

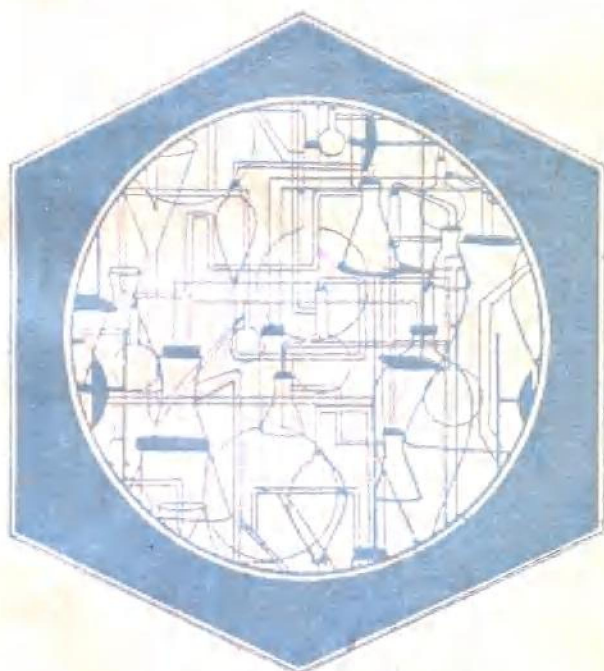
大专院校教材

2

现代化学技术

[美] Hajian & Jackson 著

李彦奇 译



北京大学出版社

大专院校教材

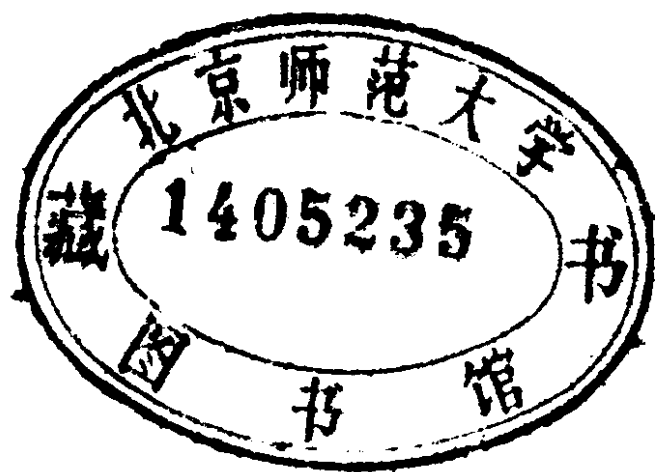
现代化学技术

(第2卷)

[美] Hajian & Jackson 著

李彦奇 译

711/238/25



北京大学出版社

MODERN CHEMICAL TECHNOLOGY

SECOND EDITION VOLUME 2

by

Harry G. Hajian, Sr. Richard B. Jackson

Edited by Renata Jones

American Chemical Society

大专院校教材

现代化学技术

(第2卷)

〔美〕Hajian & Jackson 著

李彦奇译

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京通县曙光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787 × 1092毫米 32开本 7.5印张 170千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷

印数: 1—11,000册

统一书号: 13209·116 定价: ~~4.60元~~

目 录

8 光所给出的化学信息	1
白光的色散	1
颜色是什么?	2
光与能	3
光的波模型	3
可见光谱	5
光的粒子模型	7
电磁波谱	8
辐射的吸收和透射	9
分光光度计	10
可见光区分光光度计	11
实验8-1 物质的吸收光谱	15
实验8-2 利用光谱进行定性分析	18
浓度与吸光度的关系	20
稀释公式	21
实验8-3 用吸收光谱进行定量分析	22
Beer(比尔)定律	24
习题	25
9 原子结构	28
静电	29
气体放电管和阴极射线	31
电子	32

原子核·····	34
质子·····	36
中子的发现·····	37
同位素·····	39
原子量·····	40
原子的行星模型·····	42
稳定态轨道——Bohr(玻尔)模型·····	42
主能级与电子跃迁·····	43
氢原子的发射光谱·····	43
原子的量子力学模型·····	46
原子发射光谱·····	47
实验9-1 用发射光谱法进行定性分析·····	49
焰色试验·····	54
实验9-2 元素的焰色试验·····	54
习题·····	57
10 化学键导论·····	60
化学键·····	60
强键与弱键·····	61
电子在成键中的作用·····	61
价电子·····	62
惰性气体构型·····	64
原子中的价电子数·····	64
惰性气体构型的形成·····	66
非金属单质中的键——共价键·····	67
多重共价键·····	69
非金属化合物中的键·····	71
电导·····	71

实验10-1 物质的电导	72
非分子型化合物中的键(电价键)	75
盐与电导	77
电解	78
实验10-2 电解	79
金属的导电	82
金属键	83
习题	84
11 元素周期表	88
主族元素	88
元素族	89
碱金属——ⅠA族	89
碱土金属——ⅡA族	92
卤素——ⅦA族	93
氢的特性	94
过渡元素	95
内过渡元素	96
化合物的化学式	97
化学命名法	99
周期性	101
电离能	102
元素性质的周期性递变	106
习题	103
12 化学键	109
分子间作用力——van der Waals(范德华)力	109
van der Waals力与沸点	111
分子间作用力——偶极力	112

极性共价键·····	113
电负性值·····	114
极性分子与非极性分子·····	115
分子的形状·····	116
偶极-偶极相互作用对沸点的影响·····	117
化合物的溶解度·····	120
气相色谱(GC)柱中的分离·····	120
实验12-1 用气相色谱分离极性化合物与非极性 化合物·····	123
影响色谱分离的因素·····	126
液-液萃取·····	126
实验12-2 测定商品试样中过氧化氢的 百分含量·····	127
水合盐·····	134
键与分子形状·····	135
习题·····	137
13 化学反应·····	143
化学反应过程·····	143
配平化学方程式·····	144
配平方程式的应用·····	148
能量与化学过程·····	151
能量与化学键·····	151
量热法·····	152
实验13-1 量热法·····	154
势能曲线·····	158
活化能·····	159
影响化学过程速度的因素·····	160

浓度对反应速度的影响·····	162
实验13-2 浓度对反应速度的影响·····	162
固体表面积的影响·····	164
温度对反应速度的影响·····	165
实验13-3 温度对反应速度的影响·····	165
催化剂对反应速度的影响·····	167
反应历程·····	168
习题·····	169
14 化学平衡·····	173
实验14-1 化学平衡·····	175
Le Chatelier (勒夏特利) 原理·····	179
实验14-2 温度对平衡的影响·····	179
压力对气体平衡的影响·····	183
氨的合成·····	184
促使平衡反应完全·····	185
平衡表达式和平衡常数·····	195
与平衡表达式有关的计算·····	187
习题·····	188
15 水溶液中的平衡·····	191
电解质溶液·····	191
酸作为质子给予体·····	191
多元酸·····	194
碱·····	195
中和反应·····	196
滴定管·····	197
实验15-1 中和作用·····	199
中和反应生成盐·····	202

酸及其盐的命名	203
水的电离	205
pH标度	207
pH和pOH的计算	209
目测pH	212
pH计	212
醋酸的电离	213
络离子的平衡	214
离子交换色谱	216
实验15-2 镍(Ⅱ)、钴(Ⅱ)和铁(Ⅲ)离子混合物 的分离	217
溶度积常数	220
习题	222

8

光所给出的化学信息

迄今，我们所做的大多数实验都涉及物质的性质。我们已经测定了物质的熔点、沸点、溶解度和密度。本章将研究物质的另一性质：颜色。具体说来，我们要解答下列问题：颜色是什么？怎样定量地给颜色下定义？如何通过量度颜色确定溶液的浓度？

白光的色散

没有光就没有颜色。在一间黑暗的房子里，充其量只能看到模糊的黑影。一旦开亮电灯，室内的各种物体就会立即呈现不同的颜色。看来，各种颜色好像来自灯泡的白光。白

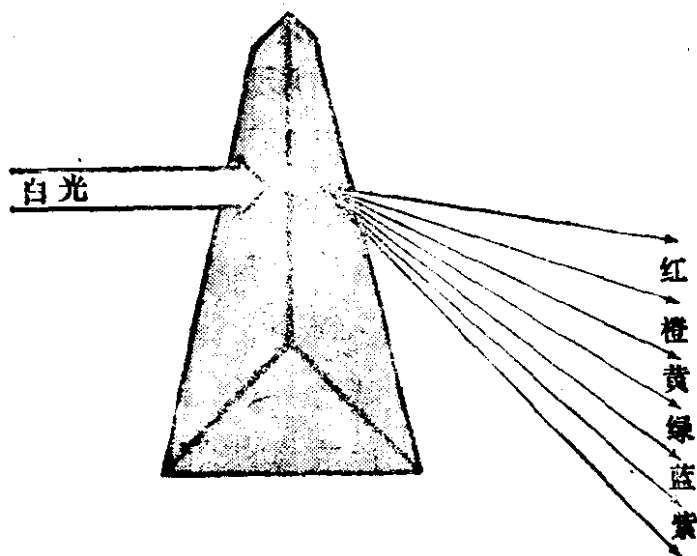


图8-1 光在三棱镜中的色散

光的确是由多种颜色的光组成的，这可以在一束白光的光路中放置一个三棱镜来证明。白光通过三棱镜后分散为光谱带，如图8-1所示。三棱镜改变了白光光束行进的方向，其中一些色光的方向比另一些色光的方向改变得大。在三棱镜中发生的这种现象叫**折射**。折射的结果(分散出各种颜色)叫**色散**。这种现象就如同大气中的水雾将阳光分散为有色的光谱，即人们熟知的彩虹。上述两种情况都是把白光分散为它的组成色光。相反，如果有合适的仪器，也有可能将各色光合成为白光。

颜色是什么？

当白光照射到物体上时，某些颜色的光被物体表面反射回来，而另一些颜色的光则被物体吸收。被物体反射的光色正是我们眼睛感觉的颜色，因此是物体的特征颜色。这可以用实验加以证明。假设用一张绿色玻璃纸遮住灯泡射出的白光，玻璃纸的作用就像滤光器一样，只让绿色光通过，房间里所有的绿色物体看起来自然都是绿色的，但其它物体的颜色却很难准确辨别。例如，红色物体看上去是灰色或黑色的。因为红色物体只反射红色光，所以呈现红色。假如房间里没有红色光，它也就没有任何反射了。

某些物体即使用白光照射也呈现黑色，是因为这些物体吸收所有颜色的光。相反，白色物体反射所有颜色的光。

光被物体吸收后会发生什么情况？通常，光转化为热。由于深色物体比浅色物体吸收更多的光，它们升温较快。所以，在烈日当空的盛夏，穿浅色衣服较好。

至此，我们还没有讲为什么某些物质吸收特定颜色的光。正是物质的化学本性——原子相互结合成化合物的方

式——决定了这一点。然而，在把物质的颜色与其化学结构联系起来之前，必须学习更多关于光和化学键方面的知识。

光 与 能

光就是能。它可以转化成热能；在绿色植物的叶片中，光还可以转化为化学能。你可能会感到奇怪，怎么某种形式的能可以具有颜色？能量当然谈不上有什么颜色。我们认为光有颜色只是一种感觉，这种感觉是由于照射到我们眼睛视网膜上的光能在大脑中反映的结果。因此，颜色仅是我们头脑中的感觉。由此看来，可见光必然具有某些特殊的性质，它们能通知我们的眼睛和头脑看到了什么颜色。在本章，我们要回答的一个问题是：可见光谱中不同颜色的光之间究竟有什么差别？

描述光有两种不同的模型。一种模型认为光是由粒子流组成的，每个粒子具有确定的能量。另一种则认为光是由一系列的能量波所组成，这些波可以通过空间传播。

光的波模型

我们先介绍一下光的波模型。按照这种理论，光波的行为就象水波，但有一点非常重要的区别。水波的传播需要有物体——水本身；但是，光波是一种能量波，它的传播不需要任何物体。因此，光可从太阳穿过空间直接到达地球。尽管如此，关于水波的大部分概念仍可应用于光波。

设想波在水的表面传播，试问水本身是否也与波一起向前移动？水面上的软木浮标表明，真实情况是水垂直于表面运动而不是沿着表面运动。图8-2是假设水波停止运动的各瞬间软木的位置示意图。

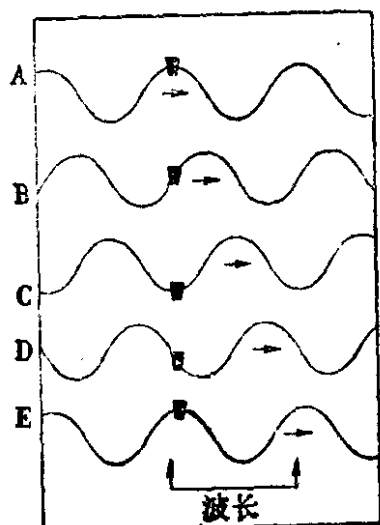


图8-2 波的运动

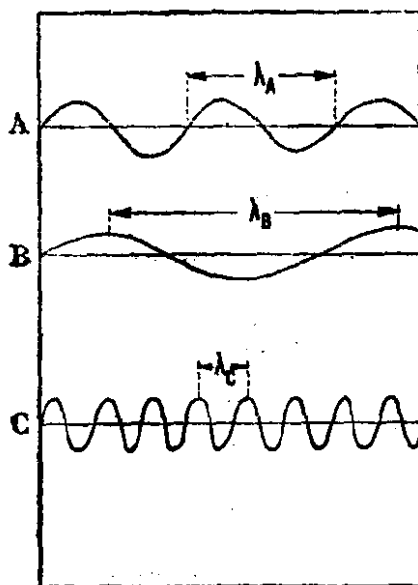


图8-3 具有不同波长的波

在状态A，浮标处于波顶，波从左向右运动。在下一个瞬间，波移动至如B所示的位置。注意，浮标并不随波一起移动。当波继续移动至C和D所示的位置时，浮标仍然处在与A的同一横向位置。在E时，浮标又处于另一个波峰的峰顶。看来波在A与E的时间间隔内向前移动了，但浮标的位置表明只有一种情况发生，即浮标随着水面上下运动。随着波的传播，浮标只是上下运动。在给定的时间内浮标完成全周期(即回复到原来的位置)的次数叫波的**频率**，用希腊字母 ν 表示，单位一般是**周每秒**(周/秒)或赫兹(Hz)。

与波有关的另一个特征值是**波长**。波长是从一个波上的任意一点到相邻波上的相应点(例如从波峰到波峰)之间的距离，用希腊字母 λ 表示。图8-3是三种波的波形图，每一种波各具有不同的波长：波B的波长最长，C的波长最短。波长值用**长度每周**(长度/周)表示。

波长乘以频率等于波的传播速度(v)，即

$$\lambda\left(\frac{\text{长度}}{\text{周}}\right) \times \nu\left(\frac{\text{周}}{\text{秒}}\right) = v\left(\frac{\text{长度}}{\text{秒}}\right)$$

(8-1)

频率与波长之间的这种关系适用于各类波的运动。光在真空中的传播速度是一个特定数值，即 $3.00 \times 10^{10}\text{cm/s}$ （等于186000英里/秒）。这是一个重要的物理常数，用符号 c 表示。所以，在真空中各种光均有：

频率 $\times$ 波长 = 常数

$$\nu \lambda = c$$

(8-2)

假如光不是在真空中而是在空气中传播，如果仍采用式8-2中的 c 值，就会引入一个小小的误差，但是这个误差通常可以忽略。

可 见 光 谱

现在我们可以回答前面的问题了：光谱的不同区域之间的差别是什么？可见光谱中的不同颜色相应于不同波长的光。参考表8-1可以看出，紫光的波长较短，红光的波长较

表8-1 白光的光谱

颜 色	波 长 范 围		
	厘 米 (cm)	纳 米(nm) 或毫微米(mμ)	埃 (Å)
紫外线	$<4.0 \times 10^{-5}$	<400	<4000
紫	$4.0-4.3 \times 10^{-5}$	400—430	4000—4300
蓝	$4.3-4.9 \times 10^{-5}$	430—490	4300—4900
绿	$4.9-5.7 \times 10^{-5}$	490—570	4900—5700
黄	$5.7-5.9 \times 10^{-5}$	570—590	5700—5900
橙	$5.9-6.4 \times 10^{-5}$	590—640	5900—6400
红	$6.4-7.0 \times 10^{-5}$	640—700	6400—7000
红外线	$>7.0 \times 10^{-5}$	>700	>7000

长。由于 c 对所有的光是一个常数，显然，由方程式 8-2 可知，红光的频率肯定较低，而紫光的频率较高。

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10 \text{ \AA}$$

白光的光谱是一个连续递变的色彩层次，这一点很值得注意，紫光逐渐融合在蓝光之中，蓝光又逐渐融合在绿光中，等等。图8-4下部可见光谱的表象比图8-1中的描述逼真得多。由此可见，光谱是连续的，它是由波长约为 $4.0 \times 10^{-5} \text{ cm}$ 至 $7.0 \times 10^{-5} \text{ cm}$ 的各种波长的光组成的。（注意，波长的单位常常缩写为简单的长度单位，应理解其后还有“每周”，但不必写出来。）

每一波长的光都有其特征的频率，根据方程式 8-2 可知，光的频率与其波长成反比。方程式 8-2 可改写为：

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (8-3)$$

例如，已知红光的波长为 6.5×10^{-5} 厘米，就可以计算出其频率为

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^{10} \text{ 厘米/秒}}{6.5 \times 10^{-5} \text{ 厘米/周}} = 4.6 \times 10^{14} \text{ 周/秒}$$

（周/秒常常缩写为cps。）

在表 8-1 中，你应该注意到，与不同光谱区域大致相对应的波长，可以用几种不同的单位表示：cm、nm 或 $\text{\AA}$ 。表 8-1 表明了这些单位之间的相互关系。

至此，你应该明白，不能只以颜色来精确地描述光。例如，假若我们想要精确表达橙色光，表 8-1 中的数据表明，这种光的波长可以从 590 nm（稍带黄色的橙色）至 640 nm（稍带红色的橙色）。所以用文字描述颜色是不精确的，而且对颜色的辨别因人而异。虽然在广告界使用迷人的字眼，例如

“鲜橙色”、“荧光桃红”等，但科学家却需要用更精确的方式来定义颜色。现在有办法了，可以借助测定与特征颜色相关联的波长(或频率)范围来做到这一点。

光的粒子模型

正如前面已经讲到的，有时把光看成是由粒子组成的，较之把它视为波更为实用。当我们研究光和物体相互作用的过程时，常常用这种模型。这种模型强调光能的概念，以及光能怎样转化为其它形式。它是由物理学家 Max Planck (M.普朗克)于1900年首先提出的，即物质吸收或发射的光能是不连续的、量子化的。

Albert Einstein(A.爱因斯坦)发展了 Planck 的理论，提出光是由叫作光子的能量粒子组成的。每一种光子都有其确定的能量。当光与物质相互作用时，光子以脉冲形式把能量转移给物质。对于任何同一频率的光，所有的光子都具有相同的能量。

光的两种不同的模型，即粒子和波可以通过 Planck 方程定量地联系起来：

$$\text{能量} = h \times \text{频率}$$

$$E = h\nu \quad (8-4)$$

式中， h 为 Planck 常数。用这一方程就能计算出某一波长光的光子能量。同一频率光的所有光子都具有相同的能量。此外，随着光的频率的增加，能量也增加（两者成正比）。例如，红光的光子能量比蓝光的光子能量低。

但这并不意味着 50 Watt（瓦特）红光源的总能量低于 50 Watt 蓝光源的总能量，而只说明每一个蓝光光子的能量大于每一个红光光子的能量。所以，若提供相同的总能量，红

光源辐射的光子比蓝光源辐射的光子的数量要多得多。

电 磁 波 谱

实际上，我们所说的光不过是非常宽广的波谱即所谓**电磁波谱**（图8-4）的一部分。我们的眼睛只能看到其中的可见光谱部分。无线电波、电视波、X射线、 γ 射线以及宇宙射线等同样也是电磁波的一部分，但是我们的眼睛看不见它们。图8-4表示出已知的电磁波谱范围，其中可见区域只占一小部分。它还指出了例如红外和紫外等常用的光谱区域。然而，正象可见光谱那样，电磁波的各部分之间也没有明显的分界。

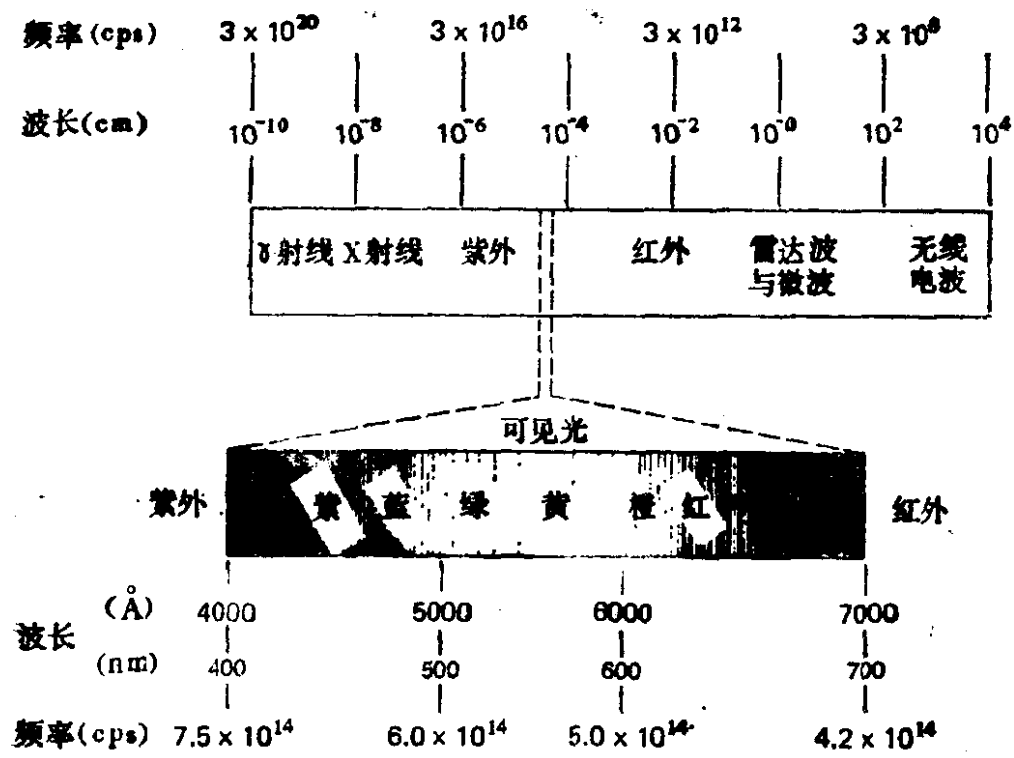


图8-4 电磁波谱