

胶体 化学 实验

● 陈宗琪 等 译
杨孔章 审 校

33

山东大学出版社

胶 体 化 学 实 验

〔苏联〕拉甫洛夫 主编

陈宗琪 张春光 袁云龙 译

杨孔章 审校

山东大学出版社

胶体化学实验

[苏联]拉甫洛夫 主编

陈宗琪 张春光 袁云龙 译

杨孔章 审校

*

山东大学出版社出版

山东省新华书店发行

山东安丘一中印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 9印张 202千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷

印数1—1,000册

ISBN 7—5607—0021—7/N·1

统一书号:13338·21 定价:1.35元

译者的话

胶体化学是比较结合实际的学科，它的实验方法与各个生产领域密切相关，特别是石油开采、炼制、轻工、化工、食品等工业尤为重要。可惜，我国目前还缺少一本较全面的胶体化学实验教材，一些实验方法大多散落在物理化学实验，以及各学科(如工、农、医等)的专门性实验里。在50年代中期，我国曾从苏联翻译过由普季洛娃所著“胶体化学实验指南”一书，由高等教育出版社出版，受到各界读者欢迎。

由И·С拉甫洛夫教授等编写的“胶体化学实验”一书是苏联教育部审定的高等学校教材，于1983年由苏联高等教育出版社出版。内容较全面，它概括了胶体化学课程的基本内容。全书共有43个实验，可供各专业选用。

本书是在山东大学出版社鼓励和支持下，于1986年12月译成，因此内容比较新颖。在翻译过程里，我们注意到读者阅读方便，力求文字通顺，不拘泥于与原文的一致性。为了与国内通用教材统一，在单位、名称等方面作了一些修改。

参加本书翻译的有：张春光、袁云龙、陈宗淇。最后由陈宗淇对全书进行了修改和审定。由于译者水平、时间等各方面条件限制，在翻译过程里不免有误，尚祈读者指正，则笔者不胜感谢。

本书承杨孔章教授审阅，并提出许多宝贵意见，谨致谢意。

译者于山东大学

1986.12

前 言

《胶体化学实验》一书是供工业院校和综合性工业大学的学生使用的参考书。该书介绍了分散体系和表面现象的研究方法和仪器。

作者是在以林索万特命名的列宁格勒工业学院的胶体化学教研室，进行多年教学和研究工作的基础上，介绍了一些现代化的实验。有些内容尚属首次介绍。

按通常的教学计划，学生的实验课往往在课堂讲授之前进行。所以本书在介绍实验操作之前，都有简短的理论部分。这样可以把教学引入实验范畴，帮助学生做好原理上的准备。为此，每章末尾都附有文献目录。

与其它各章相比，分散体系流变学的基本理论叙述得略为详尽。这是因为流变性与微粒之间的相互作用密切相关。要定量地阐明粒子的相互作用，流变学是体系结构信息的主要来源。此外，可能由于在教科书中的叙述不够严格、精确和详细，以致使得一些重要物理概念变得十分模糊。

本书所提供的实验课的特点，是培养学生科学的独立思考能力。据此，在书中除向学生推荐实验部分外，还要求学生深入地研究理论资料。并要求将实验所得到的结果和理论作比较，也就是说这些实验既可以作为学生研究工作的教材，也包含了学生科学探索的因素。

实验中的1、2、9、13~16、18~22、24~29、31~34、38~43是作为一般的实验课。为了全面地研究分散体系的性质，作为一个整体来完成某些实验是十分有益的（例如研究分散体的组成、粘土在水中的悬浮体的流变性和电性质等等）。

在每章结尾都有一个简单的说明，供学生准备实验时参考，这里面包含着作者多年积累的实验经验。

我们希望这本书对于学生进行实验是有益的，饶有兴趣的。也希望对于从事分散系研究的科学工作者和工程师们，也能达到同样的效果。

本书的第一、三章（和实验19）由马洛夫副教授编写；绪论和第二章为拉甫洛夫教授、比别克教授和马洛夫副教授编写；第四章（理论部分和实验12），第五、六章（理论部分和实验16），第七章（理论部分和实验22、24~29），第九章和第十章均由巴拉诺娃副教授编写，实验10、11和第六章中的第二节（微电泳）及实验14、15、17和18则由卡希尼可娃编写；第八章和实验23是由比别克教授编写。

作者将感谢为改进本书而提出希望和批评的读者。

目 录

前言	(1)
符号	(1)
绪论	(1)
第一章 气—液界面上的表面现象	(4)
§ 1 表面分子的特殊性质 表面层	(4)
§ 2 表面过剩量的基本方法(吉布斯方法)	(5)
§ 3 表面张力	(6)
§ 4 界面层中某些热力学关系	(7)
§ 5 吉布斯等温方程式 表面活性物质	(9)
§ 6 弯曲界面的特殊性 毛细现象	(13)
§ 7 温度对表面层能量的影响	(14)
§ 8 特鲁贝规则	(16)
§ 9 液体表面单分子膜的性质	(17)
实验部分	(20)
实验 1 在气—液界面上表面活性剂吸附的研究	(31)
实验 2 同系表面活性剂吸附的研究	(36)
实验 3 温度对表面能影响的研究	(37)
实验 4 不溶性表面活性剂单分子膜的研究	(38)
文献	(41)
第二章 固体表面对气体与蒸气的吸附	(42)

§ 1	朗格谬单分子吸附理论	(43)
§ 2	多分子层吸附理论	(44)
§ 3	多孔吸附剂的吸附 毛细凝结	(48)
实验部分		(51)
实验 5	活性炭表面吸附苯的杜比宁方程式的应用	(54)
实验 6	从水蒸气吸附等温线研究硅胶的多孔性结构	(56)
文献		(57)
第三章	凝聚相界面的表面现象	(58)
§ 1	铺展和润湿	(58)
§ 2	溶液中的分子吸附	(60)
实验部分		(63)
实验 7	测定两种互不溶液体的界面张力对安东诺夫规则的检验	(63)
实验 8	接触角和粘附功的测定	(66)
实验 9	在固体表面对溶液中表面活性剂的吸附	(66)
文献		(73)
第四章	离子吸附 双电层的形成和结构	(74)
§ 1	离子吸附 双电层的形成	(74)
§ 2	双电层的结构	(76)
§ 3	电毛细现象	(80)
实验部分		(82)
实验 10	汞—水溶液界面上的电表面性质	(82)
实验 11	用电毛细曲线的方法研究表面活性剂在汞表面上的吸附	(85)

实验12 由吸附数据确定最大平面电位(ψ)	(86)
第四章的说明	(88)
文献	(88)
第五章 分散体系的制备	(90)
§1 凝聚法制备分散体系	(90)
§2 粉碎法制备分散体系	(93)
实验部分	(94)
实验13 分散体系的制备	(94)
第五章的说明	(102)
文献	(102)
第六章 电动现象	(103)
§1 电渗	(103)
实验部分	(106)
实验14 电渗的方向和速度的测定	(106)
实验15 毛细体系(多孔塞)表面电导的测定	(111)
§2 电泳	(116)
实验部分	(119)
实验16 宏观电泳法确定粒子的电泳速度	(126)
实验17 微电泳法确定粒子的电泳速度	(129)
实验18 悬浮体的电泳沉积	(130)
§3 流动电位与沉降电位	(134)
实验部分	(135)
实验19 流动电位的测定	(135)
第六章的说明	(137)
文献	(138)
第七章 分散体系的稳定性和聚沉作用	(140)
§1 电解质聚沉作用的实验规律	(140)

§ 2 分散体系稳定性的现代理论基础(D.L.V.O 理论)	(142)
实验部分	(147)
实验20 直观法测定聚沉值和胶体粒子的电荷符号	(147)
实验21 用光电比色计测定聚沉值	(148)
实验22 用光电比色计研究不规则分布现象	(152)
实验23 铁磁溶胶稳定性的研究	(152)
§ 3 粗分散体系稳定作用的特性	(158)
实验部分	(165)
实验24 浓的和最高浓度的水—油型乳状液的制备	(165)
实验25 机械搅拌法制备浓乳状液	(166)
实验26 用显微镜对乳状液和悬浮体作分散度分析	(168)
实验27 悬浮体的沉降分析	(176)
实验28 根据悬浮体的沉降动力学来研究其聚集稳定性	(184)
实验29 根据小液滴寿命来研究聚结动力学	(186)
第七章的说明	(188)
文献	(188)
第八章 分散体系的流变学	(190)
§ 1 基本概念和流变学定律	(189)
§ 2 分散体系的结构和流变性质	(196)
实验部分	(199)
实验30 物体流变类型的测定	(208)
实验31 用毛细管粘度计测定液体的粘度	(212)

实验32	爱因斯坦公式的应用范围	(216)
实验33	非牛顿流体的流变曲线	(217)
实验34	触变性悬浮体的流变曲线	(219)
实验35	用旋转粘度计测定触变体系的流变常数	(223)
实验36	研究粒子相互作用对悬浮体流变性质的影响	(227)
实验37	粒子在电场极化下对悬浮体流变性的影响	(232)
第八章的说明		(233)
文献		(235)
第九章 胶体表面活性物质		(237)
实验部分		(240)
实验38	表面张力法测定水溶性表面活性剂的CMC	(240)
实验39	电导法测定水溶性表面活性剂的CMC	(240)
实验40	用干涉仪测定胶体表面活性剂的CMC	(242)
第九章的说明		(243)
文献		(243)
第十章 高分子化合物及其溶液		(244)
§1	聚合物分子的结构和热运动的特征	
	溶胀和溶解	(244)
§2	高分子电解质	(247)
实验部分		(249)
实验41	粘度法测定高聚物的分子量	(249)

实验42 高分子化合物的溶胀动力学.....	(252)
实验43 用电渗析法除去电解质来提纯溶胶和高 分子溶液.....	(256)
第十章的说明.....	(259)
文献.....	(260)
附录.....	(261)
中俄英人名对照表.....	(269)

绪 论

胶体化学是一门研究表面现象和分散体系，以及它们的物理、化学、机械性质的科学。

分散体系是由几个相所组成的多相体系，通常为两个相，其中一相被强烈分散成极细小的固体颗粒、液滴、气泡的形式而存在，被称为分散相。另一个组成部分就是介质，被称为分散介质。分散相分布在分散介质之中。

每一个相的聚集状态是任意的，所以分散体系有多种形式。我们对相的聚集状态作如下规定：S（固体）、L（液体）、G（气体）。大多数的分散体系都有专门的名称，象悬浮体、胶体体系（S/L型体系）、泡沫（G/L型体系）、气溶胶（S/G和L/G型体系）、乳状液（ L_1/L_2 型体系），这里的 L_1L_2 表示两种互不相溶的液体。

毛细多孔体（例如吸附剂、催化剂等）也属于分散体系。

分散体系广泛存在于自然界和技术领域内。在各生产过程中为人们所普遍应用。在我们周围的各种物质中，绝大多数都属于分散体系，例如土壤、木材、大气、天然水、大部分食品以及橡胶、颜料等等。

胶体化学是研究所有分散体系的共性。这些共性首先取决于相的分散度，同时这些共性也使我们能把各种形式的分散体系归纳为统一的研究对象。

分散度 D 是某一相分散性的量度，是分散相微粒（或液滴）平均长度的倒数，即 $D = 1/a$ 。比表面 $S_{比}$ 是物质分散性的另一种量度，其数值等于全部微粒总面积 S 与总质量 m （或总体积 V ）之比：

$$D = \frac{S}{V} \text{ (米}^{-1}\text{)} \text{ 或 } D = \frac{S}{m} \text{ (米}^2 \cdot \text{千克}^{-1}\text{)}$$

因此，分散度和比表面（单位体积的表面积）在数值上是一致的。

分散体系的比表面数值大致为 $10 \sim 10^6 \text{ 米}^2 \cdot \text{千克}^{-1}$ 。如果比表面不超过 $10^3 \text{ 米}^2 \cdot \text{千克}^{-1}$ （ $a < 10^6 \text{ 米}$ ），该体系称为粗分散体系。悬浮体、乳状液、粉尘等都属于粗分散体系。

$S_{比} \geq 10^4 \text{ 米}^2 \cdot \text{千克}^{-1}$ （ $a \leq 10^{-7} \text{ 米}$ ）的体系称为高分散体系（胶体体系、气溶胶等）。

所有分散体系的共性是具有极大的表面。而处于表面相的分子和原子具有其特殊的状态，因此表面层的组成通常与每个邻相的组成不同。

由于表面层的组成和能态存在某些不同，我们把表面层单独列为“表面相”。因此，任何一个真正的分散体系，除了两个基本的相（分散相和分散介质）之外，还有第三相——表面相。表面相能决定分散体系的许多性质，其中包括分散体系的存在可能性和体系的稳定性。

由此我们可以列出胶体化学所研究的三个主要问题：

（1）研究表面现象和表面层的性质。

（2）研究分散体系的存在条件，测定表面相的性质以及研究体系稳定性的影响因素（即不随时间变化的性质和使体系存在的能力）。

（3）研究分散体系的其它一些性质，象分散体系的稳

定因子以及分散相粒子之间的相互作用。

在分散体系学科发展的过程中，分离出几个独立分支：象布朗运动理论，它为分子物理和现代统计物理提供了基础；从低分子真溶液为基础，发展成为更广义的溶液本性概念；还有流变学，这是一门研究物质形变的科学。它总结了有关液体形变（流动）和物质的弹性（物理化学力学），而大多数分散体系的性质是介于两者之间的。

现在胶体化学不仅是一门重要的基础学科，而且也是一门有预见性的技术学科，在某些情况下，并能定量地为工艺学计算分散体系一系列重要工艺性质。

第一章 气—液界面上的表面现象

§ 1 表面分子的特殊性质 表面层

胶体化学是研究具有巨大相界面的多相体系性质的学科。这类体系的性质取决于其表面层的性质。由于表面层所处的位置特殊，与体系的其它部分相比，存在一些特殊性质。这种差别主要来自表面层分子与体相中的分子之间相互作用的不同，因为多相体系中的相，既不同于天然状态，又不同于聚集状态。因此，作用在表面层分子上的合力不等于零，该合力指向与表面分子作用力较强的那个相。离开表面层较远的分子，也就是处于体相内部的分子，分子之间作用的合力接近于零。其原因是在分子周围环绕着相同的分子，外相分子不对它们起作用。

严格地讲，在离开表面层的任意位置处，分子间的合力不等于零，所以应当把表面层的厚度理解为“有效厚度”，在此厚度之外，对其体相性质的偏离，逐渐变得不重要了(1)。

目前，仅对非极性液体的表面层厚度进行了理论计算，因为在这些液体的分子之间仅具有加和性的色散力的相互作用。

表面层的有效厚度区域随非极性液体及它的饱和蒸气的不同而不同，其数据在几个到几十个分子大小的范围内，它