

高等学校教学用书



# 物理化学及胶体化学

С. И. 阿方斯基著



高等教育出版社

本書系根据苏联国立“苏维埃科学”出版社（Государственное издательство “советская наука”）出版的阿方斯基（С. И. Афонский）著“物理化学及膠体化学”（Физическая и коллоидная химия）一書 1954 年版譯出，原書經苏联高等教育部审定为兽医高等学校及兽医系用教科書。

全書分三篇：第一篇講述物理化学，共 12 章；第二篇講述膠体化学，共 11 章；第三篇系物理化学及膠体化学实验，共有 68 个实验。

## 物理化学及膠体化学

---

С. И. 阿方斯基著

周念祖 馬維驥譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

（北京市書刊出版業營業許可証出字第 054 号）

京華印書局印刷 新华書店發行

---

統一書号 13010·470 開本 850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印張 8<sup>14</sup>/<sub>16</sub>

字數 211,000 印數 0001—3,000 定價(8) 羊 1.00

1958 年 10 月第 1 版 1958 年 10 月北京第 1 次印刷

# 序

在目前培养动物饲养专家及兽医医师的教学计划中，物理化学及胶体化学并不是一门独立的课程。在生物化学教学大纲中，列入了从这门学科所选出的某些章节，作为物理化学引论。分配给这些章节的教学时数约为 30—40 小时。

然而，由于物理化学及胶体化学的方法普遍地深入到生物学中，特别是在阐释有机体中的生理及病理过程和状态时，普遍地应用物理化学及胶体的概念，所以要求现代的兽医及动物饲养家更深入地研究这一门科学。这样情况就驱使我着手编写这本简明教程。

本教程与一般的物理化学及胶体化学教程有所不同。首先，它不是一门系统的教程。它的任务是：尽可能对现代兽医医师及饲养专家在研究动物有机体中的生理及病理过程所必需的物理化学及胶体化学的那些章节，给与清楚易懂的讲述。因为动物饲养及兽医高等学校学生在学到物理化学规律的数学公式时，一般是感到困难的，所以本教科书中只列入最必需的一些数学公式。

这本简明教科书的内容，毕竟还是有些超出了现行教学大纲的范围。在动物饲养及兽医高等学校教学计划中，物理化学及胶体化学作为一门独立课程的情况下，分配给这门课程的讲授及实验时数，不得少于 50—60 小时。

本教科书不仅包括有物理化学及胶体化学的一些理论章节，而且也包括了一些简单的实验。

为了便于学习起见，次要的教材及研究方法，用小号字排印。

因为是初版，本书无疑地会有许多缺点，所以我将对所有那

---

些提出有助于改进本书的批評意見和建議的讀者們，表示非常感謝。

著者

# 目 录

序 .....vii

緒論 .....1

## 第一篇 物理化学

第一章 物质和能 .....5

第二章 物质结构 .....11

原子结构 .....13

同位素现象 .....16

第三章 化学键的本性 .....20

离子键 .....21

共价键 .....22

极性键 .....23

氢键 .....23

分子间键 .....24

第四章 物质状态的形式 .....24

物质的气态 .....27

物质气态定律 .....27

与理想气体定律的差异 .....31

气体分子运动学说 .....31

物质的液态 .....35

水 .....36

液体的粘滞度 .....39

液体的表面张力 .....44

物质的固态 .....51

液态晶体 .....53

相律及其应用 .....54

第五章 物体的介电性质 .....58

第六章 溶液理论 .....61

气体溶于液体的溶液 .....62

液体及固体溶于液体的溶液 .....64

1469054

溶解过程的实质 .....	65
<b>第七章 分子分散溶液</b> .....	69
渗透压力 .....	69
稀溶液理论 .....	71
渗透压力的测定 .....	72
渗透压力在生物过程中的意义 .....	74
<b>第八章 离子分散溶液</b> .....	77
溶液中的离子 .....	79
离子的溶媒化及水化 .....	83
A. H. 門捷列夫的水化理论 .....	83
<b>第九章 氢离子浓度</b> .....	85
水的解离作用 .....	85
酸及硷的解离作用 .....	88
缓冲溶液 .....	90
氢离子浓度测定原则 .....	93
氢离子对生物过程的意义 .....	102
<b>第十章 盐的解离作用</b> .....	107
<b>第十一章 化学动力学</b> .....	111
反应的活化能 .....	111
化学反应速度 .....	111
催化作用 .....	114
化学平衡 .....	119
<b>第十二章 吸附</b> .....	121
气体在固体表面的吸附 .....	127
从溶液中的吸附 .....	129
电解质的吸附 .....	130
吸附机构 .....	131
吸附作用的实际应用 .....	133
色层吸附分析法 .....	134
<b>第二篇 胶体化学</b>	
<b>第十三章 胶体溶液</b> .....	137
物质的胶体状态 .....	140
胶体体系和胶体状态的分类 .....	145
<b>第十四章 胶体溶液的制备和净化方法</b> .....	147

胶体溶液的制备方法 .....	148
凝聚法制备胶体溶液 .....	148
分散法制备胶体溶液 .....	149
胶体溶液的净化方法 .....	150
渗析 .....	150
超滤法 .....	150
<b>第十五章 胶体体系的分子运动性质</b> .....	<b>153</b>
沉降 .....	155
胶体体系的渗透压力 .....	157
膜平衡 .....	159
血液和组织的渗透压力 .....	161
布朗运动 .....	162
<b>第十六章 胶体体系的光学性质</b> .....	<b>165</b>
丁达尔现象 .....	167
超显微术 .....	169
电子显微镜 .....	173
<b>第十七章 胶体体系的动电性质</b> .....	<b>175</b>
<b>第十八章 胶体粒子的结构和形状</b> .....	<b>183</b>
<b>第十九章 表面能和胶体体系的变化</b> .....	<b>186</b>
憎液胶体的凝結 .....	189
电解质对憎液胶体的作用 .....	189
离子价对憎液胶体凝結过程的影响 .....	191
憎液胶体的相互凝結 .....	194
各种物理化学因素对憎液胶体凝結的影响 .....	195
憎液胶体的凝結理論 .....	195
亲液胶体的凝結 .....	196
胶溶 .....	202
<b>第二十章 胶体体系的稳定</b> .....	<b>204</b>
<b>第二十一章 冻胶和它们的性质</b> .....	<b>209</b>
胶体的胶凝 .....	209
胶体的膨脹 .....	211
冻胶的物理化学性质 .....	214
积并 .....	221
<b>第二十二章 粗粒分散体系</b> .....	<b>221</b>
乳浊液 .....	222

气溶胶 .....	224
<b>第二十三章 胶体化学的意义</b> .....	<b>226</b>
<b>第三篇 实验</b>	
半透膜 .....	230
渗透压力 .....	231
电离 .....	236
氢离子的浓度 .....	237
化学反应速度 .....	249
液体的粘滞度 .....	251
表面张力 .....	252
胶体溶液的制备方法 .....	255
胶体的分子运动性质 .....	258
胶体体系的光学性质 .....	263
胶体体系的动电性质 .....	265
吸附 .....	266
胶体溶液的凝結 .....	268
胶体的保护 .....	271
冻胶 .....	272
<b>参考书目</b> .....	<b>275</b>



## 緒 論

物理化学比其他化学科学兴起較晚。天才的俄国科学家米哈伊尔·华西里約維奇·罗蒙諾索夫(1711—1765)是物理化学的奠基人。他第一个指出,化学必需与物理学紧密地結合,才能得到发展;并且在化学史上,他第一个編写了“真实的物理化学教程”,在1752—1753年間,他曾对学生講授了这門課。

在論及物理化学的作用时,罗蒙諾索夫写道:“沒有物理学知識的化学家,正象是一个純靠摸索来寻找一切事物的人。这两門科学是如此紧密地联系在一起,以至于两者缺一,都不可能达到完善的地步”。罗蒙諾索夫对物理化学給了如下的定义:“物理化学是一門科学,它根据物理学的原理及实验,來說明在复杂物体中經化学处理后所发生变化的原因”。

罗蒙諾索夫发现了物质不灭定律,发表了气体运动学說的基本原理,建立了热力学的基本原理,进行了物质在不同温度下的溶解度的第一次精确測定,发现了盐类溶液冰点降低現象。他研究过物质从溶液中的結晶作用,探討了溶液的热化学。这样一来,现代物理化学中的一些最重要的部分就被罗蒙諾索夫所奠定了。他的这种奠基工作几乎在国外学者公認的物理化学創始人范特-荷甫的工作之前130年就已完成了。

在罗蒙諾索夫逝世以后,物理化学发展比較緩慢。但罗蒙諾索夫的繼承人T. E. 洛維茨院士(1757—1804),就在研究酒石酸时,发现了吸附現象。因此,他奠定了物理化学中的一个重要部分——吸附学說——的基础。他也研究了溶液的过饱和及过冷現象以及物质从溶液中的結晶作用。

在19世紀前半期,杰出的俄国科学家Г. И. 盖斯(1802—1850)在物理化学中作出了巨大的贡献,发现了极为著名的冠有盖斯名字的热化学定律。以后,在俄国兴起了由B. Ф. 路吉宁所创立的俄罗斯热化学巨大学派。著名的祖国科学家: A. H. 秋卡列夫, И. A. 卡布路考夫, Г. Д. 烏立夫以及其他一些化学家都曾經是路吉宁的学生及同事。

在1807年,莫斯科大学教授Ф. Ф. 列依斯发现电泳现象及溶液中悬浮粒子的荷电现象,这个发现很快地成为胶体粒子荷电概念的基础。

在19世紀后半期, A. И. 薩巴涅夫提出了胶体物质分子量新的研究方法。他是第一个测定蛋白质分子量的人。

Д. И. 門捷列夫(1834—1907)及H. H. 別契多夫(1827—1911)在物理化学史上占有杰出的地位。門捷列夫是元素周期系及溶液水化理論的創立者,这一发现在以后获得了普遍的承认。別契多夫在1865年在世界上第一个开始在哈尔科夫大学讲授现代的有系统的物理化学课程,他并编写了第一本合乎现代水平的大学物理化学教科书。在外国,則經過了二十一年以后,才开始教这一门课程(在萊比錫大学)。

因此,物理化学这门科学,是在M. B. 罗蒙諾索夫以及建立俄国物理化学学派的其他俄国学者們的天才的劳动成果上在俄罗斯诞生出来的。而物理化学作为大学的教学科目也首先出现于俄国。

在国外,仍认为荷兰学者范特-荷甫是物理化学的創始人,他在1884年建立了稀溶液理論。无疑,范特-荷甫的理論与阿侖尼烏斯的电离理論共同加速了物理化学的发展。然而,必需指出,范特-荷甫在研究溶液理論时,他引用了俄国科学家Д. И. 科諾瓦洛夫的“关于溶液的蒸汽压力”的巨大著作。

在现代物理化学的創始人中,也应把以下我們祖国的杰出学

者列入：A. M. 布特列洛夫，H. C. 庫爾納闊夫，H. A. 卡布路考夫，H. A. 希洛夫，B. A. 奇斯卡可夫斯基，H. H. 謝苗諾夫，C. B. 洛金斯基，A. B. 拉科夫斯基，H. Д. 澤林斯基等。

在物理化学和胶体化学的发展中，生物学者們的工作也有巨大的意义：如 H. M. 謝切諾夫对气体在盐类溶液中的溶解度的研究，构成謝切諾夫定律；K. A. 契米雅切夫及 B. H. 巴拉金的光化学的研究；P. 布朗对粒子的分子-动力运动的研究，M. C. 茨維特关于吸附的研究等等。

在目前，物理化学是化学中的一个广泛而又重要的部門，从物理化学本身又分出的这样一些科学，象胶体化学，电化学，光化学等等。

物理化学的主要任务是概括化学中的各个部門的具体材料，研究化学物质的物理性质与它們化学性质間的联系，研究各种各样的物理-化学体系的性质——体系中的平衡、反应速度、能的转变等。

物理化学提出了新的最精确的研究方法，并应用到全部自然科学領域中去。它对生物学——生理学及生物化学——的发展，起了很大的影响。

现代生理学及生物化学实验室中，在解决这些科学上所存在的主要问题、在研究有机体的各个过程及状态时，广泛地利用了物理化学分析法及胶体化学分析法；在研究新陈代谢时，广泛地利用放射性指示剂的方法，并获得了显著的效果；利用电测法及比色法测定有机体組織及液体中以及生物过程賴以进行的一切介质中的氢离子浓度；测定液体的表面張力及粘滯度；测定有机体蛋白質的保护力；测定电泳以确定生物体系荷电性；测定細胞胶体的等电点；利用超显微鏡、电子显微鏡以观察超显微范围的粒子等。

物理化学及胶体化学的优越性，就在于它使人們能洞察到人

体及动物有机体的极难以了解的部分。利用放射性指示剂的方法,生物化学家在不破坏有机体新陈代谢的一般过程下,能观察有机体组成物质的最复杂的变换及转变过程,例如,观察在肝脏、肾脏、肌肉、内分泌腺及其他器官中所发生的变换及转变过程等。生物化学家可以积极地干预有机体的生命过程,在不破坏动物的正常状态下,变化新陈代谢过程,以观察进一步的变化。这个方法在研究者的面前,揭露出在研究生命过程的工作上有着无穷无尽的可能性。

在滤过性病毒及微生物与动物体内部构造的研究工作上,电子显微镜的应用获得了杰出的意义。物理化学使人们有可能深入到各个细胞生命的研究,有可能研究在细胞及细胞核中所发生的过程,研究细胞核中的无机物所处的状态及进入有机体中的各种极不相同的药物的公布。所有以上这些研究,在许多情况下,可以不破坏细胞的完整性而完成。

物理化学及胶体化学与形态学科学有着密切的联系。在目前组织学学者在研究器官及有机体组织的极为微小的构造时,已然不能局限于寻常所用的普通光学显微镜的方法。他们利用电子显微镜、荧光显微镜、紫外綫吸收、超显微镜、偏光显微镜及倫琴射綫的分析。细胞学家利用物理化学及胶体化学方法,深入到细胞生命的研究——测定细胞的电位,细胞胶体等电点,物质的吸附作用等等。

在形态学中,利用物理化学及胶体化学的方法,使得这一科学领域的研究方向,发生了根本的变化。

物理化学及胶体化学对医学的全部领域,对兽医学及农艺学显示了巨大的影响。物理化学及胶体化学在这些科学领域中的作用的一些各别例子,将在本书以下各章加以介绍。

# 第一篇 物理化学

## 第一章 物質和能

辯證唯物主义教导說：“物質、自然界、存在是在意識以外，不依賴于意識而存在的客觀现实，物質是第一性的現象，因为它是感覺、觀念、意識的來源……”<sup>①</sup>。物質是处在永恒的运动及变化中，沒有运动的物質是不存在的，同样沒有物質的运动也是不可思議的。

在1748年，M. B. 罗蒙諾索夫发现了自然界的基本定律——物質及运动不灭定律。罗蒙諾索夫用以下的叙述來說明这个定律：“在自然界中所发生的一切变化，都有如下的特点：若从一物体中夺去了多少，就一定在另一个物体上加上多少。这就是說，如果某处少了某量的物質，那么，在其他地方，就有相同数量的物質增加……这一普遍的自然定律，也可以推广到运动本身的法則上去……。”

在1756年，罗蒙諾索夫利用在密閉器皿中使鉛与空气一同鍛燒的實驗，實驗地証實了自己的定律。

在現在，罗蒙諾索夫定律是用以下形式来叙述的：

給定質量的物質，其質量不因物質中所發生的变化而改变，永远保持恒定。

質量不灭定律可用以下方程式来表示：

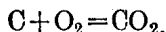
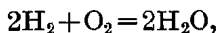
$$\Sigma M = \text{const},$$

---

<sup>①</sup> H. 斯大林，列宁主义問題，苏联国家政治理論書籍出版社俄文第11版，1953年，第581頁，或莫斯科外国文書出版局中文版，1949年，第712頁。

式中  $\Sigma$ ——总和,  $M$ ——质量,  $const$ — $constans$  的简写——固定不变的意思。

一切化学反应都可以作为物质不灭定律的正确性的最令人信服的证明, 例如, 我们可以取水或二氧化碳的生成反应作为例:



在这两个反应中发生了化学变化, 并生成水及二氧化碳, 但原子的数量保持不变。

能是物质运动的量度。

所谓能, 就是物体或由互相联系着的物体所组成的体系的作用能力。

能分为动能及位能。

物体在运动时(例如, 飞行的弹丸)所表现的能叫动能。

静止物体所具有的能叫位能。例如, 在适当条件下所显示出来的化学能。

动能与物体质量及其运动速度有关, 因此动能是物体质量乘以二分之一的速度平方的乘积。

$$E = \frac{M \times v^2}{2}.$$

位能可以用使给定物体自某一位置移到另一位置时所做的功来量度。例如, 将水自较高水平面移到较低水平面时对外界所作的功, 或展开被压缩的弹簧所作的功等。

在1758年, M. B. 罗蒙诺索夫发现了自然界的第二个普遍定律——能量不灭定律。俄国学者Г. И. 盖斯及国外学者焦耳, 梅逸及海尔姆荷兹的研究工作, 从实验上证实了这一定律具有极大的意义。

以下是能量不灭定律的最普遍的叙述形式:

物质体系能的总量, 不因体系中所发生的变化而改变, 永远保

持恒定。

这个定律可以用下面的数学方程式来表示：

$$\Sigma E = \text{const},$$

式中  $E$ —能,  $\Sigma$  及  $\text{const}$  与上述方程式所引用的符号有同样的意义。

从这一定律可以得出結論, 即給定体系的能, 既不能消灭也不能增加, 而只是等量地从一种形式轉变为另一种形式。

爱因斯坦在 1905 年建立了质量与能量的当量定律。

物体的总能等于其质量乘以光速的平方, 或:

$$E = M \times c^2.$$

因此, 这个定律确立了物质与能量的統一性, 质量与能量只不过是物质运动的不同形式, 它們彼此是相当的, 所以能量具有对应的质量, 物质也具有对应的能量。可以用下列方程式把质量与能量不灭的联合定律以数学的形式表示出来:

$$\Sigma(E + Mc^2) = \text{const}.$$

能可以用机械功的单位来量度, 如象: 尔格、焦耳、千克米; 升-大气压, 也可以用热单位——如卡、千卡等来量度。

以下举出一些单位的彼此换算:

$$1 \text{ 千克米} = 9.81 \text{ 焦耳}$$

$$1 \text{ 焦耳} = 10^7 \text{ 尔格} = 0.24 \text{ 卡}$$

$$1 \text{ 升/大气压} = 1.0133 \times 10^9 \text{ 尔格}$$

$$1 \text{ 千卡} = 427 \text{ 千克米}$$

$$1 \text{ 卡} = 4.184 \times 10^7 \text{ 尔格} = 4.184 \text{ 焦耳}$$

研究功与作功时所需热之間的相互关系的科学叫热力学。因此, 热力学研究能从一种形态轉变到另一种形态的規律, 研究伴随着种种物理現象和各式各样化学反应而发生的能的轉变。

热力学建筑在两个定律——第一定律及第二定律的基础上。

在科学上, 能量不灭定律被称为热力学第一定律。在这种情况下, 热力学第一定律是以下面的形式来叙述的:

在封閉體系中，各種不同形式的能，可以彼此相互轉變，但體系中的總能量保持不變。

因此，如果在體系中發生變化，那麼所完成的機械功的總和  $A$  與體系所吸收的熱量  $Q$  成比例：由此

$$A = KQ$$

式中  $K$ ——比例常數，其大小與過程的性質無關，稱為熱功當量。

研究在體系中所發生的變化指出，當體系發生變化時，其中發生以下各種能量的變化：

- (1) 體系吸熱或放熱；
- (2) 或體系本身對外界作功，或外界對體系作功；
- (3) 體系中所含的總能量增加或減少。

體系中的這些變化可以用以下的關係式<sup>①</sup> 來表示：

$$\Delta U = A - U,$$

式中  $\Delta U$ ——體系內能的減少， $A$ ——體系對外界所作的功， $Q$ ——體系所吸收的熱量。

這一方程式是熱力學第一定律的數學式。

研究化學反應熱效应的物理化學部門叫熱化學，它是建築在熱力學第一定律的基礎上的。

拉瓦西曾確定出，物質的化學分解反應所需要的熱量等於生成該物質的化學反應所放出的熱量。

在 1840 年，俄國科學家 Г. И. 蓋斯發現了最重要的熱化學定律。

蓋斯定律指出：

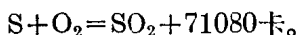
化學反應的熱效应，只依體系的最初狀態和最終狀態而定，與反應所經過的途徑無關。

① 在這一關係式中，所有的量應當用同樣的單位來量度。



繼蓋斯的工作之後，貝特洛，湯姆遜以及杰出的俄國熱化學家 H. H. 別契托夫，B. 重. 路吉寧及其學派在熱化學方面曾經進行了極為重要的研究。特別是他們極精確地確定了許多物質燃燒的熱效應。

可以舉  $\text{SO}_2$  的生成反應作為化學反應熱效應的例子：



熱效應是以反應物的克分子來計算的，所以，對於硫(S)來講，就是一克原子硫(32克)，對於氧來講，就是一克分子的氧(32克)。根據這個反應方程式，當把一克原子的硫燃燒成  $\text{SO}_2$  時，有 71080 卡的热量放出。

由於吸熱而生成的物質儲有較大的內能，它能自動地分解，例如，爆炸物。反之，由於放熱而生成的物質是非常安定的，因為這種物質儲有較小的內能，例如，無機鹽類。

在化學反應中，在測定物質的溶解熱，濃溶液的稀釋熱，物質的氧化熱，中和熱以及有機物的燃燒熱時，都廣泛地應用反應熱效應的計算。燃燒熱的計算廣泛地應用於熱力工程中，除此以外，在計算人體營養物及動物飼料的發熱量上，也廣泛地應用着燃燒熱的計算。其中，燃燒 1 克糖放出 4.1 卡的热量，1 克蛋白質放出 4.1 卡，1 克脂肪放出 9.3 卡的热量。這些數字獲得了最廣泛地實際應用。

熱力學第二定律確定在封閉體系中能轉變方向及限度。

觀察和實驗證明，在自然界中所發生的過程，是向着一個固定的方向進行。液體由高水平流向低水平，物質由較濃部分擴散到較稀部分，熱從溫度較高的物體向溫度較低的物體傳遞等等。所有這些過程都是自動地發生着。

熱力學第二定律指出：

任何一物質體系本身都趨向平衡狀態。

因此，熱力學第二定律只限於討論物質體系中的能的轉變問