

CHAO CANG HUAXUE JIANGZUO · PUTONG HUAXUE XITI

普通化学习题

〔日〕东健一 高桥博彰著

费世奎译

朝仓化学讲座第2卷

上海教育出版社

〔日〕 东 健一 著
高桥博彰

朝仓化学讲座第2卷

普通化学习题

费世豪 译

上海教育出版社

朝倉化学講座第2卷
一般化学演習

東 健一 著
高橋博彰

朝倉書店1978年4月第5版

普通化学习題

〔日〕東 健一 著
高橋博彰

費世奎 译

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 8.5 字数 152,000

1982年1月第1版 1982年1月第1次印刷

印数 1—26,500本

统一书号: 7150·2654 定价: 0.65元

内 容 提 要

本书是朝仓化学讲座的第2卷，可以跟本讲座第1卷《普通化学》一起阅读，也可以单独阅读。本书先对化学解题中的一些基本问题（单位的使用，数据的处理）作了说明，然后对普通化学中一些主要内容分章作简要说明，供读者复习有关内容，再举例解答有关化学习题，以便读者进一步理解有关内容。各章的最后附习题，并在书末附习题解答。

代 序

鲍林(Linus Pauling)是活跃在本世纪前半期到后半期的一位最伟大的科学家。他真正开始钻研化学,可以看做是在加利福尼亚工科大学的诺易斯(A.A.Noyes)指导下那段时间。这位前途有为的青年,在这里最初的任务是解答诺易斯和薛利尔的名著《化学原理》(Noyes and Sherill "Chemistry Principles")中的习题。该书的特点是解说少、习题多。据鲍林回忆,他在1922年夏,每晚都从事这项工作,才解答完了所布置的全部习题。该书的习题都是经过精选的,这些演算对他本身的提高也是很大的。

化学方法论只靠读书是学不到手的,只有动手才能得到真正地理解。1920年代的鲍林的情况似乎也能证实这一点。

英国著名的有机化学家鲁宾逊(Sir Robert Robinson)曾说,从前的化学是叙述性的科学,是靠记忆的学问。现在,它已发展成为有完整体系的严密科学。所以,化学也同物理一样,解题是重要的。但是化学应该有与物理形式不同的习题,尤其是有机化学的习题更有独特的风格。

特别重视解题是本讲座的特点。但本讲座里的习题不是象一般习题集里见到的那样,单纯培养计算技能,或者只为了整理教科书上的知识。化学的基本方法论,目的是掌握最有用的方法论,来学习飞速发展的化学科学。

本讲座是活跃在日本化学界第一线的代表性的各位科学家们提出来的各专业领域里最重要的化学见解和研究方法。用头脑记

代 序

忆的知识容易遗忘，而亲身体验过的知识才能长期保存下去。最后，希望各位读者利用这个讲座真正地学好化学。

编 者

1971 年 2 月

序

本书是本讲座第1卷《普通化学》的姊妹篇，是设想以练习为中心适用于理工科大学生学习化学而写作的。

本书由[例题]、[解]、各章末的练习题组成。在[例题]中要对第1卷中解释不太充分的事项以及在练习题中略微提高的内容，用练习的形式详细地说明。特别是以经典物理化学为主的第6章溶液、第7章化学热力学、第11章电解质溶液是补充第1卷的不足的。学生读者应该在本书中由练习体会到化学的本质吧。

本书中所用的单位以SI单位为主。可是，旧单位还广泛使用，在第1卷中也用以前单位的关系，因此为了对读者方便，特别注意说明新旧单位的换算。

作 者

1973年8月

目 录

第1章 基础事项	1
§ 1. 单位	1
1.1 国际单位制	1
1.2 SI 基本单位	1
1.3 SI 词冠	2
1.4 诱导单位和量纲	2
1.5 SI 诱导单位	4
1.6 单位的换算	4
§ 2. 数值的处理	7
2.1 测定值的精确度	7
2.2 计算值和有效数字	7
2.3 单位的运算	10
2.4 最小二乘法	10
第2章 原子结构	14
§ 3. 原子核	14
§ 4. 电子的波动性	17
§ 5. 测不准原理	18
§ 6. 薛定谔波动方程	19
§ 7. 原子内的电子	23
7.1 波动方程	23
7.2 电子轨道和电子层	24
7.3 轨道的能级	25

7.4	自旋量子数和保里不相容原理	25
7.5	洪特规则和电子排布	25
§ 8.	原子光谱	29
8.1	频率条件	29
8.2	氢原子的光谱	29
8.3	原子序数和特性 X 射线	29
§ 9.	电离势和电子亲合势	33
	练习题	35
第 3 章	化学键	36
§ 10.	键能	36
§ 11.	离子键	37
§ 12.	共价键	40
12.1	价键法	41
12.2	分子轨道法	41
§ 13.	键的方向性和杂化轨道	45
§ 14.	π 电子和共振	47
§ 15.	电负性	49
§ 16.	偶极矩	50
	练习题	52
第 4 章	分子结构	54
§ 17.	转动光谱	54
§ 18.	振动光谱	56
§ 19.	核磁共振	58
	练习题	59
第 5 章	气体	60
§ 20.	波意耳定律	60
§ 21.	盖·吕萨克定律 (或查理定律)	60
§ 22.	阿佛加德罗定律	61

§ 23. 理想气体的状态方程	62
§ 24. 道尔顿分压定律	64
§ 25. 范德华状态方程	65
§ 26. 维里方程	66
§ 27. 临界现象	67
§ 28. 古拉哈姆定律	69
§ 29. 气体分子的运动	70
29.1 气体的压强	70
29.2 动能和温度	70
29.3 气体分子的速度	71
§ 30. 分子间的碰撞	72
§ 31. 平均自由程	73
练习题	74
第 6 章 溶液	76
§ 32. 溶液的浓度	76
§ 33. 表示溶解度的方法	78
§ 34. 蒸气压下降和拉乌尔定律	79
§ 35. 沸点上升	81
§ 36. 凝固点下降	83
§ 37. 固体的溶解度	84
§ 38. 气体的溶解和亨利定律	85
§ 39. 渗透压和范托夫定律	86
§ 40. 能斯脱的分配律	87
练习题	89
第 7 章 化学热力学	90
§ 41. 基本用语	90
§ 42. 功	91
§ 43. 热和热容	94

目 录

§ 44. 热力学第一定律	95
§ 45. 等容变化和内能	96
§ 46. 等压变化和能量	97
§ 47. 理想气体的热力学定义	99
§ 48. 热化学方程式	101
§ 49. 等容反应热和等压反应热	101
§ 50. 反应热的种类	102
§ 51. 盖斯定律	103
§ 52. 反应热随温度而变化	104
§ 53. 热力学第二定律	105
§ 54. 熵	106
§ 55. 自由能	109
练习题	111
第 8 章 相的变化	113
§ 56. 相律	113
§ 57. 化学势	116
§ 58. 克劳修斯-克拉珀龙式	118
§ 59. 蒸发和升华	119
§ 60. 熔解和转变	121
§ 61. 脱鲁顿定律	123
练习题	124
第 9 章 化学平衡	125
§ 62. 标准自由能	125
§ 63. 自由能和平衡常数	126
§ 64. 质量作用定律	128
§ 65. 平衡常数随压强而变化	130
§ 66. 平衡常数随温度而变化	131
练习题	134

第 10 章 反应速度	136
§ 67. 反应速度	136
§ 68. 反应的级数	137
§ 69. 反应的分子数	137
§ 70. 一级反应	139
§ 71. 二级反应	141
§ 72. 可逆反应	143
§ 73. 反应速度和温度	145
§ 74. 绝对反应速度公式	147
练习题	148
第 11 章 电解质溶液	151
§ 75. 电离	151
§ 76. 电解和法拉第定律	152
§ 77. 电导率	153
§ 78. 离子电导	156
§ 79. 离子淌度	157
§ 80. 迁移数	157
§ 81. 电离平衡和氢离子浓度	159
§ 82. 水解	160
§ 83. 缓冲溶液	163
§ 84. 中和的指示剂	164
§ 85. 溶度积	166
§ 86. 离子的活度	168
§ 87. 电池的电动势	170
练习题	173
第 12 章 放射性元素	175
§ 88. 放射性和放射性元素	175
§ 89. 放射性衰变	175

§ 90. 质量和能量	179
§ 91. 原子核的结合能	179
§ 92. 裂变和聚变	180
练习题	182
练习题解答	184
附录	
1. 物理常数	187
2. 能量单位换算表	187
3. 原子的电离势	188
4. 原子的电子亲合势	188
5. 键能	188
6. 电负性	189
7. 键的偶极矩	189
8. 摩尔沸点上升常数	189
9. 摩尔凝固点下降常数	190
10. 气体的摩尔热容	190
11. 标准生成焓	190
12. 标准生成自由能	191
13. 蒸气压	191
14. 弱酸和弱碱的电离常数	191
15. 溶度积	192
16. 电磁波的按波长分类	192
17. 电解质的活度系数	193
18. 标准电极电位	194
19. 周期表	195

第 1 章

基础事项

§ 1. 单 位

1.1 国际单位制

国际度量衡总会根据一组特选的独立的 **SI 基本单位**，制订了一种单位制，命名为国际单位制 (Système International d'Unités)。SI 基本单位有米、千克、秒、安培、开尔文、坎德拉和摩尔。

1.2 SI 基本单位

米 (m) 把 ^{86}Kr 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射在真空中波长的 1650763.73 倍，定义为 1 米。

千克 (kg) 把在法国塞佛尔 (Sèvres) 存放的国际千克原器 (铂 90%、铱 10% 合金制的圆柱体，它的直径等于高) 的质量，定义为 1 千克。

秒 (s) 把属于 ^{133}Cs 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的振动周期的 9192631770 倍，定义为 1 秒。

安培 (A) 在真空中间隔 1 米的两根无限长而截面可以忽略的平行导线,各通相等的恒定电流,导线间的作用力每米长度上等于 $2 \times 10^{-7} \text{kg m s}^{-2}$ 时,这电流定义为 1 安培。

开尔文 (K) 把冰的三相点(冰、水、水蒸气三相平衡的温度)的热力学温度的 $1/273.16$, 定义为 1 开尔文。

坎德拉 (cd) 把在 $101325 \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$ 压强(1 大气压)下,在铂的凝固点的黑体的 $1/600000 \text{m}^2$ 表面垂直方向上的光强度,定义为 1 坎德拉。

摩尔 (mol) $0.012 \text{kg } ^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数,把含同样单位粒子数的体系的物质的量,定义为 1 摩尔。

1.3 SI 词冠

利用表 1 上所示 10 的倍数的词冠,可以得到 SI 基本单位的

表 1 SI 词冠

大小	词冠	记号	大小	词冠	记号
10^{-1}	分	d	10	十	da
10^{-2}	厘	c	10^2	百	h
10^{-3}	毫	m	10^3	千	k
10^{-6}	微	μ	10^6	兆	M
10^{-9}	—*	n	10^9	—*	G
10^{-12}	—*	p	10^{12}	—*	T
10^{-15}	—*	f			
10^{-18}	—*	a			

10 的乘方倍数或 10 的乘方分数的单位。

质量的基本单位千克,已经含有“千”这个词冠,因此不用再加词冠的形式,用词冠时以克(g)代替千克。

1.4 诱导单位和量纲

除了选定的基本单位以外,常使用由基本单位导出的诱导单位。例如,面积单

位的大小,规定为每边有单位长度的正方形的面积,由 1m 为基础的面积单位,是由 1cm 为基础的面积单位的 10000 倍。就是,如果对长度单位 L_1 、 L_2 的面积单位用 S_1 、 S_2 表示,则

$$\left(\frac{S_2}{S_1}\right) = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2$$

* 译者注: 根据 1981 年 8 月发表的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》,这些词头没有规定中文名称,一旦确定后再公布试行。

现在对长度、质量、时间选出两组基本单位，即 L_1, M_1, T_1 和 L_2, M_2, T_2 。各种诱导单位大小的比是

$$\begin{aligned}\frac{[\text{体积}]_2}{[\text{体积}]_1} &= \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 \\ \frac{[\text{密度}]_2}{[\text{密度}]_1} &= \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{-3} \\ \frac{[\text{压强}]_2}{[\text{压强}]_1} &= \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{-1} \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-2} \\ \frac{[\text{能量}]_2}{[\text{能量}]_1} &= \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-2}\end{aligned}$$

这些式子右边的指数叫做诱导单位的量纲 (dimension)。又如能量的量纲也可说是 ML^2T^{-2} 。

一般说，用单位 U_1 表示某量时的值 n_1 ，用另一单位 U_2 表示时的值 n_2 ，有

$$n_1 \times U_1 = n_2 \times U_2 \quad (1.1)$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad (1.2)$$

在这里，单位 U 的量纲，对长度、质量、时间分别是 l, m, t ，则

$$\frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^l \times \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^m \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^t \quad (1.3)$$

试把上式写成

$$n_1 \times L_1^l M_1^m T_1^t = n_2 \times L_2^l M_2^m T_2^t \quad (1.4)$$

(1.4)式和(1.3)式不同，在字面上解释是没有意义的。这就是长度单位的 l 乘方没有意义，长度单位和质量单位的积等也没有意义。但是，从形式上如果规定 L, M, T 跟普通数一样作代数处理，(1.4)式跟(1.3)式是一样的。因此还能写成

$$U_1 = L_1^l M_1^m T_1^t$$

$$U_2 = L_2^l M_2^m T_2^t$$

这是广泛应用的作为诱导单位记号的量纲式。例如，在国际单位制中能量的单位表示如 $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ 。当然， $\text{kg}, \text{m}, \text{s}$ 只不过是单纯

的记号,这样表示诱导单位,作单位变换时,单位记号看成跟数一样,能适用于乘除法。

1.5 SI 诱导单位

由两个或两个以上的 SI 基本单位的积或商的组合导出的单位,叫做诱导单位。表 2 列举一些 SI 诱导单位的特殊名称及其相应的符号。

表 2 有特殊名称和记号的 SI 诱导单位

物理量	名称	记号	定 义	物理量	名称	记号	定 义
力	牛顿	N	kg m s^{-2}	电容	法拉	F	$\text{A}^2 \text{s}^4 \text{kg}^{-1} \text{m}^{-2}$
压强	帕斯卡	Pa	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$ ($=\text{N m}^{-2}$)	磁通	韦伯	Wb	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$ ($=\text{Vs}$)
能量	焦耳	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$	电感	亨利	H	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$ ($=\text{V A}^{-1} \text{s}$)
功率	瓦特	W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$ ($=\text{J s}^{-1}$)	磁感应	特斯拉	T	$\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$ ($=\text{V s m}^{-2}$)
电荷	库仑	C	A s	光通	流明	lm	cd sr
电位差	伏特	V	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-1}$ ($=\text{J A}^{-1} \text{s}^{-1}$)	光照度	勒克斯	lx	cd sr m^{-2}
电阻	欧姆	Ω	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-2}$ ($=\text{V A}^{-1}$)	频率	赫兹	Hz	s^{-1}
电导	西门子	S	$\text{kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3 \text{A}^2$ ($=\text{A V}^{-1} = \Omega^{-1}$)				

表 3 SI 辅助单位的名称和记号

物理量	名 称	记 号
平面角	弧 度	rad
立体角	球 面 度	sr

表 3 所列叫做 SI 辅助单位的有两种,它们没有决定属于 SI 基本单位还是 SI 诱导单位。SI 基本单位、SI 诱导单位和 SI 辅助单位,统称 SI 单位。

1.6 单位的换算

1969 年国际纯粹和应用化学协会 (IUPAC) 决定,在理工方