CrO_4$	—	25.61	—	32.96	40.4	—	51.87	—	61.83 (75°)	—	—	—
$PbCrO_4$	—	—	—	7×10^{-6}	—	—	—	—	—	—	—	—

5．化合物的热稳定性及换算因数

称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
Ag_2CrO_4	92～812	Ag:0.6503;	$BaCrO_4$	<60	Ba:0.6053
		Cr:0.1568;	$HgCrO_4$	52～256	Hg:0.7757
		Cr_2O_3:0.2291	Tl_2CrO_4	97～745	Tl:0.7789
$BaCrO_4$	<60	Ba:0.5421;			

合成与提纯方法 K_2CrO_4的合成与提纯方法见第一分册。

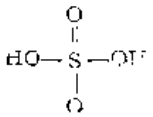
用途 沉淀剂。

沉淀离子	方　法　提　要
Ba^{2+}	用乙酸酸化试液，煮沸，加铬酸铵，用玻璃过滤器过滤，0.5%乙酸铵洗涤，<60℃烘干，称量形式$BaCrO_4$，许多离子干扰，但允许Ca^{2+}，Sr^{2+}共存
Ba^{2+}	pH4.5，乙酸盐缓冲液，$BaCrO_4$沉淀，可与Ca^{2+}，Sr^{2+}分离
Tl^{+}	试液加氨水，80℃，加K_2CrO_4，用玻璃过滤器过滤，1%K_2CrO_4和50%乙醇洗涤，<745℃灼烧，称量形式Tl_2CrO_4，Pb^{2+}，Ag^{+}，Hg^{2+}干扰；氨水，在碱基水场酸存在下，可与Ga^{3+}，In^{3+}，Fe^{3+}，Al^{3+}，Cr^{3+}分离

硫　酸　　Ⅱ-7(1)-0004

Sulfuric acid

结构式



分子式 H_2SO_4　　**分子量** 98.08

理化性质 见第一分册。

理化参数

1．离解常数和酸效应系数　见本分册Ⅱ-4(1)-0017。

2．难溶化合物的溶度积

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2SO_4	1.4×10^{-5}	4.84	$PbSO_4$	1.6×10^{-8}	7.79
$BaSO_4$	1.1×10^{-10}	9.96	$RaSO_4$	4.2×10^{-11}	10.37
$CaSO_4$	9.1×10^{-6}	5.04	$SrSO_4$	3.2×10^{-7}	6.49
Hg_2SO_4	7.4×10^{-7}	6.13			

3．硫酸盐在水中的溶解度（在100 g 水中溶解的最大克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ag_2SO_4	—	0.573	0.695	0.796	0.888	0.979	1.08	1.15	1.22	1.30	1.36	1.41
$Al_2(SO_4)_3$	$18H_2O$	31.2	33.5	36.4	40.4	46.1	52.2	59.2	66.1	73.0	80.8	89.0
$BaSO_4$	—	1.15×10^{-4}	2.0×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.85×10^{-4}	—	3.36×10^{-4}	—	—	4.0×10^{-4}	—	4.13×10^{-4}
$BeSO_4$	$6H_2O$	—	—	—	52	—	60.67	—	—	—	—	—
	$4H_2O$	37.0	—	39.9	43.78	46.74	—	55.5	62	—	83	100
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	84.76	98	110
$CaSO_4$	$2H_2O$	0.1759	0.1928	0.2036	0.2090	0.2097	—	0.2047	0.1974	0.1966	—	0.1619
$CdSO_4$	—	76.48	76.00	76.60	—	78.54	—	83.68	—	—	63.13	60.77
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	77.1	—	70.3	67.6	64.5	68.4
	$8/3H_2O$	75.4	76.1	—	77.7	78.6	—	—	—	—	—	—
$Ce_2(SO_4)_3$	$9H_2O$	20.75	—	10.08	6.79	—	4.674	3.874	—	—	—	—
	$8H_2O$	18.98	—	9.52	—	5.947	—	4.04	—	—	—	—
	$5H_2O$	—	—	—	—	—	—	3.247	—	1.204	—	0.46
	$4H_2O$	—	—	—	—	6.056	3.42	2.35	—	1.01	—	0.42
$CoSO_4$	$7H_2O$	25.55	30.65	36.21	42.26	48.85	55.2	60.4	65.7	70	—	83
	$6H_2O$	—	—	—	—	—	—	55.0	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	73.8	—	83.9
Cs_2SO_4	—	167.1	173.1	178.7	184.1	189.9	194.9	199.9	205.0	210.3	214.9	220.3
$CuSO_4$	$5H_2O$	14.3	17.4	20.7	25	28.5	33.3	40.0	47.1	55.0	64.2	75.4
$FeSO_4$	$7H_2O$	15.65	20.51	26.5	32.9	40.2	48.6	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	50.9	43.6	37.3	—
K_2SO_4	—	7.35	9.22	11.11	12.97	14.76	16.50	18.17	19.75	21.4	22.8	24.1
$KAl(SO_4)_2$	$12H_2O$	3.0	4.0	5.9	8.4	11.7	17.0	24.8	40.0	71.0	109.0	154
$KCr(SO_4)_2$	$12H_2O$	—	—	12.51 (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
$KHSO_4$	—	36.3	—	51.4	—	67.3	—	—	—	—	—	121.6
$La_2(SO_4)_3$	$9H_2O$	3.0	—	—	1.9	—	1.5	—	—	—	—	0.69
Li_2SO_4	$1H_2O$	35.3	35.0	34.2	33.5	32.7	32.5	31.9	—	30.7	—	29.9
$MgSO_4$	$7H_2O$	—	30.9	35.5	40.8	45.6	—	—	—	—	—	—
	$6H_2O$	40.8	42.2	44.5	45.3	—	50.4	53.5	59.5	64.2	69.0	79.0
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	62.9	—	68.3
$MnSO_4$	$7H_2O$	53.23	60.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$MnSO_4$	$5H_2O$	—	59.5	62.9	67.76	—	—	—	—	—	—	—
	$4H_2O$	—	—	64.5	66.4	68.8	72.6	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	58.2	55.0	52.0	48.0	42.5	34.0
Na_2SO_4	$10H_2O$	5.0	9.0	19.4	40.8	—	—	—	—	—	—	—
	$7H_2O$	19.5	30.0	44.0	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	50.4	48.8	46.7	45.3	44.1	43.7	42.9	42.5
$Nd_2(SO_4)_3$	$8H_2O$	9.6	—	7.1	5.3	4.1	3.3	2.8	2.5	—	1.2	1.2
	—	9.5	—	—	5.0	—	3.7	—	—	2.7	—	—
$(NH_4)_2SO_4$	—	70.6	73.0	75.4	78.0	81.0	—	88.0	—	95.3	—	103.3
$(NH_4)_2Al(SO_4)_2$	$12H_2O$	2.72	4.81	7.17	10.10	14.29	19.1	23.8	37.7	53.9	98.2	120.7
$(NH_4)_2Al_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	2.1	4.99	7.74	10.94	14.88	20.10	26.70	—	—	—	109.7 (95°)
$(NH_4)_2Cd(SO_4)_2$	$6H_2O$	—	—	72.3 (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
$(NH_4)_2Co(SO_4)_2$	$6H_2O$	6.0	9.5	13.0	17.0	22.0	27.0	33.5	40.0	49.0	—	—
$(NH_4)_2Cr_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	—	—	10.78 (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
$(NH_4)_2Cr(SO_4)_2$	$12H_2O$	3.9	—	—	11.9	18.3	—	—	—	—	—	—
$(NH_4)_2Fe_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	—	—	—	44.15 (25°)	—	—	—	—	—	—	—
$NH_4Fe(SO_4)_2$	$12H_2O$	—	—	124	—	—	—	—	—	—	—	400
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	$6H_2O$	12.5	17.2	—	—	33	40	—	52	—	—	—
NH_4TaSO_4	—	—	55.23	—	55.03	—	56.25		56.60	—		—
Na_2SeO_4	$7H_2O$	27.22	32	—	42.45	—	—	—	—	—	—	—
	$6H_2O$	—	—	—	—	—	50.15	54.80	59.44	63.17	—	75.7

续表

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$	$6H_2O$	—	3.2	5.9	7.8	11.5	14.4	17.0	19.8	26.5	—	—
$PbSO_4$	—	2.8×10^{-3}	3.5×10^{-3}	4.1×10^{-3}	4.9×10^{-3}	5.6×10^{-3}	—	—	—	—	—	—
Rb_2SO_4	—	36.4	42.6	48.2	53.5	58.5	63.1	67.4	71.4	75.0	78.7	81.8
$RbAl(SO_4)_2$	$12H_2O$	0.72	—	2.59	—	3.52	—	7.59	—	43.25	—	65
$SnSO_4$	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	18
SO_4	—	22.83	16.21	11.29	7.83	5.41	4.5	3.2	2.6	2.1	1.8	—
$SrSO_4$	—	1.13×10^{-2}	1.14×10^{-2}	1.14×10^{-2}	—	—	—	—	—	—	—	—
$Th(SO_4)_2$	$9H_2O$	0.74	0.98	1.38	1.995	2.998	5.22	—	—	—	—	—
	$8H_2O$	1.0	1.26	1.62	—	—	—	—	—	—	—	—
	$6H_2O$	1.50	—	1.90	2.45	—	—	6.64	—	—	—	—
	$4H_2O$	—	—	—	—	4.04	2.54	1.63	1.09	—	—	—
Tl_2SO_4	—	2.70	3.70	4.87	6.10	—	9.21	10.97	12.74	14.61	16.53	18.45
$Yb_2(SO_4)_3$	$8H_2O$	44.2	38.4	—	21.0	—	—	10.4	7.22	6.92	5.83	4.67
$ZnSO_4$	$7H_2O$	41.9	47	54.4	—	—	—	—	—	—	—	—
	$6H_2O$	—	—	—	—	70.1	76.8	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	—	—	—	26.6	35.7	39.8

4. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
$BaSO_4$	780～1100	Ba:0.5885, BaO:0.6570	$CaSO_4$	105～890	CaO:0.4119
$BeSO_4$	346～679	Be:0.0858; BeO:0.2380	$PbSO_4$	271～959	Pb:0.6832; PbO:0.7360
$CaSO_4$	105～890	Ca:0.2944;	$SrSO_4$	100～300	Sr:0.4770; SrO:0.5641

* 沉淀剂是H_2SO_4。

合成与提纯方法 见第一分册。

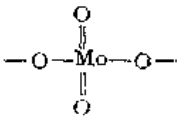
用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Ba^{2+}	试液煮沸，加入热稀H_2SO_4，放置12～18小时，沉淀用滤纸过滤，热水洗涤，高于780℃灼烧，称量形式$BaSO_4$。Pb^{2+}，Ca^{2+}和Sr^{2+}有干扰；Te^{2+}可用EDTA掩蔽
Ca^{2+}	中性或弱酸性溶液，加10倍过量的1:1H_2SO_4，加4倍体积的乙醇，放12小时，滤纸过滤，用75%乙醇洗涤，沉淀于500～600℃灼烧，称量形式$CaSO_4$
Pb^{2+}	加1:1H_2SO_4，蒸至冒白烟，加水至酸度为8%H_2SO_4，放3～4小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，6%H_2SO_4($PbSO_4$饱和溶液)洗涤，120～130℃干燥；或者用滤纸过滤，300～600℃灼烧，称量形式为$PbSO_4$。Ag^+，Bi^{3+}，Cu^{2+}，Sb^{3+}，Sn^{2+}，WO_4^{2-}和Ca^{2+}干扰；Ba^{2+}，Sr^{2+}的干扰可将沉淀用乙酸铵处理，使$PbSO_4$溶解，分离后再将Pb^{2+}沉淀
Sr^{2+}	加10倍过量的H_2SO_4，加乙醇，沉淀用玻璃过滤器过滤，75%乙醇、稀H_2SO_4、乙醇依次洗涤，100～110℃干燥；或者用滤纸过滤，800℃灼烧，称量形式$SrSO_4$。Ba^{2+}，Ca^{2+}干扰，Pb^{2+}可用乙酸铵溶液分离

钼酸盐 Ⅱ-7(1)-0005

Molybdate

结构式



分子式 $(NH_4)_2MoO_4(H_2MoO_4)$ **分子量** 196.02(191.96)

理化性质 $(NH_4)_2MoO_4$的理化性质见第一分册。

理化常数

1. 离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
pK	2.54	3.86	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5
lgα	4.41	2.48	0.86	0.17	0.02

3．难溶化合物的溶度积

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2MoO_4	2.8×10^{-12}	11.55	$CaMoO_4$	4.2×10^{-8}	7.38
$BaMoO_4$	4.0×10^{-8}	7.40	$La_2(MoO_4)_3$	4.0×10^{-21}	20.4
$BeMoO_4$	3.2×10^{-2}	1.5	$PbMoO_4$	1.0×10^{-13}	13.0

4．钼酸盐在水中的溶解度（在100 g 水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$BaMoO_4$	—	—	—	0.0058 (23°)	—	—	—	—	—	—	—	—
MoO_3	—	—	—	0.138	0.264	0.476	0.687	1.206	2.055	2.106	—	—

5．化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$(C_9H_6NOH)_4(Ge_2\cdot12MoO_3)$	50～115	Ge:0.0300; GeO_2:0.0434
$(NH_4)_2H[P(Mo_3O_4)_4]\cdot H_2O$	160～415	P:0.0165; P_2O_5:0.0378
$(C_9H_7NO)_3H_3(PMo_{12}O_{40})$	85～285	P:0.01370; P_2O_5:0.03139
$SiO_2\cdot12MoO_3$	399～787	Si:0.0157; SiO_2:0.0336

* 式中C_9H_7NOH和C_9H_7NO均为8-羟基喹啉。

合成及提纯方法 钼酸铵的合成及提纯方法见第一分册。

用途 沉淀剂。

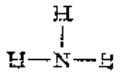
沉淀离子	方法提要
Cd^{2+}	试液煮沸，加钼酸铵和氨水，沉淀用玻璃过滤器过滤，加水洗涤，120℃干燥，称量形式$CdMoO_4$。除Mg^{2+}和碱金属外，很多金属离子有干扰
Ga^{3+}	50ml试液含约0.10gGeO_2，加钼酸铵，0.15NH_2SO_4及8-羟基喹啉，放置12小时，用玻璃过滤器过滤，用稀HCl（含有钼酸铵及8-羟基喹啉）洗涤，120℃烘干，称量形式$Ga(C_9H_6ON)_3$
Pb^{2+}	稀硝酸酸化试液，100℃以上热，加钼酸铵，用氨中和，加乙酸，沉淀用玻璃过滤器过滤，2%硝酸铵洗涤，600℃灼烧，称量形式$PbMoO_4$。碱土金属，AsO_4^{3-}，CrO_4^{2-}，PO_4^{3-}及易水解的金属离子有干扰
PO_4^{3-}	含磷少于0.05mg，加5～10%硝酸铵，5～10%(V/V)硝酸，40～45℃加热，加入20倍过量浓钼酸铵，放置30分钟，用玻璃过滤器过滤，用5%硝酸铵洗涤，500～550℃灼烧，称量形式$HPO_3\cdot12MoO_3$；105℃或180℃干燥，称量形式均为$(NH_4)_3PO_4\cdot12MoO_3$。AsO_4^{3-}，F^-，SeO_4^{2-}，SiO_3^{2-}，TeO_4^{2-}，Ti^{4+}，VO_3^-，WO_4^{2-}，[illegible]，H_2SO_4，HCl有干扰

氨

Ⅱ-7(1)-0006

Ammonia

一、分子式



分子式 NH_3　　分子量 17.03

二、物理性质　见本分册Ⅱ-4(1)-0010。

三、化学常数

1. 离解常数及酸效应系数　见本分册Ⅱ-4(1)-0010

2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$[Co(NH_3)_6](BF_4)_2$	2×10^{-6}	5.7	$MgNH_4PO_4$	2.5×10^{-13}	12.6
$[Co(NH_3)_6](BF_4)_3$	4×10^{-6}	5.4	$Na(NH_4)_2[Co(NO_2)_6]$	4×10^{-12}	11.4
$[Cr(NH_3)_6](BF_4)_3$	6.2×10^{-5}	4.21	$[Ni(NH_3)_6](ReO_4)_2$	5.1×10^{-4}	3.29
$[Co(NH_3)_6](ReO_4)_3$	7.7×10^{-12}	11.11	$NH_4UO_2AsO_4$	1.7×10^{-24}	23.77

四、铵盐在水中的溶解度（在100 g水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$[Co(NH_3)_6](NO_3)_3$	—	—	—	129.3	153.8	183.0	—	196.5	—	219.6	—	—
$[Co(NH_3)_6](SO_4)_2$	$4H_2O$	—	—	5.33	—	3.29	—	—	—	—	1.05	—
$[Co(NH_3)_6]Cl_3$	$2H_2O$	28.24	—	35.05	—	43.82	—	56.57	—	76.56	—	—
NH_3	—	89.7	68.3	52.9	40.9	31.6	23.5	16.8	11.1	6.5	3.0	0.0
$[Co(NH_3)_5(NO_3)]_2$	$12H_2O$	2.72	4.31	7.17	10.10	14.29	19.1	26.8	37.7	53.9	98.2	120.7
$[Co(NH_3)_5H_2O]_2(SO_4)_3$	$24H_2O$	2.1	4.99	7.74	10.94	14.88	20.10	26.70	—	—	—	109.7 (95°)
NH_4Cl	—	60.6	68	75.5	83.2	91.1	99.2	107.8	116.8	126	135.5	145.6
$[Co(NH_3)_4(SO_4)]_2$	$6H_2O$	—	—	72.8 (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
NH_4Cl	—	29.4	33.3	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2	60.2	65.6	71.3	73.3
NH_4NO_3	—	11.56	—	29.86	—	30.58	—	39.05	—	48.13	—	57.01
$[Co(NH_3)_4Cl_2]_2(SO_4)_3$	$6H_2O$	6.0	9.5	13.0	17.0	22.0	27.0	33.5	40.0	49.3	—	—
$NH_4NH_2CO_2$	$1H_2O$	2.2	3.1	4.4	5.9	8.0	10.3	—	—	—	—	—
$NH_4NH_2CO_2$	—	25.01	—	32.96	40.4	—	51.87	—	81.83 (75°)	—	—	—
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	—	18.26	—	35.6	46.5	58.5	71.4	86.0	—	115.0	—	155.6
$(NH_4)_2Cr(SO_4)_2$	$12H_2O$	3.9	—	—	11.9	18.3	—	—	—	—	—	—
$(NH_4)_2Cr(SO_4)_2$	$24H_2O$	—	—	10.78 (25°)	—	—	—	—	—	—	—	—
NH_4F	—	50	74	—	—	—	—	111	—	—	—	—
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	$6H_2O$	12.5	17.2	—	—	33	40	—	52	—	—	—
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	$12H_2O$	—	—	124	—	—	—	—	—	—	—	400
$(NH_4)_2Fe_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	—	—		44.15 (25°)	—	—	—	—	—	—	—

续表

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NH_4HCO_3	—	11.9	15.8	21	27	36.6	—	—	—	—	—	—
$NH_4H_2PO_3$	—	171	—	190 (14.5°)	260 (31°)	—	—	—	—	—	—	—
$NH_4H_2PO_4$	—	22.7	—	36.8	—	56.7	—	82.9	—	120.7	—	174
$(NH_4)_2HPO_4$	—	42.9	57.5	68.6	—	81.8	—	97.6	106.0	—	—	—
NH_4I	—	154.2	163.2	172.3	181.4	190.6	199.6	208.9	218.7	228.8	—	250.3
NH_4LiSO_4	—	—	55.23	—	55.93	—	56.25	—	56.69	—	—	—
NH_4MgAsO_4	$6H_2O$	—	—	3.8×10^{-2}	—	—	—	—	—	2.4×10^{-2}	—	—
NH_4MgPO_4	$6H_2O$	2.3×10^{-2}	—	5.2×10^{-2}	—	3.6×10^{-2}	3.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}	1.6×10^{-2}	1.9×10^{-2}	—	—
NH_4MnPO_4	$7H_2O$	—	—	0	—	0	—	0	0.005	0.007	—	—
NH_4NO_3	—	118.3	—	192.0	241.8	297.0	344.0	421.0	499.0	580.0	740.0	871.0
$(NH_4)_2PtCl_6$	—	—	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	1.25
$(NH_4)_3SbS_4$	$4H_2O$	71.2	—	91.2	119.8	—	—	—	—	—	—	—
NH_4SCN	—	119.8	144	170	207.7	—	235	—	347	—	—	—
$(NH_4)_2SeO_3$	—	—	1.22 (12°)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$(NH_4)_2SiF_6$	—	—	—	12.6	—	—	—	—	—	—	—	55.5
$(NH_4)_2SO_4$	—	70.6	73.0	75.4	78.0	81.0	—	88.0	—	95.3	—	103.3
$(NH_4)_2S_2O_8$	—	58.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NH_4VO_3	—	—	—	0.48	0.84	1.32	1.78	—	3.05	—	—	—
$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$	$6H_2O$	—	3.2	5.9	7.8	11.5	14.4	17.0	19.8	25.5	—	—

4. 化合物的热稳性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
Al_2O_3	>475	Al:0.5292	SnO_2	>834	Sn:0.7877
BeO	>900	Be:0.3603	TiO_2	350～946	Ti:0.5995
Cr_2O_3	812～944	Cr:0.6843	UO_2	480～610	U:0.8322;
Fe_2O_3	470～940	Fe:0.6994			U_3O_8:0.9814
Ga_2O_3	408～946	Ga:0.7439	V_2O_5	488～951	V:0.5602
HfO_2	350～660	Hf:0.8480	ZnO	>1000	Zn:0.8034
In_2O_3	345～880	In:0.8271	ZrO_2	400～1000	Zr:0.7403
Sc_2O_3	542～946	Sc:0.6520			

* 用氨水作沉淀剂。

提纯方法 见本分册Ⅱ-4(1)-0010

用途 作沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Al^{3+}	加氯化铵，加热至100℃，氨水调至甲基红变黄，用滤纸过滤，2%氯化铵洗涤，1200℃灼烧，称量形式Al_2O_3。SiO_2，不溶性氢氧化物，碱土金属，硼和氟有干扰
Ba^{2+}	在EDTA和氯化铵存在下，pH8，Ba^{2+}可与Sr^{2+}和Ca^{2+}分离
Be^{2+}	加15%EDTA溶液，100℃加热，加氯化铵，氨水调至pH8.5，用滤纸过滤，2%热硝酸铵洗涤，1000℃灼烧，称量形式BeO。Al^{3+}，Cu^{2+}，Fe^{3+}和Zn^{2+}可被EDTA掩蔽
	在EDTA存在下，氨水沉淀分离Be^{2+}，大多数金属离子不干扰，但Ti^{4+}，UO_2^{2+}干扰
Ce^{3+}	加氯化铵，加热至100℃，加氨水，用滤纸过滤，硝酸铵及氨水洗涤，700～800℃灼烧，称量形式CeO_2。Al^{3+}，Fe^{3+}等氢氧化物沉淀和PO_4^{3-}，酒石酸，柠檬酸，EDTA干扰
Cr^{3+}	参见Al^{3+}的步骤，称量形式Cr_2O_3。与氨水能产生沉淀的许多离子有干扰
Fe^{3+}	试液煮沸，加氨水，用滤纸过滤，1%硝酸铵倾注洗涤，1000～1100℃灼烧，称量形式Fe_2O_3。AsO_4^{3-}，PO_4^{3-}，VO_4^{3-}和硅及不溶性氢氧化物，酒石酸，柠檬酸有干扰
Ga^{3+}	试液用硝酸酸化，热至100℃，加氨水，滤纸加滤纸浆过滤，2%硝酸铵洗涤，1000℃灼烧，称量形式Ga_2O_3。AsO_4^{3-}，PO_4^{3-}，VO_4^{3-}，硅和不溶性氢氧化物，酒石酸，柠檬酸有干扰
In^{3+}	试液用硝酸酸化，热至100℃，加氨水，滤纸加滤纸浆过滤，5%硝酸铵洗涤，1200℃灼烧，称量形式In_2O_3。AsO_4^{3-}，PO_4^{3-}，VO_4^{3-}，硅及不溶性氢氧化物，酒石酸，柠檬酸有干扰
La^{3+}和其他稀土元素	在氯化铵存在下，热至100℃，加氨水，用滤纸过滤，以硝酸铵和氨水洗涤，在700～800℃灼烧，称量形式La_2O_3(RE_2O_3)。Al^{3+}，Fe^{3+}等氢氧化物，PO_4^{3-}，酒石酸，柠檬酸和EDTA有干扰
Ni^{2+}	氨水沉淀Ni^{2+}与二价金属离子分离
Sn^{4+}	在盐酸和氯化铵存在下，加氨水至甲基红变黄，滤纸加滤纸浆过滤，2%硝酸铵洗涤，900℃灼烧，称量形式SnO_2
Ti^{4+}	试液用氨水调至pH5～6，滤纸过滤，800～1000℃灼烧，称量形式TiO_2
UO_2^{2+}	试液酸化，热至100℃，加氨水至甲基红变黄，滤纸加滤纸浆过滤，2%硝酸铵及热水洗涤，750～900℃灼烧，称量形式U_3O_8。F^-，PO_4^{3-}，CO_3^{2-}，酒石酸，柠檬酸有干扰

氢氧化物 Ⅱ-7(1)-0007

Hydroxide

结构式

OH^-

分子式 NaOH **分子量** 18.02

理化性质 NaOH理化性质见第一分册。

理化参数

1. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$Ac(OH)_3$	1×10^{-15}	15.0	$Ba(OH)_2$	5×10^{-3}	2.3
AgOH	2.0×10^{-8}	7.71	$Be(OH)_2$（无定形）	1.6×10^{-22}	21.8
$Al(OH)_3$（无定形）	1.3×10^{-33}	32.9	$Be(OH)_2+OH^-=HBeO_2^-+H_2O$	3.2×10^{-3}	2.50
$Al(OH)_3+H_2O=Al(OH)_4^-+H^+$	1×10^{-13}	13.0	$Bi(OH)_3$	4×10^{-31}	30.4
$Am(OH)_3$	2.7×10^{-20}	19.57	BiO(OH)	4×10^{-10}	9.4
$Am(OH)_4$	1×10^{-56}	56.0	$Ca(OH)_2$	5.5×10^{-6}	5.26
$Au(OH)_3$	5.5×10^{-46}	45.26	$Cd(OH)_2$(新析出)	2.5×10^{-14}	13.6

续表

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$Ce(OH)_3$	1.6×10^{-20}	19.80	$Pd(OH)_2$	1.0×10^{-31}	31.0
$Co(OH)_2$ （新析出）	1.6×10^{-15}	14.8	$Pd(OH)_4$	6.3×10^{-71}	70.2
$Co(OH)_2+OH^-=Co(OH)_3^-$	8×10^{-6}	5.1	$Pr(OH)_3$	6.8×10^{-22}	21.17
$Co(OH)_3$	1.6×10^{-44}	43.8	$Pt(OH)_2$	1.0×10^{-35}	35.0
$Cr(OH)_2$	1.0×10^{-17}	17.0	$Pu(OH)_3$	2.0×10^{-20}	19.7
$Cr(OH)_3$	6.3×10^{-31}	30.2	$Pu(OH)_4$	1.0×10^{-55}	55.0
$Cu(OH)$	1×10^{-14}	14.0	$PuO_2(OH)$	5.0×10^{-10}	9.3
$Cu(OH)_2$	2.2×10^{-20}	19.66	$PuO_2(OH)_2$	2.0×10^{-25}	24.7
$Dy(OH)_3$	1.4×10^{-22}	21.85	$Rh(OH)_3$	1.0×10^{-23}	23.0
$Er(OH)_3$	4.1×10^{-24}	23.39	$Ru(OH)_3$	1.0×10^{-36}	36.0
$Eu(OH)_3$	8.9×10^{-24}	23.05	$Ru(OH)_4=Ru(OH)^{3+}+3OH^-$	1.0×10^{-34}	34.0
$Fe(OH)_2$	8.0×10^{-16}	15.1	$Sb(OH)_3$	4.0×10^{-42}	41.4
$Fe(OH)_2+OH^-=Fe(OH)_3^-$	8.0×10^{-6}	5.1	$Sc(OH)_3$	8.0×10^{-31}	30.1
$Fe(OH)_3$	4×10^{-38}	37.4	$Sm(OH)_3$	8.2×10^{-23}	22.08
$Ga(OH)_3$	7.0×10^{-36}	35.15	$Sn(OH)_2$	1.4×10^{-28}	27.85
$Gd(OH)_3$	1.8×10^{-23}	22.74	$Sn(OH)_4$	1.0×10^{-56}	56.0
$Hf(OH)_3$	4.0×10^{-26}	25.4	$Tb(OH)_3$	2.0×10^{-22}	21.7
$Hg_2(OH)_2$	2.0×10^{-24}	23.7	$Te(OH)_4$	3.0×10^{-54}	53.52
$Hg(OH)_2$	3.0×10^{-26}	25.52	$Th(OH)_4$	4.0×10^{-45}	44.4
$Ho(OH)_3$	5.0×10^{-23}	22.3	$Ti(OH)_3$	1.0×10^{-40}	40.0
$In(OH)_3$	6.3×10^{-34}	33.2	$TiO(OH)_2$	1.0×10^{-29}	29.0
$La(OH)_3$	2.0×10^{-19}	18.7	$Tl(OH)_3$	6.3×10^{-46}	45.20
$Lu(OH)_3$	1.9×10^{-24}	23.72	$Tm(OH)_3$	3.3×10^{-24}	23.48
$Mg(OH)_2$	1.8×10^{-11}	10.74	$UO_2(OH)_2$	1.1×10^{-22}	21.95
$Mn(OH)_2$	1.9×10^{-13}	12.72	$UO_2(OH)_2+OH^-=HUO_4^-+H_2O$	2.5×10^{-4}	3.6
$Mn(OH)_2+OH^-=Mn(OH)_3^-$	1.0×10^{-5}	5.0	$VO(OH)_2$	5.9×10^{-23}	22.13
$Na[Sb(OH)_6]$	4.0×10^{-8}	7.4	$Y(OH)_3$	8.0×10^{-23}	22.1
$Nd(OH)_3$	3.2×10^{-22}	21.49	$Yb(OH)_3$	3.0×10^{-24}	23.5
$Ni(OH)_2$ （新析出）	2.0×10^{-15}	14.7	$Yt(OH)_3$	2.5×10^{-24}	23.6
$Ni(OH)_2+OH^-=Ni(OH)_3^-$	6.0×10^{-5}	4.2	$Zn(OH)_2$	1.2×10^{-17}	16.92
$NpO_2(OH)_2$	2.5×10^{-22}	21.6	$Zn(OH)_2+OH^-=Zn(OH)_3^-$	3.0×10^{-3}	2.5
$Pb(OH)_2$	1.2×10^{-15}	14.93	$Zr(OH)_2$	6.3×10^{-49}	48.2
$Pb(OH)_4$	3.2×10^{-66}	65.5			

2. 氢氧化物在水中的溶解度（在100 g 水中溶解的最大克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$Ba(OH)_2$	$8H_2O$	1.67	2.48	3.89	5.59	8.22	13.12	20.94	—	101.4	—	—
$Ca(OH)_2$	—	0.185	0.176	0.165	0.153	0.141	0.128	0.116	0.106	0.094	0.085	0.077
$Cd(OH)_2$	—	—	—	—	2.6×10^{-4} (25°)	—	—	—	—	—	—	—
CsOH	—	—	—	385.7 (15°)	—	—	—	—	—	—	—	—
KOH	$1H_2O$	—	—	—	—	136	140	147	—	160	—	178
	$2H_2O$	97	103	112	126	—	—	—	—	—	—	—
LiOH	$1H_2O$	12.7	12.7	12.8	12.9	13.0	13.3	13.8	—	15.3	—	17.5
$Mg(OH)_2$	—	—	—	0.0009 (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
NaOH	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	313	347
	$1H_2O$	—	—	109	119	129	145	174	—	—	—	—
	$3\frac{1}{2}H_2O$	—	51.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$4H_2O$	42	51	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$Sr(OH)_2$	$8H_2O$	0.35	0.48	0.69	1.01	1.50	2.18	3.13	4.53	7.03	13.6	24.2
Tl(OH)	—	25.44	—	—	39.9	49.5	—	73.8	—	106	126.1	148.3

3. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
CdO	371～880	Cd:0.8754	Mn_3O_4	>946	Mn:0.7203
MgO	>800	Mg:0.6032	NiO	250～815	Ni:0.7858

* 沉淀剂为KOH或NaOH。

4. 化合物沉淀的pH值

化合物	pH				
	开始沉淀 离子初始浓度		沉淀完全（残留离子浓度 $<10^{-5}M$）	沉淀开始溶解	沉淀溶解完全
	1*M*	0.01*M*			
Ag_2O	6.2	8.2	11.2	12.7	—
$Al(OH)_3$	3.3	4.0	5.2	7.8	10.8
$Be(OH)_2$	5.2	6.2	8.8	—	—
$Cd(OH)_2$	7.2	8.2	9.7	—	—
$Ce(OH)_4$	—	0.8	1.2	—	—
$Co(OH)_2$	6.6	7.6	9.2	14.1	—
$Cr(OH)_3$	4.0	4.9	6.8	12	15
$Fe(OH)_2$	6.5	7.5	9.7	13.5	—
$Fe(OH)_3$	1.5	2.3	4.1	14	—
HgO	1.3	2.4	6.0	11.5	—
H_2MoO_4	—	—	—	～8	～9

续表

化合物	pH				
	开始沉淀		沉淀完全（残留离子浓度 $<10^{-5}M$）	沉淀开始溶解	沉淀溶解完全
	离子初始浓度				
	$1M$	$0.01M$			
H_2UO_4	—	3.6	5.1	—	—
H_2WO_4	—	～0	～0	—	～8
$Mg(OH)_2$	9.4	10.4	12.4	—	—
$Mn(OH)_2$	7.8	8.8	10.4	14	—
$Ni(OH)_2$	6.7	7.7	9.5	—	—
$Pb(OH)_2$	—	7.2	8.7	10	13
$RE(OH)_3$		6.8～8.5	～9.5	—	—
$Sn(OH)_2$	0.9	2.1	4.7	10	13.5
$Sn(OH)_4$	0	0.5	1	13	16
$Th(OH)_4$	—	0.5	—	—	—
$TiO(OH)_2$	0	0.5	2.0	—	—
$Tl(OH)_3$	—	～0.6	～1.6	—	—
$Zn(OH)_2$	5.4	6.4	8.0	10.5	12～13
$ZrO(OH)_2$	1.3	2.25	3.75	—	—

合成与提纯方法 NaOH的合成与提纯方法见第一分册。

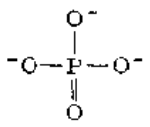
用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Cu^{2+}	NaOH作沉淀剂可从AsO_4^{3-}，Bi^{3+}，MoO_4^{2-}，Sb^{3+}，Sn^{2+}，VO_3^-和WO_4^{2-}中分离Cu^{2+}
Fe^{3+}	NaOH作沉淀剂可从Al^{3+}，AsO_4^{3-}，MoO_4^{2-}，PO_4^{3-}，VO_3^-和WoO_4^{2-}中分离Fe^{3+}
Ti^{4+}	NaOH作沉淀剂可从Al^{3+}，Be^{2+}，MoO_4^{2-}，PO_4^{3-}和VO_3^-中沉淀分离Ti^{4+}

磷酸盐 Ⅱ-7(1)-0008

Phosphate

结构式



分子式 $Na_2HPO_4(H_3PO_4)$ **分子量** 141.95(97.99)

理化性质 Na_2HPO_4的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数见本分册Ⅱ-4(1)-0012
2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_3PO_4	1.4×10^{-16}	15.84	Hg_2HPO_4	4.0×10^{-13}	12.40
$AlPO_4$	6.3×10^{-19}	18.24	Li_3PO_4	3.2×10^{-9}	8.5
$BaHPO_4$	3.2×10^{-7}	6.5	$MgNH_4PO_4$	2.5×10^{-13}	12.6
$Ba_3(PO_4)_2$	3.4×10^{-23}	22.47	$Mg_3(PO_4)_2$	$10^{-23}\sim10^{-27}$	23.0～27.0
$BiPO_4$	1.3×10^{-23}	22.89	$Ni_3(PO_4)_2$	5.0×10^{-31}	30.3
$CaHPO_4$	1.0×10^{-7}	7.0	$PbHPO_4$	1.3×10^{-10}	9.90
$Ca_3(PO_4)_2$	2.0×10^{-29}	28.70	$Pb_3(PO_4)_2$	8.0×10^{-43}	42.10
$Cd_3(PO_4)_2$	2.5×10^{-33}	32.6	$Pu(HPO_4)_2\cdot xH_2O$	2.0×10^{-28}	27.7
$CePO_4$	1.0×10^{-23}	23.0	$Sr_3(PO_4)_2$	4.0×10^{-28}	27.39
$CoHPO_4$	2.0×10^{-7}	6.7	$Th(HPO_4)_2$	1.0×10^{-20}	20.0
$Co_3(PO_4)_2$	2.0×10^{-35}	34.7	$Th_3(PO_4)_4$	2.5×10^{-79}	78.6
$CrPO_4\cdot4H_2O$（绿色）	2.4×10^{-23}	22.62	UO_2HPO_4	2.1×10^{-11}	10.67
			$(UO_2)_3(PO_4)_2$	2.0×10^{-47}	46.7
$CrPO_4\cdot4H_2O$（紫色）	1.0×10^{-17}	17.0	$(VO)_3PO_4$	8.0×10^{-25}	24.1
$Cu_3(PO_4)_2$	1.3×10^{-37}	36.9	$Zr_3(PO_4)_2$	9.0×10^{-33}	32.04
$FePO_4$	1.3×10^{-22}	21.89	$Zr_3(PO_4)_4$	1.0×10^{-132}	132.0

3．磷酸盐在水中的溶解度（在100 g水中最大溶解的克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
KH_2PO_4	—	14.8	18.4	22.6	—	33.5	—	50.1	—	70.4	83.5	—
NaH_2PO_4	$2H_2O$	57.9	69.9	85.2	106.5	138.2	—	—	—	—	—	—
	$1H_2O$	—	—	—	—	—	158.6	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	179.3	190.3	207.3	225.3	246.6
Na_2HPO_4	$12H_2O$	1.67	3.6	7.7	20.8	—	—	—	—	—	—	—
	$7H_2O$	—	—	—	—	51.8	—	—	—	—	—	—
	$2H_2O$	—	—	—	—	—	80.2	82.9	88.1	92.4	102.9	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102.2
Na_3PO_4	$12H_2O$	1.5	4.1	11.0	20	31	43	55	—	81	—	108
$NH_4H_2PO_4$	—	22.7	—	36.8	—	56.7	—	82.9	—	120.7	—	174
$(NH_4)_2HPO_4$	—	42.9	57.5	68.6	—	81.8	—	97.6	106.0	—	—	—
NH_4MgPO_4	$6H_2O$	0.023	—	0.052	—	0.036	0.030	0.040	0.016	0.019	—	—
NH_4MnPO_4	$7H_2O$	—	—	0	—	0	—	0	0.005	0.007	—	—

4．化合物的热稳定性和换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$AlPO_4$	>743	Al:0.2212; Al_2O_3:0.4180
$Be_2P_2O_7$	640～951	Be:0.0939; BeO:0.2749
$BiPO_4$	379～961	Bi:0.6876; Bi_2O_3:0.7666
$Co_2P_2O_7$	636～946	Co:0.4039; Co_2O_3:0.5684
$Pb_2P_2O_7$	358～880	Pb:0.7044; PbO:0.7587
$Zn_2P_2O_7$	610～946	Zn:0.4291; ZnO:0.5341

* 沉淀剂为Na_2HPO_4或$(NH_4)_2HPO_4$。

合成与提纯方法 Na_2HPO_4的合成与提纯方法见第一分册。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Al^{3+}	在0.05%盐酸存在下，煮沸，加$(NH_4)_2HPO_4$，pH5～5.4乙酸盐缓冲液，滤纸加纸浆过滤沉淀，5%NH_4NO_3洗涤沉淀，800～1000℃灼烧，称量形式$AlPO_4$。Ca^{2+},Fe^{3+},Mn^{2+},Ti^{3+},Zn^{2+}和Zr^{4+}干扰
Be^{2+}	加15%EDTA，加10%氨水至溶液混浊，加2$M$$(NH_4)_2HPO_4$，pH3～5乙酸盐缓冲液，煮沸3分钟，滤纸过滤，2%热NH_4NO_3溶液洗涤沉淀，750～800℃灼烧，称量形式$Be_2P_2O_7$
Bi^{3+}	加氨水至溶液混浊，加$(NH_4)_2HPO_4$溶液(1%，1:9HNO_3配成)，热至80℃，放置30分钟，用滤纸过滤，2%NH_4NO_3溶液洗涤，800℃灼烧，称量形式$BiPO_4$。Cd^{2+}，Pb^{2+}，Zr^{4+}，Cl^-和SO_4^{2-}有干扰
Cd^{2+}	弱酸性试液，加$(NH_4)_2HPO_4$，氨水，滤纸过滤，10%NH_4NO_3溶液洗涤，1050～1100℃灼烧，称量形式$Cd_2P_2O_7$；沉淀用玻璃过滤器过滤，氨水及乙醇洗涤，20℃烘干，称量形式$CdNH_4PO_4\cdot H_2O$。Al^{3+}，Fe^{3+}，Mn^{2+}用氨水加溴分离，Ca^{2+}用草酸分离
Co^{2+}	见Cd^{2+}的操作方法。称量形式相应为$Co_2P_2O_7$和$CoNH_4PO_4\cdot H_2O$
Li^+	碱性试液，加Na_2HPO_4，蒸发，加氨水，滤纸加滤纸浆过滤，800℃灼烧，称量形式Li_3PO_4
Mg^{2+}	见Cd^{2+}的操作方法。称量形式相应为$Mg_2P_2O_7$和$MgNH_4PO_4\cdot 6H_2O$
Mn^{2+}	弱酸性试液，加$(NH_4)_2HPO_4$，加热至90～95℃，加氨水，用滤纸过滤，10%NH_4NO_3溶液洗涤，1100℃灼烧，称量形式$Mn_2P_2O_7$；玻璃过滤器过滤，依次用氨水、乙醇和乙醚洗涤，20℃烘干，称量形式$MnNH_4PO_4\cdot H_2O$
Zn^{2+}	弱酸性试液，加热，加10～15倍过量的$(NH_4)_2HPO_4$，放置3小时，用滤纸过滤，0.1%$(NH_4)_2HPO_4$热溶液和乙醇洗涤，900℃灼烧，称量形式$Zn_2P_2O_7$
Zr^{4+}	加10%(V/V)H_2SO_4，热至100℃，加入10～100倍过量的$(NH_4)_2HPO_4$，热至50℃，放置24小时，滤纸过滤，5%NH_4NO_3溶液洗涤，>800℃灼烧，称量形式ZrP_2O_7。Hf^{4+},Nb^{5+}，Ta^{5+},和Th^{4+}有干扰，若有Ti^{4+}存在，可加H_2O_2

硫化物 Ⅱ-7(1)-0009

Sulfide

结构式

$$S^{2-}$$

分子式 $(NH_4)_2S(H_2S)$ **分子量** 68.14(34.08)

理化性质 $(NH_4)_2S$的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数见本分册Ⅱ-4(1)-0015
2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2S	6.3×10^{-50}	49.2	CdS	8.0×10^{-27}	26.1
$\frac{1}{2}Ag_2S+H^+=Ag^++\frac{1}{2}H_2S$	2.0×10^{-14}	13.7	$CdS+2H^+=Cd^{2+}+H_2S$	6.0×10^{-6}	5.2
Al_2S_3	2.0×10^{-7}	6.7	Ce_2S_3	6.0×10^{-11}	10.22
$As_2S_3+4H_2O=2HAsO_2+3H_2S$	2.1×10^{-22}	21.68	α-CoS	4.0×10^{-21}	20.4
Bi_2S_3	1.0×10^{-97}	97.0	β-CoS	2.0×10^{-25}	24.7
			Cu_2S	2.5×10^{-48}	47.6

续表

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$Cu_2S+2H^+=2Cu^{2+}+H_2S$	1.0×10^{-27}	27.0	γ-NiS	2.0×10^{-26}	25.7
CuS	6.3×10^{-36}	35.2	PbS	8.0×10^{-28}	27.9
$CuS+2H^+=Cu^{2+}+H_2S$	6.0×10^{-15}	14.2	$PbS+2H^+=Pb^{2+}+H_2S$	1.0×10^{-6}	6.0
FeS	6.3×10^{-18}	17.2	PoS	5.5×10^{-29}	28.26
Hg_2S	1.0×10^{-47}	4.70	Sb_2S_3	1.5×10^{-93}	92.8
HgS（红色）	4.0×10^{-53}	52.4	$\frac{1}{2}Sb_2S_3+H_2O+H^+=SbO^++\frac{3}{2}H_2S$	8.0×10^{-31}	30.1
HgS（黑色）	1.6×10^{-52}	51.8	SnS	1.0×10^{-25}	25.0
In_2S_3	5.7×10^{-74}	73.24	SnS_2	2.5×10^{-27}	26.6
La_2S_3	2.0×10^{-13}	12.7	Tl_2S	5.0×10^{-21}	20.3
MnS（无定形）	2.5×10^{-10}	9.6	α-ZnS	1.6×10^{-24}	23.8
MnS（晶形）	2.5×10^{-13}	12.6	β-ZnS	2.5×10^{-22}	21.6
α-NiS	3.2×10^{-19}	18.5			
β-NiS	1.0×10^{-24}	24.0			

3. 硫化物在水中的溶解度（在100 g水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ag_2S	—	—	—	1.3×10^{-16}	—	—	—	—	—	—	—	—
As_2S_3	—	5.17×10^{-5} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi_2S_3	—	—	—	1.8×10^{-5} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
CoS	—	—	—	3.79×10^{-4} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
CuS	—	—	—	3.3×10^{-5} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
FeS	—	—	—	6.16×10^{-4} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2S	—	0.699	0.502	0.378	0.294	0.232	0.186	0.146	0.109	0.076	0.041	0.0
MnS	—	—	—	6.2×10^{-4} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
Na_2S	$9H_2O$	—	15.42	18.8	22.5	28.5	—	—	—	—	—	—
	$5\frac{1}{2}H_2O$	—	—	—	—	—	39.82	42.69	45.78	51.40	59.23	—
	$6H_2O$	—	—	—	—	—	36.4	39.1	43.31	49.14	57.28	—
$(NH_4)_3SbS_4$	$4H_2O$	71.2	—	91.2	119.8	—	—	—	—	—	—	—
NiS	—	—	—	3.6×10^{-4} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
PbS	—	—	—	8.6×10^{-5} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb_2S_3	—	—	—	1.75×10^{-4} (18°)	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl_2S	—	—	—	2.2×10^{-3}	—	—	—	—	—	—	—	—

4. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换算因数
As_2S_3	200～275	As:0.6090; As_2O_3:0.8041
CdS	218～420	Cd:0.7781; CdO:0.8888
GeO_2	410～946	Ge:0.6941
HgS	<109	Hg:0.8622
In_2S_3	94～221	In:0.7048; In_2O_3:0.8521
MoO_3	485～780	Mo:0.6666
Sb_2S_3	176～275	Sb:0.7168; Sb_2O_3:0.8581

* GeO_2和HgS的沉淀剂为$(NH_4)_2S$；其他的沉淀剂为H_2S。

合成与提纯方法 $(NH_4)_2S$的合成与提纯方法见第一分册。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
As^{3+}	强酸性试液，10～15℃通入H_2S，沉淀用玻璃过滤器过滤。24%HCl，H_2S饱和溶液，乙醇，CS_2乙醇溶液依次洗涤，105～110℃烘干。称量形式As_2S_3。Ge^{4+}，Hg^{2+}，MoO_4^{2-}，Sb^{3+}，Sn^{2+}有干扰；
	10*N*HCl中通H_2S，可与Sb^{3+}，Sb^{5+}，Sn^{2+}，Sn^{4+}等分离，但不能与Ge^{4+}，MoO_4^{2-}，Hg_2^{2+}，Hg^{2+}和Cu^{2+}分离
AsO_4^{3-}	10*N*HCl，0℃通H_2S60分钟，放置1～2小时后，沉淀用玻璃过滤器过滤，用4*N*HCl，水和乙醇依次洗涤。105～110℃烘干，称量形式As_2S_3。Ge^{4+}，Hg^{2+}，MoO_4^{2-}，Sb^{3+}和Sn^{4+}干扰
Bi^{3+}	在1:3H_2SO_4溶液中通H_2S，可与Cd^{2+}分离
Cd^{2+}	在1:20H_2SO_4中，通入H_2S，于沉淀中加入H_2SO_4，蒸干，140～150℃干燥，称量形式$CdSO_4$
Fe^{3+}	在酒石酸铵存在下，加$(NH_4)_2S$，可与Al^{3+}，Be^{2+}，Ti^{4+}，Nb^{5+}，Ta^{5+}，VO_3^-和PO_4^{3-}分离
Ge^{4+}	6*N*H_2SO_4，通H_2S至饱和，放置48小时，用滤纸过滤，稀H_2SO_4，饱和H_2S溶液依次洗涤。向沉淀加入氨水，过氧化氢，蒸至干，900℃灼烧，称量形式GeO_2。As^{3+}，Sb^{3+}和Sn^{2+}干扰
Hg^{2+}	酸性试液，通H_2S，沉淀用滤纸过滤，用H_2S溶液，乙醇，CS_2依次洗涤，105～109℃干燥，称量形式HgS，酸不溶硫化物者干扰；
	在HCl溶液中通H_2S，沉淀用33%HNO_3洗，可与Cd^{2+}，Zn^{2+}，Bi^{3+}，Cu^{2+}分离
Mn^{2+}	加$(NH_4)_2S$，沉淀过滤，向沉淀加入H_2SO_4，蒸至干，400～450℃灼烧，称量形式$MnSO_4$
Pt^{4+}	试液通H_2S，热至100℃，沉淀用滤纸过滤，1%NH_4Cl溶液洗涤，900℃灼烧，称量形式Pt
Rh^{3+}	盐酸性试液，通H_2S，滤纸过滤，2.5%H_2S和1%HCl洗涤，800℃灼烧（在氢气中），称量形式Rh
Ru^{3+}，Ru^{5+}	试液通H_2S，沉淀用滤纸过滤，800℃灼烧（在氢气中），称量形式Ru
Sb^{3+}	试液含9%HCl，加热，通H_2S至黑色沉淀析出，加一体积的水，再通H_2S，沉淀用玻璃过滤器过滤，用水和乙醇洗涤，170～290℃干燥(在CO_2中)，称量形式Sb_2S_3；
	按上述方法得Sb_2S_3，于100℃干燥，溶于$(NH_4)_2S$溶液中，滤纸过滤，滤液蒸发，小心加浓HNO_3，加热，用水稀释，加氨水，蒸发至SO_2除去，800～850℃灼烧，称量形式Sb_2O_3
Zn^{2+}	试液调至pH2.6～2.7，通H_2S，沉淀用滤纸过滤，水洗涤，950～1000℃灼烧，称量形式ZnO。许多阳离子有干扰；
	按上法得沉淀过滤，在沉淀中加入HNO_3，蒸干，500℃灼烧，称量形式$ZnSO_4$

硫氰酸盐 Ⅱ-7(1)-0010

Thiocyanate

结构式

$$-S-C\equiv N$$

分子式 NH_4SCN(HSCN) **分子量** 76.12(59.09)

理化性质 NH_4SCN的理化性质见第一分册。

理化参数

1. 离解常数与酸效应系数见本分册Ⅱ-4(1)-0016

2．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AgSCN	1.0×10^{-12}	12.0	$Hg_2(SCN)_2$	2.0×10^{-20}	19.7
BiOSCN	1.6×10^{-7}	6.80	$K[Au(SCN)_4]$	6.0×10^{-5}	4.2
$Co[Hg(SCN)_4]$	1.5×10^{-6}	5.82	$Na[Au(SCN)_4]$	4.0×10^{-4}	3.4
CuSCN	4.8×10^{-15}	14.32	$Pb(SCN)_2$	2.0×10^{-5}	4.70
$CuSCN+2HCN=Cu(CN)_2^-+2H^++SCN^-$	1.3×10^{-9}	8.88	TlSCN	1.7×10^{-4}	3.77
			$UO_2(SCN)_2$	4.0×10^{-4}	3.4
$CuSCN+3SCN^-=Cu(SCN)_4^{3-}$	2.2×10^{-3}	2.65	$Zn(Hg(SCN)_4)$	2.2×10^{-7}	6.66

3．硫氰酸盐在水中的溶解度（在100 g水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
KSCN	—	177	196	217.5	255	290	325	372	420	488	575	674
NH_4SCN	—	119.8	143.9	170.2	207.7	—	235	—	347	—	—	—

4．化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$Ni(C_5H_5N)_4(SCN)_2$	<60	Ni：0.1195

* 沉淀剂为吡啶+SCN^-。

合成与提纯方法 NH_4SCN的合成与提纯方法见第一分册。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Cd^{2+}	加NH_4SCN和吡啶，沉淀用玻璃过滤器过滤，20℃真空干燥，称量形式$[Cd(C_5H_5N)_2\cdot(SCN)_2]$
Cu^{2+}	弱酸性试液，用SO_2饱和，水稀释，热至100℃，加NH_4SCN，沉淀用玻璃过滤器过滤，用NH_4SCN溶液、SO_2溶液、20%乙醇洗涤，105～120℃干燥，称量形式CuSCN。Bi^{3+}，Sb^{3+}，Sn^{2+}可用酒石酸掩蔽；Ag^+，Hg^{2+}，Pb^{2+}，SeO_3^{2-}，TeO_3^{2-}有干扰；
	试液加吡啶和NH_4SCN至溶液呈蓝色，沉淀用玻璃过滤器过滤，20℃真空干燥，称量形式$[Cu(C_5H_5N)_2\cdot(SCN)_2]$
Ni^{2+}	中性试液，加NH_4SCN和吡啶，100℃加热，沉淀用玻璃过滤器过滤，20℃真空干燥，称量形式$[Ni(C_5H_5N)_4\cdot(SCN)_2]$
Zn^{2+}	加吡啶和NH_4SCN，沉淀用玻璃过滤器过滤，20℃真空干燥，称量形式$[Zn(C_5H_5N)_2\cdot(SCN)_2]$；
	加酒石酸，KSCN，乙酸钠和硫氰酸汞钾*，放置24小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，沉淀用硫氰酸汞钾稀溶液(1:40)洗涤，110℃干燥，称量形式$Zn[Hg(SCN)_4]$

* $HgCl_2$(27g/l)和KSCN(39g/l)等体积混合。

第二节 有机沉淀剂

草 酸 Ⅱ-7(2)-0001

Oxalic acid

别名 乙二酸 Ethanedic acid

结构式

分子式 $C_2H_2O_4$ **分子量** 90.04

理化性质 见本分册Ⅰ-4(2)-0006。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅰ-4(2)-0006

2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$Ag_2C_2O_4$	3.4×10^{-11}	10.46	$La_2(C_2O_4)_3\cdot9H_2O$	2.5×10^{-27}	26.6
$Au_2(C_2O_4)_3$	1.0×10^{-10}	10.0	$MgC_2O_4\cdot2H_2O$	1.0×10^{-8}	8.0
BaC_2O_4	1.6×10^{-7}	6.79	$MnC_2O_4\cdot2H_2O$	1.1×10^{-15}	14.96
$BaC_2O_4\cdot H_2O$	2.3×10^{-8}	7.64	NiC_2O_4	4.0×10^{-10}	9.4
$Bi_2(C_2O_4)_3$	3.98×10^{-36}	35.4	PbC_2O_4	4.8×10^{-10}	9.32
$CaC_2O_4\cdot H_2O$	4.0×10^{-9}	8.4	$SrC_2O_4\cdot H_2O$	1.6×10^{-7}	6.8
$CdC_2O_4\cdot3H_2O$	9.1×10^{-8}	7.04	$Th(C_2O_4)_2$	1.0×10^{-22}	22.0
$Ce_2(C_2O_4)_3\cdot9H_2O$	3.2×10^{-26}	25.5	$Tl_2C_2O_4$	2.0×10^{-4}	3.7
CuC_2O_4	2.3×10^{-8}	7.64	$UO_2C_2O_4\cdot3H_2O$	2.0×10^{-4}	3.7
$FeC_2O_4\cdot2H_2O$	3.2×10^{-7}	6.5	$Y_2(C_2O_4)_3$	5.3×10^{-29}	28.28
$Hg_2C_2O_4$	2.0×10^{-13}	12.7	ZnC_2O_4	2.7×10^{-8}	7.56

3. 草酸盐在水中的溶解度（在100 g 水中最大溶解克数）

化合物	结晶水	温度，℃										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
BaC_2O_4	—	—	1.6×10^{-3} (8°)	2.2×10^{-3} (18°)	2.4×10^{-3} (24.2°)	—	—	—	—	—	—	—
CaC_2O_4	—	—	6.7×10^{-4} (13°)	6.8×10^{-4} (25°)	—	—	9.5×10^{-4}	—	—	—	14×10^{-4} (95°)	—
$H_2C_2O_4$	$2H_2O$	3.54	6.08	9.52	14.3	21.5	31.4	44.3	65.0	84.5	119.8	—
$K_2C_2O_4$	$1H_2O$	20.3	23.7	26.4	28.6	30.8	33.0	35.1	37.2	39.5	41.3	44.0
$Na_2C_2O_4$	—	—	—	3.7	—	—	—	—	—	—	—	6.33
$(NH_4)_2C_2O_4$	$1H_2O$	2.2	3.1	4.4	5.9	8.0	10.3	—	—	—	—	—
SrC_2O_4	$1H_2O$	3.3×10^{-5}	4.4×10^{-5}	4.6×10^{-5}	6.7×10^{-5}	—	—	—	—	—	—	—

4. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
CaC_2O_4	226～389	Ca:0.3129; CaO:0.4378	MnC_2O_4	100～214	Mn:0.3843; Mn_3O_4:0.5336
CeO_2	>360	Ce:0.8141	Nd_2O_3	>735	Nd:0.8574
Co_3O_4	285～946	Co:0.7342; Co_2O_3:1.0332	NiO	633～845	Ni:0.7858
CuC_2O_4	100～270	Cu:0.4192; CuO:0.5248	Pr_6O_{11}	>790	Pr:0.8277
Dy_2O_3	>745	Dy:0.8713	Sc_2O_3	>635	Sc:0.6520
Er_2O_3	>720	Er:0.8745	Sm_2O_3	>735	Sm:0.8623
Eu_2O_3	>620	Eu:0.8636	SrC_2O_4	177～400	Sr:0.4939; SrO:0.5900
Gd_2O_3	>700	Gd:0.8676	Tb_4O_7	>725	Tb:0.8502
Ho_2O_3	<735	Ho:0.8730	ThO_2	610～946	Th:0.8788
La_2O_3	>800	La:0.8527	Tm_2O_3	>730	Tm:0.8756
Lu_2O_3	>715	Lu:0.8794	U_3O_4	700～946	U:0.8480
MgC_2O_4	233～397	Mg:0.2165; MgO:0.3589	Y_2O_3	>735	Y:0.7875
			Yb_2O_3	>730	Yb:0.8782

* Co_3O_4，MnC_2O_4，SrC_2O_4的沉淀剂是$K_2C_2O_4$，其他均为草酸。

合成与提纯方法 见第一分册。

用途 沉淀剂。

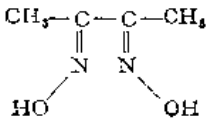
沉淀离子	方法提要
Ca^{2+}	加4%草酸铵，热至70～80℃，氨水中和，加热30分钟，放置2小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，稀草酸铵洗涤，100℃干燥，称量形式$CaC_2O_4 \cdot H_2O$；若在470～525℃灼烧，称量形式$CaCO_3$；若沉淀用滤纸过滤，沉淀在1000℃灼烧，称量形式CaO。Mg^{2+}有干扰，Fe^{3+}，Al^{3+}和稀土元素等可用氨水预分离
Ce^{3+}，或稀土元素	盐酸性(0.3N HCl)试液，热至60～70℃，加等体积草酸饱和溶液，沉淀用滤纸过滤，1%草酸洗涤，700～800℃灼烧，称量形式CeO_2（其他稀土元素为RE_2O_3）
Th^{4+}	盐酸性试液，热至100℃，滴加10%草酸，放置12小时，沉淀用滤纸过滤，2.5%草酸和1.2%HCl洗涤，750℃灼烧，称量形式ThO_2。稀土元素，碱土金属和PO_4^{3-}有干扰

二甲基乙二肟 Ⅱ-7(2)-0002

Dimethylglyoxime

别名 2,3-丁二酮二肟 -2,3-Butane dione dioxime；二乙酰二肟 Diacetyldioxime

结构式



分子式 $C_4H_8N_2O_2$ **分子量** 116.12

理化性质 见本分册Ⅱ-6-0001。

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅱ-6-0001

2．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}
NiL_2	2.19×10^{-24}	23.66

3．化合物的热稳定性和换算因数

称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$Ni(C_4H_7O_2N_2)_2$	79～172	Ni:0.2032; NiO:0.2586
$Pd(C_4H_7O_2N_2)_2$	45～171	Pd:0.3161

合成及提纯方法 见本分册Ⅱ-6-0001。

用途 沉淀剂。

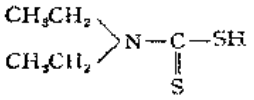
沉淀离子	方法提要
Ni^{2+}	试液热至60～70℃，加1%丁二酮肟乙醇溶液，加氨水，沉淀用玻璃过滤器过滤，冷水洗涤，110～120℃干燥，称量形式$Ni(C_4H_7O_2N_2)_2$。Al^{3+}，Fe^{3+}，Cr^{3+}可加酒石酸以消除其干扰
Pd^{2+}	盐酸性试液，加热，加入1%丁二酮肟乙醇溶液，放置1小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，热水洗涤，<171℃干燥，称量形式$Pd(C_4H_7O_2N_2)_2$。金及大量铂族元素有干扰

二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-7(2)-0003

Diethyldithiocarbamic acid

别名 DDTC；二乙基氨荒酸

结构式



分子式 $C_5H_{11}NS_2$ **分子量** 149.27

理化性质 见本分册Ⅱ-4(2)-0027

理化参数

1．离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅱ-4(2)-0027

2．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AgL	2.51×10^{-20}	19.6	InL_3	1.0×10^{-25}	25.0
CdL_2	1.0×10^{-22}	22.0	NiL_2	7.94×10^{-24}	23.1
CoL_2	8.71×10^{-21}	20.06	PbL_2	2.0×10^{-22}	21.7
CuL_2	2.5×10^{-30}	29.6	TlL	7.94×10^{-11}	10.1
GdL_3	3.16×10^{-25}	24.5	ZnL_2	1.26×10^{-17}	16.9
HgL_2	3.16×10^{-44}	43.5			

3. DDTC的“半分解期”与pH关系

pH	2.0	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	8.5	9.0
半分解期，分	0.005	0.05	0.5	1.5	4.9	16.5	51	498	5040	15840	50400

合成与提纯方法 见本分册Ⅱ-4(2)-0027。

用途 沉淀剂。

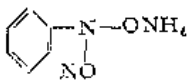
沉淀离子	方法提要
Ag^+	pH1.5～9，白色沉淀
As^{3+}	5%HCl～pH3，白色沉淀
Bi^{3+}	5%HCl～pH9，绿色沉淀
Cd^{2+}	pH1.5～9，白色沉淀
Co^{2+}	10%HCl～pH9，黄绿色沉淀
Cu^{2+}	10%HCl～pH9，棕色沉淀
Fe^{3+}	pH1.5～6，棕色沉淀
Ga^{3+}	pH1.5～6，白色沉淀
Hg^{2+}	10%HCl～pH9，白色沉淀
In^{3+}	pH1.5～9，白色沉淀
Mn^{2+}	pH3～6，玫瑰色沉淀
MoO_4^{2-}	pH1.5～3，玫瑰色沉淀
Ni^{2+}	1:1HCl～pH9，黄绿色沉淀
Pb^{2+}	pH1.5～9，白色沉淀
ReO_4^-	浓HCl，浅黄色沉淀
Sb^{3+}	5%HCl～pH6，白色沉淀
SeO_3^{2-}	10%HCl～pH3，白色沉淀
Sn^{2+}	10%HCl～pH9，白色沉淀
TeO_4^{2-}	10%HCl～pH3，黄色沉淀
Tl^+	pH3～9，白色沉淀
VO_3^-	pH1.5～3，黄色沉淀
WO_4^{2-}	pH1.5，白色沉淀

N-亚硝基苯胺 Ⅱ-7(2)-0004

N-Nitrosophenyl hydroxylamine

别名 铜铁试剂 Cupferron

结构式



分子式 $C_6H_9N_3O_2$ **分子量** 153.16

理化性质 见本分册Ⅱ-6-0007

理化参数

1. 离解常数和酸效应系数 见本分册Ⅱ-6-0007
2. 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AlL_3	2.3×10^{-19}	18.64	CuL_2	9.33×10^{-17}	16.03
BiL_3	6.0×10^{-28}	27.22	FeL_3	1.0×10^{-25}	25.0

3．螯合物沉淀的酸度和在水中的溶解度

沉淀离子	沉淀的酸度	溶解度mg/l，18℃
Ag^+	中性	100
Al^{3+}	中性至弱酸性；pH2～5；pH5.5～5.7	0.9
$As^{3+,5+}$		>150
Be^{2+}	pH5.5～5.7	
Bi^{3+}	1:9H_2SO_4；1:9HCl	8.4
Cd^{2+}	中性	40
$Ce^{3+,4+}$	1:9H_2SO_4；pH5.5～5.7	
Co^{2+}	中性至乙酸酸性	77
Cr^{3+}	中性至乙酸酸性	>150
Cu^{2+}	1:9H_2SO_4	0.7
Fe^{2+}	弱酸性	
Fe^{3+}	1:4HCl；1:4H_2SO_4；1:9H_2SO_4；pH5.5～5.7	0.02
Hf^{4+}	1.2HCl；1:9H_2SO_4；pH5.5～5.7	
Mn^{2+}	中性	>150
MoO_4^{2-}	中性；1:9HCl；1:9H_2SO_4	
Nb^{5+}	1:9H_2SO_4；1:4HCl；pH4.5～5.5；pH5.5～5.7	
Ni^{2+}	中性	52
Pb^{2+}	中性至乙酸酸性	25
RE^{3+}	弱酸性	
Sb^{3+}	1:2HCl；1:9H_2SO_4	
Sb^{5+}		>150
Sn^{2+}	1.5N至弱酸性；pH5.5～57	4.7
Sn^{4+}	1.5N至弱酸性；pH5.5～5.7	2.4
Ta^{5+}	1:4HCl；1:9H_2SO_4；pH5.5～5.7	
Ti^{4+}	1:9H_2SO_4；pH5.5～5.7	
Ti^{3+}	pH5.5～5.7；1:9H_2SO_4	
VO^{2+}	pH5.5～5.7	
VO_3^-	1:99～1:9HCl；1:99H_2SO_4；pH5.5～5.7	
WO_4^{2-}	1:19～1:4H_2SO_4	
Zn^{2+}	中性	
Zr^{4+}	1:19～2:3H_2SO_4；pH5.5～5.7	

4．化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数	*称量形式	热稳定性 ℃	换算因数
$Fe^{III}(C_6H_5N(NO)O)_3$	<98	Fe:0.1195； Fe_2O_3:0.1709	SnO_2	>747	Sn:0.7877
			Ta_2O_5	>1000	Ta:0.8190
Ga_2O_3	>745	Ga:0.7439	V_2O_5	581～946	V:0.5602

* 沉淀剂为铜试试剂。

合成与提纯方法 见本分册Ⅰ-6-0007

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
Ga^{3+}	含14%H_2SO_4的试液，冷至0℃，加6%铜铁试剂，沉淀用滤纸加纸浆过滤，用含有铜铁试剂的稀H_2SO_4洗涤，1000℃灼烧，称量形式Ga_2O_3。Fe^{3+}，$Ti^{3+,4+}$，Zr^{4+}和VO^{2+}干扰
Hf^{4+}	硫酸酸性，铜铁试剂沉淀铪可与大多数金属离子分离，但不能与四价金属离子分离
Sn^{4+}	硫酸酸性，加硼酸掩蔽F^-，冷至0℃，加6%铜铁试剂，沉淀用滤纸过滤，1%HCl洗涤，900℃灼烧，称量形式SnO_2
Ti^{4+}	硫酸酸性，冷至10℃，加6%铜铁试剂，沉淀用滤纸过滤，1%HCl（含少量铜铁试剂）洗涤，800～1000℃灼烧，称量形式TiO_2，Hf^{4+}，Zr^{4+}，Fe^{3+}，VO^{2+}，Sn^{4+}，WO_4^{2-}干扰
	pH4.3～7，EDTA存在下，可与大多数金属离子分离，但不能与Be^{2+}，Sn^{2+}，PO_4^{3-}，U^{4+}分离
VO_3^-，VO_4^{3-}	含20%H_2SO_4的试液，冷到10℃，加铜铁试剂，沉淀用滤纸过滤，用含有铜铁试剂的0.1%H_2SO_4洗涤；<658℃灼烧，称量形式V_2O_5
Zr^{4+}	含20%H_2SO_4的试液，冷至10℃，加6%铜铁试剂，沉淀用滤纸加纸浆过滤，用3.5%HCl洗涤，1200℃灼烧，称量形式ZrO_2。Ti^{4+}，Hf^{4+}，Fe^{3+}，VO_3^-，VO_4^{3-}，Sn^{4+}，WO_4^{2-}有干扰

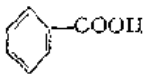
苯甲酸

Ⅱ-7(2)-0005

Benzoic acid

别名 安息香酸；苯羧酸 Benzene Carboxylic acid

结构式



分子式 $C_7H_6O_2$ **分子量** 122.12

理化性质 白色晶体。微溶于水；溶于乙醇、乙醚、氯仿、苯、二硫化碳和松节油。加热至370℃时分解成苯和二氧化碳。相对密度1.2659（15/4°），熔点122℃，沸点249℃，约100℃开始升华。

理化参数

1．离解常数〔温度（t）25℃；离子强度（μ）0〕

	HL	L^-
pK	4.20	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.20	2.20	1.23	0.41	0.06	0.01

3．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
$CaI_2 \cdot 3H_2O$	4.0×10^{-3}	2.4	$CdI_2 \cdot 2H_2O$	2.0×10^{-3}	2.7

4．苯甲酸在水中的溶解度（100g水中最大溶解克数）

温度，℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
溶解度	0.17	0.21	0.29	0.41	0.56	0.78	1.16	—	2.71	—	5.88

合成及提纯方法 见第一分册。

用途 沉淀剂。

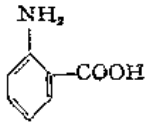
沉淀离子	方法提要
Al^{3+}	pH4，苯甲酸铵沉淀Al^{3+}，可与Co^{2+}，Zn^{2+}，Ni^{2+}，Cr^{3+}，Fe^{3+}分离，其中Fe^{3+}先用巯基乙酸还原
Cu^{2+}	60～100ml溶液中含Cu^{2+}达0.1g，用稀HNO_3酸化，加热，加入苯甲酸铵溶液和等重量的六次甲基四胺溶液。形成亮蓝色的化合物$Cu_3(C_6H_5CO_2)_6 \cdot C_6H_{12}N_4$沉淀，过滤，用每升含3g苯甲酸铵和0.3g六次甲基四胺的稀溶液洗涤，最后用水、乙醇和乙醚洗，在真空中干燥，称量形式为$Cu_3(C_6H_5CO_2)_6 \cdot C_6H_{12}N_4$，对铜的换算因数为0.1804；若沉淀较多 可灼烧为CuO再称量
V^{5+} —	25ml试液含有0.1～0.15g V_2O_5，加10ml12*N*HCl，煮沸，边搅拌边加入饱和亚硫酸铵，直到完全脱色。然后加入热的苯甲酸铵溶液（冷时为饱和溶液），每0.1gV_2O_5至少加1g苯甲酸铵，煮沸2～3分钟，放置3～4小时，沉淀过滤，用冷的饱和苯甲酸溶液洗涤，100～120℃干燥并灼烧15分钟，称量形式为V_2O_5

邻氨基苯甲酸 Ⅱ-7(2)-0006

o-Aminobenzoic acid

别名 氨茴酸 Anthranilic acid

结构式



分子式 $C_7H_7NO_2$ **分子量** 137.14

理化性质 白色或淡黄色晶体。溶于水、乙醇和乙醚。熔点145℃。

理化参数

1. 离解常数〔温度（*t*）25℃；离子强度（*μ*）0〕

	H_2L	HL^-	L^{2-}
p*K*	2.05	4.95	—

2. 酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lg*α*	5.04	3.28	2.00	1.00	0.28	0.04

3 难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
CdL_2	5.4×10^{-9}	8.27	NiL_2	8.1×10^{-10}	9.09
CoL_2	2.1×10^{-10}	9.68	PbL_2	1.5×10^{-10}	9.81
CuL_2	6.0×10^{-14}	13.22	ZnL_2	5.9×10^{-10}	9.23
MnL_2	1.8×10^{-7}	6.75			

4. 螯合物沉淀的pH值（被沉淀离子的初始浓约$10^{-3}M$）

沉淀离子	pH		沉淀离子	pH	
	开始沉淀	沉淀完全		开始沉淀	沉淀完全
Cd^{2+}	4.25	5.23	Mn^{2+}	4.10	5.15
Co^{2+}	3.36	4.41	Ni^{2+}	3.64	4.51
Cu^{2+}	1.40	2.79	Zn^{2+}	3.67	4.72

5. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换 算 因 数
$Cu(H_2NC_6H_4COO)_2$	<225	Cu:0.1892; CuO:0.2369
$Zn(H_2NC_6H_4COO)_2$	<240	Zn:0.1936

* 沉淀剂为邻氨基苯甲酸。

合成方法 将40g氢氧化钠溶于200ml水中，冷却至－50℃，然后边搅拌边加入10.6ml（32g）溴。另取29.6g邻苯二酰亚胺，用水调成稠糊状，再加至溴-氢氧化钠溶液中。取出冷混合物，加热至室温。边搅拌边加入24g氢氧化钠粉末，将温度升至80℃。过滤，冷却滤液，加110ml浓盐酸，使液体呈中性。加30ml冰乙酸，使邻氨基苯甲酸沉淀析出。过滤，沉淀用水洗涤，于干燥器中干燥[1]。

提纯方法 用热水重结晶，并以少量活性炭脱色。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方 法 提 要
Cd^{2+}	含1～3mgCd^{2+}的试液，煮沸，调pH＝6（不含HCl或乙酸），加0.55ml新配制的2%邻氨基苯甲酸钠，搅拌并冷却，有白色$Cd(C_7H_6O_2N_2)_2$结晶析出，过滤，用1ml96%乙醇洗两次。于135～140℃干燥，对Cd的换算因数为0.2923
Co^{2+}	250ml含0.1gCo^{2+}的中性或微酸性试液，煮沸，加15ml3%邻氨基苯甲酸钠溶液，有红色$Co(C_7H_6O_2N)_2$沉淀产生。过滤，用稀邻氨基苯甲酸钠溶液（5ml3%沉淀剂加水95ml）洗涤，最后用乙醇洗数次，于105～110℃干燥。对Co的换算因数为0.17803
Cu^{2+}	200ml含50mgCu^{2+}的中性或微酸性试液，煮沸，加12.5ml3%邻氨基苯甲酸钠溶液，有绿色$Cu(C_7H_6O_2N_2)_2$沉淀析出。过滤，沉淀用热的稀邻氨基苯甲酸钠溶液(1～2ml)3%沉淀剂用水稀释至100ml)洗涤，于105～110℃干燥。对Cu的换算因数为0.1892
Ni^{2+}	300ml含0.1gNi^{2+}的中性或很弱的酸性溶液，煮沸，加3%邻氨基苯甲酸钠溶液，有亮绿色$Ni(C_7H_6O_2N)_2$沉淀析出，过滤，用0.2%邻氨基苯甲酸钠洗一次，1ml乙醇洗两次，于105～110℃干燥。对Ni的换算因数为0.1774
Pb^{2+}	100ml含0.1gPb^{2+}的中性试液，加30ml3%邻氨基苯甲酸钠，有$Pb(C_7H_6O_2N)_2$沉淀析出，过滤，用0.4～0.5%邻氨基苯甲酸钠溶液洗涤，最后用乙醇洗，于105～110℃干燥。对Pb的换算因数为0.4323
Zn^{2+}	150ml含0.1gZn^{2+}的中性或弱酸性试液，加25～30ml3%邻氨基苯甲酸钠溶液，有白色$Zn(C_7H_6O_2N)_2$沉淀析出，过滤，用0.15～0.2%邻氨基苯甲酸钠溶液洗涤，最后用乙醇洗几次，105～110℃干燥，对Zn的换算因数为0.1936

参 考 文 献

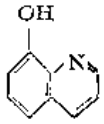
〔1〕 F. J. Welcher: "Organic Analytical Reagents"，第二分册，万国书局，p.192,1948.

8-羟基喹啉　　Ⅱ-7(2)-0007

8-Hydroxyquinoline

别名　喔星　Oxine

结构式



分子式　C_9H_7NO　　**分子量**　145.16

理化性质　见本分册Ⅰ-2(2)-0010

理化参数

1．离解常数和酸效应系数　见本分册Ⅰ-2-(2)-0010

2．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AlL_3	1.0×10^{-29}	29.0	InL_3	4.6×10^{-32}	31.34
BaL_2	5.0×10^{-9}	8.3	MgL_2	4.0×10^{-16}	15.4
CaL_2	7.5×10^{-12}	11.12	MnL_2	2.0×10^{-22}	21.7
CoL_2	1.6×10^{-25}	24.8	NiL_2	8.0×10^{-27}	26.1
CuL_2	2.0×10^{-30}	29.7	SrL_2	5.0×10^{-10}	9.3
FeL_3	3.16×10^{-44}	43.5	TlL_3	4.0×10^{-33}	32.4
GaL_3	8.7×10^{-33}	32.06	ZnL_2	5.0×10^{-25}	24.3

3．螯合物沉淀的pH值（金属离子的初始浓度为0.01～1.0M）

沉淀离子	不沉淀的pH	定量沉淀的pH	沉淀离子	不沉淀的pH	定量沉淀的pH
Al^{3+}	<2.3，>12.0	4.2～8.5	MoO_4^{2-}	—	3.6～7.3
Ba^{2+}	—	氨介质	Ni^{2+}	<2.8	4.3～14.6
Be^{2+}	<6.3	8.0～8.4	Pb^{2+}	<4.8	8.4～12.3
Bi^{3+}	<3.5，>12.9	4.5～10.5	Pd^{2+}	—	3.5～8.5
Ca^{2+}	<6.1	9.2～13(氨介质)	Sb^{3+}	—	>1.5
Cd^{2+}	<4.0	5.4～14.6	Sn^{2+}	—	氨介质
Co^{2+}	<2.8	4.4～11.6	Sr^{2+}	—	氨介质
Cr^{3+}	—	氨介质	Th^{4+}	<3.1	4.4～8.8
Cu^{2+}	<2.2	5.3～14.6	Ti^{4+}	<3.5，>12.0	4.8～8.5
Fe^{3+}	<2.4	2.8～11.2	UO_2^{2+}	<3.1，>12.1	4.1～9.8
Ga^{3+}	—	3.1～11.5	VO_3^-	<1.1，>7.3	2.7～6.1
La^{3+}	—	6.0	WO_4^{2-}	—	5.0～5.7
Mg^{2+}	<6.7	9.4～12.7	Zn^{2+}	<2.8	4.6～13.4
Mn^{2+}	<4.3	5.9～10	Zr^{4+}	—	约5

4. 化合物的热稳定性及换算因数

*称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$Al(C_9H_6ON)_3$	102～220	Al:0.0587; Al_2O_3:0.1110
$Cd(C_9H_6ON)_2$	280～384	Cd:0.2805; CdO:0.3204
$Co(C_9H_6ON)_2$	115～295	Co:0.1697; Co_2O_3:0.2388
$Cr(C_9H_6ON)_3$	70～150	Cr:0.1074; Cr_2O_3:0.1596
$Cu(C_9H_6ON)_2$	66～296	Cu:0.1866; CuO:0.2261
$Fe(C_9H_6ON)_3$	<234	Fe:0.1144; Fe_2O_3:0.1653
$In(C_9H_6ON)_3$	100～285	In:0.2098; In_2O_3:0.2637
$Mg(C_9H_6ON)_2$	88～300	Mg:0.7779; MgO:0.1290
$Mn(C_9H_6ON)_2$	117～250	Mn:0.1600; Mn_3O_4:0.2222
$MoO_2(C_9H_6ON)_2$	40～270	Mo:0.2305; MoO_3:0.3456
Nb_2O	349～800	Nb:0.6990
$Ni(C_9H_6ON)_2$	100～232	Ni:0.1692; NiO:0.2153
$(C_9H_7ON)_3 \cdot H_3(PMo_{12}O_{40})$	85～285	P:0.01370; P_2O_5:0.03139
$Sc(C_9H_6ON)_3 \cdot (C_9H_6ONH)$	<125	Sc:0.07220; Sc_2O_3:0.1108
$Th(C_9H_6ON)_4 \cdot (C_9H_6ONH)$	<80	Th:0.2483; ThO_2:0.2768
$UO_2(C_9H_6ON)_2 \cdot (C_9H_6ONH)$	<150	U:0.3384; U_3O_8:0.3990
WO_3	>812	W:0.7930
$Zn(C_9H_6ON)_2$	127～284	Zn:0.1848; ZnO:0.2301

* 沉淀剂为8-羟基喹啉。

合成与提纯方法 见本分册1-2(2)-0010。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法摘要
Al^{3+}	pH5，乙酸盐缓冲液，可与Be^{2+}，M_{g}^{2+}和UO_2^{2+}分离； 碱性介质，H_2O_2存在下，可与MoO_4^{2-}，VO_3^-和Ti^{4+}分离； 盐酸酸化的试液，45～70～80℃，调pH=7，加乙酸盐缓冲液，加5%8-羟基喹啉乙酸溶液，加热至70～80℃，沉淀用玻璃过滤器过滤，水洗，110℃干燥。称量形式$Al(C_9H_6ON)_3$；若沉淀用滤纸过滤，于1100℃灼烧（盖上一层草酸），称量形式Al_2O_3
Be^{2+}	pH7，乙酸盐缓冲液，可与Al^{3+}，Fe^{3+}等分离，Ti^{4+}，SiO_2有干扰
Ga^{3+}	氨性试液，可与VO_3^-，MoO_4^{2-}，WO_4^{2-}分离； pH2.1，加8-羟基喹啉，沉淀用玻璃过滤器过滤，热水洗涤，沉淀120℃干燥，称量形式$Ga(C_9H_6ON)_3$
Ge^{4+}	含约0.03gGeO_2试液，加钼酸铵，0.15NH_2SO_4和8-羟基喹啉，放置12小时，沉淀用玻璃过滤器过滤，用HCl（含有钼酸铵和8-羟基喹啉）洗涤，沉淀于110℃干燥，称量形式$(C_9H_7ON)_4 \cdot H_4GeMo_{12}O_{40}$
In^{3+}	pH3～4，热至70～80℃，加8-羟基喹啉，沉淀用玻璃过滤器过滤，水洗涤，沉淀于110～115℃干燥，称量形式$In(C_9H_6ON)_3$。Al^{3+}，Cu^{2+}，Fe^{3+}，Ga^{3+}，Zn^{2+}等有干扰
Mg^{2+}	加2%8-羟基喹啉的2N乙酸溶液，热至100℃，加乙酸铵和浓氨水（过量），沉淀用玻璃过滤器过滤，热水洗涤，沉淀于250℃干燥，称量形式$Mg(C_9H_6ON)_2$。Ca^{2+}预先用草酸分离；Al^{3+}，Fe^{3+}，Cu^{2+}，Zn^{2+}和Mn^{2+}预先在pH6时用8-羟基喹啉分离
MoO_4^{2-}	乙酸盐缓冲液，EDTA存在下，大多数金属离子不干扰，WO_4^{2-}，VO_3^-，Ti^{4+}，UO_2^{2+}干扰； pH12～13，在$(NH_4)_2C_2O_4$和$(NH_4)_2SO_4$存在下，可与Nb^{5+}，Zr^{4+}，CrO_4^{2-}，Cr^{3+}，Cu^{2+}，Ni^{2+}，Ti^{4+}，Fe^{3+}，VO_4^{3-}和ReO_4^-分离
Th^{4+}	在EDTA存在下，可与大多数金属离子分离
Ti^{4+}	在酒石酸存在下，用乙酸和乙酸铵及2%8-羟基喹啉乙酸溶液，热至100℃，沉淀用玻璃过滤器过滤，热水洗涤，沉淀于110℃干燥，称量形式$TiO(C_9H_6ON)_2$

续表

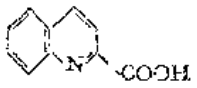
沉淀离子	方　法　提　要
UO_2^{2+}	pH5~9，加乙酸盐缓冲液，EDTA，热至100℃，加入3%8-羟基喹啉的4N乙酸溶液，沉淀用玻璃过滤器过滤，热水洗涤，沉淀于105～110℃干燥，称量形式$UO_2(C_9H_6ON)_2\cdot(C_9H_7ON)$； pH5.3，加乙酸盐缓冲液，EDTA存在下，可与Th^{4+}，稀土元素，Al^{3+}，Fe^{3+}，Zr^{4+}，VO^{2+}，Bi^{3+}，PO_4^{3-}及二价金属离子等分离，但不能与Be^{2+}、Ti^{4+}分离
Zn^{2+}	酒石酸存在下，加8-羟基喹啉，沉淀用玻璃过滤器过滤，于130～140℃干燥，称量形式$Zn(C_9H_6ON)_2\cdot 1\frac{1}{2}H_2O$。$Al^{3+}$，$Bi^{3+}$，$Cd^{2+}$，$Cu^{2+}$，$Ni^{2+}$不干扰

喹啉-2-甲酸　　Ⅱ-7(2)-0008

Quinoline-2-Carboxylic acid

别名　喹哪啶酸　Quinaldinic acid

结构式



分子式　$C_{10}H_7NO_2$　　**分子量**　173.17

理化性质　白色结晶，通常含有两份结晶水，100℃时失水。微溶于冷水，溶于热水、酸和碱性溶液中。熔点155～157℃（无水物）。

理化参数

1．离解常数〔温度(t)25℃；离子强度(μ)→0〕

	HL	L^-
pK	4.97	—

2．酸效应系数

pH	1	2	3	4	5	6
lgα	3.97	2.97	1.97	1.11	0.29	0.04

3．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
AgL	1.3×10^{-18}	17.9	HgL_2	1.6×10^{-17}	16.8
CdL_2	6.0×10^{-13}	12.3	NiL_2	8.0×10^{-10}	10.1
CoL_2	1.6×10^{-11}	10.8	PbL_2	2.5×10^{-11}	10.6
CuL_2	1.6×10^{-17}	16.8	PdL_2	1.3×10^{-13}	12.9
FeL_2	1.3×10^{-17}	16.9	ZnL_2	1.6×10^{-14}	13.8
Hg_2L_2	1.3×10^{-18}	17.9			

4．化合物的热稳定性及换算因数

称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$Cd(C_{10}H_6O_2N)_2$	125～260	Cd：0.2461
$Cu(C_{10}H_6O_2N)_2\cdot H_2O$	<120	Cu：0.1492
$Zn(C_{10}H_6O_2N)_2\cdot H_2O$	<150	Zn：0.1523

合成方法

1．三溴喹哪啶的合成　将50 g 乙酸钠干粉、100 g 冰乙酸和14 g 纯喹哪啶混合一起，在搅拌下加热至70℃。然后边搅拌边滴加48 g 溴与 100 g 冰乙酸的混合物。煮沸几分钟，在水浴上放置30分钟。再将混合物冷至室温。把混合物倒入水中，滤出沉淀，洗涤并干燥，用乙醇或冰乙酸重结晶。

当反应物倒入水中时，有些喹哪啶样品会产生一些焦油状物，很难除去。若对乙酸溶液进行冷却，不用水处理，即可得到好的产品。溴化钠和三混喹哪啶在此条件下可得到分离。过滤混合物，用冷冰乙酸洗，最后用水洗。

2．喹哪啶酸的合成　三溴喹哪啶与1∶10 H_2SO_4混合，回流煮沸直至中间控制无溴化物。冷却中和至近中性，加过量硫酸铜溶液。滤去不溶性的铜盐，洗涤，悬浮在热水中，然后用硫化氢沉淀所有的铜。滤去硫化铜，将滤液蒸发至干。用冰乙酸重结晶[1-3]。

用途　沉淀剂。

沉淀离子	方　法　提　要
Cd^{2+}	150ml含0.1～0.2gCd^{2+}的中性或乙酸酸性的试液，加3.5%喹哪啶酸钠至沉淀完全。小心加稀NaOH溶液到混合物正好呈中性，使白色粒状的$Cd(C_{10}H_6O_2N)_2$下沉。冷至室温，过滤，用冷水洗至无游离沉淀剂。125℃干燥，对Cd的换算因数为0.2461
Cu^{2+}	150ml含10～50mgCu^{2+}的试液，加25ml2NH_2SO_4，煮沸，加3.5%喹哪啶酸钠溶液到沉淀完全，将亮绿色沉淀过滤，用热水洗涤到无游离的沉淀剂。125℃干燥，称量形式$Cu(C_{10}H_6O_2N)_2 \cdot H_2O$，对Cu的换算因数为0.1492
Zn^{2+}	150ml含0.1gZn^{2+}的试液，加2～5ml稀乙酸，煮沸。加3.5%喹哪啶酸钠溶液到沉淀完全。将沉淀过滤，用热水洗到无游离沉淀剂。125℃干燥，称量形式$Zn(C_{10}H_6O_2N) \cdot H_2O$，对Zn的换算因数为0.1529

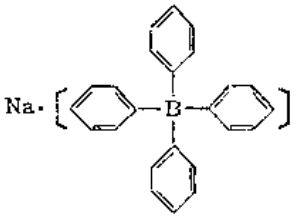
参 考 文 献

〔1〕 F. J Welcher; "Organic Analytical Reagents", 万铝书局，第二分册，p. 210,(1948).
〔2〕 O Doebner and W. V. Miller; *Ber.*, 16,2472,(1883).
〔3〕 D. L. Hammick; *J. Chem. Soc.*, 123,2882,(1923).

四苯硼酸钠　　Ⅰ-7(2)-0009

Sodium tetraphenyl borate

结构式



分子式　$C_{24}H_{20}BNa$　　**分子量**　352.20

理化性质　无色或白色结晶，微吸湿，溶于水、醇和丙酮中，微溶于苯。在水中逐渐分解，使溶液呈浑浊，加酸分解速度加快。

理化参数

1．难溶化合物的溶度积常数

化合物	K_{sp}	pK_{sp}	化合物	K_{sp}	pK_{sp}
CuL	1.0×10^{-8}	8.0	KL	2.2×10^{-8}	7.65

2．化合物的热稳定性及换算因数

称量形式	热稳定性，℃	换算因数
$Cs\cdot B(C_6H_5)_4$	<210	Cs:0.2939; Cs_2O:0.3116
$K\cdot B(C_6H_5)_4$	<265	K:0.1091; K_2O:0.1314
$NH_4\cdot B(C_6H_5)_4$	<130	N:0.04150; NH_3:0.05050; NH_4^+:0.05350
$Rb\cdot B(C_6H_5)_4$	<240	Rb:0.2112; RbO:0.2310

提纯方法[1] 用丙酮-己烷或三氯甲烷结晶，也可用乙醚-环己烷（3:2）进行结晶，将溶液加热使化合物沉淀。

用途 沉淀剂。

沉淀离子	方法提要
K^+	pH1，加3%四苯硼酸钠溶液，加热15分钟，沉淀用玻璃过滤器过滤，用$K[B(C_6H_5)_4]$饱和溶液洗涤，沉淀于110～130℃干燥，称量形式$K[B(C_6H_5)_4]$。NH_4^+，Rb^+，Cs^+，Tl^+，Ag^+和Hg^{2+}有干扰

参考文献

〔1〕 D. D. Perrin; "Purif of Labor. Chemicals", Pergamon Press, p. 335. 1976.

单位换算表

1mmHg=133.322Pa(帕)

1atm(大气压)=101325Pa

$1kg/cm^2=9.80665\times10^4Pa$

1in(英寸)=0.0254m(米)

中文名称笔画索引

说　　明

1．本书中文索引按照第一字笔画的数目分先后排列，笔画数目相同的以笔顺横“一”、竖“丨”、撇“丿”、点“丶”、折“乛”为序。第一字相同的名称，当字数不同时，少的在前，多的在后；字数相同时，再按照第二字的笔画和笔顺排列。其余类推。

2．如果中文名称的第一字（第二，第三字等）不是汉字而是代表基（根）位置或构型的阿拉伯数字或（和）外文，则该数字或（和）外文不作正式字数计算，而排列在相同的汉字下面。例“3-硫代甘油”排列在“硫代甘油”下面，“β-萘胺”排列在“萘胺”下面，“*N*-乙基吗啉”排列在“乙基吗啉”下面等。

3．本索引收入本分册全部试剂中文名称（包括别名），缩写名称均排列在中文索引的末尾一栏中。名称后的数字为试剂编号。

一　画

乙

二　画

二　十　丁　七　儿

三　画

三

四　画

五　中　内　六　双　引　巴　水

五　画

丙　甘　右　戊　可　卡　甲　四　白　半　对　尼

六　画

亚　百　过　光　吖　刚　曲　肉　伞　次　安　羊　异　红

七　画

麦　劳　抗　连　呋　吡　佰　邻　肟　辛　间　没　尿　阿

八　画

环　玫　直　苦　苯　苹　苄　呫　罗　钍　乳　金　肼　变　庚　试

九 画

枸 柠 茜 草 荧 耐 奎 咪 蚁 钙 钛 香 氟 氢 重 肿 亮 洛 官 扁 络 苄

十 画

配 盐 特 钼 铀 铅 铍 氧 氨 胺 高 酒 宾 弱 桑

十 一 画

酞 酚 萘 菲 葡 黄 硅 硒 钼 铜 铬 偶 脲 淀 羟 维 绿

十 二 画

棓 联 硝 硫 搔 紫 喹 喔 锌 氰 氮 氯 焦 番 鲁 巯

十 三 画

碘 硼 简 新 煤 溴 滂 羧

十 四 画

酸 碱 碳 镁

十 五 画

樱 醋 镍 熟

十 六 画

靛 螯 橙 醛 磺 噻

十 七 画

磷 嗪 燎 糠

十 八 画

缬

二 十 一 画

麝

其 它

一　画

乙酸　Ⅱ-4(2)-0007
乙二酸　Ⅱ-4(2)-0006
　　Ⅱ-7(2)-0001
乙氨酸　Ⅱ-5-0019
乙基红　Ⅱ-2(4)-0005
N-乙基吗啉　Ⅱ-5-0027
乙酰丙酮　Ⅱ-4(2)-0026
　　Ⅱ-6-0004
乙二胺-*N*,*N'*-二乙酸　Ⅱ-3-0005
乙二胺-*N*,*N'*-二丙酸　Ⅱ-3-0009
乙二胺四丙酸　Ⅱ-3-0027
N-乙基四氢-1,4-噁嗪　Ⅱ-5-0027
1,1',1'',1'''-(乙二亚氮基)四-2-丙醇　Ⅱ-3-0030
乙基甲基乙二肟　Ⅱ-6-0005
乙基对氧氮六环　Ⅱ-5-0027
5-乙酰基-8-羟基喹啉　Ⅱ-6-0042
乙二胺-*N*,*N'*-二乙酸-*N*,*N'*-二丙酸　Ⅱ-3-0020
乙二胺-*N*,*N'*-二(2-羟基苯乙酸)　Ⅱ-3-0032
乙二胺四乙酸二钠盐　Ⅱ-3-0011
　　Ⅱ-4(2)-0041
乙二胺-*N*-羟乙基-*N*,*N'*,*N'*-三乙酸　Ⅱ-3-0013
　　Ⅱ-4(2)-0042
乙二醛双缩(2-羟基苯胺)　Ⅱ-2(2)-0034
乙二醇醚二胺四乙酸　Ⅱ-3-0029
　　Ⅱ-4(2)-0050
乙二胺-*N*,*N'*-二(β-羟基乙基)-*N*,*N'*-二乙酸　Ⅱ-3-0014
乙二胺-*N*-(2-羟基环己基)-*N*,*N'*,*N'*-三乙酸　Ⅱ-3-0026
乙二醇二乙醚二胺四乙酸　Ⅱ-3-0029
乙二醇-双(β-氨基乙酸)-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸　Ⅱ-3-0029
4-乙氧基-2',4'-二氨基偶氮苯盐酸盐　Ⅱ-2(1)-0011
4'-乙氧基-2,4-二氨基偶氮苯盐酸盐　Ⅱ-2(4)-0003
乙二硫醇二乙硫醚二胺四乙酸　Ⅱ-3-0028

二　画

二苯胺　Ⅱ-2(3)-0018
　　Ⅱ-2(4)-0021
二乙三胺　Ⅱ-3-0002
二甲基黄　Ⅱ-2(1)-0008
二甲酚橙　Ⅱ-2(2)-0085
　　Ⅱ-2(4)-0031
二苯胺黄　Ⅱ-2(1)-0005
二苯胺橙　Ⅱ-2(1)-0005
1,2-二氨基苯　Ⅱ-2(5)-0001
1,4-二氨基苯　Ⅱ-2(5)-0002
2',6'-二氯靛酚　Ⅱ-2(3)-0009
2',6'-二溴靛酚　Ⅱ-2(3)-0008
二乙基荒酸　Ⅱ-7(2)-0003
二乙酰二肟　Ⅱ-6-0001
二乙酰二肟　Ⅱ-7(2)-0002
二丙酰甲烷　Ⅱ-6-0012
二甲苯胺蓝Ⅱ　Ⅱ-2(2)-0081
二苯卡巴肼　Ⅱ-2(4)-0028
二苯氨基脲　Ⅱ-2(4)-0028
二苯胺磺酸　Ⅱ-2(3)-0019
4-二苯胺磺酸　Ⅱ-2(3)-0019
二苯缩胺脲　Ⅱ-2(4)-0027
1,2-二氨基丙烷　Ⅱ-4(2)-0017
二氨基硫脲　Ⅱ-4(2)-0005
α-二硝基苯酚　Ⅱ-2(1)-0007
γ-二硝基苯酚　Ⅱ-2(1)-0013
2,4-二硝基苯酚　Ⅱ-2(1)-0007
2,5-二硝基苯酚　Ⅱ-2(1)-0013
二硫代甘油　Ⅱ-4(2)-0015
二氯荧光素　Ⅱ-2(5)-0033
二氯(R)荧光黄　Ⅱ-2(4)-0017
2,7-二氯荧光素　Ⅱ-2(4)-0017
2,3-二巯基丙醇　Ⅱ-4(2)-0015
3,4-二巯基甲苯　Ⅱ-6-0011
3',3''-二溴磺酚酞　Ⅱ-2(2)-0056
二乙基氨荒酸　Ⅱ-6-0006
二丁基氨荒酸　Ⅱ-6-0030
二甲胺二羧酸　Ⅱ-3-0001

二甲基乙二肟 Ⅱ-6-0001
二甲基乙二肟 Ⅱ-7(2)-0002
2,2-二甲基-3,5-己二酮 Ⅱ-6-0019
2,6-二甲基-3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0029
5,6-二甲基菲咯因 Ⅱ-2(3)-0067
2,9-二甲基-1,10-菲咯啉 Ⅱ-4(2)-0046
4,7-二甲基-1,10-菲咯啉 Ⅱ-4(2)-0047
5,6-二甲基-1,10-菲咯啉 Ⅱ-4(2)-0048
3,3′-二甲基联萘胺 Ⅱ-2(3)-0056
二亚乙基三胺 Ⅱ-3-0002
Ⅱ-4(2)-0024
二异丁酰甲烷 Ⅱ-6-0029
二苯甲酰甲烷 Ⅱ-4(2)-0051
二苯甲酰甲烷 Ⅱ-6-0055
1,3-二苯基-1,3-丙二酮 Ⅱ-4(2)-0051
1,3-二苯基-1,3-丙二酮 Ⅱ-6-0055
二苯基卡巴腙 Ⅱ-2(2)-0030
Ⅱ-2(4)-0027
二苯基联苯胺 Ⅱ-2(4)-0025
D-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-2(4)-0022
二羟基琥珀酸 Ⅱ-5-0021
二硫代酒石酸 Ⅱ-4(2)-0020
2′,6′-二氯-3-甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0023
2′,6′-二氯间溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0004
2′,6′-二氯间氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0006
二氯苯酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0016
5,7-二氯-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0021
2′,6′-二氯靛酚-2-磺酸 Ⅱ-2(3)-0012
2′,6′-二氯靛酚-3-磺酸 Ⅱ-2(3)-0011
α,β-二巯基琥珀酸 Ⅱ-4(2)-0020
5,7-二碘-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0022
二新戊酰甲烷 Ⅱ-6-0043
5,7-二溴-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0020
二乙三胺五乙酸 Ⅱ-3-0025
3,3′-二甲氧基联苯胺 Ⅱ-2(3)-0034
二甲基酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0053
1,2-二氨环己-N,N,N′,N′-四乙酸 Ⅱ-3-0024
二(羟乙基)甘氨酸 Ⅱ-3-0006
1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0004
1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸 Ⅱ-4(2)-0028
1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(5)-0016
3,6-二羟基酞酰亚胺 Ⅱ-2(5)-0006
1,2-二羟基蒽醌-3-磺酸 Ⅱ-2(2)-0033
二溴百里酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0020
二溴邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0018
5,5′-二溴邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0018
2′,6′-二溴靛酚邻磺酸 Ⅱ-2(3)-0010
2′,6′-二溴靛酚间磺酸 Ⅱ-2(3)-0007
二乙基巴比妥酸钠 Ⅱ-5-0030
二乙醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0022
二甲氧基马钱子碱 Ⅱ-2(3)-0058
3,3′-二甲基-4,4′-二氨基-1,1′-联萘 Ⅱ-2(3)-0056
二甲基氨基乙酸钠 Ⅱ-5-0022
N,N′-二苯基二氨基联苯 Ⅱ-2(4)-0025
N,3-二苯基丙烯氧肟酸 Ⅱ-6-0057
二苯基硫代卡巴腙 Ⅱ-2(2)-0031
Ⅱ-6-0050
2′,6′-二溴邻甲氧基靛酚 Ⅱ-2(3)-0022
二乙三胺-N-甲基-N′,N′,N″,N″-四乙酸 Ⅱ-3-0023
二乙硫醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0021
2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮)苯酚 Ⅱ-2(2)-0020
3,3′-二甲基联萘胺二磺酸 Ⅱ-2(3)-0057
二甲硫醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0012
二亚乙基三胺五乙酸 Ⅱ-3-0025
1,2-二(2-呋喃基)-1,2-乙二酮二肟 Ⅱ-6-0035
1,2-二苯基乙烷-1,2-二酮二肟 Ⅱ-6-0053
二苯基联苯胺二磺酸 Ⅱ-2(3)-0059
2,2′-二羟基-1,1′-偶氮萘-3,3′,6,6′-四磺酸 Ⅱ-2(2)-0070
3,3′-二羟基联苯胺-N,N,N′,N′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0035
二硫代羧基氨基乙酸 Ⅱ-4(2)-0011
N-(二硫代羧基)氨基乙酸 Ⅱ-4(2)-0011
3,3′-二羧基联苯胺-N,N,N′,N′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0038
二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-4(2)-0027
二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-6-0006
二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-7(2)-0003
二丁基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-6-0030
3,3′-二甲氧基联苯胺-N,N,N′,N′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0040

3-二甲氨基-6-(2-噻唑偶氮)苯酚 Ⅱ-2(2)-0021
4′-二甲基氨基偶氮苯-2-甲酸 Ⅱ-2(1)-0015
N,*N*′-二甲基联吡啶二硝酸盐 Ⅱ-2(6)-0001
3,6-二羟基邻苯二甲酰亚胺 Ⅱ-2(5)-0006
4′-二甲氨基偶氮苯-4-磺酸(钠盐) Ⅱ-2(1)-0010
3,3′-二甲基-4,4′-二氨基-1,1′-联苯二磺酸 Ⅱ-2(3)-0057
2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0026
4-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0019
二亚乙基三胺-*N*-甲基-*N*′,*N*′,*N*″,*N*″-四乙酸 Ⅱ-3-0023
2-(2,4-二羟基苯偶氮)-4-苯基-1-羟基苯 Ⅱ-2(2)-0054
2-(1,5-二羟基-2-萘偶氮)-1-羟基苯-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0044
3,3′-二甲基-5,5′-[*N*,*N*-二(羧甲基)氨甲基]酚酞 Ⅱ-2(2)-0086
3-[二(羧甲基)氨甲基]-1,2-二羟基蒽醌 Ⅱ-2(2)-0062
2-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚 Ⅱ-2(2)-0032
1,1,1,5,5,6,6,7,7,7-十氟-2,4-庚二酮 Ⅱ-6-0009
丁二肟 Ⅱ-6-0001
2,3-丁二酮二肟 Ⅱ-7(2)-0002
1,1,1,2,2,3,3-七氟-7,7-二甲基-4,6-辛二酮 Ⅱ-6-0040
七氟丁酰新戊酰甲烷 Ⅱ-6-0040
七氟丁酰三氟乙酰甲烷 Ⅱ-6-0009
儿茶酚紫 Ⅱ-2(2)-0061
儿茶酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0061
儿茶酚二磺酸 Ⅱ-2(2)-0004

三　　画

三乙四胺 Ⅱ-3-0007
三乙醇胺 Ⅱ-4(2)-0033
2′,6′,3-三氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0005
2,4,6-三甲基吡啶 Ⅱ-5-0029
2,4,5-三苯基咪唑 Ⅱ-2(6)-0003
1,1,1-三氟-2,4-戊二酮 Ⅱ-6-0003
1,2,4-三羟基蒽醌 Ⅱ-2(4)-0022
三亚乙基四胺 Ⅱ-3-0007
Ⅱ-4(2)-0034
三亚甲基二胺 Ⅱ-4(2)-0018
三氟乙酰丙酮 Ⅱ-6-0003
三乙四胺六乙酸 Ⅱ-3-0033
3,3′,4′-三羟基品红酮-2″-磺酸 Ⅱ-2(2)-0061
三-(2,2′-联吡啶)铁(Ⅱ)硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0063
三亚乙基四胺六乙酸 Ⅱ-3-0033
三乙四胺-*N*,*N*′-二甲基-*N*″,*N*‴,*N*⁗,*N*⁗-四乙酸 Ⅱ-3-0031
三(5-硝基-1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0064
三(5,6-二甲基-1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0067
三(1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐或高氯酸盐 Ⅱ-2(3)-0065
三亚乙基四胺-N,N′-二甲基-*N*″,*N*‴,*N*⁗,*N*⁗-四乙酸 Ⅱ-3-0031

四　　画

五乙六胺 Ⅱ-3-0016
D-2,3,4,5,6-五羟基己酸 Ⅱ-4(2)-0032
2′,4′,3,5,7-五羟基黄酮 Ⅱ-2(5)-0026
五亚乙基六胺 Ⅱ-3-0016
五亚乙基六胺 Ⅱ-4(2)-0043
中性红 Ⅱ-2(1)-0022
中性蓝 Ⅱ-2(3)-0060
内消旋酒石酸 Ⅱ-4(2)-0023
内消旋-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0023
内消旋-2,3-二巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0020
1,1,1,5,5,5-六氟-2,4-戊二酮 Ⅱ-6-0002
六偏磷酸钠 Ⅱ-4(1)-0014
六氟乙酰丙酮 Ⅱ-6-0002
双氧水 Ⅱ-4(1)-0007
双硫腙 Ⅱ-2(2)-0031
Ⅱ-6-0050
3,3-双(对羟基苯基)酞 Ⅱ-2(1)-0032
双-(α-萘基)硫卡巴腙 Ⅱ-6-0062
N,*N*-双(2′-羟乙基)甘氨酸 Ⅱ-3-0006
N,*N*-双(羟乙基)氨基乙酸 Ⅱ-3-0006
N,*N*-双(羧甲基)二硫代氨基甲

酸 Ⅱ-4(2)-0025
3,3′-双〔N,N-二（羧甲基）氨甲基〕百里酚酞 Ⅱ-2(2)-0088
2,4-双（4-硝基苯偶氮）间苯二酚-6-磺酸 Ⅱ-2(1)-0023
3′,3″-双（N-羧甲基氨甲基）邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0083
3,3′-双-〔N,N′-二（羧甲基）氨甲基〕百里酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0087
3,3′-双〔N,N-二（羧甲基）氨甲基〕邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0085
3,3′-双〔N,N′-二羧甲基氨甲基）邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(4)-0031
4,4′-双（对羟基苯）偶氮)-2,2′-萘二磺酸二钠盐 Ⅱ-2(1)-0026
引杜林猩红 Ⅱ-2(3)-0052
巴比妥钠 Ⅱ-5-0030
水杨酸 Ⅱ-2(2)-0005
Ⅱ-2(5)-0003
Ⅱ-4(2)-0035
水杨醛缩乙酰腙 Ⅱ-2(5)-0014
水杨醛缩邻氨基酚 Ⅱ-2(5)-0024

五　　画

1,2-丙二胺 Ⅱ-4(2)-0017
1,3-丙二胺 Ⅱ-4(2)-0018
丙二酸 Ⅱ-4(2)-0010
甘氨酸 Ⅱ-5-0019
甘氨胺甲酚红 Ⅱ-2(2)-0083
右旋葡萄酸 Ⅱ-5-0021
2,3-戊二肟 Ⅱ-6-0005
2,4-戊二酮 Ⅱ-4(2)-0026
2,4-戊二酮 Ⅱ-6-0004
可他宁 Ⅱ-2(5)-0022
卡可西林 Ⅱ-2(3)-0055
6-甲基-PADA Ⅱ-3-0018
甲酸 Ⅱ-4(2)-0001
甲酸 Ⅱ-5-0016
甲苯蓝 Ⅱ-2(3)-0039
甲基红 Ⅱ-2(1)-0015
甲基黄 Ⅱ-2(1)-0008
甲基素 Ⅱ-2(1)-0001
甲基橙 Ⅱ-2(1)-0010
甲基青莲 Ⅱ-2(1)-0001
2-甲基喹星 Ⅱ-6-0036
DL-1-甲基乙二胺 Ⅱ-4(2)-0017
N-甲基-2-氧吩嗪 Ⅱ-2(3)-0024
4-甲基-1,2-二巯基苯 Ⅱ-6-0011
2-甲基凡拉明蓝 Ⅱ-2(3)-0036
甲基百里酚蓝 Ⅱ-2(2)-0087
甲基苦基硝胺 Ⅱ-2(1)-0037
甲基钙黄绿素 Ⅱ-2(5)-0043
2-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0036
4-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0037
5-甲基-8羟基喹啉 Ⅱ-6-0038
2-甲氧基凡拉明蓝 Ⅱ-2(3)-0035
N-甲基-N-2,4,6-四硝基苯胺 Ⅱ-2(1)-0037
2-甲基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0036
甲基钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0025
2-甲氧基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0035
甲基乙二胺四乙酸 Ⅱ-3-0019
1-甲基乙二胺四乙酸 Ⅱ-4(2)-0044
N-甲基亚氨基二乙酸 Ⅱ-3-0003
4-甲氧基-2-(4-甲基-2-噻唑偶氮）苯酚 Ⅱ-2(2)-0018
6-甲基-2-氨基甲基吡啶-N,N′-二乙酸 Ⅱ-3-0018
甲酚红 Ⅱ-2(1)-0002
四环素 Ⅱ-2(5)-0039
四乙五胺 Ⅱ-3-0010
四硼酸钠 Ⅱ-5-0015
四苯硼酸钠 Ⅱ-7(2)-0009
四氧嘧啶肟 Ⅱ-2(2)-0001
四溴（R）荧光素 Ⅱ-2(4)-0016
Ⅱ-2(5)-0032
四碘荧光素 Ⅱ-2(4)-0018
2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0043
四亚乙基五胺 Ⅱ-3-0010
Ⅱ-4(2)-0038
四溴苯酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0009
四溴苯酚磺酞 Ⅱ-2(4)-0014
四乙基酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0062
四溴间甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0012
3,3′,5,5′-四溴间甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0012
N,N,N′,N′-四（2-羟基丙基）乙二胺 Ⅱ-3-0030

白路新 Ⅱ-2(3)-0058
半日花素 Ⅱ-2(1)-0010
半胱氨酸 Ⅱ-4(2)-0014
对苯二胺 Ⅱ-2(5)-0002
对硝基酚 Ⅱ-2(1)-0019
对称可力丁 Ⅱ-5-0029
对氮蒽猩红 Ⅱ-2(3)-0052
对乙氧基菊橙 Ⅱ-2(4)-0003
对氨基水杨酸 Ⅱ-2(5)-0005
对二甲氨基偶氮苯 Ⅱ-2(1)-0008
对称二苯基羰二肼 Ⅱ-2(4)-0028
对称苯肼羰偶氮苯 Ⅱ-2(4)-0027
对硝基苯偶氮水杨酸 Ⅱ-2(1)-0036
对乙氧基碱性菊橙盐酸盐 Ⅱ-2(1)-0011
对二乙氨基偶氮苯邻羧酸 Ⅱ-2(4)-0005
对二甲氨基亚苄基罗丹宁 Ⅱ-2(4)-0026
尼罗蓝 Ⅱ-2(3)-0065

六　画

亚甲紫 Ⅱ-2(4)-0023
亚甲基蓝 Ⅱ-2(3)-0049
亚硝基R盐 Ⅱ-2(2)-0013
Ⅱ-4(2)-0039
N-亚硝基苯胺 Ⅱ-6-0007
Ⅱ-7(2)-0004
N-亚硝基萘胺 Ⅱ-6-0034
1-亚硝基-2-萘酚 Ⅱ-6-0032
2-亚硝基-1-萘酚 Ⅱ-6-0033
亚氨基二乙酸 Ⅱ-3-0001
N-亚硝基苯胺铵 Ⅱ-6-0007
亚水杨基邻氨基酚 Ⅱ-2(5)-0024
1-亚硝基-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0013
2,2′-亚乙基二硫代(乙亚氨基二乙酸) Ⅱ-3-0028
百里酚酞 Ⅱ-2(1)-0034
百里酚蓝 Ⅱ-2(1)-0004
百里酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0004
百里酚酞络合剂 Ⅱ-2(2)-0088
百里靛酚（2-甲基-5-异丙基靛酚） Ⅱ-2(3)-0048
过氧化氢 Ⅱ-4(1)-0007
光泽精 Ⅱ-2(6)-0001
吖啶 Ⅱ-2(5)-0023
吖啶橙 Ⅱ-2(5)-0029
刚果红 Ⅱ-2(4)-0008
曲酸 Ⅱ-2(2)-0003
N-肉桂酰基-*N*-苯胺 Ⅱ-6-0057
次甲基青莲 Ⅱ-2(4)-0023
次氮基三乙酸 Ⅱ-3-0004
5,5′-次氮基二巴比土酸（铵盐） Ⅱ-2(2)-0007
安息香酸 Ⅱ-7(2)-0005
羊毛黑N Ⅱ-2(2)-0039
β-异丙基苄酚酮 Ⅱ-6-0041
红紫素 Ⅱ-2(4)-0022
红紫酸铵盐 Ⅱ-2(2)-0007

七　画

麦答剌红 Ⅱ-2(4)-0032
劳氏紫 Ⅱ-2(3)-0017
L-抗坏血酸 Ⅱ-4(2)-0029
连苯三酚红 Ⅱ-2(2)-0057
连苯三酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0057
连苯三酚红金属络合物 Ⅱ-2(1)-0006
1-(2-呋喃)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0016
2-呋喃甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0016
吡啶 Ⅱ-5-0023
吡啶醛肟 Ⅱ-2(2)-0002
1-(2-吡啶偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0036
4-(2-吡啶偶氮)-1-萘酚 Ⅱ-2(2)-0037
1′-(1-吡啶偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(4)-0029
2-吡啶醛-2′-羟基萘 Ⅱ-2(2)-0041
吡啶-2-醛缩苯腙 Ⅱ-2(1)-0014
2-(2-吡啶偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0024
4-(2-吡啶偶氮) 间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0016
伯顿与利达染料 Ⅱ-2(2)-0075
1,10-邻二氮菲 Ⅱ-4(2)-0045
邻苯二胺 Ⅱ-2(5)-0001
邻氧萘酮 Ⅱ-2(5)-0008
邻硝基酚 Ⅱ-2(1)-0017
邻氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0015
邻溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0013
邻甲苯胺蓝 Ⅱ-2(3)-0027
邻甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0021
邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0002
邻苯二酚紫 Ⅱ-2(2)-0061

邻联茴香胺 Ⅱ-2(3)-0034
邻联茴香胺 Ⅱ-2(4)-0024
邻氨基苯甲酸 Ⅱ-2(5)-0004
邻氨基苯甲酸 Ⅱ-7(2)-0006
邻羟基苯甲酸 Ⅱ-2(5)-0003
邻甲酚酞络合剂 Ⅱ-2(2)-0086
邻苯二甲酸氢钾 Ⅱ-5-0028
邻二甲氧基联苯胺 Ⅱ-2(4)-0024
邻二苯乙定-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0041
邻联茴香胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0040
邻氨基苯甲酸-*N*,*N*-二乙酸 Ⅱ-3-0017
邻磺酸钠-5,6-苯并靛酚钠 Ⅱ-2(3)-0042
邻(2-噻唑偶氮)-2,4-二氯苯酚 Ⅱ-2(2)-0008
邻二乙氧基苯胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0041
邻苯三酚红金属络合物 Ⅱ-2(1)-0006
邻磺酸钠-5,6-苯并-2',6'-二氯靛酚钠 Ⅱ-2(3)-0040
邻-{2-[α-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)亚苄基]肼基}苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0074
5-肟基巴比土酸 Ⅱ-2(2)-0001
辛可宁 Ⅱ-2(4)-0015
间胺黄 Ⅱ-2(4)-0013
间甲酚紫 Ⅱ-2(1)-0003
间硝基酚 Ⅱ-2(1)-0024
间溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0014
间甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0020
间甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0003
间甲苯二胺靛酚 Ⅱ-2(3)-0032
5-[(间硝基苯)偶氮]水杨酸一钠盐 Ⅱ-2(1)-0035
没食子蓝 Ⅱ-2(3)-0037
尿素 Ⅱ-4(2)-0003
阿贝龙 Ⅱ-2(2)-0078
阿摩尼亚 Ⅱ-4(1)-0010

八 画

1,2-环庚二肟 Ⅱ-6-0013
1,2-环己二酮二肟 Ⅱ-6-0008
1,2-环庚二酮二肟 Ⅱ-6-0013
环己二胺四乙酸 Ⅱ-3-0024
环己二胺四乙酸 Ⅱ-4(2)-0049
环己烯二醇四酮 Ⅱ-2(4)-0009
1,2-环己二胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四(甲膦酸) Ⅱ-3-0015
环-三-7-(1-偶氮-8-羟基萘-3,6-二磺酸) Ⅱ-2(2)-0084
玫棕酸 Ⅱ-2(4)-0009
玫瑰红银试剂 Ⅱ-2(4)-0026
C.I.直接黄59 Ⅱ-2(5)-0037
苦杏仁酸 Ⅱ-4(2)-0037
苦胺偶氮磺基喹昆 Ⅱ-2(2)-0035
苯甲酸 Ⅱ-7(2)-0005
苯酚蓝 Ⅱ-2(3)-0033
苯羧酸 Ⅱ-7(2)-0005
苯并黄素 Ⅱ-2(5)-0031
苯胺基苯 Ⅱ-2(4)-0021
N-苯基苯胺 Ⅱ-2(4)-0021
苯酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0021
苯甲酰丙酮 Ⅱ-6-0039
N-苯甲酰-*N*-苯胺 Ⅱ-2(2)-0029
Ⅱ-6-0049
1-苯基-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0039
苯偶氮-α-萘胺 Ⅱ-2(4)-0004
α-苯偶酰二肟 Ⅱ-6-0053
N-苯基苯氧肟酸 Ⅱ-2(2)-0029
L-苯基羟基乙酸 Ⅱ-4(2)-0037
苯甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0031
1-苯基-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0031
N-苯基邻氨基苯甲酸 Ⅱ-2(3)-0026
α-(苯基偶氮)-4-硝基苄氰 Ⅱ-2(1)-0038
2-苯酰肼苯偶氮甲酸 Ⅱ-2(2)-0030
4'-苯胺基偶氮苯间磺酸 Ⅱ-2(4)-0013
α-苯酚偶氮对苯磺酸钠盐 Ⅱ-2(1)-0030
4'-苯胺基偶氮苯-4-磺酸钠盐 Ⅱ-2(1)-0005
1-苯基-3-甲基-4-乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0048
1-苯基-3-甲基-4-丁酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0054
1-苯基-3-甲基-4-己酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0058
1-苯基-3-甲基-4-辛酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0061
2-苯酰肼苯偶氮硫代甲酸 Ⅱ-2(2)-0031
N-(2-苯并噻唑)-*N'*-(4-苯磺

酸)-C-苯基甲腈 Ⅱ-2(2)-0072
1-苯基-3-甲基-4-乙氧羰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0051
1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0060
1-苯基-3-甲基-4-氯乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0047
2-(1-苯基偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0045
1-苯基-3-甲基-4-三氟乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0046
1-苯基-3甲基-4-三氯乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0045
1-苯基-3甲基-4-噻吩甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0056
1-苯基-3甲基-4-对溴苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0059
L-苹果酸 Ⅱ-4(2)-0021
β-苧烯素 Ⅱ-6-0041
咕吨酮络合剂 Ⅱ-2(5)-0030
罗丹明6G Ⅱ-2(4)-0007
Ⅱ-2(5)-0042
钍试剂 Ⅱ-2(2)-0048
乳酸 Ⅱ-4(2)-0013
Ⅱ-5-0018
金莲橙OO Ⅱ-2(1)-0005
金莲橙OOO Ⅱ-2(1)-0030
金属钛 Ⅱ-2(2)-0086
金鸡纳碱 Ⅱ-2(5)-0036
金精三羧酸 Ⅱ-2(2)-0076
肼 Ⅱ-4(1)-0006
变色酸 Ⅱ-2(5)-0016
变胺蓝 Ⅱ-2(3)-0030
庚肟 Ⅱ-6-0013
3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0012
试卤灵 Ⅱ-2(5)-0021

九　画

枸橼酸钠 Ⅱ-5-0025
枸橼酸二氢钾 Ⅱ-5-0026
柠檬酸 Ⅱ-4(2)-0030
柠檬酸钠 Ⅱ-5-0025
柠檬酸二氢钾 Ⅱ-5-0026
茜素S Ⅱ-2(2)-0033
茜素红 Ⅱ-2(4)-0010
茜素红S Ⅱ-2(2)-0033
茜紫黄GG Ⅱ-2(1)-0035
茜素黄R Ⅱ-2(1)-0036
茜酚花青RC Ⅱ-2(2)-0080
茜素荧光蓝 Ⅱ-2(2)-0062
茜素络合剂 Ⅱ-2(2)-0062
茜素磺酸钠 Ⅱ-2(4)-0010
草酸 Ⅱ-4(2)-0006
Ⅱ-7(2)-0001
草酸氢钾 Ⅱ-5-0017
荧光生 Ⅱ-2(4)-0019
Ⅱ-2(5)-0034
荧光素 Ⅱ-2(4)-0019
荧光素 Ⅱ-2(5)-0034
荧光黄 Ⅱ-2(4)-0019
Ⅱ-2(5)-0034
荧光素络合剂 Ⅱ-2(5)-0044
耐尔蓝 Ⅱ-2(3)-0066
奎宁 Ⅱ-2(5)-0036
2-(2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0015
蚁酸 Ⅱ-4(2)-0001
Ⅱ-5-0016
钙红 Ⅱ-2(2)-0075
钙色素 Ⅱ-2(2)-0084
钙试剂 Ⅱ-2(2)-0065
Ⅱ-2(2)-0084
钙铬黑PV Ⅱ-2(2)-0044
钙铬黑T Ⅱ-2(2)-0064
钙黄绿素 Ⅱ-2(4)-0020
Ⅱ-2(5)-0044
钙镁试剂 Ⅱ-2(2)-0053
钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0027
钙羧酸指示剂 Ⅱ-2(2)-0075
钛铁试剂 Ⅱ-2(2)-0004
香豆素 Ⅱ-2(5)-0008
香豆酸 Ⅱ-2(5)-0013
氟化物 Ⅱ-4(1)-0005
5-氟-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0025
氢氧化钙 Ⅱ-5-0003
氢氧化物 Ⅱ-4(1)-0011
氢氧化物 Ⅱ-7(1)-0007

重草酸钾 Ⅱ-5-0017
重酒石酸钾 Ⅱ-5-0020
1-(2-肼羧基苯偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0048
2-(2-肼羧基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0049
4'-[2-肼羧基-4-硝基苯重氮胺基]-偶氮苯-4''-磺酸 Ⅱ-2(2)-0055
亮黄 Ⅱ-2(1)-0026
亮紫C Ⅱ-2(4)-0011
亮甲酚蓝 Ⅱ-2(3)-0038
洛粉碱 Ⅱ-2(6)-0003
宫殿铬黑S Ⅱ-2(2)-0082
宫殿坚牢蓝 Ⅱ-2(2)-0067
宫殿坚牢蓝GGN Ⅱ-2(2)-0067
宫殿坚牢蓝GGNA-CF Ⅱ-2(2)-0067
扁桃酸 Ⅱ-4(2)-0037
络合宗Ⅲ Ⅱ-3-0011

十画

配位酮 Ⅱ-3-0011
盐酸 Ⅱ-5-0005
特里龙A Ⅱ-3-0004
特里龙B Ⅱ-3-0011
钼酸盐 Ⅱ-7(1)-0005
铀试剂Ⅰ Ⅱ-2(2)-0049
铅试剂 Ⅱ-2(2)-0055
铍试剂Ⅱ Ⅱ-2(2)-0071
氧化汞 Ⅱ-5-0006
氧化锌 Ⅱ-5-0013
氧化镁 Ⅱ-5-0008
[(2,2'-氧联二乙基)二亚氮基]四乙酸 Ⅱ-3-0022
氨 Ⅱ-4(1)-0010
Ⅱ-7(1)-0006
氨茴酸 Ⅱ-2(5)-0004
Ⅱ-7(2)-0006
氨三乙酸 Ⅱ-3-0004
Ⅱ-4(2)-0031
氨基乙酸 Ⅱ-5-0019
4-氨基柳酸 Ⅱ-2(5)-0005
氨基硫脲 Ⅱ-4(2)-0004
2-氨基乙硫醇 Ⅱ-4(2)-0009
氨羧络合剂Ⅰ Ⅱ-3-0004
氨羧络合剂Ⅲ Ⅱ-3-0011
氨羧络合剂Ⅳ Ⅱ-3-0024
L-2-氨基-3-巯基丙酸 Ⅱ-4(2)-0014
4-氨基-4'-甲基二苯胺 Ⅱ-2(3)-0029
3-氨基苯二甲酰肼 Ⅱ-2(1)-0031
3-氨基苯二甲酰肼 Ⅱ-2(5)-0007
4-氨基-4'-甲氧基二苯胺 Ⅱ-2(3)-0030
3-氨基苯二甲酰环肼 Ⅱ-2(6)-0002
2-氨基苯甲酸-*N*,*N*-二乙酸 Ⅱ-3-0017
2-氨基-2-羟甲基-1,3-丙二醇 Ⅱ-5-0024
氨基巴比土酸-*N*,*N*-二乙酸 Ⅱ-3-0008
2-氨基丙二酰脲二乙酸 Ⅱ-3-0008
3-氨基-6-二甲氨基-2-甲基吩噻盐酸盐 Ⅱ-2(1)-0022
胺 Ⅱ-4(1)-0009
高铁试剂 Ⅱ-2(2)-0009
高锰酸钾 Ⅱ-2(3)-0003
酒石酸 Ⅱ-5-0021
D-酒石酸 Ⅱ-4(2)-0022
酒石酸氢钾 Ⅱ-5-0020
宾歇尔绿 Ⅱ-2(3)-0050
弱金鸡钠碱 Ⅱ-2(4)-0015
桑色素 Ⅱ-2(5)-0026

十一

酞紫 Ⅱ-2(2)-0086
酞络合剂 Ⅱ-2(2)-0086
酞酸氢钾 Ⅱ-5-0028
酚红 Ⅱ-2(1)-0021
酚酞 Ⅱ-2(1)-0032
酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0051
Ⅱ-2(4)-0006
萘红 Ⅱ-2(4)-0004
Ⅱ-2(4)-0032
萘胺 Ⅱ-2(5)-0017
α-萘胺 Ⅱ-2(5)-0017
β-萘胺 Ⅱ-2(5)-0018
2-萘胺 Ⅱ-2(5)-0018
α-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0019
1-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0019
萘黄酮 Ⅱ-2(5)-0031
α-萘酚酞 Ⅱ-2(1)-0029

萘基偶氮羟啉6S	Ⅱ-2(2)-0059
萘基偶氮喔星	Ⅱ-2(2)-0058
2-萘甲酰三氟丙酮	Ⅱ-6-0052
7-萘偶氮-8-羟基喹啉-5-磺酸	Ⅱ-2(2)-0058
菲咯因	Ⅱ-2(3)-0065
1,10-菲咯啉	Ⅱ-4(2)-0045
草酚酮	Ⅱ-6-0010
D-葡萄糖酸	Ⅱ-4(2)-0032
黄光碱性蕊香红	Ⅱ-2(4)-0007
硅氧烯	Ⅱ-2(6)-0004
1-(2-硒吩-1,3-丁二酮	Ⅱ-6-0018
2-硒吩甲酰丙酮	Ⅱ-6-0018
1-(2-硒吩)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮	Ⅱ-6-0015
2-硒吩甲酰三氟丙酮	Ⅱ-6-0015
2-硒吩甲酰-2-吡啶甲酰甲烷	Ⅱ-6-0044
铝试剂	Ⅱ-2(2)-0076
铝铍试剂	Ⅱ-2(2)-0078
铜-DBAH(1:1)络合物	Ⅱ-2(1)-0028
铜铁试剂	Ⅱ-6-0007
	Ⅱ-7(2)-0004
铜-1-(2',4'-二硝基苯)-2-乙酰肼络合物	Ⅱ-2(1)-0028
铬红B	Ⅱ-2(2)-0073
铬绿S	Ⅱ-2(2)-0079
铬紫	Ⅱ-2(2)-0076
铬紫B	Ⅱ-2(2)-0043
铬黑A	Ⅱ-2(2)-0063
铬黑T	Ⅱ-2(2)-0061
铬黑PV	Ⅱ-2(2)-0044
铬黑TK	Ⅱ-2(2)-0064
铬蓝SE	Ⅱ-2(2)-0038
铬天青R	Ⅱ-2(2)-0080
铬天青S	Ⅱ-2(2)-0078
	Ⅱ-2(4)-0030
铬变素2B	Ⅱ-2(2)-0040
铬变素2C	Ⅱ-2(2)-0052
铬变素2R	Ⅱ-2(2)-0045
铬变酸	Ⅱ-2(5)-0016
铬蓝黑B	Ⅱ-2(2)-0066
铬蓝黑R	Ⅱ-2(2)-0065
铬酸盐	Ⅱ-7(1)-0003
铬酸钾	Ⅱ-2(4)-0001
铬坚牢灰RAS	Ⅱ-2(2)-0039
铬坚牢红B	Ⅱ-2(2)-0073
铬坚牢黑A	Ⅱ-2(2)-0063
铬坚牢黑PV	Ⅱ-2(2)-0044
铬坚牢蓝2B	Ⅱ-2(2)-0038
铬变素红4B	Ⅱ-2(2)-0040
铬变素红2R	Ⅱ-2(2)-0045
铬坚牢花青G	Ⅱ-2(2)-0066
铬坚牢海军蓝R	Ⅱ-2(2)-0047
偶氮肿I	Ⅱ-2(2)-0049
1,1'-偶氮-R-酸	Ⅱ-2(2)-0070
脲	Ⅱ-4(2)-0003
淀粉	Ⅱ-2(3)-0001
羟胺	Ⅱ-4(1)-0009
α-羟基丙酸	Ⅱ-5-0018
D-2-羟基丙酸	Ⅱ-4(2)-0013
8-羟基喹啉	Ⅱ-2(2)-0010
	Ⅱ-2(5)-0011
	Ⅱ-6-0028
	Ⅱ-7(2)-0007
L-羟基丁二酸	Ⅱ-4(2)-0021
2-羟基苯甲酸	Ⅱ-2(2)-0005
7-羟基香豆素	Ⅱ-2(5)-0009
3-羟基-2-萘甲酸	Ⅱ-2(5)-0020
羟基萘酚蓝	Ⅱ-2(2)-0068
8-羟基喹哪啶	Ⅱ-6-0036
2-羟基凡拉明蓝	Ⅱ-2(3)-0031
羟基苯丙烯酸	Ⅱ-2(5)-0013
8-羟基喹啉-5-磺酸	Ⅱ-2(2)-0011
8-羟基喹啉-5-磺酸	Ⅱ-2(5)-0012
2-羟基丙烷-1,2,3-三羧酸	Ⅱ-4(2)-0030
9-羟基-3-异吩噁唑酮	Ⅱ-2(5)-0021
1-羟基环庚-3,5,7-三烯-2-酮	Ⅱ-6-0010
1-(2-羟基苯偶氮)-2-萘酚	Ⅱ-2(2)-0042
2-羟基标准色基蓝	Ⅱ-2(3)-0031
2-羟基-5-磺基苯甲酸	Ⅱ-2(2)-0006
2-(O-羟基苯基)苯并噻唑	Ⅱ-2(1)-0033
1-(2-羟基苯偶氮)-2-羟基苯	Ⅱ-2(2)-0022
5-羟基-2-羟甲基-4H-吡喃-4-酮	Ⅱ-2(2)-0003
1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)R酸	Ⅱ-2(2)-0069
1-(2-羟基-5-苯基苯偶氮)-2-萘酚	Ⅱ-2(2)-0077
1-(2-羟基-1-苯基偶氮)-2-羟	

基苯 Ⅱ-2(2)-0022
4-(2-羟基苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0023
1-(1-羟基-2-萘偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0066
1-羟基-4-异丙基-3,5,7-环庚三烯-2-酮 Ⅱ-6-0041
1-(2-羟基-1-萘基偶氮-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0065
4-羟基-3-(2-羟基萘偶氮)苯磺酸 Ⅱ-2(2)-0043
2-(2-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)苯胂酸 Ⅱ-2(2)-0048
1-(2-羟基-5-甲基苯偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0053
4-(2-羟基-5-苯基-1-苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0054
1-(2-羟基-1-萘偶氮)-6-硝基-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0063
1-(1-羟基-2-萘偶氮)-6-硝基-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0064
4-(2-羟基-3-硝基-5-磺酸苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0039
2-(2-羟基-5-甲氧基苯偶氮)-4-甲基噻唑 Ⅱ-2(2)-0018
1-(2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0046
1-(2-羟基-5-磺酸苯)-5-(2-羧基苯)-3-苯基甲臜 Ⅱ-2(2)-0074
1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0069
1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基-3-萘甲酸 Ⅱ-2(2)-0075
1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-1-羟基萘-8-磺酸 Ⅱ-2(2)-0067
2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0050
2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-5,7-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0051
1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0068
2-[2-羟基-3-(2,4-二甲基羰酰苯胺)-1-萘偶氮]苯酚 Ⅱ-2(2)-0081
1-(2-羟基-3,5-二硝基苯偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0035
2-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0047
2-(8-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0071
4-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-3-甲基-1-苯基-2-吡唑啉-5-酮 Ⅱ-2(2)-0073
5-[1-(2-羟基萘偶氮)-2-羟基-5-甲基-4-苯偶氮]-2-氯苯磺酸 Ⅱ-2(2)-0079
1-[1-羟基-6-(2-羟基萘偶氮)-4-磺酸-2-苯偶氮]-2-萘酚-6-磺酸 Ⅱ-2(2)-0082
维生素C Ⅱ-4(2)-0029
绿脓菌素 Ⅱ-2(3)-0025

十 二 画

梔花青 Ⅱ-2(3)-0037
联氨 Ⅱ-4(1)-0006
α,α'-联吡啶 Ⅱ-2(5)-0015
Ⅱ-4(2)-0040
2,2'-联吡啶 Ⅱ-4(2)-0040
Ⅱ-2(5)-0015
2,2'-(联二亚甲基二次氮基)二苯酚 Ⅱ-2(2)-0024
2-硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0017
4-硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0019
硝基非咯因 Ⅱ-2(3)-0064
2-(4-硝基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0040
硝酸双去甲基硝基马钱子碱合水 Ⅱ-2(3)-0055
硫胂 Ⅱ-2(2)-0055
硫堇 Ⅱ-2(3)-0017
硫脲 Ⅱ-4(2)-0002
硫酸 Ⅱ-4(1)-0017
Ⅱ-7(1)-0004
硫化物 Ⅱ-4(1)-0015
Ⅱ-7(1)-0009
硫尿素 Ⅱ-4(2)-0002
硫黄素 Ⅱ-2(5)-0028
硫喹啉 Ⅱ-6-0027
3-硫代甘油 Ⅱ-4(2)-0016
硫氰化物 Ⅱ-4(1)-0016
硫氰酸盐 Ⅱ-4(1)-0016

Ⅱ-7(1)-0010
硫代乙醇酸 Ⅱ-4(2)-0008
Ⅱ-4(2)-0012
硫代卡巴肼 Ⅱ-4(2)-0005
硫代苹果酸 Ⅱ-4(2)-0019
硫代氨基脲 Ⅱ-4(2)-0004
硫代黄色素 Ⅱ-2(5)-0028
硫代硫酸盐 Ⅱ-4(1)-0018
硫酸高铁铵 Ⅱ-2(4)-0002
硫代靛蓝四磺酸 Ⅱ-2(3)-0041
媒洛铬青R Ⅱ-2(2)-0080
媒洛铬绿V Ⅱ-2(2)-0079
媒洛铬紫R Ⅱ-2(2)-0043
媒洛铬黑T Ⅱ-2(2)-0064
媒洛铬黑AS Ⅱ-2(2)-0063
媒洛铬暗蓝B Ⅱ-2(2)-0065
紫尿酸 Ⅱ-2(2)-0001
紫水晶紫 Ⅱ-2(3)-0062
喹啉 Ⅱ-2(5)-0010
喹啉啶酸 Ⅱ-7(2)-0008
喹啉-2-甲酸 Ⅱ-7(2)-0008
5,8-喹啉醌-〔8-羟基喹啉-5-亚胺〕-(5) Ⅱ-2(4)-0012
喔星 Ⅱ-2(2)-0010
Ⅱ-2(5)-0011
Ⅱ-6-0028
Ⅱ-7(2)-0007
锌试剂 Ⅱ-2(2)-0074
氰化物 Ⅱ-4(1)-0003
2-氰基-3,3-双(对硝基苯胺)丙烯腈 Ⅱ-2(1)-0027
氮杂苯 Ⅱ-5-0023
氮杂萘 Ⅱ-2(5)-0010
氮杂蒽 Ⅱ-2(5)-0023
氯化物 Ⅱ-4(1)-0002
Ⅱ-7(1)-0001
氯化铵 Ⅱ-5-0011
氯酚红 Ⅱ-2(1)-0016
氯喔星 Ⅱ-6-0021
5-氯-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0024
2-(5-氯-2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0038
焦磷酸 Ⅱ-4(1)-0013
番木鳖碱 Ⅱ-2(3)-0058
鲁米诺 Ⅱ-2(1)-0031
Ⅱ-2(5)-0007
Ⅱ-2(6)-0002
2-巯基乙胺 Ⅱ-4(2)-0009
巯基乙酸 Ⅱ-4(2)-0008
3-巯基丙酸 Ⅱ-4(2)-0012
8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0027
DL-巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0019
3-巯基-1,2-丙二醇 Ⅱ-4(2)-0016
巯基琥珀酸 Ⅱ-4(2)-0019

十 三 画

碘 Ⅱ-2(3)-0002
碘化物 Ⅱ-4(1)-0008
碘喔星 Ⅱ-6-0022
碘曙红 Ⅱ-2(4)-0018
5-碘-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0026
7-碘-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0009
硼砂 Ⅱ-5-0015
硼酸 Ⅱ-5-0014
简单中性红 Ⅱ-2(3)-0028
新铜试剂 Ⅱ-4(2)-0046
新铜铁试剂 Ⅱ-6-0034
新戊酰乙酰甲烷 Ⅱ-6-0019
煤染黄Ⅰ Ⅱ-2(1)-0035
溴化物 Ⅱ-4(1)-0001
溴酚蓝 Ⅱ-2(1)-0009
溴酚蓝 Ⅱ-2(4)-0014
溴喔星 Ⅱ-6-0020
溴甲酚绿 Ⅱ-2(1)-0012
溴甲酚紫 Ⅱ-2(1)-0018
溴百里酚蓝 Ⅱ-2(1)-0020
5-溴-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0023
溴连苯三酚红 Ⅱ-2(2)-0056
媒铬黑A Ⅱ-2(2)-0063
2-羧基二苯胺 Ⅱ-2(3)-0026
2-(2-羧基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0052

十 四 画

酸性铬红B Ⅱ-2(2)-0073
酸性铬黑NSN Ⅱ-2(2)-0082

酸性铬蓝T　Ⅱ-2(2)-0048
酸性铬蓝K　Ⅱ-2(2)-0047
酸性茜素黑SN　Ⅱ-2(2)-0082
酸性茜素紫N　Ⅱ-2(2)-0043
酸性铬深蓝　Ⅱ-2(2)-0046
酸性铬蓝黑　Ⅱ-2(2)-0065
酸性铬海军蓝B　Ⅱ-2(2)-0038
碱性藏红O　Ⅱ-2(3)-0054
碱性藏红T　Ⅱ-2(3)-0054
碳酸钙　Ⅱ-5-0002
碳酸钠　Ⅱ-5-0009
碳酸钡　Ⅱ-5-0001
碳酸盐　Ⅱ-4(1)-0004
　　Ⅱ-7(1)-0002
碳酸铅　Ⅱ-5-0012
碳酸镉　Ⅱ-5-0004
镁试剂Ⅱ　Ⅱ-2(2)-0081

十五画

樱草灵　Ⅱ-2(5)-0037
醋酸　Ⅱ-4(2)-0007
镍肟　Ⅱ-6-0008
熟石灰　Ⅱ-5-0003

十六画

靛酚　Ⅱ-2(3)-0016
靛蓝　Ⅱ-2(3)-0043
靛喔尾　Ⅱ-2(4)-0012
靛蓝-5-磺酸　Ⅱ-2(3)-0044
靛蓝-5,5′-二磺酸　Ⅱ-2(3)-0045
靛蓝-5,5′,7-三磺酸　Ⅱ-2(3)-0046
靛蓝-5,5′,7,7′-四磺酸　Ⅱ-2(3)-0047
螯合物Ⅰ　Ⅱ-3-0004
橙Ⅲ　Ⅱ-2(1)-0010
橙黄Ⅳ　Ⅱ-2(1)-0005
2-醛肟吡啶　Ⅱ-2(2)-0002
磺棓棓　Ⅱ-2(2)-0057
磺基水杨酸　Ⅱ-2(2)-0006
5-磺基水杨酸　Ⅱ-4(2)-0036
磺化玫引杜酮　Ⅱ-2(3)-0061
5-磺基-β-二羟基苯甲酸　Ⅱ-2(1)-0025
7-(4-磺酸-1-萘偶氮)喔星-5-磺酸　Ⅱ-2(2)-0060
5-磺基-2,4-二羟基苯甲酸二钠盐　Ⅱ-2(1)-0025
7-(4-磺酸-1-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸　Ⅱ-2(2)-0060
7-(6-磺酸-2-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸　Ⅱ-2(2)-0059
2″-磺酸-3,3′-二甲基-4-羟基品红酮-5,5′-二羟酸　Ⅱ-2(2)-0080
3″-磺酸-2″,6″-二氯-3,3′-二甲基-4-羟基品红酮-5,5′-二羧酸　Ⅱ-2(2)-0078
2-噻吩甲酰丙酮　Ⅱ-6-0017
1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚　Ⅱ-2(2)-0027
噻吩甲酰三氟丙酮　Ⅱ-6-0014
1-(2-噻吩基)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮　Ⅱ-6-0014
2-(2-噻唑偶氮)对甲苯酚　Ⅱ-2(2)-0014
4-(2-噻唑偶氮)间苯二酚　Ⅱ-2(2)-0012
1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚-6-磺酸　Ⅱ-2(2)-0028
2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚　Ⅱ-2(2)-0021
2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲基氨基苯甲酸　Ⅱ-2(2)-0025
2-(2-噻唑偶氮)-5-磺酸甲氨基苯甲酸　Ⅱ-2(2)-0017

十七画

磷酸　Ⅱ-4(1)-0012
磷酸盐　Ⅱ-7(1)-0008
磷酸二钠　Ⅱ-5-0010
磷酸二氢钾　Ⅱ-5-0007
磷酸钠玻璃　Ⅱ-4(1)-0014
磷酸氢二钠　Ⅱ-5-0010
曙红　Ⅱ-2(4)-0016
　　Ⅱ-2(5)-0032
灿烂甲酚C　Ⅱ-2(3)-0038
α-糖偶酰二肟　Ⅱ-6-0035

十八画

伞形酮　Ⅱ-2(5)-0009

二十一画

麝香草酚蓝　Ⅱ-2(1)-0004

其　它

AADA	Ⅱ-3-0017
ANDA	Ⅱ-3-0017
APANS	Ⅱ-2(2)-0048
ARS	Ⅱ-2(2)-0033
BAETA	Ⅱ-3-0022
BAL	Ⅱ-4(2)-0015
BPHA	Ⅱ-2(2)-0029
	Ⅱ-6-0049
BRS	Ⅱ-2(1)-0023
BTPFS	Ⅱ-2(2)-0072
CDTA	Ⅱ-3-0024
CDTMP	Ⅱ-3-0015
C. I. 14025	Ⅱ-2(1)-0035
CPNA	Ⅱ-2(1)-0027
CYDTA	Ⅱ-3-0024
	Ⅱ-4(2)-0049
DCYTA	Ⅱ-3-0024
DDTC	Ⅱ-4(2)-0027
	Ⅱ-6-0006
	Ⅱ-7(2)-0003
DESTA	Ⅱ-3-0021
DETPA	Ⅱ-3-0025
DHAB	Ⅱ-2(2)-0022
DHEG	Ⅱ-3-0006
DIEN	Ⅱ-3-0002
DMTAM	Ⅱ-2(2)-0032
DMTAR	Ⅱ-2(2)-0019
DSNADNS	Ⅱ-2(2)-0071
DTPA	Ⅱ-3-0025
EDDA	Ⅱ-3-0005
EDDADP	Ⅱ-3-0020
EDDHA	Ⅱ-3-0032
EDDP	Ⅱ-3-0009
EDTA	Ⅱ-3-0011
	Ⅱ-4(2)-0041
EDTP	Ⅱ-3-0027
EEDTA	Ⅱ-3-0022
EGTA	Ⅱ-3-0029
	Ⅱ-4(2)-0050
EHPG	Ⅱ-3-0032
GBHA	Ⅱ-2(2)-0034
CHA	Ⅱ-2(2)-0034
HBANS-3,6	Ⅱ-2(2)-0050
HBANS-5,7	Ⅱ-2(2)-0051
HBN	Ⅱ-2(2)-0042
HBR	Ⅱ-2(2)-0023
HDNPAZOXS	Ⅱ-2(2)-0035
HEDTA	Ⅱ-3-0013
	Ⅱ-4(2)-0042
HEEDDA	Ⅱ-3-0014
HEEDTA	Ⅱ-3-0013
HFTA	Ⅱ-6-0016
HPBN	Ⅱ-2(2)-0077
HPBR	Ⅱ-2(2)-0054
HQS	Ⅱ-2(2)-0011
HTTA	Ⅱ-6-0014
2-IAC	Ⅱ-2(2)-0015
IDA	Ⅱ-3-0001
IREA	Ⅱ-2(2)-0084
MEDTA	Ⅱ-3-0019
2-MIAC	Ⅱ-2(2)-0026
2-MIAP	Ⅱ-2(2)-0020
MIDA	Ⅱ-3-0003
MMT	Ⅱ-2(2)-0018
MTAHA	Ⅱ-2(2)-0018
MTB	Ⅱ-2(2)-0087
MX	Ⅱ-2(2)-0007
NAS	Ⅱ-2(2)-0059
NRS	Ⅱ-2(2)-0013
NTA	Ⅱ-3-0004
OETA	Ⅱ-3-0026
PAC	Ⅱ-2(2)-0024
PAN	Ⅱ-2(2)-0036
	Ⅱ-2(4)-0029
O-PAN	Ⅱ-2(2)-0036
P-PAN	Ⅱ-2(2)-0037
PAR	Ⅱ-2(2)-0016
PDTA	Ⅱ-3-0019
PENTEN	Ⅱ-3-0016
PHN	Ⅱ-2(2)-0041
O-PPH	Ⅱ-2(1)-0014
PV	Ⅱ-2(2)-0061
SNAZOXS	Ⅱ-2(2)-0060
TAC	Ⅱ-2(2)-0014

TADC	Ⅱ-2(2)-0008	TAN	Ⅱ-2(2)-0027
TEDTA	Ⅱ-3-0021	TAN-6S	Ⅱ-2(2)-0028
TGA	Ⅱ-4(2)-0008	TAR	Ⅱ-2(2)-0012
THPED	Ⅱ-3-0030	TASMB	Ⅱ-2(2)-0017
TAM	Ⅱ-2(2)-0021	UDA	Ⅱ-3-0008
TAMB	Ⅱ-2(2)-0025	VC	Ⅱ-4(2)-0029

中文名称汉语拼音索引

说　　明

1．本索引收入本分册全部试剂中文名称（含以外文字母形式出现的缩写词），名称后的数字为试剂编号。

2．本索引系按试剂名称中每个汉字的拼音顺序排列，并非按构成试剂名称的汉语拼音的各个拉丁字母的顺序排列。如*N*-苯基萘胺要排在苯甲酰丙酮之前。

3．拼音相同的汉字，按其声调阴平（－）、阳平（／）、上声（∨）、去声（＼）顺序排列，如扁桃酸要排在变胺蓝之前；拼音和声调均相同的汉字，则按笔画顺序（由少至多）排列，如安息香酸要排在氨茴酸之前。

4．以外文字母形式出现的缩写词均排在所属字头的最后按外文字母顺序排列。如EDTA和EDTP要放在P字部最后按外文字母顺序将EDTA排在EDTP之前。

A

ā

吖啶　Ⅱ-2(5)-0023
吖啶橙　Ⅱ-2(5)-0029
阿贝龙　Ⅱ-2(2)-0078
阿摩尼亚　Ⅱ-4(1)-0010

ān

安息香酸　Ⅱ-7(2)-0005
氨　Ⅱ-4(1)-0010，Ⅱ-7(1)-0006
氨茴酸　Ⅱ-2(5)-0004，Ⅱ-7(2)-0006
氨基巴比土酸-*N*，*N*-二乙酸　Ⅱ-3-0008
3-氨基苯二甲酰环肼　Ⅱ-2(6)-0002
3-氨基苯二甲酰肼　Ⅱ-2(1)-0031，Ⅱ-2(5)-0007
2-氨基苯甲酸-*N*，*N*-二乙酸　Ⅱ-3-0017
2-氨基丙二酰脲二乙酸　Ⅱ-3-0008
3-氨基-6-二甲氨基-2-甲基吩嗪盐酸盐　Ⅱ-2(1)-0022
4-氨基-4′-甲基二苯胺　Ⅱ-2(3)-0029
4-氨基-4′-甲氧基二苯胺　Ⅱ-2(3)-0030
氨基硫脲　Ⅱ-4(2)-0004
4-氨基柳酸　Ⅱ-2(5)-0005
2-氨基-2-羟甲基-1，3-丙二醇　Ⅱ-5-0024
L-2-氨基-3-巯基丙酸　Ⅱ-4(2)-0014
2-氨基乙硫醇　Ⅱ-4(2)-0009
氨基乙酸　Ⅱ-5-0019
氨三乙酸　Ⅱ-3-0004，Ⅱ-4(2)-0031
氨羧络合剂Ⅰ　Ⅱ-3-0004
氨羧络合剂Ⅲ　Ⅱ-3-0011
氨羧络合剂Ⅳ　Ⅱ-3-0024
螯合剂Ⅰ　Ⅱ-3-0004
AADA　Ⅱ-3-0017
ANDA　Ⅱ-3-0017
APANS　Ⅱ-2(2)-0048
ARS　Ⅱ-2(2)-0033

B

bā

巴比妥钠　Ⅱ-5-0030

bái

白路斯　Ⅱ-2(3)-0058

bǎi

百里酚(2-甲基-5-异丙基酚)　Ⅱ-2(3)-0048
百里酚磺酞　Ⅱ-2(1)-0004
百里酚蓝　Ⅱ-2(1)-0004
百里酚酞　Ⅱ-2(1)-0024

百里酚酞络合剂 Ⅱ-2(2)-0088

bàn

半胱氨酸 Ⅱ-4(2)-0014
半日花素 Ⅱ-2(1)-0010

bèi

棓花青 Ⅱ-2(3)-0037

běn

苯胺基苯 Ⅱ-2(4)-0021
4′-苯胺基偶氮苯-4-磺酸钠盐 Ⅱ-2(1)-0005
4′-苯胺基偶氮苯间磺酸 Ⅱ-2(4)-0013
苯并黄素 Ⅱ-2(5)-0031
N-(2-苯并噻唑)-*N*′-(4-苯磺酸)-C-苯基甲脒 Ⅱ-2(2)-0072
苯酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0021
苯酚蓝 Ⅱ-2(3)-0033
α-苯酚偶氮对苯磺酸钠盐 Ⅱ-2(1)-0030
N-苯基萘胺 Ⅱ-2(4)-0021
N-苯基苯氧肟酸 Ⅱ-2(2)-0029
1-苯基-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0039
1-苯基-3-甲基-4-苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0060
1-苯基-3-甲基-4-丁酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0054
1-苯基-3-甲基-4-对溴苯甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0059
1-苯基-3-甲基-4-己酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0058
1-苯基-3-甲基-4-氯乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0047
1-苯基-3-甲基-4-噻吩甲酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0056
1-苯基-3-甲基-4-三氟乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0046
1-苯基-3-甲基-4-三氯乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0045
1-苯基-3-甲基-4-辛酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0061
1-苯基-3-甲基-4-乙酰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0048
1-苯基-3-甲基-4-乙氧羰基-5-吡唑酮 Ⅱ-6-0051
N-苯基邻氨基苯甲酸 Ⅱ-2(3)-0026
2-(1-苯基偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0045
α-(苯基偶氮)-4-硝基苄氰 Ⅱ-2(1)-0038
2-苯基羟基乙酸 Ⅱ-4(2)-0037
1-苯基-4,4,4,-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0031
苯甲酸 Ⅱ-7(2)-0005
N-苯甲酰-*N*-苯胺 Ⅱ-2(2)-0029, Ⅱ-6-0049
苯甲酰丙酮 Ⅱ-6-0039
苯甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0031
苯偶氮-α-萘胺 Ⅱ-2(4)-0004
α-苯偶酰二肟 Ⅱ-6-0053
苯羧酸 Ⅱ-7(2)-0005
2-苯酰肼苯偶氮甲酸 Ⅱ-2(2)-0030
2-苯酰肼苯偶氮硫代甲酸 Ⅱ-2(2)-0031

bǐ

吡啶 Ⅱ-5-0023
2-(2-吡啶偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0024
4-(2-吡啶偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0016
1-(2-吡啶偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0036
4-(2-吡啶偶氮)-1-萘酚 Ⅱ-2(2)-0037
1′-(1-吡啶偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(4)-0029
2-吡啶醛-2′-羟基萘 Ⅱ-2(2)-0041
吡啶-2-醛缩苯腙 Ⅱ-2(1)-0014
吡啶醛肟 Ⅱ-2(2)-0002

biǎn

扁桃酸 Ⅱ-4(2)-0037

biàn

变胺蓝 Ⅱ-2(3)-0030
变色酸 Ⅱ-2(5)-0016

bīn

宾歇尔绿 Ⅱ-2(3)-0050

bǐng

1,2-丙二胺 Ⅱ-4(2)-0017
1,3-丙二胺 Ⅱ-4(2)-0018
丙二酸 Ⅱ-4(2)-0010

bó

伯顿与利达染料 Ⅱ-2(2)-0075
BAETA Ⅱ-3-0022
BAL Ⅱ-4-(2)-0015
BPHA Ⅱ-2(2)-0029, Ⅱ-6-0049
BRS Ⅱ-2(1)-0023
BTPFS Ⅱ-2(2)-0072

C

càn

山梨烂甲酚C Ⅱ-2(3)-0038

cǎo

草酸 Ⅱ-4(2)-0006, Ⅱ-7(2)-0001
草酸氢钾 Ⅱ-5-0017

chéng

橙Ⅲ Ⅱ-2(1)-0010
橙黄Ⅳ Ⅱ-2(1)-0005

cì

5,5′-次氮基二巴比土酸(铵盐) Ⅱ-2(2)-0007
次氮基三乙酸 Ⅱ-3-0004
次甲基青莲 Ⅱ-2(4)-0023

cù

醋酸 Ⅱ-4(2)-0007
CDTA Ⅱ-3-0024
CDTMP Ⅱ-3-0015
C. I. 14025 Ⅱ-2(1)-0035
CPNA Ⅱ-2(1)-0027
CyDTA Ⅱ-3-0024, Ⅱ-4(2)-0049

D

dàn

氮杂苯 Ⅱ-5-0023
氮杂蒽 Ⅱ-2(5)-0023
氮杂萘 Ⅱ-2(5)-0010

diǎn

碘 Ⅱ-2(3)-0002
碘化物 Ⅱ-4(1)-0008
碘喔星 Ⅱ-6-0022
7-碘-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0009
5-碘-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0026
碘曙红 Ⅱ-2(4)-0018

diàn

淀粉 Ⅱ-2(3)-0001
靛粉 Ⅱ-2(3)-0016
靛蓝 Ⅱ-2(3)-0043
靛蓝-5,5′-二磺酸 Ⅱ-2(3)-0045
靛蓝-5-磺酸 Ⅱ-2(3)-0044
靛蓝-5,5′,7-三磺酸 Ⅱ-2(3)-0046
靛蓝-5,5′,7,7′-四磺酸 Ⅱ-2(3)-0047
靛喔星 Ⅱ-2(4)-0012

dīng

2,3-丁二酮二肟 Ⅱ-7(2)-0002
丁二肟 Ⅱ-6-0001

duì

对氨基水杨酸 Ⅱ-2(5)-0005
对苯二胺 Ⅱ-2(5)-0002
对称苯肼羰偶氮苯 Ⅱ-2(4)-0027
对称二苯基羰二肼 Ⅱ-2(4)-0028
对称可力丁 Ⅱ-5-0029
对氮蒽猩红 Ⅱ-2(3)-0052
对二甲氨基偶氮苯 Ⅱ-2(1)-0008
对二甲氨基亚苄基罗丹宁 Ⅱ-2(4)-0026
对二乙氨基偶氮苯邻羧酸 Ⅱ-2(4)-0005
对硝基苯偶氮水杨酸 Ⅱ-2(1)-0036
对硝基酚 Ⅱ-2(1)-0019
对乙氧基碱性菊橙盐酸盐 Ⅱ-2(1)-0011
对乙氧基菊橙 Ⅱ-2(4)-0003
DCYTA Ⅱ-3-0024
DDTC Ⅱ-4(2)-0027, Ⅱ-6-0006, Ⅱ-7(2)-0003
DESTA Ⅱ-3-0021
DETPA Ⅱ-3-0025
DHAB Ⅱ-2(2)-0022

DHEG Ⅱ-3-0006
DIEN Ⅱ-3-0002
DMTAN Ⅱ-2(2)-0032
DMTAR Ⅱ-2(2)-0019
DSNADNS Ⅱ-2(2)-0071
DTPA Ⅱ-3-0025

E

ér

儿茶酚二磺酸 Ⅱ-2(2)-0004
儿茶酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0061
儿茶酚紫 Ⅱ-2(2)-0061

èr

1,2-二氨环己-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸 Ⅱ-3-0024
1,2-二氨基苯 Ⅱ-2(5)-0001
1,4-二氨基苯 Ⅱ-2(5)-0002
1,2-二氨基丙烷 Ⅱ-4(2)-0017
二氨基硫脲 Ⅱ-4(2)-0005
二苯胺 Ⅱ-2(3)-0018, Ⅱ-2(4)-0021
二苯胺橙 Ⅱ-2(1)-0005
二苯胺黄 Ⅱ-2(1)-0005
二苯胺磺酸 Ⅱ-2(3)-0019
4-二苯胺磺酸 Ⅱ-2(3)-0019
二苯氨基脲 Ⅱ-2(4)-0028
1,3-二苯基-1,3-丙二酮 Ⅱ-4(2)-0051, Ⅱ-6-0055
N,3-二苯基丙烯氧肟酸 Ⅱ-6-0057
N,*N'*-二苯基二氨基联苯 Ⅱ-2(4)-0025
二苯基卡巴腙 Ⅱ-2(2)-0030, Ⅱ-2(4)-0027
二苯基联苯胺 Ⅱ-2(4)-0025
二苯基联苯胺二磺酸 Ⅱ-2(3)-0059
二苯基硫代卡巴腙 Ⅱ-2(2)-0031, Ⅱ-6-0050
1,2-二苯基乙烷-1,2-二酮二肟 Ⅱ-6-0053
二苯甲酰甲烷 Ⅱ-4(2)-0051, Ⅱ-6-0055
二苯卡巴腙 Ⅱ-2(4)-0028
二苯缩胺脲 Ⅱ-2(4)-0027
二丙酰甲烷 Ⅱ-6-0012
5,7-二碘-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0022
二丁基氨荒酸 Ⅱ-6-0030
二丁基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-6-0030
1,2-二(2-呋喃基)-1,2-乙二酮二肟 Ⅱ-6-0035
二甲胺二羧酸 Ⅱ-3-0001
4'-二甲氨基偶氮苯-4-磺酸(钠盐) Ⅱ-2(1)-0010
3-二甲氨基-6-(2-噻唑偶氮)苯酚 Ⅱ-2(2)-0021
二甲苯胺蓝Ⅱ Ⅱ-2(2)-0081
二甲酚橙 Ⅱ-2(2)-0085, Ⅱ-2(4)-0031
4'-二甲基氨基偶氮苯-2-甲酸 Ⅱ-2(1)-0015
二甲基氨基乙酸钠 Ⅱ-5-0022
3,3'-二甲基-4,4'-二氨基-1,1'-联萘 Ⅱ-2(3)-0055
3,3'-二甲基-4,4'-二氨基-1,1'-联萘二磺酸 Ⅱ-2(3)-0057
3,3'-二甲基-5,5'-[*N*,*N*-二(羧甲基)氨甲基]酚酞 Ⅱ-2(2)-0086
2,9'-二甲基-1,10-菲洛啉 Ⅱ-4(2)-0046
4,7-二甲基-1,10-菲洛啉 Ⅱ-4(2)-0047
5,6-二甲基-1,10-菲洛啉 Ⅱ-4(2)-0048
5,6-二甲基菲咯因 Ⅱ-2(3)-0067
二甲基酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0053
2,6-二甲基-3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0029
二甲基黄 Ⅱ-2(1)-0008
2,2-二甲基-3,5-己二酮 Ⅱ-6-0019
N,*N*-二甲基联吖啶二硝酸盐 Ⅱ-2(6)-0001
3,3'-二甲基联萘胺 Ⅱ-2(3)-0056
3,3'-二甲基联萘胺二磺酸 Ⅱ-2(3)-0057
2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮)苯酚 Ⅱ-2(2)-0020
2-(4,5-二甲基-2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0026
2-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚 Ⅱ-2(2)-0032
4-(4,5-二甲基-2-噻唑偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0019
二甲基乙二肟 Ⅱ-6-0001, Ⅱ-7(2)-0002
二甲硫醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0012
3,3'-二甲氧基联苯胺 Ⅱ-2(3)-0034
3,3'-二甲氧基联苯胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0040
二甲氧基马钱子碱 Ⅱ-2(3)-0058
二硫代甘油 Ⅱ-4(2)-0015

二硫代酒石酸 Ⅱ-4(2)-0020
二硫代羧基氨基乙酸
N-(二硫代羧基) 氨基乙酸
二氯苯酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0016
2′,6′-二氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0009
2′,6′-二氯靛酚-2-磺酸 Ⅱ-2(3)-0012
2′,6′-二氯靛酚-3-磺酸 Ⅱ-2(3)-0011
2′,6′-二氯-3-甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0023
2′,6′-二氯间氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0006
2′,6′-二氯间溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0004
5,7-二氯-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0021
二氯(R)荧光黄 Ⅱ-2(4)-0017
二氯荧光素 Ⅱ-2(5)-0033
2,7-二氯荧光素 Ⅱ-2(4)-0017
1,2-二羟基苯-3,5-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0004, Ⅱ-4(2)-0028
2-(2,4-二羟基苯偶氮)-4-苯基-1-羟基苯 Ⅱ-2(2)-0054
D-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0022
1,2-二羟基蒽醌-3-磺酸 Ⅱ-2(2)-0033
二羟基琥珀酸 Ⅱ-5-0021
3,3′-二羟基联苯胺*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0035
3,6-二羟基邻苯二甲酰亚胺 Ⅱ-2(5)-0006
1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(5)-0016
2-(1,5-二羟基-2-萘偶氮)-1-羟基苯-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0044
2,2′-二羟基-1,1′-偶氮萘-3,3′,6,6′-四磺酸 Ⅱ-2(2)-0070
3,6-二羟基酞酰胺 Ⅱ-2(5)-0006
二(羟乙基)甘氨酸 Ⅱ-3-0006
2,3-二巯基丙醇 Ⅱ-4(2)-0015
α,β-二巯基琥珀酸 Ⅱ-4(2)-0020
3,4-二巯基甲苯 Ⅱ-6-0011
3-[二(羧甲基)氨甲基]-1,2-二羟基蒽醌 Ⅱ-2(2)-0062
3,3′-二羧基联苯胺-*N*,*N*,*N*′,*N*′-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0038
α-二硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0007
γ-二硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0013
2,4-二硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0007
2,5-二硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0013
二新戊酰甲烷 Ⅱ-6-0043
二溴百里酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0020
2′,6′-二溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0008
2′6′-二溴靛酚间磺酸 Ⅱ-2(3)-0007
2′6′-二溴靛酚邻磺酸 Ⅱ-2(3)-0010
3′,3″-二溴磺棓酚 Ⅱ-2(2)-0056
二溴邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0018
5,5′-二溴邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0018
2′,6′-二溴邻甲氧基靛酚 Ⅱ-2(3)-0022
5,7-二溴-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0020
二亚乙基三胺 Ⅱ-3-0002, Ⅱ-4(2)-0024
二亚乙基三胺-*N*-甲基-*N*′,*N*′,*N*″,*N*″-四乙酸 Ⅱ-3-0023
二亚乙基三胺五乙酸 Ⅱ-3-0025
二乙基氨荒酸 Ⅱ-6-0006
二乙基巴比妥酸钠 Ⅱ-5-0030
二乙基二硫代氨基甲酸 Ⅱ-4(2)-0027, Ⅱ-6-0006, Ⅱ-7(2)-0003
二乙基荒酸 Ⅱ-7(2)-0003
二乙硫醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0021
二乙醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0022
二乙三胺 Ⅱ-3-0002
二乙三胺-*N*-甲基-*N*′,*N*′,*N*″,*N*″-四乙酸 Ⅱ-3-0023
二乙三胺五乙酸 Ⅱ-3-0025
二乙酰二肟 Ⅱ-6-0001, Ⅱ-7(2)-0002
二异丁酰甲烷 Ⅱ-6-0029
EDDA Ⅱ-3-0005
EDDADP Ⅱ-3-0020
EDDHA Ⅱ-3-0032
EDDP Ⅱ-3-0009
EDTA Ⅱ-3-0011, Ⅱ-4(2)-0041
EDTP Ⅱ-3-0027
EEDTA Ⅱ-3-0022
EGTA Ⅱ-3-0029, Ⅱ-4(2)-0050
EHPG Ⅱ-3-0032

F

fān

番木鳖碱 Ⅱ-2(3)-0058

fēi

1,10-菲咯啉 Ⅱ-4(2)-0045

菲咯因 Ⅱ-2(3)-0065

fēn

酚红 Ⅱ-2(1)-0021
酚酞 Ⅱ-2(1)-0032
酚藏花红 Ⅱ-2(3)-0051，Ⅱ-2(4)-0006

fū

2-呋喃甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0016
3-(2-呋喃)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0016

fú

氟化物 Ⅱ-4(1)-0005
5-氟-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0025

G

gài

钙铬黑PV Ⅱ-2(2)-0044
钙铬黑T Ⅱ-2(2)-0064
钙红 Ⅱ-2(2)-0075
钙黄绿素 Ⅱ-2(4)-0020，Ⅱ-2(5)-0044
钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0027
钙镁试剂 Ⅱ-2(2)-0053
钙色素 Ⅱ-2(2)-0084
钙试剂 Ⅱ-2(2)-0065，Ⅱ-2(2)-0084
钙羧酸指示剂 Ⅱ-2(2)-0075

gān

甘氨酸 Ⅱ-5-0019
甘氨酸甲酚红 Ⅱ-2(2)-0083

gāng

刚果红 Ⅱ-2(4)-0008

gāo

高铁试剂 Ⅱ-2(2)-0009
高锰酸钾 Ⅱ-2(3)-0003

gè

铬变素2B Ⅱ-2(2)-0040
铬变素2C Ⅱ-2(2)-0052
铬变素2R Ⅱ-2(2)-0045
铬变素红4B Ⅱ-2(2)-0040
铬变素红2R Ⅱ-2(2)-0045
铬变酸 Ⅱ-2(5)-0016
铬黑A Ⅱ-2(2)-0063
铬黑PV Ⅱ-2(2)-0044
铬黑T Ⅱ-2(2)-0064
铬黑TK Ⅱ-2(2)-0064
铬红B Ⅱ-2(2)-0073
铬坚牢海军蓝R Ⅱ-2(2)-0047
铬坚牢黑A Ⅱ-2(2)-0063
铬坚牢黑PV Ⅱ-2(2)-0044
铬坚牢红B Ⅱ-2(2)-0073
铬坚牢花青G Ⅱ-2(2)-0066
铬坚牢灰RAS Ⅱ-2(2)-0039
铬坚牢蓝2B Ⅱ-2(2)-0038
铬蓝SE Ⅱ-2(2)-0038
铬蓝黑B Ⅱ-2(2)-0066
铬蓝黑R Ⅱ-2(2)-0065
铬绿S Ⅱ-2(2)-0079
铬酸钾 Ⅱ-2(4)-0001
铬酸盐 Ⅱ-7(1)-0003
铬紫 Ⅱ-2(2)-0076
铬紫B Ⅱ-2(2)-0043
铬天青R Ⅱ-2(2)-0080
铬天青S Ⅱ-2(2)-0078，Ⅱ-2(4)-0030

gēng

3,5-庚二酮 Ⅱ-6-0012
庚肟 Ⅱ-6-0013

gōng

宫殿铬黑S Ⅱ-2(2)-0082
宫殿坚牢蓝GGN Ⅱ-2(2)-0067
宫殿坚牢蓝GGNA-CF Ⅱ-2(2)-0067

gōu

枸橼酸二氢钾 Ⅱ-5-0026
枸橼酸钠 Ⅱ-5-0025

guāng

光泽精 Ⅱ-2(6)-0001

guī

硅氧烯 Ⅱ-2(6)-0004

guò

过氧化氢 Ⅱ-4(1)-0007
GBHA Ⅱ-2(2)-0034
GHA Ⅱ-2(2)-0034

H

hǎi

胺 Ⅱ-4(1)-0009

hóng

红紫素 Ⅱ-2(4)-0022
红紫酸铵盐 Ⅱ-2(2)-0007

huán

1,2-环庚二酮二肟 Ⅱ-6-0013
1,2-环庚二肟 Ⅱ-6-0013
1,2-环己二胺-*N*,*N*,*N'*,*N'*-四(甲膦酸) Ⅱ-3-0015
环己二胺四乙酸 Ⅱ-3-0024, Ⅱ-4(2)-0049
1,2-环己二酮二肟 Ⅱ-6-0008
环己烯二醇四酮 Ⅱ-2(4)-0009
环-三-7-(1-偶氮-8-羟基萘-3,6-二磺酸) Ⅱ-2(2)-0084

huáng

黄光碱性蕊香红 Ⅱ-2(4)-0007
磺棓栖 Ⅱ-2(2)-0057
磺化玫引杜酮 Ⅱ-2(3)-0061
5-磺基-β-二羟基苯甲酸 Ⅱ-2(1)-0025
5-磺基-2,4-二羟基苯甲酸二钠盐 Ⅱ-2(1)-0025
磺基水杨酸 Ⅱ-2(2)-0006
5-磺基水杨酸 Ⅱ-4(2)-0036
2″-磺酸-3,3'-二甲基-4-羟基品红酮-5,5'-二羧酸 Ⅱ-2(2)-0080
3''-磺酸-2'',6''-二氯-3,3'-二甲基-4-羟基品红酮-5,5'-二羧酸 Ⅱ-2(2)-0078
7-(4-磺酸-1-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0060
7-(6-磺酸-2-萘偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0059
7-(4-磺酸-1-萘偶氮)喔星-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0060
HBANS-3,6 Ⅱ-2(2)-0050
HBANS-5,7 Ⅱ-2(2)-0051
HBN Ⅱ-2(2)-0042
HBR Ⅱ-2(2)-0023
HDNPAZOXS Ⅱ-2(2)-0035
HEDTA Ⅱ-3-0013, Ⅱ-4(2)-0042
HEEDDA Ⅱ-3-0014
HEEDTA Ⅱ-3-0013
HFTA Ⅱ-6-0016
HPBN Ⅱ-2(2)-0077
HPBR Ⅱ-2(2)-0054
HQS Ⅱ-2(2)-0011
HTTA Ⅱ-6-0014

I

2-IAC Ⅱ-2(2)-0015
IDA Ⅱ-3-0001
IREA Ⅱ-2(2)-0084

J

jiǎ

甲苯蓝 Ⅱ-2-(3)-0039
甲酚红 Ⅱ-2-(1)-0002
6-甲基-2-氨基甲基吡啶-*N*,*N'*-二乙酸 Ⅱ-3-0018
甲基百里酚蓝 Ⅱ-2(2)-0087
2-甲基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0036
甲基橙 Ⅱ-2(1)-0010
4-甲基-1,2-二巯基苯 Ⅱ-6-0011
2-甲基凡拉明蓝 Ⅱ-2(3)-0036
甲基钙黄绿素 Ⅱ-2(5)-0043
甲基钙黄绿素蓝 Ⅱ-2(5)-0025
甲基红 Ⅱ-2(1)-0015

甲基黄 Ⅱ-2(1)-0008
甲基苦基硝胺 Ⅱ-2(1)-0037
2-甲基喹星 Ⅱ-6-0036
6-甲基-PADA Ⅱ-3-0018
2-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0036
4-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0037
5-甲基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0038
甲基青莲 Ⅱ-2(1)-0001
N-甲基-N,2,4,6-四硝基苯胺 Ⅱ-2(1)-0037
N-甲基亚氨基二乙酸 Ⅱ-3-0003
N-甲基-2-氧吩嗪 Ⅱ-2(3)-0024
DL-1-甲基乙二胺 Ⅱ-4(2)-0017
甲基乙二胺四乙酸 Ⅱ-3-0019
1-甲基乙二胺四乙酸 Ⅱ-4(2)-0044
甲基紫 Ⅱ-2(1)-0001
甲酸 Ⅱ-4(2)-0001,
Ⅱ-5-0016
2-甲氧基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0035
2-甲氧基凡拉明蓝 Ⅱ-2(3)-0035
4-甲氧基-2-(4-甲基-2-噻唑偶氮)苯酚 Ⅱ-2(2)-0018

jiǎn

简单中性红 Ⅱ-2(3)-0028
碱性藏红O Ⅱ-2(3)-0054
碱性藏红T Ⅱ-2(3)-0054

jiàn

间胺黄 Ⅱ-2(4)-0013
间甲苯二胺靛酚 Ⅱ-2(3)-0032
间甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0003
间甲酚紫 Ⅱ-2(1)-0003
间甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0020
5-[(间硝基苯)偶氮]水杨酸一钠盐 Ⅱ-2(1)-0035
间硝基酚 Ⅱ-2(1)-0024
间溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0014

jiāo

焦磷酸 Ⅱ-4(1)-0013

jīn

金莲橙OO Ⅱ-2(1)-0005
金莲橙OOO Ⅱ-2(1)-0030
金鸡纳碱 Ⅱ-2(5)-0036
金精三羧酸 Ⅱ-2(2)-0076
金属酞 Ⅱ-2(2)-0086

jīng

肼 Ⅱ-4(1)-0006

jiǔ

酒石酸 Ⅱ-5-0021
D-酒石酸 Ⅱ-4(2)-0022
酒石酸氢钾 Ⅱ-5-0020

K

kǎ

卡克西林 Ⅱ-2(3)-0055

kāng

α-糠偶酰二肟 Ⅱ-6-0035

kàng

L-抗坏血酸 Ⅱ-4(2)-0029

kě

可他宁 Ⅱ-2(5)-0022

kǔ

苦胺偶氮磺基喹星 Ⅱ-2(2)-0035
苦杏仁酸 Ⅱ-4(2)-0037

kuī

奎宁 Ⅱ-2(5)-0036
喹啉 Ⅱ-2(5)-0010
喹啉-2-甲酸 Ⅱ-7(2)-0008
5,8-喹啉醌-(8-羟基喹啉-5-亚胺)-(5) Ⅱ-2(4)-0012
喹啉啶酸 Ⅱ-7(2)-0008

L

láo

劳氏紫 Ⅱ-2(3)-0017

lián

连苯三酚红 Ⅱ-2(2)-0057
连苯三酚红金属络合物 Ⅱ-2(1)-0006
连苯三酚磺酞 Ⅱ-2(2)-0057
联氮 Ⅱ-4(1)-0006
α,α'-联吡啶 Ⅱ-2(5)-0015, Ⅱ-4(2)-0040
2,2'-联吡啶 Ⅱ-2(5)-0015, Ⅱ-4(2)-0040
2,2'-(联二亚甲基二次氮基) 二苯酚 Ⅱ-2(2)-0034

liàng

亮黄 Ⅱ-2(1)-0026
亮甲酚蓝 Ⅱ-2(3)-0038
亮紫C Ⅱ-2(4)-0011

lín

邻氨基苯甲酸 Ⅱ-2(5)-0004, Ⅱ-7(2)-0006
邻氨基苯甲酸-N,N-二乙酸 Ⅱ-3-0017
邻苯二胺 Ⅱ-2(5)-0001
邻苯二酚紫 Ⅱ-2(2)-0061
邻苯二甲酸氢钾 Ⅱ-5-0023
邻苯三酚红金属络合物 Ⅱ-2(1)-0006
邻二苯乙定-N,N,N',N'-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0041
1,10-邻二氮菲 Ⅱ-4(2)-0045
邻二甲氧基联苯胺 Ⅱ-2(4)-0024
邻二乙氧基苯胺-N,N,N',N'-四乙酸 Ⅱ-2(5)-0041
邻磺酸钠-5,6-苯并靛酚钠 Ⅱ-2(3)-0042
邻磺酸钠-5,6-苯并-2,6-二氯靛酚钠 Ⅱ-2(3)-0040
邻甲苯胺蓝 Ⅱ-2(3)-0027
邻甲酚磺酞 Ⅱ-2(1)-0002
邻甲酚酞络合剂 Ⅱ-2(2)-0086
邻甲基靛酚 Ⅱ-2(3)-0021
邻联茴香胺 Ⅱ-2(3)-0034, Ⅱ-2(4)-0024
邻氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0015
邻羟基苯甲酸 Ⅱ-2(5)-0003
邻{2-[α-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)亚苄基]肼基}苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0074
邻(2-噻唑偶氮)-2,4-二氯苯酚 Ⅱ-2(2)-0008
邻硝基酚 Ⅱ-2(1)-0017
邻溴靛酚 Ⅱ-2(3)-0013
邻氧萘酮 Ⅱ-2(6)-0008
磷酸 Ⅱ-4(1)-0012
磷酸二钠 Ⅱ-5-0010
磷酸二氢钾 Ⅱ-5-0007
磷酸钠玻璃 Ⅱ-4(1)-0014
磷酸氢二钠 Ⅱ-5-0010
磷酸盐 Ⅱ-7(1)-0008

liu

硫代氮基脲 Ⅱ-4(2)-0004
硫代靛蓝四磺酸 Ⅱ-2(3)-0041
3-硫代甘油 Ⅱ-4(2)-0016
硫代黄色素 Ⅱ-2(5)-0028
硫代卡巴肼 Ⅱ-4(2)-0005
硫代硫酸盐 Ⅱ-4(1)-0018
硫代苹果酸 Ⅱ-4(2)-0019
硫代乙醇酸 Ⅱ-4(2)-0008, Ⅱ-4(2)-0012
硫黄素 Ⅱ-2(5)-0028
硫化物 Ⅱ-4(1)-0015, Ⅱ-7(1)-0009
硫脲 Ⅱ-4(2)-0002
硫尿素 Ⅱ-4(2)-0002
硫喹星 Ⅱ-6-0027
硫氰化物 Ⅱ-4(1)-0016
硫氰酸盐 Ⅱ-4(1)-0016, Ⅱ-7(1)-0010
硫脲 Ⅱ-2(2)-0055
硫酸 Ⅱ-4(1)-0017, Ⅱ-7(1)-0004
硫酸高铁铵 Ⅱ-2(4)-0002

liu

1,1,1,5,5,5-六氟-2,4-戊二酮 Ⅱ-6-0002

lǔ

鲁米诺 Ⅱ-2(1)-0031, Ⅱ-2(5)-0007, Ⅱ-2(6)-0002

luó

罗丹明6G Ⅱ-2(4)-0007, Ⅱ-2(5)-0042

luò

洛粉碱 Ⅱ-2(6)-0003

络合宗Ⅲ Ⅱ-3-0011

lǚ

铝铍试剂 Ⅱ-2(2)-0073

铝试剂 Ⅱ-2(2)-0076

lǜ

氯酚红 Ⅱ-2(1)-0016

氯化铵 Ⅱ-5-0011

氯化物 Ⅱ-4(1)-0002, Ⅱ-7(1)-0001

氯霉素 Ⅱ-2(3)-0025

氯喹星 Ⅱ-6-0021

2-(5-氯-2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0038

5-氯-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0024

M

mài

麦芽刺红 Ⅱ-2(4)-0032

méi

玫瑰红银试剂 Ⅱ-2(4)-0026

玫棕酸 Ⅱ-2(4)-0009

煤染黄Ⅰ Ⅱ-2(1)-0035

měi

镁试剂Ⅱ Ⅱ-2(2)-0081

mi

2-(2-咪唑偶氮)-4-甲基苯酚 Ⅱ-2(2)-0015

mò

没食子蓝 Ⅱ-2(3)-0037

mù

钼酸盐 Ⅱ-7(1)-0005

MEDTA Ⅱ-3-0019

2-MIAC Ⅱ-2(2)-0026

2-MIAP Ⅱ-2(2)-0020

MIDA Ⅱ-3-0003

MMT Ⅱ-2(2)-0018

MTAHA Ⅱ-2(2)-0018

MTB Ⅱ-2(2)-0087

MX Ⅱ-2(2)-0007

N

nài

耐尔蓝 Ⅱ-2(3)-0066

萘胺 Ⅱ-2(5)-0017

α-萘胺 Ⅱ-2(5)-0017

2-萘胺 Ⅱ-2(5)-0018

β-萘胺 Ⅱ-2(5)-0018

α-萘酚酞 Ⅱ-2(1)-0029

萘红 Ⅱ-2(4)-0004, Ⅱ-2(4)-0032

萘黄酮 Ⅱ-2(5)-0031

萘基偶氮喹星 Ⅱ-2(2)-0058

萘基偶氮羟啉6S Ⅱ-2(2)-0059

1-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0019

α-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0019

2-萘甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0052

7-萘偶氮-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0058

nèi

内消旋-2,3-二羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0025

内消旋-2,3-二巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0026

内消旋酒石酸 Ⅱ-4(2)-0023

niào

尿素 Ⅱ-4(2)-0003

脲 Ⅱ-4(2)-0003

ní

尼罗蓝 Ⅱ-2(3)-0065

niè

镍肟 Ⅱ-6-0008

níng

β-宁侧素 Ⅱ-6-0041
柠檬酸 Ⅱ-4(2)-0030
柠檬酸二氢钾 Ⅱ-5-0026
柠檬酸钠 Ⅱ-5-0025
NAS Ⅱ-2(2)-0059
NRS Ⅱ-2(2)-0013
NTA Ⅱ-3-0004

O

ō

喔星 Ⅱ-2(5)-0010, Ⅱ-2(5)-0011, Ⅱ-6-0028, Ⅱ-7(2)-0007

ǒu

偶氮肼 I Ⅱ-2(2)-0049
1,1′-偶氮R酸 Ⅱ-2(2)-0070
OETA Ⅱ-3-0026

P

pāng

滂铬黑A Ⅱ-2(2)-0063

pèi

配位酮 Ⅱ-3-0011

péng

硼砂 Ⅱ-5-0015
硼酸 Ⅱ-5-0014

pí

被试剂Ⅱ Ⅱ-2(2)-0071

píng

L-苹果酸 Ⅱ-4(2)-0021

pú

D-葡萄糖酸
PAC Ⅱ-2(2)-0024
PAN Ⅱ-2(2)-0036, Ⅱ-2(4)-0029
o-PAN Ⅱ-2(2)-0036
p-PAN Ⅱ-2(2)-0037
PAR Ⅱ-2(2)-0016
PDTA Ⅱ-3-0019
PENTEN Ⅱ-3-0016
PHA Ⅱ-2(2)-0041
o-PPH Ⅱ-2(1)-0014
PV Ⅱ-2(2)-0061

Q

qī

七氟丁酰新戊酰甲烷 Ⅱ-6-0040
七氟丁酰三氢乙酰甲烷 Ⅱ-6-0009
1,1,1,2,2,3,3-七氟-7,7-二甲基-4,6-辛二酮 Ⅱ-6-0040

qiān

铅试剂 Ⅱ-2(2)-0055

qiàn

茜酚花青RC Ⅱ-2(2)-0080
茜素S Ⅱ-2(2)-0033
茜素黄GG Ⅱ-2(1)-0035
茜素黄R Ⅱ-2(1)-0036
茜素磺酸钠 Ⅱ-2(4)-0010
茜素红 Ⅱ-2(4)-0010
茜素红S Ⅱ-2(2)-0033
茜素络合剂 Ⅱ-2(2)-0062
茜素荧光蓝 Ⅱ-2(2)-0062

qiāng

羟胺 Ⅱ-4(1)-0009

羟基苯丙烯酸 Ⅱ-2(5)-0013
2-(O-羟基苯基)苯并噻唑 Ⅱ-2(1)-0033
4-(2-羟基-5-苯基-1-苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0054
1-(2-羟基-5-苯基苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0077
1-(2-羟基-1-苯基偶氮)-2-羟基苯 Ⅱ-2(2)-0022
2-羟基苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0005
2-(2-羟基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0046
4-(2-羟基苯偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0023
1-(2-羟基苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0042
2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0050
2-(2-羟基苯偶氮)-1-羟基-8-氨基萘-5,7-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0051
1-(2-羟基苯偶氮)-2-羟基苯 Ⅱ-2(2)-0022
2-羟基标准色基蓝 Ⅱ-2(3)-0031
α-羟基丙酸 Ⅱ-5-0018
D-2-羟基丙酸 Ⅱ-4(2)-0013
2-羟基丙烷-1,2,3-三羧酸 Ⅱ-4(2)-0030
L-羟基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0021
2-(2-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)苯肼酸 Ⅱ-2(2)-0048
2-(8-羟基-3,6-二磺酸-1-萘偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0071
2-〔2-羟基-3-(2,4-二甲基羰酰苯胺)-1-萘偶氮〕苯酚 Ⅱ-2(2)-0081
7-(2-羟基-3,5-二硝基苯偶氮)-8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0035
2-羟基凡拉明蓝 Ⅱ-2(3)-0031
1-(2-羟基-5-甲基苯偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0053
2-(2-羟基-5-甲氧基苯偶氮)-4-甲基噻唑 Ⅱ-2(2)-0018
1-羟基环庚-3,5,7-三烯-2-酮 Ⅱ-6-0010
2-羟基-5-磺基苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0006
2-(2-羟基-5-磺酸苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0047
1-(2-羟基-5-磺酸苯)-5-(2-羧基苯)-2-苯基甲醛 Ⅱ-2(2)-0074
4-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-3-甲基-1-苯基-2-吡唑啉-5-酮 Ⅱ-2(2)-0073
1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0069
1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0068
1-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-2-羟基-3-萘甲酸 Ⅱ-2(2)-0075
2-(2-羟基-4-磺酸-1-萘偶氮)-1-羟基萘-8-磺酸 Ⅱ-2(2)-0067
1-(2-羟基-6-磺酸-1-萘偶氮)R酸 Ⅱ-2(2)-0069
8-羟基喹啉 Ⅱ-2(2)-0010, Ⅱ-2(5)-0011, Ⅱ-6-0028, Ⅱ-7(2)-0007
8-羟基喹啉-5-磺酸 Ⅱ-2(2)-0011, Ⅱ-2(5)-0012
8-羟基喹哪啶 Ⅱ-6-0036
羟基萘酚蓝 Ⅱ-2(2)-0068
1-(2-羟基-1-萘基偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0065
3-羟基-2-萘甲酸 Ⅱ-2(5)-0020
1-(1-羟基-2-萘偶氮)-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0066
5-〔1-(2-羟基萘偶氮)-2-羟基-5-甲基-4-苯偶氮〕-2-氯苯磺酸 Ⅱ-2(2)-0079
1-(2-羟基-1-萘偶氮)-6-硝基-2-萘酚-4-磺酸 Ⅱ-2(2)-0063, Ⅱ-2(2)-0064
4-羟基-3-(2-羟基萘偶氮)苯磺酸 Ⅱ-2(2)-0043
1-〔1-羟基-6-(2-羟基萘偶氮)-4-磺酸-2-苯偶氮〕-2-萘酚-6-磺酸 Ⅱ-2(2)-0082
5-羟基-2-羟甲基-4H-吡喃-4-酮 Ⅱ-2(2)-0003
7-羟基香豆素 Ⅱ-2(5)-0009
4-(2-羟基-3-硝基-5-磺酸苯偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0039
1-羟基-4-异丙基-3,5,7-环庚三烯-2-酮 Ⅱ-6-0041
9-羟基-3-异吩噁唑酮 Ⅱ-2(5)-0021

qing

氢氧化钙 Ⅱ-5-0003
氢氧化物 Ⅱ-4(1)-0011, Ⅱ-7(1)-0007

qíng

氰化物 Ⅱ-4(1)-0003
2-氰基-3,3-双(对硝基苯胺)丙烯腈 Ⅱ-2(1)-0027

qiu

3-巯基-1,2-丙二醇 Ⅱ-4(2)-0016
3-巯基丙酸 Ⅱ-4(2)-0012
DL-巯基丁二酸 Ⅱ-4(2)-0019
巯基琥珀酸 Ⅱ-4(2)-0019
8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0027
2-巯基乙胺 Ⅱ-4(2)-0009
巯基乙酸 Ⅱ-4(2)-0008

qǔ

曲酸 Ⅱ-2(2)-0003

quán

2-醛肟吡啶 Ⅱ-2(2)-0002

R

ròu

N-肉桂酰基-*N*-苯胺 Ⅱ-6-0057

rǔ

乳酸 Ⅱ-4(2)-0013, Ⅱ-5-0018

ruò

弱金鸡钠碱 Ⅱ-2(4)-0015

S

sāi

1-(2-噻吩基)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-0-0014
2-噻吩甲酰丙酮 Ⅱ-6-0017
噻吩甲酰三氟丙酮 Ⅱ-0-0014
2-(2-噻唑偶氮)对甲苯酚 Ⅱ-2(2)-0014
2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲氨基苯酚 Ⅱ-2(2)-0021
2-(2-噻唑偶氮)-5-二甲基氨基苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0025
2-(2-噻唑偶氮)-5-磺酸甲氨基苯甲酸 Ⅱ-2(2)-0017
4-(2-噻唑偶氮)间苯二酚 Ⅱ-2(2)-0012
1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚 Ⅱ-2(2)-0027
1-(2-噻唑偶氮)-2-萘酚-6-磺酸 Ⅱ-2(2)-0028

sān

2,4,5-三苯基咪唑 Ⅱ-2(6)-0003
三(1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐式高氯酸盐 Ⅱ-2(3)-0065
1,1,1-三氟-2,4-戊二酮 Ⅱ-6-0003
三氟乙酰丙酮 Ⅱ-6-0003
2,4,6-三甲基吡啶 Ⅱ-5-0029
三(2,2′-联吡啶)铁(Ⅱ)硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0063
2′,6′,3-三氯靛酚 Ⅱ-2(3)-0005
1,2,4-三羟基蒽醌 Ⅱ-2(4)-0022
3,3′,4′-三羟基品红酮-2″-磺酸 Ⅱ-2(2)-0061
三(5-硝基-1,10-二氮菲)铁(Ⅱ)硫酸盐 Ⅱ-2(3)-0064
三亚甲基二胺 Ⅱ-4(2)-0018
三亚乙基四胺 Ⅱ-3-0007, Ⅱ-4(2)-0034
三亚乙基四胺-*N*,*N*′-二甲基-*N*″,*N*″,*N*‴,*N*⁗-四乙酸 Ⅱ-3-0031
三亚乙基四胺六乙酸 Ⅱ-3-0033
三乙醇胺 Ⅱ-4(2)-0033
三乙四胺 Ⅱ-3-0007
三乙四胺-*N*,*N*′-二甲基,-*N*″,*N*″,*N*‴,*N*⁗-四乙酸 Ⅱ-3-0031
三乙四胺六乙酸 Ⅱ-3-0033

sǎn

伞形酮 Ⅱ-2(5)-0009

sāng

桑色素 Ⅱ-2(5)-0026

sāo

搔洛铬暗蓝B Ⅱ-2(2)-0065
搔洛铬黑AS Ⅱ-2(2)-0063

铬洛铬黑T　Ⅱ-2(2)-0064
铬洛铬绿V　Ⅱ-2(2)-0079
铬洛铬青R　Ⅱ-2(2)-0080
铬洛铬紫R　Ⅱ-2(2)-0043

shè

麝香草酚蓝　Ⅱ-2(1)-0004

shèn

2-(2-肼羧基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸　Ⅱ-2(2)-0049
1-(2-肼羧基苯偶氮)-2-萘酚-3,6-二磺酸　Ⅱ-2(2)-0048
4′-〔2-肼羧基-4-硝基苯重氮胺基〕-偶氮苯-4″-磺酸　Ⅱ-2(2)-0055

shí

1,1,1,5,5,6,6,7,7,7-十氟-2,4-庚二酮　Ⅱ-6-0009

shi

试卤灵　Ⅱ-2(5)-0021

shú

熟石灰　Ⅱ-5-0003

shǔ

曙红　Ⅱ-2(4)-0016,
Ⅱ-2(5)-0032

shuāng

3,3-双(对羟基苯基)酞　Ⅱ-2(1)-0032
4,4′-双(对羟基苯)偶氮-2,2′-联二磺酸二钠盐　Ⅱ-2(1)-0026
双-3,9-二甲氨基　Ⅱ-2(3)-0049
3,3′-双〔N,N′-二(羧甲基)氨甲基〕百里酚磺酞　Ⅱ-2(2)-0087
3,3′-双〔N,N-二(羧甲基)氨甲基〕百里酚酞　Ⅱ-2(2)-0088
3,3′-双〔N,N-二(羧甲基)氨甲基〕邻甲酚磺酞　Ⅱ-2(2)-0085
3,3′-双(N,N′-二羧甲基氨甲基)邻甲酚磺酞　Ⅱ-2(4)-0031
双硫腙　Ⅱ-2(2)-0031,
Ⅱ-6-0050
双(α-萘基)硫卡巴腙　Ⅱ-6-0062
N,N-双(羟乙基)氨基乙酸　Ⅱ-0-0006
N,N-双(2′-羟乙基)甘氨酸　Ⅱ-3-0006
3,3′-双(N-羧基氨甲基)邻甲酚磺酞　Ⅱ-2(2)-0083
N,N-双(羧甲基)二硫代氨基甲酸　Ⅱ-4(2)-0025
2,4-双(4-硝基苯偶氮)间苯二酚-6-磺酸　Ⅱ-2(1)-0023
双氧水　Ⅱ-4(1)-0007

shuǐ

水杨醛缩邻氨基酚　Ⅱ-2(5)-0024
水杨醛缩乙酰腙　Ⅱ-2(5)-0014
水杨酸　Ⅱ-2(2)-0005,
Ⅱ-2(5)-0003,
Ⅱ-4(2)-0035

sì

四苯硼酸钠　Ⅱ-7(2)-0009
四碘荧光素　Ⅱ-2(4)-0018
四环素　Ⅱ-2(5)-0039
2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮　Ⅱ-6-0043
四硼酸钠　Ⅱ-5-0015
N,N,N′,N′-四(2-羟基丙基)乙二胺　Ⅱ-3-0030
四溴苯酚磺酞　Ⅱ-2(1)-0009,
Ⅱ-2(4)-0014
四溴间甲酚磺酞　Ⅱ-2(1)-0012
3,3′,5,5′-四溴间甲酚磺酞　Ⅱ-2(1)-0012
四溴(R)荧光素　Ⅱ-2(4)-0016,
Ⅱ-2(5)-0032
四亚乙基五胺　Ⅱ-3-0010,
Ⅱ-4(2)-0038
四氧嘧啶肟　Ⅱ-2(2)-0001
四乙基酚藏花红　Ⅱ-2(3)-0062
四乙五胺　Ⅱ-3-0010

suān

酸性铬海军蓝B　Ⅱ-2(2)-0038
酸性铬黑NSN　Ⅱ-2(2)-0082

酸性铬红B　Ⅱ-2(2)-0073
酸性铬蓝K　Ⅱ-2(2)-0047
酸性铬蓝T　Ⅱ-2(2)-0046
酸性铬蓝黑　Ⅱ-2(2)-0065
酸性铬深蓝　Ⅱ-2(2)-0046
酸性茜素黑SN　Ⅱ-2(2)-0082
酸性茜素紫N　Ⅱ-2(2)-0043

suō

2-(2-羧基苯偶氮)1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸　Ⅱ-2(2)-0052
2-羧基二苯胺　Ⅱ-2(3)-0026
SNAZOXS　Ⅱ-2(2)-0060

T

tài

钛铁试剂　Ⅱ-2(2)-0004
酞络合剂　Ⅱ-2(2)-0086
酞酸氢钾　Ⅱ-5-0028
酞紫　Ⅱ-2(2)-0086

tàn

碳酸钡　Ⅱ-5-0001
碳酸钙　Ⅱ-5-0002
碳酸镉　Ⅱ-5-0004
碳酸钠　Ⅱ-5-0009
碳酸铅　Ⅱ-5-0012
碳酸盐　Ⅱ-4(1)-0004, Ⅱ-7(1)-0002

tè

特里龙A　Ⅱ-3-0004
特里龙B　Ⅱ-3-0011

tóng

铜-1-(2′,4′-二硝基苯)-2-乙酰肼络合物　Ⅱ-2(1)-0028
铜-DBAH(1:1)络合物　Ⅱ-2(1)-0028
铜铁试剂　Ⅱ-6-0007, Ⅱ-7(2)-0004

tǐ

钛试剂　Ⅱ-2(2)-0048
TAC　Ⅱ-2(2)-0014
TADC　Ⅱ-2(2)-0008
TAM　Ⅱ-2(2)-0021
TAMB　Ⅱ-2(2)-0025
TAN　Ⅱ-2(2)-0027
TAN-6S　Ⅱ-2(2)-0028
TAR　Ⅱ-2(2)-0012
TASMB　Ⅱ-2(2)-0017
TEDTA　Ⅱ-3-0021
TGA　Ⅱ-4(2)-0008
THPED　Ⅱ-3-0030

U

UDA　Ⅱ-3-0008

V

VC　Ⅱ-4(2)-0029

W

wéi

维生素C　Ⅱ-4(2)-0029

wǔ

D-2,3,4,5,6-五羟基己酸　Ⅱ-4(2)-0032
2′,4′,3,5,7-五羟基黄酮　Ⅱ-2(5)-0026
五亚乙基六胺　Ⅱ-3-0016, Ⅱ-4(2)-0043
五乙六胺　Ⅱ-3-0016

wù

2,4-戊二酮　Ⅱ-4(2)-0026, Ⅱ-6-0004
2,3-戊二肟　Ⅱ-6-0005
5-肟基巴比土酸　Ⅱ-2(2)-0001

X

1-(2-硒吩)-1,3-丁二酮　Ⅱ-6-0018
2-硒吩甲酰-2-吡啶甲酰甲烷　Ⅱ-6-0044

2-硒吩甲酰丙酮 Ⅱ-6-0018
2-硒吩甲酰三氟丙酮 Ⅱ-6-0015
1-(2-硒吩)-4,4,4-三氟-1,3-丁二酮 Ⅱ-6-0015

xiāng

香豆素 Ⅱ-2(5)-0008
香豆酸 Ⅱ-2(5)-0013

xiāo

2-硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0017
4-硝基苯酚 Ⅱ-2(1)-0019
2-(4-硝基苯偶氮)-1,8-二羟基萘-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0040
硝基菲咯因 Ⅱ-2(3)-0064
硝酸双去甲基硝基马钱子碱合水 Ⅱ-2(3)-0055

xin

辛可宁 Ⅱ-2(4)-0015
锌试剂 Ⅱ-2(2)-0074
新铜试剂 Ⅱ-4(2)-0046
新铜铁试剂 Ⅱ-6-0034
新戊酰乙酰甲烷 Ⅱ-6-0019

xiu

溴百里酚蓝 Ⅱ-2(1)-0020
溴酚蓝 Ⅱ-2(1)-0009, Ⅱ-2(4)-0014
溴甲酚绿 Ⅱ-2(1)-0012
溴甲酚紫 Ⅱ-2(1)-0018
溴化物 Ⅱ-4(1)-0001
溴连苯三酚红 Ⅱ-2(2)-0056
溴喹星 Ⅱ-6-0020
5-溴-8-巯基喹啉 Ⅱ-6-0023

Y

yà

亚氨基二乙酸 Ⅱ-3-0001
亚甲基蓝 Ⅱ-2(3)-0049
亚甲紫 Ⅱ-2(4)-0023
亚水杨基邻氨基酚 Ⅱ-2(5)-0024
N-亚硝基-*N*-苯胺 Ⅱ-6-0007
N-亚硝基苯胺 Ⅱ-7(2)-0004
N-亚硝基苯胺铵 Ⅱ-6-0007
1-亚硝基-2-萘酚 Ⅱ-6-0032
2-亚硝基-1-萘酚 Ⅱ-6-0033
1-亚硝基-2-萘酚-3,6-二磺酸 Ⅱ-2(2)-0013
N-亚硝基萘胺 Ⅱ-6-0034
亚硝基R盐 Ⅱ-2(2)-0013, Ⅱ-4(2)-0039
2,2′-亚乙基二硫代（乙亚氨基二乙酸） Ⅱ-3-0028

yán

盐酰 Ⅱ-5-0005

yáng

羊毛黑N Ⅱ-2(2)-0039
氧化汞 Ⅱ-5-0006
氧化镁 Ⅱ-5-0008
氧化锌 Ⅱ-5-0013
〔(2,2′-氧联二乙基)二亚氮基〕四乙酸 Ⅱ-3-0022

yì

乙氨酸 Ⅱ-5-0019
乙二胺-*N*,*N*′-二丙酸 Ⅱ-3-0009
乙二胺-*N*,*N*′-二(2-羟基苯乙酸) Ⅱ-3-0032
乙二胺-*N*,*N*′-二(β-羟基乙基)-*N*,*N*′-二乙酸 Ⅱ-3-0014
乙二胺-*N*,*N*′-二乙酰 Ⅱ-3-0005
乙二胺-*N*,*N*′-二乙酸-*N*,*N*′-二丙酸 Ⅱ-3-0020
乙二胺-*N*-(2-羟基环己基)-*N*,*N*′,*N*′-三乙酸 Ⅱ-3-0026
乙二胺-*N*-羟乙基-*N*,*N*′,*N*′-三乙酸 Ⅱ-3-0013
乙二胺-*N*-羟乙基-*N*,*N*′,*N*′-三乙酸 Ⅱ-4(2)-0042
乙二胺四丙酸 Ⅱ-3-0027
乙二胺四乙酸二钠盐 Ⅱ-3-0011, Ⅱ-4(2)-0041
乙二醇二乙醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0029
乙二醇醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0029, Ⅱ-4(2)-0050

乙二醇-双(β-氨基乙酸)-N,N,N',N'-四乙酸 Ⅱ-3-0029
乙二硫醇二乙硫醚二胺四乙酸 Ⅱ-3-0028
乙二醛双缩(2-羟基苯胺) Ⅱ-2(2)-0034
乙二酸 Ⅱ-4(2)-0006, Ⅱ-7(2)-0001
1,1',1'',1'''-(乙二亚氮基)四-2-丙醇 Ⅱ-3-0030
乙基对氧氮六环 Ⅱ-5-0027
乙基红 Ⅱ-2(4)-0005
乙基甲基乙二肟 Ⅱ-6-0005
N-乙基吗啉 Ⅱ-5-0027
N'-乙基四氢-1,4-噁嗪 Ⅱ-5-0027
乙酸 Ⅱ-4(2)-0007
乙酰丙酮 Ⅱ-4(2)-0026, Ⅱ-6-0004
5-乙酰基-8-羟基喹啉 Ⅱ-6-0042
4-乙氧基-2',4'-二氨基偶氮苯盐酸盐 Ⅱ-2(1)-0011
4-乙氧基-2,4-二氨基偶氮苯盐酸盐 Ⅱ-2(4)-0003
鼠酸 Ⅱ-4(2)-0001, Ⅱ-5-0016

yì

β-异丙基草酚酮 Ⅱ-6-0041

yīn

茚杜林猩红 Ⅱ-2(3)-0052

yīng

鹰草灵 Ⅱ-2(5)-0037

yíng

荧光黄 Ⅱ-2(4)-0019, Ⅱ-2(5)-0034
荧光生 Ⅱ-2(4)-0019, Ⅱ-2(5)-0034
荧光素 Ⅱ-2(4)-0019, Ⅱ-2(5)-0034
荧光素络合物 Ⅱ-2(5)-0044

yiu

铀试剂Ⅰ Ⅱ-2(2)-0049

yín

右旋酒石酸 Ⅱ-5-0021

Z

zhan

咕吨酮络合物 Ⅱ-2(5)-0030

zhōng

中性红 Ⅱ-2(1)-0022
中性蓝 Ⅱ-2(3)-0060

zhòng

重草酸钾 Ⅱ-5-0017
重酒石酸钾 Ⅱ-5-0020

zhuo

草酚酮 Ⅱ-6-0010

zhí

C.I.直接黄59 Ⅱ-2(5)-0037
紫尿酸 Ⅱ-7(2)-0001
紫水晶紫

英文名称索引

本索引收入本分册全部试剂中英文名称（包括以外文字母形式出现的缩写词），名称后的数字为试剂编号。

A

AADA Ⅱ-3-0017
Acetic acid Ⅱ-4(2)-0007
Acetylacetone Ⅱ-4(2)-0026
Ⅱ-6-0004
5-Acetyl-8-hydroxyquinoline Ⅱ-6-0042
Acid alizarin black SN Ⅱ-2(2)-0082
Acid alizarin violet N Ⅱ-2(2)-0043
Acid chrome black NSN Ⅱ-2(2)-0082
Acid chrome blue K Ⅱ-2(2)-0047
Acid chrome blue T Ⅱ-2(2)-0046
Acid chrome blue black Ⅱ-2(2)-0065
Acid chrome dark blue Ⅱ-2(2)-0046
Acid chrome navy blue B Ⅱ-2(2)-0038
Acid chrome red B Ⅱ-2(2)-0073
Acridine Ⅱ-2(5)-0023
Acridine orange Ⅱ-2(5)-0029
Alberon Ⅱ-2(2)-0078
Alizarine S Ⅱ-2(2)-0033
Alizarine complexon Ⅱ-2(2)-0062
Alizarine fluorine blue Ⅱ-2(2)-0062
Alizarine red Ⅱ-2(4)-0010
Alizarine red S Ⅱ-2(2)-0033
Alizarine sodium monosulfonate Ⅱ-2(4)-0010
Alizarin yellow GG Ⅱ-2(1)-0035
Alizarin yellow R Ⅱ-2(1)-0036
Alizarol cyanine RC Ⅱ-2(2)-0080
Aluminon Ⅱ-2(2)-0076
Amethyst violet Ⅱ-2(3)-0062
Aminoacetic acid Ⅱ-5-0019
Aminobarituric acid-*N*,*N*-diacetic acid Ⅱ-3-0008
o-Aminobenzoic acid Ⅱ-2(5)-0004
2-Aminobenzoic acid-*N*,*N*-diacetic acid Ⅱ-3-0017
3-Amino-6-dimethylamino-2-methyphenazine hydrochloride Ⅱ-2(1)-0022
2-Aminoethanethiol Ⅱ-4(2)-0009
2-Amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol Ⅱ-5-0024
L-2-Amino-3-mercaptopropanoic acid Ⅱ-4(2)-0014
4-Amino-4′-methoxy-diphenylamine Ⅱ-2(3)-0030
4-Amino-4′-methyldiphenylamine Ⅱ-2(3)-0029
3-Aminophthalhydrazide Ⅱ-2(1)-0031
3-Aminophthalhydrazide Ⅱ-2(5)-0007
Ⅱ-2(6)-0002
p-Aminosalicylic acid Ⅱ-2(5)-0005
Ammonia Ⅱ-4(1)-0010
Ⅱ-7(1)-0006
Ammonium chloride Ⅱ-5-0011
Ammonium ferric sulfate Ⅱ-2(4)-0002
ANDA Ⅱ-3-0017
4′-Aniline-azobenzene-*m*-sulphonic acid Ⅱ-2(4)-0013
Anilinobenzene Ⅱ-2(4)-0021
Anthranilic acid Ⅱ-2(5)-0004
Anthranilic acid Ⅱ-7(2)-0006
Anthranilic acid-*N*,*N*-diacetic acid Ⅱ-3-0017
APANS Ⅱ-2(2)-0048
o-Arminobenzoic acid Ⅱ-7(2)-0006
ARS Ⅱ-2(2)-0033
Arsenazo I Ⅱ-2(2)-0049
4′-(2-Arsono-4-nitrophenyldiazoamido)-azobenzene-4″-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0055
2-(2-Arsenophenylazo)-1,8-

dihydroxy-naphthalene-2,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0049
1-(2-Arsonophenylazo)-2-naphthol-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0048
L-Ascorbic acid Ⅱ-4(2)-0029
Aurintricarboxylic acid Ⅱ-2(2)-0076
1,1′-Azo-R-acid Ⅱ-2(2)-0070

B

BAETA Ⅱ-3-0022
BAL Ⅱ-4(2)-0015
Barium carbonate Ⅱ-5-0001
Benzene-azo-naphthylamine Ⅱ-2(4)-0004
Benzene carboxylic acid Ⅱ-7(2)-0005
α-Benzil dioxime Ⅱ-6-0053
Benzoflavione Ⅱ-2(5)-0031
Benzoic acid Ⅱ-7(2)-0005
N-Benzolyl-N-phenylhydroxylamine Ⅱ-2(2)-0029
N-(2-Benzothiazolyl)-N′-(4-phenyl-sulfonic acid)-C-phenyl-formazan Ⅱ-2(2)-0072
Benzoylacetone Ⅱ-6-0039
N-Benzoyl-N-phenylhydroxylamine Ⅱ-6-0049
Benzoyltrifluoroacetone Ⅱ-6-0031
Beryllon Ⅱ Ⅱ-2(2)-0071
Bindschedler's green Ⅱ-2(2)-0050
α,α′-Bipyridine Ⅱ-4(2)-0040
2,2′-Bipyridyl Ⅱ-4(2)-0040
3′,3″-Bis(N-carboxymethylaminomethyl-o-cresol sulphonphthalein Ⅱ-2(2)-0083
N,N-Bis(carboxymethyl)dithiocarbamic acid Ⅱ-4(2)-0025
Bis-desmethyl-nitrobrucine hydrate nitrate Ⅱ-2(3)-0055
3,3′-Bis[N,N-di(carboxymethyl)aminomethyl]-o-cresol sulpho nphthalein Ⅱ-2(2)-0085
3,3′-Bis[N,N-di(carboxymethyl)aminoethyl] thymolphthalein Ⅱ-2(2)-0088
3,3′-Bis-[N,N-di(carboxymethyl)aminomethyl]thymolsulphophthalein Ⅱ-2(2)-0087
Bis-3,9-dimethylaminophenazothionium chloride Ⅱ-2(3)-0049
4,4′-bis[(4-hydroxybenzene)azo]stilbene-2,2′-disulphonic acid disodium salt Ⅱ-2(1)-0026
N,N-Bis(hydroxyethyl)aminoacetic acid Ⅱ-3-0006
N,N-Bis(2′-hydroxyethyl)glycine Ⅱ-3-0006
3,3-Bis-(P-hydroxyphenyl) phthalide Ⅱ-2(1)-0032
Bis-(α-naphthyl)-thiocarbazone Ⅱ-6-0062
2,4-Bis(4-nitrobenzazo)resorcinol-6-sulphonic acid Ⅱ-2(1)-0023
Borax Ⅱ-5-0015
Boric acid Ⅱ-5-0014
BPHA Ⅱ-2(2)-0029
Ⅱ-6-0049
Brilliant blue C Ⅱ-2(3)-0038
Brilliant cresyl blue Ⅱ-2(3)-0038
Brilliant orsella C Ⅱ-2(4)-0011
Brilliant yellow Ⅱ-2(1)-0026
British anti-lewisite Ⅱ-4(2)-0015
Bromide Ⅱ-4(1)-0001
Bromocresol green Ⅱ-2(1)-0012
Bromocresol purple Ⅱ-2(1)-0018
m-Bromoindophenol Ⅱ-2(3)-0014
o-Bromoindophenol Ⅱ-2(3)-0013
2′,6′-Bromoindophenol-o-sulfonic acid Ⅱ-2(3)-0010
5-Bromo-8-mercaptoquinoline Ⅱ-6-0023
Bromophenol blue Ⅱ-2(1)-0009
Bromophenol blue Ⅱ-2(4)-0014
Bromopyrogallol red Ⅱ-2(2)-0056
Bromothymol blue Ⅱ-2(1)-0020
Bromoxine Ⅱ-6-0020
BRS Ⅱ-2(1)-0023
Brucine Ⅱ-2(3)-0058
BTPFS Ⅱ-2(2)-0072

Butane-2,3-dione dioxime II-6-0001
2,3-Butane dione dioxime II-7(2)-0002

C

Cacotheline II-2(3)-0055
Cadmium carbonate II-5-0004
Calcein II-2(4)-0020
II-2(5)-0044
Calcein blue II-2(5)-0027
Calcichrome II-2(2)-0084
Calcion II-2(2)-0084
Calcium carbonate II-5-0002
Calcium hydroxide II-5-0003
Calcochrome black PV II-2(2)-0044
Calcochrome black T II-2(2)-0064
Calcon II-2(2)-0065
Calconcarboxylic acid II-2(2)-0075
Calmagite II-2(2)-0053
Cal-red II-2(2)-0075
Carbamide II-4(2)-0003
Carbonate II-4(1)-0004
II-7(1)-0002
2-Carboxy-diphenylamine II-2(3)-0026
2-(2-carboxy phenylazo)-1,8-dihydroxynaph-thalene-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0052
Catecholdisulphonic acid II-2(2)-0004
Catechol violet II-2(2)-0061
CDTA II-3-0024
CDTMP II-3-0015
Chelaton I II-3-0004
Chloride II-4(1)-0002
II-7(1)-0001
2-(5-Chloro-2-hydroxyphenyl-azo)-1,8-dihydroxy-naphthalene-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0038
o-Chloroindophenol II-2(3)-0015
5-Chloro-8-mercaptoquinoline II-6-0024
Chlorophenol red II-2(1)-0016
Chloroxine II-6-0021
Chromate II-7(1)-0003
Chromazurol S II-2(2)-0078
Chrome azurol S II-2(4)-0030
Chrome black TK II-2(2)-0064
Chrome fast black A II-2(2)-0063
Chrome fast black PV II-2(2)-0044
Chrome fast blue 2B II-2(2)-0038
Chrome fast cyanine G II-2(2)-0066
Chrome fast navy blue R II-2(2)-0047
Chrome fast red B II-2(2)-0073
Chrome green S II-2(2)-0079
Chrome violet II-2(2)-0076
Chromotrope 2B II-2(2)-0040
Chromotrope 2C II-2(2)-0052
Chromotrope 2R II-2(2)-0045
Chromotrope red 4B II-2(2)-0040
Chromotrope red 2R II-2(2)-0045
Chromotropic acid II-2(5)-0016
C. I. 14025 II-2(1)-0035
Cinchonine II-2(4)-0015
N-Cinnamoyl-N-phenylhydro-xylamine II-6-0057
Citric acid II-4(2)-0030
Complexon II-3-0011
Complexone I II-3-0004
Complexone IV II-3-0024
Congo red II-2(4)-0008
Copper-1-(2',4'-dinitrobenzene)-2-acetylhy-drazine complex II-2(1)-0028
Cotarnine II-2(5)-0022
Coumarin II-2(5)-0008
Coumoric acid II-2(5)-0013
CPNA II-2(1)-0027
o-Cresolphthalein complexon II-2(2)-0086
m-Cresol purple II-2(1)-0003
Cresol red II-2(1)-0002
Cupferron II-6-0007
II-7(2)-0004
Cyanide II-4(1)-0003
2-Cyano-3,3-bis(p-nitroanilino)acrylonitrile II-2(1)-0027
Cyclohexane diamine tetraacetic acid II-3-0024
Cyclohexane diamine tetra acetic acid II-4(2)-0049

1,2-Cyclohexanediamine-*N*,*N*,*N'*,*N'*-tetrakis (phophonomethyl) II-3-0015
1,2-Cyclohexane dione dioxime II-6-0008
1,2-Cycloheptane dione dioxime II-6-0013
Cyclo-tris-7-(1-azo-8-hydroxy-naphthalene-3,6-disulphonic acid) II-2(2)-0084
CYDTA II-3-0024
II-4(2)-0049
Cysteine II-4(2)-0014

D

DCYTA II-3-0024
DDTC II-4(2)-0027
II-6-0006
II-7(2)-0003
1,1,1,5,5,6,6,7,7,7-Decafluoro-2,4-heptandione II-6-0009
DESTA II-3-0021
DETPA II-3-0025
DHAB II-2(2)-0022
DHEG II-3-0006
Diacetyldioxime II-6-0001
II-7(2)-0002
1,2-Diaminobenzene II-2(5)-0001
1,4-diaminobenzene II-2(5)-0002
1,2-Diaminocyclohexane-*N*,*N*,*N'*,*N'*-tetraacetic acid II-3-0024
1,2-Diamino propane II-4(2)-0017
1,3-Diaminopropane II-4(2)-0018
o-Dianisidine II-2(3)-0034
II-2(4)-0024
o-dianisidine-*N*,*N*,*N'*;*N'*-tetra acetic acid II-2(5)-0040
Dibenzoylmethane II-4(2)-0051
II-6-0055
Dibromo-*o*-cresolsuphonphthalein II-2(2)-0018
5,5'-dibromo-*o*-cresolsulphonphthalein II-2(1)-0018
5,7-Dibromo-8-hydroxyquinoline II-6-0020
2',6'-Dibromoindo phenol II-2(3)-0008
2',6'-Dibromo indophenol-*m*-sulfonic acid II-2(3)-0007
2',6'-Dibromo-*o*-methoxy indophenol II-2(3)-0022
Dibromothymolsulphonphthalein II-2(1)-0020
3',3''-Dibromsulphongallein II-2(2)-0056
Dibutydithiocarbamic acid II-6-0030
3,3'-Dicarboxybenzidine-*N*,*N*,*N'*,*N'*-tetraacetic acid II-2(5)-0038
3-[Di(carboxymethyl)aminomethyl]-1,2-dihydroxyanthraquinone II-2(2)-0062
2',6'-Dichloro-*m*-bromoindophenol II-2(3)-0004
2',6'-Dichloro-*m*-chloroindophenol II-2(3)-0006
Dichlorofluorescein II-2(5)-0033
Dichloro(R)fluorescein II-2(4)-0017
2,7-Dichlorofluorescein II-2(4)-0017
5,7-Dichloro-8-hydroxyquinoline II-6-0021
2',6'-Dichloro-indophenol II-2(3)-0009
2',6'-Dichloroindophenol-3-sulfonic acid II-2(3)-0011
2',6'-Dichloroindophenol-2-sulfonic acid II-2(3)-0012
2',6'-Dichloro-3-methylindophenol II-2(3)-0023
Dichlorophenalsulphonphthalain II-2(1)-0016
DIEN II-3-0002
p-Diethylamine-azo-benzene-*o*-carboxylic acid II-2(4)-0005
Diethyldithiocarbamic acid II-4(2)-0027
Diethyldithiocarbamic acid II-6-0006
II-7(2)-0003
Diethylenetriamine II-3-0002
II-4(2)-0024
Diethylene triamine-N-methyl-*N'*,*N'*,*N''*,*N''*-tetraacetic acid II-3-0023
Diethylenetriamine penta ace-

tic acid Ⅱ-3-0025
Diethyletherdiamine tetra-acetic acid Ⅱ-3-0022
Diethylolglycine Ⅱ-3-0006
Diethylthioether diamine tetraacetic acid Ⅱ-3-0021
1,2-Di(2-furanyl)-1,2-ethane dione dioxime Ⅱ-6-0035
1,2-Dihydroxyanthraquinone-3-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0033
2,2′-Dihydroxy-1,1′-azonaphthalene-3,3′,6,6′-tetrasulphonic acid Ⅱ-2(2)-0070
1,2-Dihydroxybenzene-3,5-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0004
Ⅱ-4(2)-0028
3,3′-Dihydroxybenzidine-*N*,*N*,*N*′,*N*′-tetraacetic acid Ⅱ-2(5)-0035
D-2,3-Dihydroxybutanedioic acid Ⅱ-4(2)-0022
Di(hydroxyethyl)glycine Ⅱ-3-0006
1,8-Dihydroxy naphthalene-3,6-disulfonic acid Ⅱ-2(5)-0016
2-(1,5-Dihydroxy-2-naphthylazo)-1-hydroxybenzene-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0044
2-(2,4-Dihydroxyphonylazo)-4-phnyl-1-hydroxy-benzene Ⅱ-2(2)-0054
3,6-Dihydroxyphthalimide Ⅱ-2(5)-0006
α,*α*′-Dipyridyl Ⅱ-2(5)-0015
2,2′-Dipyridyl Ⅱ-2(5)-0015
5,7-Diiodo-8-hydroxyquinoline Ⅱ-6-0022
Di-isobutyrylmethame Ⅱ-6-0029
2,3-Dimercaptopropanol Ⅱ-4(2)-0015
α,*β*-Dimercaptosuccinic acid Ⅱ-4(2)-0020
3,4-Dimercaptotoluene Ⅱ-6-0011
3,3′-Dimethoxybenzidine Ⅱ-2(3)-0034
Ⅱ-2(4)-0024
3,3′-Dimethoxybenzidine-*N*,*N*,*N*′,*N*′-tetraacetic acid Ⅱ-2(5)-0040
Dimethoxystrychnine Ⅱ-2(3)-0058
P-Dimethylaminebenzylidene-rhodanine Ⅱ-2(4)-0026
Dimethylaminedicarboxylic acid Ⅱ-3-0001
p-Dimethylamino-azobenzene Ⅱ-2(1)-0008
4′-Dimethylaminoazobenzene-2-carboxylic acid Ⅱ-2(1)-0015
4′-Dimethylaminoazobenzene-4-sulphonic acid sodium salt Ⅱ-2(1)-0010
3-Dimethylamino-6-(2-thiazolylazo)-phenol Ⅱ2(2)-0021
N,*N*′-Dimethylbiacridinyl dinitrate Ⅱ-2(6)-0001
3,3′-Dimethyl-4,4′-diamino-1,1′-dinaphthyl Ⅱ-2(3)-0056
3,3′-Dimethyl-4,4′-dimino-1,1′-dinaphthyldisulphonic acid Ⅱ-2(3)-0057
3,3′-Dimethyl-5,5′[*N*,*N*-di(carboxymethyl)aminomethyl]-phenolphtharein Ⅱ-2(2)-0086
5,6-Dimethylferroin Ⅱ-2(3)-0067
Dimethylglyoxime Ⅱ-6-0001
Ⅱ-7(2)-0002
2,6-Dimethyl-3,5-heptandione Ⅱ-6-0029
2,2-Dimethyl-3,5-hexane dione Ⅱ-6-0019
2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolylazo)-4-cresol Ⅱ-2(2)-0026
2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolyazo)-4-methylphenol Ⅱ-2(2)-0026
2-(4,5-Dimethyl-2-imidazolylazo)phenol Ⅱ-2(2)-0020
3,3′-Dimethylnaphthidine Ⅱ-2(3)-0056
3,3′-Dimethylnaphthidinedisulphonic acid Ⅱ-2(3)-0057
2,9-Dimethyl-1,10-phenanthroline Ⅱ-4(2)-0046
4,7-Dimethyl-1,10-phenanthroline Ⅱ-4(2)-0047
5,6-Dimethyl-1,10-phenanthroline Ⅱ-4(2)-0048
Dimethylphenosafranine Ⅱ-2(3)-0053
2-(4,5-Dimethyl-2-thiazolya-

zo)-5-dimethylaminophenol Ⅱ-2(2)-0032
4-(4,5-Dimethyl-2-thiazolyl-azo)resorcinol Ⅱ-2(2)-0019
Dimethylthioetherdiamine tetraacetic acid Ⅱ-3-0012
Dimethyl yellow Ⅱ-2(1)-0008
2,5-Dinitrophenol Ⅱ-2(1)-0013
a-Dinitrophenol Ⅱ-2(1)-0007
γ-Dinitrophenol Ⅱ-2(1)-0013
o-Diphenetidine-*N*,*N*,*N'*,*N'*-tetraacetic acid Ⅱ-2(5)-0041
Diphenylamine Ⅱ-2(3)-0018
Ⅱ-2(4)-0021
Diphenylamine-4-sulphonic acid Ⅱ-2(3)-0019
Diphenylbenzidinedisulphonic acid Ⅱ-2(3)-0059
Diphenylbenzidine Ⅱ-2(4)-0025
N,*N'*-Diphenylbenzidine Ⅱ-2(4)-0025
Diphenylcarbazide Ⅱ-2(4)-0028
Diphenylcarbazone Ⅱ-2(2)-0030
Ⅱ-2(4)-0017
1,2-Diphenyl-1,2-ethane dione dioxime Ⅱ-6-0053
1,3-Diphenyl-1,3-propanedione Ⅱ-4(2)-0051
1,3-Diphenyl-1,3-propane dione Ⅱ-6-0055
N,3-Diphenylpropenohydroxamic acid Ⅱ-6-0057
Diphenylthiocarbazone Ⅱ-2(2)-0031
Ⅱ-6-0050
Dipivalylmethane Ⅱ-6-0043
Dipropionylmethane Ⅱ-6-0012
Di-sodium hydrogen phosphate Ⅱ-5-0010
Disodium phosphate Ⅱ-5-0010
Di-sodium tetraborate Ⅱ-5-0015
Dithiocarbaminoacetic acid Ⅱ-4(2)-0011
N-(Dithiocarboxy)aminoacetic acid Ⅱ-4(2)-0011
Dithioglycerol Ⅱ-4(2)-0015
Dithiotartaric acid Ⅱ-4(2)-0020
Dithizone Ⅱ-2(2)-0031
Ⅱ-6-0050
DMTAM Ⅱ-2(2)-0032
DMTAR Ⅱ-2(2)-0019
DSNADNS Ⅱ-2(2)-0071
DTPA Ⅱ-3-0025
Dye of patton and reeder Ⅱ-2(2)-0075

E

EDDA Ⅱ-3-0005
EDDADP Ⅱ-3-0020
EDDHA Ⅱ-3-0022
EDDP Ⅱ-3-0009
EDTA Ⅱ-3-0011
Ⅱ-4(2)-0041
EDTP Ⅱ-3-0027
EEDTA Ⅱ-3-0022
EGTA Ⅱ-3-0029
Ⅱ-4(2)-0050
EHPG Ⅱ-3-0032
Eosin Ⅱ-2(5)-0032
Eosine Ⅱ-2(4)-0016
Eriochrome black A Ⅱ-2(2)-0063
Eriochrome black PV Ⅱ-2(2)-0044
Eriochrome black T Ⅱ-2(2)-0064
Eriochrome blue SE Ⅱ-2(2)-0038
Eriochrome blue black B Ⅱ-2(2)-0066
Eriochrome blue black R Ⅱ-2(2)-0065
Eriochrome cyanine R Ⅱ-2(2)-0080
Eriochrome fast grey RAS Ⅱ-2(2)-0038
Eriochrome red B Ⅱ-2(2)-0073
Eriochrome violet B Ⅱ-2(2)-0043
Ethane diacid Ⅱ-4(2)-0006
Ethanedic acid Ⅱ-7(2)-0001
Ⅱ-4(2)-0006
2,2'-(Ethanediylidene diritrilo)-diphenol Ⅱ-2(2)-0034
p-Ethoxychrysoidine Ⅱ-2(4)-0003
p-Ethoxychrysoidine hydrochloride Ⅱ-2(1)-0011
4-Ethoxy-2',4'-diaminoazobenzene hydrochloride Ⅱ-2(1)-0011
4'-Ethoxy-2,4-diamino-azobenzene hydrochloride Ⅱ-2(4)-0003

Ethylenediamine-N,N'-diacetic acid Ⅱ-3-0005

Ethylenediamine-N,N'-diacetic acid-N,N'-dipropionic acid Ⅱ-3-0020

Ethylenediamine-N,N'-dipropionic acid Ⅱ-3-0009

Ethylenediamine-N,N'-di(β-hydroxyethyl)-N,N'-diacetic acid Ⅱ-3-0014

Ethylenediamine-N-(2-hydroxycyclohexyl)-N,N',N'-triacetic acid Ⅱ-3-0026

Ethylenediamine-N-hydroxyethyl-N,N',N'-triacetic acid Ⅱ-3-0013
Ⅱ-4(2)-0042

Ethylenediamine-N,N'-di(2-hydroxyphenylacetic acid) Ⅱ-3-0032

Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt Ⅱ-3-0011
Ⅱ-4(2)-0041

Ethylenediamine tetrapropionic acid Ⅱ-3-0027

1,1',1'',1'''-(Ethylenedinitrilo) tetra-2-propanol Ⅱ-3-0030

Ethylenedisulfhydrate diethylthioetherdiamine tetraacetic acid Ⅱ-3-0028

2,2'-Ethylenedithio(ethylimidiacetic acid) Ⅱ-3-0028

Ethyleneglycol bis (β-aminoethylether)-N,N,N',N'-tetraacetic acid Ⅱ-3-0029

Ethylmethylglyoxime Ⅱ-6-0005

N-Ethylmorpholine Ⅱ-5-0027

Ethyl red Ⅱ-2(4)-0005

F

Ferron Ⅱ-2(3)-0065

Ferron Ⅱ-2(2)-0009

5-Fluo-8-mercaptoquinoline Ⅱ-6-0025

Fluorescein Ⅱ-2(4)-0019
Ⅱ-2(5)-0034

Fluoride Ⅱ-4(1)-0005

Formic acid Ⅱ-4(2)-0001
Ⅱ-5-0016

1-(2-Furan)-4,4,4-trifluorobutane-1,3-dione Ⅱ-6-0016

α-Furil-dioxime Ⅱ-6-0025

2-Furoyltrifluoroacetone Ⅱ-6-0016

G

Gallocyanine Ⅱ-2(3)-0037

GBHA Ⅱ-2(2)-0034

GHA Ⅱ-2(2)-0034

D-Gluconic acid Ⅱ-4(2)-0032

Glycine Ⅱ-5-0019

Glycine cresol red Ⅱ-2(2)-0033

Glycocoll Ⅱ-5-0019

Glycoletherdiamin tetraacetic acid Ⅱ-3-0029

Glycolether diamine tetraacetic acid Ⅱ-4(2)-0055

Glyoxal-bis(2-hydroxyanil) Ⅱ-2(2)-0034

H

HBANS-3,6 Ⅱ-2(2)-0050

HBANS-5,7 Ⅱ-2(2)-0051

HBN Ⅱ-2(2)-0042

HBR Ⅱ-2(2)-0023

HDNPAZOXS Ⅱ-2(2)-0035

HEDTA Ⅱ-3-0013
Ⅱ-4(2)-0042

HEEDDA Ⅱ-3-0014

HEEDTA Ⅱ-3-0013

Hematein Ⅱ-2(1)-0012

Heptafluorobutyro trifluoroacetylmethane Ⅱ-6-0009

3,5-Heptandione Ⅱ-6-0012

Heptanfluorobutyrylpivalylmethane Ⅱ-6-0040

1,1,1,2,2,3,3-Heptanfluoro-7,7-dimethyl-4,6-octane dione Ⅱ-6-0040

Heptoxime Ⅱ-6-0013

Hexafluoracetylacetone Ⅱ-6-0002

1,1,1,5,5,5-Hexafluoro-2,

4-pentane dione Ⅱ-6-0002
HBTA Ⅱ-6-0016
HPBN Ⅱ-2(2)-0077
HPBK Ⅱ-2(2)-0054
HQS Ⅱ-2(2)-0011
HTTA Ⅱ-6-0014
Hydrazine Ⅱ-4(1)-0006
Hydrochloric acid Ⅱ-5-0005
Hydrogen diphosphate Ⅱ-4(1)-0013
Hydrogen peroxide Ⅱ-4(1)-0007
Hydrogen phosphate Ⅱ-4(1)-0012
Hydroxide Ⅱ-4(1)-0011
Ⅱ-7(1)-0007
2-(2-Hydroxy-1-benzenazo)-8-amino-1-naphthol-5,7-disulfonic acid Ⅱ-2(2)-0051
2-(2-Hydroxy-1-benzeneazo)-8-amino-1-naphthol-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0050
1-(2-Hydroxy-1-benzeneazo)-2-naphthol Ⅱ-2(2)-0042
2-Hydroxybenzoic acid Ⅱ-2(2)-0005
L-hydroxybutanedioic acid Ⅱ-2(2)-0021
Hydroxycinnamic acid Ⅱ-2(5)-0013
7-Hydroxycoumarin Ⅱ-2(5)-0009
1-Hydroxycyclohepta-3,5,7-trien-2-one Ⅱ-6-0010
2-2-Hydroxy-3(2,4-dimethylcarboxanilide)-1-naphthyazo-Phenol Ⅱ-2(2)-0031
7-(2-Hydroxy-3,5-dinitrophenylazo)-8-hydroxyquinline-5-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0035
2-(2-Hydroxy-3,6-disulpho-1-naphthylazo)-benzenearsonic acid Ⅱ-2(2)-0048
2-(8-Hydroxy-3,6-disulpho-1-naphthylazo)-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0071
o-Hydroxybenzoic acid Ⅱ-2(5)-0003
5-Hydroxy-2-hydroxymethyl-4H-pyran-4-one Ⅱ-2(2)-0003
4-Hydroxy-3-(2-hydroxynaphthylazo) benzenesulphonic acid Ⅱ-2(2)-0043
1-[1-Hydroxy-6-(2-hydroxynaphthylazo)-4-sulpho-2-phenylazo]-2-naphthol-6-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0032
9-Hydroxy-2-isophenoxazone Ⅱ-2(5)-0021
1-Hydroxy-4-isopropylcyclohepta-3,5,7-trien-2-one Ⅱ-6-0041
Hydroxylamine Ⅱ-4(1)-0009
2-(2-Hydroxy-5-methoxyphenylazo)-4-methylthiazol Ⅱ-2(2)-0018
1-(2-Hydroxy-5-methyl-phenylazo)-2-naphthol-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0053
3-Hydroxy-2-naphthoic acid Ⅱ-2(5)-0020
5-[1-(2-Hydroxynaphthylazo)-2-hydroxy-5-methyl-4-phenylazo]-2-chloro benzene sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0079
1-(2-Hydroxy-1-naphthylazo)-2-naphthol-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0065
1-(1-Hydroxy-2-naphthylazo)-2-naphthol-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0066
1-(2-Hydroxy-1-naphthylazo)-6-nitro-2-naphthol-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0063
1-(1-Hydroxy-2-naphthylazo)-6-nitro-2-naphthol-4-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0064
Hydroxy naphthol blue Ⅱ-2(2)-0068
4-(2-Hydroxy-3-nitro-5-sulphophenylazo)-2-naphthol Ⅱ-2(2)-0039
2-(2-Hydroxyphenylazo)-1,8-dihyoroxy-naphthalene-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0046
2-(2-Hydroxyphenylazo)-1-hydroxy-8-aminonaphthalene-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0050
2-(2-Hydroxyphenylazo)-1-

hydroxy-8-aminonaphthalene-5,7-disulphonic acid II-2(2)-0051
1-(2-Hydroxyphenylazo)-2-hydroxybenzene II-2(2)-0022
1-(2-Hydroxy-1-phenylazo)-2-hydroxybenzene II-2(2)-0022
1-(2-Hydroxyphenylazo)-2-naphthol II-2(2)-0042
4-(2-Hydroxyphenylazo)-resorcinol II-2(2)-0023
1-(2-Hydroxy-5-phenylbenzeneazo)-2-naphthol II-2(2)-0077
4-(2-Hydroxy-5-phenyl-1-benzeneazo)-resorcinol II-2(2)-0054
2-(-o-Hydroxyphenyl)benzothiazole II-2(1)-0033
1-(2-Hydroxy-5-phenyl-phenylazo)-2-naphthol II-2(2)-0077
2-Hydroxypropane-1,2,3-tricarboxylic acid II-4(2)-0030
D-2-Hydroxy propanoic acid II-4(2)-0013
α-Hydroxypropionic acid II-5-0018
8-Hydroxyquinaline II-6-0036
8-Hydroxyquinoline II-2(5)-0011
II-6-0028
II-7(2)-0007
8-Hydroxyquinoline-5-sulphonic acid II-2(2)-0011
II-2(5)-0012
8-Hydroxy quinoline II-2(2)-0010
2-Hydroxy-5-sulphobenzoic acid II-2(2)-0006
1-(2-Hydroxy-6-sulpho-1-naphthylazo)-R-acid II-2(2)-0069
1-(2-Hydroxy-4-sulpho-1-naphthylazo)-2-hydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0068
2-(2-Hydroxy-4-sulpho-1-naphthylazo)-1-hydroxynaphthalene-8-sulphonic acid II-2(2)-0067
1-(2-Hydroxy-4-sulpho-1-naphthylazo)-2-hydroxy-2-naphthoic acid II-2(2)-0075
4-(2-Hydroxy-4-sulpho-1-naphthylazo)-3-methyl-1-phenyl-2-pyrazoline-5-one II-2(2)-0073
1-(2-Hydroxy-6-sulpho-1-naphthylazo)-2-naphthol-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0069
o-{2-[α-(2-Hydroxy-5-sulphophenylazo)-benzylidene]-hydrazino}benzoic acid II-2(2)-0074
2-(2-Hydroxy-5-sulphophenylazo)-1,8-dihydroxy naphthalene-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0047
1-(2-Hydroxy-5-sulphophenyl)-5-(2-carboxyl-phenyl)-3-phenylformazane II-2(2)-0074
2-Hydroxy variamine blue II-2(3)-0031

I

2-IAC II-2(2)-0015
IDA II-3-0001
2-(2-Imidazolylazo)-4-cresol II-2(2)-0015
2-(2-Imidazolylazo)-4-methylphenol II-2(2)-0015
Iminodiacetic acid II-3-0001
Indigo II-2(3)-0043
Indigo 5,5'-disulphonic acid II-2(3)-0045
Indigo 5-monosulphonic acid II-2(3)-0044
Indigo-5,5',7,7'-tetrasulfonic acid II-2(3)-0047
Indigo 5,5',7-trisulphonic acid II-2(3)-0046
Indo-oxine II-2(4)-0012
Indophenol II-2(3)-0016
Induline scarlet II-2(3)-0052
Iodeosine II-2(4)-0018
Iodine II-2(3)-0002
Iodide II-4(1)-0008
7-Iodo-8-hydroxyquindine-5-sulphonic acid II-2(2)-0009
5-Iodo-8-mercaptoquinoline II-6-0026
Iodoxine II-6-0022
IREA II-2(2)-0084
β-Isopropyltropolone II-6-0041

K

Kojic acid II-2(2)-0003

L

L-lactic acid II-4(2)-0013
Lactic acid II-5-0018
Lauths violet II-2(3)-0017
Lead carbonate II-5-0012
Lophine II-2(6)-0003
Lucigenine II-2(6)-0001
Luminol II-2(1)-0031
II-2(5)-0007
II-2(6)-0002

M

Magdala red II-2(4)-0032
Magnesium oxide II-5-0008
Magon II II-2(2)-0081
L-Malic acid II-4(2)-0021
Malonic acid II-4(2)-0010
Mandelic acid II-4(2)-0037
MEDTA II-3-0019
Mercaptoacetic acid II-4(2)-0008
DL-Mercaptobutanedioic acid II-4(2)-0019
2-Mercaptoethylamine II-4(2)-0009
3-Mercaptopropane-1,2-diol II-4(2)-0016
3-Mercaptopropanoic acid II-4(2)-0012
8-Mercaptoquinoline II-6-0027
Mercaptosuccinic acid II-4(2)-0019
Mercuric oxide II-5-0006
Meso-2,3-dihydroxybutanedioic acid II-4(2)-0023
Meso-2,3-dimercaptobutanedioic acid II-4(2)-0020
Meso tartaric acid II-4(2)-0023
Metalphthalein II-2(2)-0086
Metal-pyrogallol red complexes II-2(1)-0006
Metanil yellow II-2(4)-0013
Methanoic acid II-4(2)-0001
4-Methoxy-2-(4-methyl-2-thiazolylazo)-phenol II-2(2)-0018
2-Methoxy variamine blue II-2(3)-0035
6-Methyl-2-aminomethylpyridine-*N*,*N'*-diacetic acid II-3-0018
Methyl calcein II-2(5)-0043
Methyl calcein blue II-2(5)-0025
4-Methyl-1,2-dithiolbenzene II-6-0011
Methylene blue II-2(3)-0049
Methylene violet II-2(4)-0023
DL-1-Methylethylenediamine II-4(2)-0017
Methylethylenediamine tetraacetic acid II-3-0019
1-Methylethylenediamine tetraacetic acid II-4(2)-0044
2-Methyl-8-hydroxyquinoline II-6-0036
4-Methyl-8-hydroxyquinoline II-6-0037
5-Methyl-8-hydroxyquinoline II-6-0038
N-Methyliminodiacetic acid II-3-0003
m-Methylindophenol II-2(3)-0020
o-Methylindophenol II-2(3)-0021
Methyl orange II-2(1)-0010
2-Methyloxime II-6-0036
N-Methyl-2-oxyphenazine II-2(3)-0024
Methylpicrylnitramine II-2(1)-0037
Methyl red II-2(1)-0015
N-Methyl-*N*-2,4,6-tetranitroaniline II-2(1)-0037
Methyl thymol blue II-2(2)-0087
2-Methyl variamine blue II-2(3)-0036
Methyl violet II-2(1)-0001
Methyl yellow II-2(1)-0008
2-MIAC II-2(2)-0026
2-MIAP II-2(2)-0020
MIDA II-3-0003
MMT II-2(2)-0018
Molybdate II-7(1)-0005
Morin II-2(5)-0026
MTAHA II-2(2)-0018
MTB II-2(2)-0087
Murexide II-2(2)-0007
MX II-2(2)-0007

N

Naphthalene red II-2(4)-0032
Naphthoflavone II-2(5)-0031

1-Naphthoic acid II-2(5)-0019
α-Naphtholazo-p-benzenesulphonic acid sodium salt II-2(1)-0030
α-Naphtholphthalein II-2(1)-0029
Naphthonone-o-sulfonate-3′,5′-dibromdophenol II-2(3)-0040
Naphthonone-o-sulfonate-indophenol II-2(3)-0042
α-Naphthoyl trifluoroacetone II-6-0052
Naphthylamine II-2(5)-0017
2-Naphthylamine II-2(5)-0018
7-(Naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-sulphonic acid II-2(2)-0058
Naphthylazoxine II-2(2)-0058
Naphthylazoxine 68 II-2(2)-0059
Naphthyl red II-2(4)-0004
NAS II-2(2)-0059
Neocupferron II-6-0034
Neocuproin II-4(2)-0046
Neutral blue II-2(3)-0060
Neutral red II-2(1)-0022
Nile blue II-2(3)-0066
Nioxime II-6-0008
5,5′-Nitrilodibarbituric acid (ammonium salt) II-2(2)-0007
Nitrilotriacetic acid II-3-0004
II-4(2)-0031
Nitroferroin II-2(3)-0064
m-Nitrophenol II-2(1)-0024
o-Nitrophenol II-2(1)-0017
p-Nitrophenol II-2(1)-0019
3-Nitrophenol II-2(1)-0024
4-Nitrophenol II-2(1)-0019
2-(4-Nitrophenylazo)-1,8-dihydroxy naphthalene-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0040
p-Nitrophenylazosalicylic acid II-2(1)-0036
5-[(m-Nitrophenyl)azo]salicylic acid monosodium salt II-2(1)-0035
1-Nitroso-2-naphthol II-6-0032
2-Nitroso-1-naphthol II-6-0033
1-Nitroso-2-naphthol-3,6-disulphonic acid II-2(2)-0013
N-Nitroso naphthyl hydroxylamine II-6-0034
N-Nitrosophenyl hydroxylamine II-6-0007
II-7(2)-0004
N-Nitrosophenylhydroxylamine ammonium salt II-6-0007
Nitroso-R-salt II-2(2)-0013
II-4(2)-0039
NRS II-2(2)-0013
NTA II-3-0004

O

OETA II-3-0026
Orange IV II-2(1)-0010
Oxalic acid II-4(2)-0006
II-7(2)-0001
Oxine II-2(2)-0010
5-Oximidobarbituric acid II-2(2)-0001
Oxime II-2(5)-0011
II-6-0028
II-7(2)-0007
[(2,2′-Oxydiethylene) dinitrilo] tetraacetic acid II-3-0022

P

PAC II-2(2)-0024
Palatine chrome black S II-2(2)-0082
Palatine fast blue GGN II-2(2)-0067
Palatine fast blue GGNA-cf II-2(2)-0067
PAN II-2(2)-0036
II-2(4)-0029
o-PAN II-2(2)-0036
p-PAN II-2(2)-0037
PAR II-2(2)-0016
PDTA II-3-0019
Pentaethylenehexaamine II-3-0016
II-2(5)-0043
2′,4′,3,5,7-Pentahyroxyflavone II-4(2)-0026
D-2,3,4,5,6-Pentahydroxyhexanoic acid II-4(2)-0032
Pentane-2,4-dione II-4(2)-0026
2,4-Pentane dione II-6-0004
Pentane-2,3-dione dioxime II-6-0005

PENTEN Ⅱ-3-0016
1,10-Phenanthroline Ⅱ-4(2)-0045
Phenol blue Ⅱ-2(3)-0033
Phenolphthalein Ⅱ-2(1)-0022
Phenol red Ⅱ-2(1)-0021
Phenolsulphonphthalein Ⅱ-2(1)-0021
Phenosafranine Ⅱ-2(3)-0051
Ⅱ-2(4)-0006
N-Phenylaniline Ⅱ-2(4)-0021
N-Phenylanthranilic acid Ⅱ-2(3)-0026
2-Phenylazo-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulphonic acid Ⅱ-2(2)-0045
α-(Phenylazo)-4-nitrobenzyl cyanide Ⅱ-2(1)-0038
N-Phenyl benzohydroxamic acid Ⅱ-2(2)-0029
1-Phenyl-1,3-butane dione Ⅱ-6-0039
o-Phenylenediamine Ⅱ-2(5)-0001
p-Phenylenediamine Ⅱ-2(5)-0002
2-Phenylhydrazide phenylazoformic acid Ⅱ-2(2)-0030
2-Phenylhydrazide-phenylazothioformic acid Ⅱ-2(2)-0031
Phenylhydrazone of pyridine-2-aldehyde Ⅱ-2(1)-0014
1-Phenylhydroxyacetic acid Ⅱ-4(2)-0037
1-Phenyl-3-methyl-4-acetyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0048
1-Phenyl-3-methyl-4-benzoyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0060
1-Phenyl-3-methyl-4-*p*-bromobenzoyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0059
1-Phenyl-3-methyl-4-butyryl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0054
1-Phenyl-3-methyl-4-chloroacetyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0047
1-Phenyl-3-methyl-4-ethyloxycarbonyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0051
1-Phenyl-3-methyl-4-hexanoyl-5-phrazolone Ⅱ-6-0058
1-Phenyl-3-methyl-4-octanoyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0061
1-Phenyl-2-methyl-4-thenoyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0056
1-Phenyl-3-methyl-4-trichloroacetyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0045
1-Phenyl-3-methyl-4-trifluoroacetyl-5-pyrazolone Ⅱ-6-0046
1-Phenyl-4,4,4-trifluoro-1,3-buane dione Ⅱ-6-0031
PHN Ⅱ-2(2)-0041
Phosphate Ⅱ-7(1)-0008
Phosphoric acid Ⅱ-4(1)-0012
Phthalein complexon Ⅱ-2(2)-0086
Phthalein purple Ⅱ-2(2)-0086
Picolinaldehyde oxime Ⅱ-2(2)-0002
Picramminazosulfoxine Ⅱ-2(2)-0035
Pivalyacetylmethane Ⅱ-6-0019
Ponceau chrome black A Ⅱ-2(2)-0063
Potassium bioxalate Ⅱ-5-0017
Potassium biphthalate Ⅱ-5-0028
Potassium bitartrata Ⅱ-5-0020
Potassium chromate Ⅱ-2(4)-0001
Potassium dihydrogen citrate Ⅱ-5-0026
Potassium dihydrogen phosphate Ⅱ-5-0007
Potassium hydrogen oxalate Ⅱ-5-0017
Potassium hydrogen phthalate Ⅱ-5-0028
Potassium hydrogen tartrate Ⅱ-5-0020
Potassium permanganate Ⅱ-2(3)-0003
Potassium phosphate monobasic Ⅱ-5-0007
o-PPH Ⅱ-4(1)-0014
Primuline Ⅱ-2(5)-0027
Propanedioic acid Ⅱ-4(2)-0010
1,2-Propylenediamine Ⅱ-4(2)-0017
Purpurin Ⅱ-2(4)-0022
PV Ⅱ-2(2)-0061
Pyocyanine Ⅱ-2(3)-0025
Pyridine Ⅱ-5-0023
2-Pyridinealdehyde-2'-hydroxynaphthyline Ⅱ-2(2)-0041
2-Pyridine aldoxime Ⅱ-2(2)-0002
2-(2-Pyridylazo)-4-cresol Ⅱ-2(2)-0024

2-(2-Pyridylazo)-4-methylphenol II-2(2)-0024
1-(Pyridylazo)-2-naphthol II-2(4)-0029
1-(2-Pyridylazo)-2-naphthol II-2(2)-0036
4-(2-Pyridylazo)-1-naphthol II-2(2)-0037
4-(2-Pyridylazo)-resorcinol II-2(2)-0016
Pyrocatechol sulfon phthalein II-2-(2)-0061
Pyrocatechol violet II-2(2)-0061
Pyrogallol red II-2(2)-0057
Pyrogallolsulphonphthalein II-2(2)-0057
Pyrophosphoric acid II-4(1)-0013

Q

Quinaldinic acid II-7(2)-0008
Quinine II-2(5)-0036
Quinoline II-2(5)-0010
Quinoline-2-carboxylic acid II-7(2)-0008

R

Resorutin II-2(5)-0021
Rhodamine 6G II-2(2)-0007
II-2(5)-0042
Rhodizonic acid II-2(4)-0009

S

Safranine O II-2(3)-0054
Safranine T II-2(3)-0054
Salicylaldehyde acetylhydrazone II-2(5)-0014
Salicylic acid II-2(2)-0005
II-2(5)-0003
II-4(2)-0035
Salicylidene-o-aminophenol II-2(5)-0024
1-(2-Selenphen)-1,3-butane dione II-6-0018
1-(2-Selenophen)-4,4,4-trifluoro-1,3-butane dione II-6-0015
2-Selenoyl-2-pyridylcarbonylmethane II-6-0044
2-Selenoyltrifluoroacetone II-6-0015
2-Selenoylacetone II-6-0018
Siloxene II-2(6)-0004
Simple neutral red II-2(3)-0028
SNAZOXS II-2(2)-0060
Sodium barbital II-5-0030
Sodium carbonate II-5-0009
Sodium citrate II-5-0025
Sodium diethylbarbiturate II-5-0030
Sodium dimethylaminoacetate II-5-0022
Sodium hexametaphosphate II-4(1)-0014
Sodium phosphate dibasic II-5-0010
Sodium tetraphenylborate II-7(2)-0009
Solochrome black AS II-2(2)-0063
Solochrome black T II-2(2)-0064
Solochrome cyanine R II-2(2)-0080
Solochrome dark blue B II-2(2)-0065
Solochrome green V II-2(2)-0079
Solochrome violet R II-2(2)-0043
Starch II-2(3)-0001
Sulfarsazen II-2(2)-0055
Sulfarsen II-2(2)-0055
Sulfide II-4(1)-0015
II-7(1)-0009
Sulfonated rosindone II-2(2)-0061
5-Sulfosalicylic acid II-4(2)-0036
Sulfuric acid II-4(1)-0017
II-7(1)-0004
3″-Sulpho-2″,6″-dichloro-3,3′-dimethyl-4-hydroxyfuchsone-5,5′-dicarboxylic acid II-2(2)-0078
2″-Sulpho-3,3′-dimethyl-4-hydroxyfuchsone-5,5′-dicarboxylic acid II-2(2)-0080
7-(4-Sulpho-1-naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-sulphonic acid II-2(2)-0060
7-(6-Sulpho-2-naphthylazo)-8-hydroxyquinoline-5-sulphonic acid II-2(2)-0059
7-(4-Sulpho-1-naphthylazo)-oxine-5-sulphonic acid II-2(2)-0060
Sulphongallein II-2(2)-0057
5-Sulpho-β-resorcylic acid II-2(1)-0025
Sulphosalicylic acid II-2(2)-0006
Sym-collidine II-5-0029

T

TAC II-2(2)-0014
TADC II-2(2)-0008
TAM II-2(2)-0021
TAMB II-2(2)-0025
TAN II-2(2)-0027
TAN-6s II-2(2)-0028
TAR II-2(2)-0012
Tartaric acid II-5-0021
D-Tartaric acid II-4(2)-0022
TASMB II-2(2)-0017
Tatraoxyhydroquinone II-2(4)-0009
TEDTA II-3-0021
Tetrabromo-*m*-cresolsulphonphthalein II-2(2)-0012
3,3',5,5'-Tetrabromo-*m*-cresolsulphonphthalein II-2(1)-0012
Tetrabromo(R)fluorescein II-2(4)-0016
Tetrabromophenolsulfonphthalin II-2(4)-0014
Tetrabromo phenolsulfonphthalein II-2(1)-0009
Tetracycline II-2(5)-0039
Tetraethylenepentaamine II-3-0010
II-4(2)-0038
Tetraethylphenosafranine II-2(3)-0062
N,N,N',N'-Tetra(2-hydroxypropyl)ethylenediamine II-3-0030
Tetraiodofluorescein II-2(4)-0018
2,2,6,6-Tetramethyl-3,5-heptandione II-6-0043
Tetraoxopyrimidine oxime II-2(2)-0001
Tetren II-3-0010
TGA II-4(2)-0008
2-Thenoylacetone II-6-0017
Thenoyltrifluoroacetone II-6-0014
2-(2-Thiazolylazo)-*p*-cresol II-2(2)-0014
O-(2-Thiazolylazo)-2,4-dichlorophenol II-2(2)-0008
2-(2-Thiazolylazo)-5-dimethylaminobenzoic acid II-2(2)-0025
2-(2-Thiazolylazo)-5-dimethylaminophenol II-2(2)-0021
1-(2-Thiazolylazo)-2-naphthol II-2(2)-0027
1-(2-Thiazolylazo)-2-naphthol-6-sulphonic acid II-2(2)-0028
4-(2-Thiazolylazo)-resorcinol II-2(2)-0012
2-(2-Thiazolylazo)-5-sulphomethylaminobenzoic acid II-2(2)-0017
1-(2-Thienyl)-4,4,4-trifluoro-1,3-butane dione II-6-0014
Thiocarbamide II-4(1)-0002
Thiocarbazide II-4(2)-0005
Thiocarbohydrazide II-4(2)-0005
Thiocyanate II-4(1)-0016
II-7(1)-0010
Thioflavin II-2(5)-0028
3-Thioglycerol II-4(2)-0016
Thioglycollic acid II-4(2)-0008
3-Thiohydracrylic acid II-4(2)-0012
Thioindigo-5,5',7,7'-tetrasulphonic acid II-2(3)-0041
Thiomalic acid II-4(2)-0019
Thionine II-2(3)-0017
Thiosemicarbazide II-4(2)-0004
Thiosulfate II-4(1)-0018
Thiourea II-4(1)-0002
Thioxine II-6-0027
Thorin II-2(2)-0048
Thoron II-2(2)-0048
Thoronol II-2(2)-0048
THPED II-2(2)-0030
β-Thujaplicin II-6-0041
Thymol blue II-2(1)-0004
Thymolindophenol II-2(3)-0048
Thymolphthalein II-2(1)-0034
Thymolphthalexon II-2(2)-0088
Tiron II-2(2)-0004
o-Toluidine blue II-2(3)-0027
Toluylene blue II-2(3)-0039
m-Toluylene diamine indophenol II-2(3)-0032
2',6',3-Trichloroindo phenol II-2(3)-0005
Trien II-3-0007

Triethanolamine Ⅱ-4(2)-0031
Triethylene tetra amine Ⅱ-3-0007
Triethylenetetra amine Ⅱ-4(2)-0034
Triethylene tetra amine-N, N'-dimethyl-N'', N''', N''', $N^{\text{Ⅱ}}$-tetraacetic acid Ⅱ-3-0031
Triethylene tetra amine hexaacetic acid Ⅱ-3-0033
Trifluoroacetylacetone Ⅱ-6-0003
1,1,1-Trifluoro-2,4-pentane dione Ⅱ-6-0003
1,2,4-Trihydroxyanthraquinone Ⅱ-2(4)-0022
1,2',4'-Trihydroxyfuchsone-2''-sulphonic acid Ⅱ-2(2)-0061
Trilon A Ⅱ-3-0004
Trimethylenediamine Ⅱ-4(2)-0018
2,4,6-Trimethylpyridine Ⅱ-5-0029
2,4,5-Triphenylimidazole Ⅱ-2(6)-0003
Tris(5,6-dimethyl-1,10-phenanthroline)iron(Ⅱ) sulphate Ⅱ-2(3)-0067
Tris-(2,2'-dipyridyl)iron(Ⅱ)-sulphate Ⅱ-2(3)-0063
Tris(5-nitro-1,10-phenanthroline)iron(Ⅱ) sulphate Ⅱ-2(3)-0064
Tris-(1,10-phenanthroline) iron (Ⅱ)sulphate or perchlorate Ⅱ-2(3)-0065
Triton B Ⅱ-3-0011
Tropaeolin OO Ⅱ-2(1)-0005
Tropaeolin OOO Ⅱ-2(1)-0006
Tropolone Ⅱ-6-0019

U

UDA Ⅱ-3-0003
Umbelliferone Ⅱ-2(5)-0009
Uramidiacetic acid Ⅱ-3-0003
Uranon(Ⅰ) Ⅱ-2(2)-0049
Urea Ⅱ-4(2)-0003

V

Variamine blue Ⅱ-2(3)-0030
VC Ⅱ-4(2)-0029
Violuric acid Ⅱ-2(2)-0001
Vitamin C Ⅱ-4(2)-0029

W

Wod black N Ⅱ-2(2)-0039

X

Xanthone complexon Ⅱ-2(5)-0030
Xylenol orange Ⅱ-2(5)-0065
Xylenol orange Ⅱ-2(6)-0031
Xylidyblue Ⅱ Ⅱ-2(2)-0081

Z

Zincon Ⅱ-2(2)-0074
Zinc oxide Ⅱ-5-0013