

[日]千原秀昭 编

沈鹤柏 郎佩珍 译
李永孚 陈烨璞

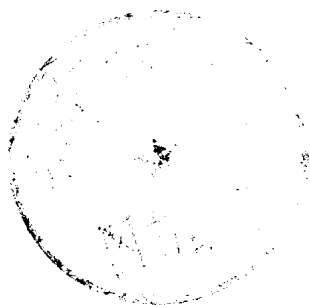
严 忠 校

物理化学实验

高等教育出版社

物理化学实验

[日] 千原秀昭 编
沈鹤柏 郎佩珍 译
李永孚 陈烨璞
严 忠 校



高等教育出版社

高等学校教学参考书

物理化学实验

[日] 千原秀昭 编

沈鹤柏 郎佩珍 译

李永孚 陈烨璞

严 忠 校

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

虹桥新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 12.25 字数 292,000

1987 年 10 月第 1 版 1987 年 12 月第 1 次印刷

印数 00,001—3,740

书号 13010·01195 定价 3.15 元

22-097
K6=3/24
译校者的话

千原秀昭教授主编的《物理化学实验》是一部集大阪大学理学部二十多年教学经验之大成的教科书。自1968年初版后,得到了广大读者的欢迎,被许多大学和高等专科院校选为教材。1979年进行修订、再版。

该书所编实验面广,内容较新,在编写方法上亦有一定特色,实验原理阐述详细,并列出了“实验准备中的注意事项”和“应用实验”等项目,有利于学生了解、掌握实验设计方法和开阔学生的视野。书末的附录内容丰富。是一本有参考价值的物理化学实验教材。1980年在长春召开的理科化学专业教学大纲审订会上许多教师建议将本书作为我国物理化学实验课程的参考书。

中译本是根据原著1979年再版本翻译的。由于译者水平所限,译文中错误在所难免,恳请读者指正。

一九八四年六月

序 言

本书是供大学化学系学生使用的物理化学实验教材。它是1950年在大阪大学理学院化学系作为学生实验教材编写的，经过每年不断地使用和修订，而成为基本的实验教材。当年使用初版教材的学习者，现在已成为活跃在第一线的研究者，担任着后辈的实验指导。因此，本书可说是一部集大阪大学理学院二十年来教学经验之大成的教科书。

为了省去每年少量重复印刷的麻烦，让学生有一本满意的教科书，决定发行单行本。在发行单行本之际，对原教材中说明不够的部分作了详细的补充，以便学生毕业后作为参考书使用。正好东京化学同人计划出版这方面的实验书，这也是出版本书的原因。

那么，把一个大学一个学院的实验教材出版，是否具有普遍意义呢？最近，京都大学的大杉教授整理了一份主要国立大学学生实验状况的报告，由此报告可以清楚看出所有大学的物理化学实验有80%左右是相同的，仅有20%具有各校的特色。因此，我们把阪大理学院化学系和高分子系三年级学生现在使用的教材作为基础，增选其他大学正在做的若干实验编写了这本通用教材。本书所选的实验都是经过实践的，在多数大学里可以直接采用。

已经出版的学生用的物理化学实验教材有好几种，这些教科书各有特色，都是在深思熟虑的基础上编写的。但是，对学生实验的目的或者理论概念的阐述，各书多少有些差异。编者认为学生实验的目的可以归纳为以下三点。

- a) 体会基本的实验操作。
- b) 通过实验学习物理化学。

c) 掌握研究的正确方法。

实际上,要体现这三点的实验指导是极其困难的。第一,由于受到学生人数和实验课程时间的限制。第二,由于指导教师不足和经费上的限制。然而作为实验教材必须尽可能达到上述实验目的。本书的执笔者抱着这一信念,在编写时,采用了下面方针:

a) 每个实验需用一周时间(4个下午),要在规定的时间内做完实验,因而要考虑实验内容的难易。据我们的经验,在有限的指导教师和设备条件下,所规定的多数实验,应该尽可能使大多数学生能顺利地完成。

b) 在每个实验里,一开头便把有关实验的物理化学原理作了较为详细的叙述。有人认为,作为实验教材这部分内容是多余的,但是,实际上是非常重要的,因为实验不能单靠动手。例如,在凝固点降低的实验里,必须用稀溶液,因为在理论式中就包含着这一假定,如果不理解这一点,实验就完全没有意义了。还有这样一种情况,实验先于课堂讲授,这时没有详细的解说就做实验,是得不到收获的,这也是在每个实验中需要详细写上实验原理的原因。

c) 在各个实验中设置“应用实验”的项目,以适应各种变化。这实际上相当于增设实验数,以便根据实际情况,灵活地选择实验题目。

d) 在卷末列有内容丰富的附录,包括各种测定仪,小设备的构造、性能、操作方面的注意事项等。根据经验,这些内容对研究者来说,是非常熟悉的,可以省略。但对于学生来说,因为是初次接触到这些实验设备,常有因违反操作规程,发生意外的情况。而在一般实验书里没有这些内容,这里有必要加以说明。

本书的各个实验,分别由担任实验指导的各位执笔。因全书由编者负责,故不一一按实验列名,仅列出执笔者的姓名,以表谢意。

本书虽由我担任主编,但此书是阪大理学院任教的各前辈、同辈、后辈多年努力的结晶,并期待将来其他责任者继续修订,不断改进。曾使用这一教材的执笔者,因现在已离开阪大而没有列名的有多人,借此机会向各位致谢。本书在编写之际,参考了许多国内外书籍,由于过于庞杂,这些书目就省略了,在此也向诸位著者表示谢意。向大力提供学生实验资料的东京工业大学理学院的田中郁三教授致以衷心的感谢。在出版过程中,得到东京化学同人诸位的大力帮助,也在此表示感谢。

执笔者:

石田陽一,今中利信,植村振作,岡村日出夫,小川和英,奥山政高,河原一男,桑田敬治,小島陽之助,小林雅通,崎山稔,菅宏,鈴木啓介,曾田元,徂徠道夫,高橋泰洋,千原秀昭,茶谷陽三,寺谷敬介,中村亘男,福島昭三,松尾隆祐,山下卓哉,山本正夫

执笔代表 千原秀昭

1968年11月

第二版序言

本书初版至今已有十年。在这期间，出乎意料地得到广大读者的欢迎，各地大学、高等专科学校选作实验教材，这是对我们全体执笔者的极大鼓励。在这十年里，由于科学的进步，生产的发展，学校的教学水平也发生了各种变化。随着这些变化，大阪理学院每年的实验内容都有所修改，所以这次再版，决定作相应的修订，以适应当前的状况。实验教材和理论课教材不同，还要伴随设备、仪器方面的更新。因此，这次修订采取了如下的基本方针：

- 1) 修改初版中的错误。
- 2) 鉴于电子管不易得到的实际情况，换成晶体管线路。
- 3) 在卷末增加关于 SI 单位和 SI 表示法的附录。

根据以上方针修改的结果，增写了“电子线路”一章，其他章节的电子线路图都改成晶体管线路图。因此，现在使用本书作为教材的学校，必须变更的地方只有“电子线路”这一章。在更新现用电子管仪器时，可参考本书晶体管线路。在修订初版中错误的同时，对原来说明不够的部分作了小篇幅的修改，包括这些内容，约占全书的三分之一。本书初版后，承蒙读者指出问题和提出意见，这些对这次修改是极大的帮助，在此表示感谢。同时，殷切地期望读者今后发现不当之处，多多指教。

对修订本承担出版工作的东京化学同人各位的尽心协力表示感谢。

千原秀昭

1979年1月

化学元素周期表

周期	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
1	1 H 1.0079	2 He 4.00260						
2	3 Li 6.941	4 Be 9.01218						10 Ne 20.179
3	11 Na 22.98977	12 Mg 24.305						18 Ar 39.948
4	19 K 39.0983	20 Ca 40.08	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.22	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	54 Xe 131.30
6	55 Cs 132.9054	56 Ba 137.33	57-71 镧系	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.85	75 Re 186.207	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra 226.0254	89- 镧系					

57 La 138.9055	58 Ce 140.12	59 Pr 140.9077	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9254	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9304	68 Er 167.26	69 Tm 168.9332	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
89 Ac 227.0278	90 Th 232.0381	91 Pa 231.0369	92 U 238.029	93 Np 237.0462	94 Pu (241)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)



10^2 Torr 左右



10^{-2} Torr 左右



$10^0 \sim 10^1$ Torr 左右



10^{-3} Torr 左右



10^{-1} Torr 左右



存在有机化合物蒸气时变白色

目 录

写在学生实验前面

——实验记录和报告的写法——	1
1. X射线衍射	6
2. 可见、紫外吸收光谱	11
3. 红外吸收光谱	19
4. 液体的折光率	28
5. 介电常数和偶极矩	33
6. 超声波的吸收	42
7. 质谱	49
8. 磁化率	55
9. 电子自旋共振	63
10. 液体的蒸气压	71
11. 分配系数	77
12. 蒸气密度	80
13. 凝固点降低	84
14. 差热分析	89
15. 密度	94
A. 液体的密度	99
B. 固体的密度	101
16. 固体的热膨胀	104
17. 液体的相互溶解度	112
18. 固体的溶解度	116
19. 粘度	122
20. 扩散系数	129
21. 一级反应的速度常数	135

• 1 •

22. 二级反应的速度常数	142
23. 反应热	146
24. 光化学(2-丁烯的异构化反应)	152
25. 电离平衡和电导滴定	156
A. 电离平衡的测定	158
B. 电导滴定	163
26. 电池	166
A. 电位滴定	169
B. 浓差电池	178
C. 离子的活度系数	185
27. 表面张力	190
28. 表面压	197
29. 吸附平衡, 固体在溶液中的吸附	205
30. 固体的表面积	208
31. GM 计数器的特性	214
32. 放射性计数的误差	219
33. β 射线的最大能量	222
34. 提取和半衰期的测定	227
35. 玻璃细工	231
36. 真空实验	239
A. 水的蒸馏精制	239
B. 真空度的测定	244
37. 电子线路	247
38. 电子计算机	255
附录	262
A1. 物质的精制	262
A2. 数据的处理	271
A3. 常用电池的使用法	280
A4. 电流表、电压表、万用表、检流计、功率表	283
A5. 电位计及标准电池	292

A6. 电子仪器	298
A7. 阴极线示波器	305
A8. 调压器	316
A9. 温度计和温度测量	318
A10. 恒温槽	335
A11. 低温的产生	341
A12. 真空泵	346
A13. 压力和真空度的测定	350
A14. 防止放射线损伤的注意事项	359
A15. 玻璃的组成及性质	363
A16. 粘合剂的种类及特征	365
A17. 金属线规	369
A18. 用不同颜色表示电阻和电容的数值	371
A19. SI 单位和 SI 表记法	374

写在学生实验前面

——实验记录和报告的写法——

大学的学院开设学生实验课，是学生走上工作岗位前的具体实践的第一步。一开始实验时，充分认识实验的意义是很重要的，如果有了做实验的自觉性，那末，应该以什么样的态度去从事实验这个问题就自然解决了。在教室里上课时，学生多数处于被动地位，而练习和实验则是发挥主动性，亲自动手试验的机会。在这个意义上大学里的实验和中学里的学生实验目的是明显不同的。

以此为前提，下面叙述如何进行具体的实验。实验从根本说是人们想要知道有关方面的什么问题时，从自然现象中去找答案的一种手段，开始实验时就应该有明确的目的。因此，制订什么样的实验计划，使用什么仪器才能得到预期的结果等问题，都必须慎重考虑。为使大多数学生都能很好地完成各种实验，事先准备好仪器设备，这些仪器是否适当，在自己的头脑中必须明确。在准备过程中，包括对使用试剂的纯度和预期精度对应的测定方法等问题都应斟酌考虑。如果仔细做好了这些准备，那末，可以说已经完成了实验的 80%。

在动手实验时，必须实事求是，仔细观察现象。人类对自然界具有的知识是微乎其微的，不能抱有成见，应按事物本来的面目回答问题。自古以来伟大的发现，都是从细心而客观的观察中产生的，这一点必须铭记在心。在实验结果里，加入人为的因素是可耻的。认为“学生实验中得不出大发现”这种观点是根本错误的。我们是处在无论什么时候都能发现新现象的环境里，但是没有发觉

就滑过去的情况很多。实验中巨细无遗地记录观察到的现象和测定的结果很重要。关于记录的方法将在后面叙述。

实验一结束,就整理记录。仔细考虑实验结果,研究预定的目的是否达到了。如果没有得到预定精度的测定值时,就必须彻底地寻找原因。如果发现有系统误差时,就要考虑测定仪器本身的问题。在这样的检查中发现新现象的情况是非常多的。例如,在一系列的测定中,只有某一个值偏离时,就把这个数值作为“多数是读错了刻度吧”而舍掉此值,这种做法应严格禁止。至少必须找到读错的原因。当然,检查的结果,最后原因不明,这个测定值就是偏离的情况也是有的。在这种时候,就应把检查的情况及这个数据记录在实验报告上。如在作了详细的检查之后,这个偏离的数据实在没有错误,在这个数值附近确实有特殊的现象,这种情况也不少。

实验技术的高低是可以通过训练克服的。但是,研究者对于自然的态度则是训练之前需要注意的问题。上面谈及的注意事项对专家而言,必然已经明瞭。

最后想强调一点:“自然是绝对正直的”。违反自然法则,绝对没有成功的希望,此外,应反对懒惰者的作风。如果合理地、细心地做实验的话,自然必然给予相应的报答。

实验记录的写法 实验记录的写法,往往因人而异,记号的使用方法也是千差万别的,因此,这里仅列出最基本的必须注意的事项。

1) 实验记录是永久性的资料。实验观察的结果,不一定全部载入实验报告和论文里,但若干年后,这个记录还有价值。在研究实验时,就连实验使用的试剂也希望尽可能地保存下来。大致的要求是,在10年之后其他人读了这个实验记录,也能够理解。必须养成这样一种习惯。最近应一位意大利化学家的委托,送给他

一份 18 年前发表的论文中的实验的详细资料。

2) 为了长久保存记录,提出下列参考意见。

a) 直接的测定结果不能用铅笔而要用墨水笔记录。使用测定结果进行计算时,可以用铅笔。必须订正时,就划一条线消去,以便能读出消去之前写的数字。以后发生要修正数据时,就用线划去以前的数据,在横格里记入新的数据,以便了解订正的原因。使用红墨水订正也是一种方法。

b) 不能把测定结果写在纸片或滤纸碎片上。常常有人先写在碎纸片上,打算以后再写在笔记本上,这往往是发生混乱和散失的根源。

c) 实验数字,如果不说明其意思是什么,就等于没有用。“仅是数字的实验记录,只有一天的寿命”,必须要有这样的观念。

d) 要记录实验时的室温、天气、温度等。天气对物理化学实验的影响不太大,但是,在窗子旁边的太阳光下做合成实验,由于没有记天气这个因素,再次实验时就不能很好重复,怎么也不能判明是光化学反应。

实验报告的写法。实验报告相当于研究论文。研究结果不应作为自己私有,而应公诸于众。若不作为论文或实验报告发表,那么其他科学工作者便会重复同样的研究,直到发表研究成果为止,知识不成为人类的财富,就等于没有开始研究。开始写论文和实验报告,就意味着研究的完成。实验报告的写法,几乎与论文一样,由以下几个部分组成。

1. 引言 阐明实验的目的,历史背景或理论根据。

2. 实验部分 可从样品、仪器设备和操作、实验结果三方面叙述。在样品部分,叙述样品获得的途径或制造厂名,合成时的方法,样品的精制方法,没有精制时试剂的级别(化学用,一级,特级,分析用),纯度(分析值)或表示纯度的物理性质的数值(密度,折光

率,熔点,光谱)等,说明别人再做实验时能够重复的程度,仪器设备和操作部分,说明仪器装置的构造,概略图(电子线路的部件图),装置的方法,各部件的材料名称和尺寸,测定仪器设备的制造厂名和型号,测定精度,仪器的使用(运转)步骤等。在实验结果部分,记录所有的测定数据,注明各种测定条件。这些可使用一目了然的图表说明。

3. 实验结果的考察 将实验结果代入理论式,从而导出物理化学量,考虑精确度(误差),以及导出的物理化学量有什么样的意义,从文献查找其他类似的数据,进行研究比较。这时,最重要的是明确论点,必须要使文章不引起读者误解。要让读者确切的理解自己的实验结果和意见,是不容易的事情,因此,容易不知不觉变成文理不通。应站在客观的高度审视自己的论文,这也是一个自我检查机会。从文献里引用数据及其它结论时,必须注明其出处。引用的文献资料是单行本时,要按顺序注明:著者姓名,书名,页数,出版社,发行年份;引用杂志中时,就要依次写明:文章作者姓名,杂志名称,卷号,页数,发行年份。

例如, D. E. Woessner, B. S. Snowden, Jr., *J. Phys. Chem.*, **72**, 1139 (1968).

4. 结论 在这部分里,简单列举重要的结论,也可逐条写。写论文时,除了这几部分外,应附上摘录的书目及致谢等。写学生实验报告时,某些课题,没有必要全部写以上列举的几部分,可以作适当省略。关键在于使每个读者都能理解你写的东西。因为实验设备等关系,即使由两个人以上组成一组,共同做实验时,每个人都应写实验报告。即使得到同样的实验结果,各人得出的结论可能会完全不同,这也并不奇怪,实验结果的考察能立刻反映出每个人的特点,写实验报告的过程是锻炼自己的宝贵机会。

参考书 关于计划实验及实施的技术问题,日本化学会编的