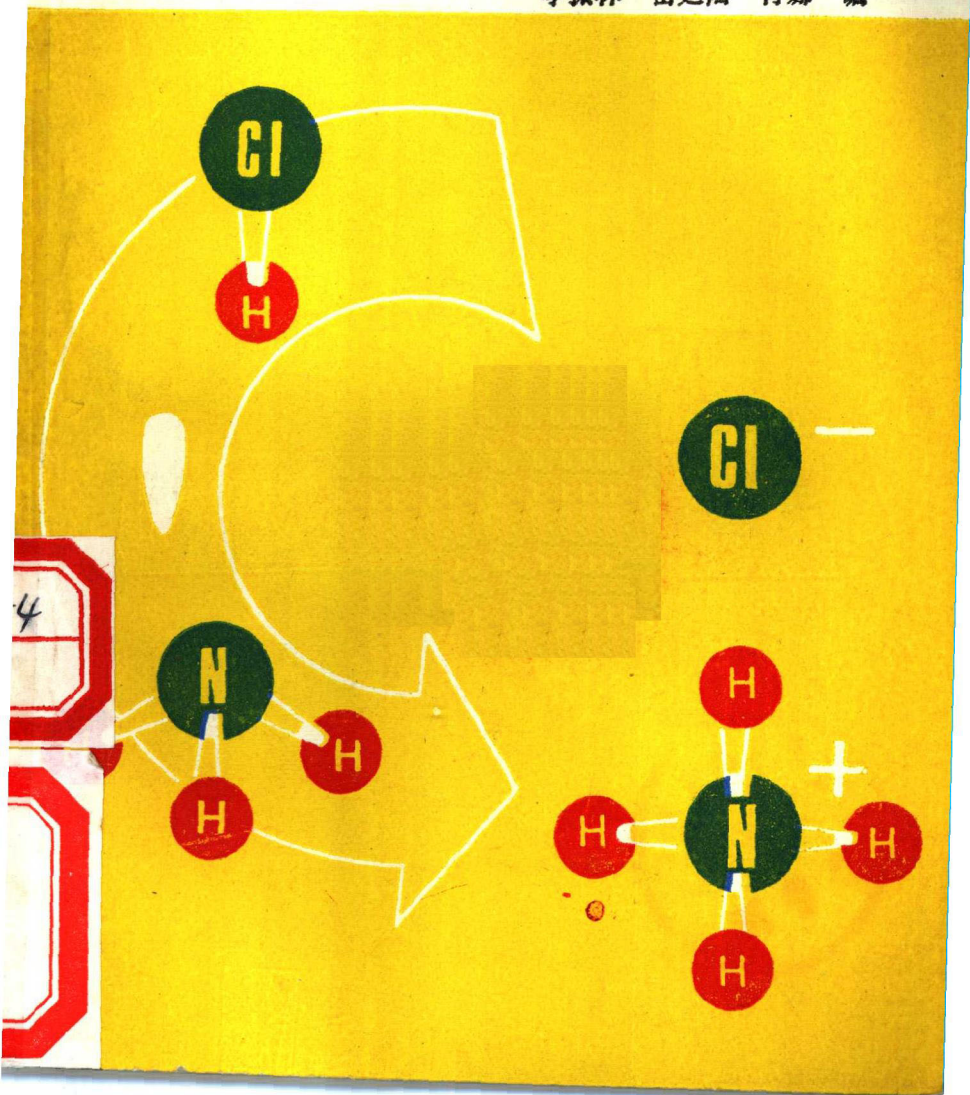


中等专业学校 工科非化工专业通用

《化学》学习指导书

李振林 岳延陆 肖娜 编



中等专业学校

工科非化工专业通用

《化学》学习指导书

李振林



江苏

内 容 提 要

本书与工科中专化学教材编写组编写的《化学》教材配合使用。本书以词条的形式将中专化学教材中所涉及的化学基本概念、原理和元素与化合物知识适当归类,选择其难点、重点、关键性名词、术语等进行较深入的讨论。书中还适当介绍了一些化学史实,以便帮助学生了解一些化学基本概念和规律的由来和发展。

本书可供中等专业学校非化学化工类专业学生作为学习指导书。

(京)112号

中等专业学校

工科非化工专业通用

《化学》学习指导书

李振林 岳延陆 肖 娜 编

*
高等教育出版社出版
新华书店总店上海发行所发行
浙江洛舍印刷厂印装
*

开本 787×1092 1/32 印张 5.875 字数 119,000

1991年4月第1版 1992年2月第2次印刷

印数 6,141—12,540

ISBN 7-04-002674-0/O·1018

定价 1.80元

编者的话

随着科学技术的发展,化学已进入到人们工作、学习和生活的各个领域。学习化学不仅是为了同学们今后工作和学习的需要,也是现代生活所必需的。为了配合《化学》教材,帮助同学们学好化学,我们编写了这本学习参考书。

本书以教材中涉及的化学基本概念、原理和元素与化合物知识为基本内容,选择其中重点、难点和关键性名词、术语等进行较深入的讨论。对于基本概念和原理,侧重于加深理解,澄清一些易混淆的概念,并引导学生应用这些概念与原理分析和说明化学问题;对元素与化合物知识,或介绍结构与性质的关系,或介绍重要的化合物在工农业生产及日常生活中的应用。为了帮助同学们了解一些化学基本概念和规律的由来与发展,书中适当介绍了一些重要的化学史实。本书在编排体例上不完全拘泥于教材中所涉及内容的前后顺序,而是以词条的形式将内容适当归类,以便于同学们有针对性地查阅。

本书在编写中得到北京大学赵匡华教授、南开大学唐士雄副教授和高等教育出版社朱仁同志的支持与帮助,清华大学王致勇副教授审阅了全稿,并提出许多宝贵的修改意见,在此我们一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限,书中难免有不足之处,恳切希望读者批评、指正。

编者

1990年8月

K106 90/37

目 录

原子质量和元素的相对原子质量(原子量).....	1
摩尔(mol)	3
摩尔质量.....	5
摩尔体积.....	6
溶液的浓度.....	7
化学式与分子式.....	9
化学方程式.....	10
离子方程式.....	11
质量守恒与能量守恒.....	13
能量与化学变化.....	14
化学反应的热效应.....	15
热化学方程式.....	16
化学计算.....	17
电子的发现.....	22
原子核、质子和中子的发现.....	24
原子序数.....	26
质量数.....	27
原子核的质量与质-能守恒定律	28
同位素.....	30
放射性元素.....	31
放射性同位素的应用.....	32

核外电子运动速度和位置的不确定性	34
统计方法及几率	35
电子云与原子轨道	36
电子层	37
电子云的伸展方向	38
能量最低原理	39
能级与能级组	40
能级交错现象	41
元素周期律的发现	41
元素性质呈现周期性变化的内在原因	43
主族元素与副族元素	44
金属性和非金属性	45
金属性和金属活动性的区别与联系	46
原子半径	46
元素最高价氧化物水化物的酸碱性	48
制冷剂与周期表	50
化学键参数	51
共用电子和孤对电子	52
键型	53
键的饱和性与方向性	55
分子的电荷重心	56
极性键与非极性键	57
键型过渡	58
分子的极性	59
分子的偶极与分子间力	60

分子间力的特征	63
分子间力与分子型物质的熔、沸点	65
氢键与水的特殊物理性质	66
晶体	69
离子型晶体	71
分子型晶体	72
原子型晶体	72
金属型晶体	73
质量作用定律	74
反应速率	76
反应速率常数	77
有效碰撞	78
活化分子和活化能	79
催化剂与催化作用	80
化学平衡状态	82
平衡常数的物理意义	84
吕·查德里原理	87
外部条件对反应速率及化学平衡的影响	88
氧化还原反应	89
氧化与还原, 氧化剂与还原剂	90
氧化性与还原性	91
氧化还原反应中的“化合价”	92
卤素单质的熔点与沸点	93
卤素单质颜色的变化	94
卤素的用途	94

卤化银与照相化学	96
漂白剂和漂白粉	99
人体生理活动的必要物质——食盐和钾盐	100
强电解质和弱电解质	101
电离常数	102
电离度和稀释定律	104
同离子效应	106
盐效应	107
水的离子积	107
酸碱指示剂	108
盐的水解	111
影响盐类水解的因素	113
原电池	114
原电池的电动势	117
电极电势	117
标准电极电势的应用	119
电解	123
原电池正、负极和电解池阴、阳极的判断	125
原电池和电解池的主要区别	126
化学电源	126
蓄电池与原电池的区别	126
电化学加工	127
硫的同素异形体	128
磷的同素异形体	129
碳的同素异形体	130

磷酸盐.....	131
碳-碳复合材料	132
有色金属.....	133
金属的光泽.....	134
金属的导电性和导热性.....	134
金属的可塑性.....	135
碱金属的用途.....	136
铝的用途.....	137
离子交换剂.....	138
水垢的形成和危害.....	139
铁氧体与磁性材料.....	140
偏钛酸盐与压电材料.....	141
矾及其应用.....	142
有机化合物.....	142
有机化学.....	143
硅烷.....	144
硼烷.....	145
饱和烃.....	146
不饱和烃.....	147
sp^3 杂化	148
σ 键.....	149
取代反应.....	150
同系列.....	151
结构式.....	151
同分异构体.....	152

sp^2 杂化	154
π 键	155
脂环烃	156
单键	157
双键	158
叁键	161
聚合反应	162
维勒	163
凯库勒	164
布特列洛夫	165
高分子化合物	166
加成反应	167
脱水	169
芳构化	170
消去反应	171
碳水化合物	172
芳香性	174
有机硅化合物	175

原子质量和元素的相对原子质量(原子量)

原子是由质子、中子和核外电子构成的,这三种粒子的基本性质是:

质子 带一个单位正电荷,静止质量为 $1.6726 \times 10^{-27} \text{kg}$;

中子 电中性,质量为 $1.6750 \times 10^{-27} \text{kg}$;

电子 带一个单位负电荷,静止质量为 $9.1095 \times 10^{-31} \text{kg}$ 。

若构成原子的中子、质子或电子的数目不同,原子的性质和质量也就不同。由构成原子的这三种粒子的质量可以看出,一个原子的质量是非常小的,即使是现在已发现或人工合成的最重的元素,其原子质量的数量级也仅为 10^{-25}kg 。一个 ^{12}C 原子的质量为 $1.993 \times 10^{-26} \text{kg}$,一个 ^{35}Cl 原子的质量为 $5.808 \times 10^{-26} \text{kg}$ 。化学上将 $1.993 \times 10^{-26} \text{kg}$ 和 $5.808 \times 10^{-26} \text{kg}$ 分别称为 ^{12}C 和 ^{35}Cl 的绝对原子质量。由此可见,若以“kg”为单位来衡量原子的质量即原子的绝对质量数值太小,使用起来很不方便。

1961年国际化学协会正式通过采用 $^{12}\text{C} = 12$ 作为计量原子质量的基准。1973年国际计量局又规定,以 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ 作为统一的“原子质量单位”,并以符号u表示($1\text{u} = 1.661 \times 10^{-27} \text{kg}$)。这样, ^{12}C 一个原子的质量为 12.00u , ^{35}Cl 的原子质量为 34.97u 。化学上将 12.00u 和 34.97u 分别称为 ^{12}C 和 ^{35}Cl 的原子质量。

但是,周期表中碳和氯的原子量却分别为 12.01 和 35.45 ,且没有单位。这是为什么呢?大家知道,多数元素都有同位素,如氢有三种同位素,氕(核内没有中子,只有1个质子,记

作 ${}^1\text{H}$ ，符号为 H)、氘或重氢(核内有 1 个中子和 1 个质子，记作 ${}^2\text{H}$ ，符号为 D)、氚或超重氢(核内有 2 个中子和 1 个质子，记作 ${}^3\text{H}$ ，符号为 T)；碳有三种同位素， ${}^{12}\text{C}$ 、 ${}^{13}\text{C}$ 和 ${}^{14}\text{C}$ 。同一种元素各种同位素的原子质量不同，它们的原子在自然界的丰度(原子的相对比率)也不同。例如，氯在自然界有两种同位素： ${}^{35}\text{Cl}$ 原子质量为 34.97u，其丰度为 75.77%； ${}^{37}\text{Cl}$ 原子质量为 36.97u，其丰度为 24.23%。化学上我们把一种元素各同位素原子质量与其丰度的乘积加和，称为该元素的平均原子质量。氯元素的平均原子质量为：

$$34.97\text{u} \times 75.77\% + 36.97\text{u} \times 24.23\% = 35.45\text{u}$$

35.45u 是氯元素的平均原子质量，它与周期表中氯的相对原子质量或称为原子量还是有差别的。元素的相对原子质量是该元素的平均原子质量与 ${}^{12}\text{C}$ 原子质量的 1/12 之比：

$$\begin{aligned} \text{氯元素的相对原子质量} &= \frac{\text{氯元素的平均原子质量}}{{}^{12}\text{C 原子质量} \times 1/12} \\ &= \frac{35.45\text{u}}{12\text{u} \times 1/12} \\ &= 35.45 \end{aligned}$$

综上所述，原子的绝对质量是一个有单位的量，其数值的大小除与组成原子的粒子多少有关外，还与所选用的单位有关。元素的相对原子质量或称原子量是一个无单位的相对比值，它与原子质量所选用的单位无关。例如，上述氯元素的平均原子质量，若以“原子质量单位”u 为单位，其数值为 35.45；若以 kg 为单位，其数值就不同了。但是，氯元素的相对原子

质量不论原子质量选用什么单位,其数值均为 35.45。

由于自然界的演变及人类的生产活动,对元素各种同位素在自然界中的丰度有影响,科学测试技术也越来越精确,因而元素的相对原子质量(原子量)每隔几年就要修订一次。

摩尔(mol)

大家知道,原子和分子不仅很轻,而且很小。我们所接触到的物质都是无数个原子或分子的集合体。如果用原子量和分子量可以度量原子和分子的相对质量,那么用什么量来计量原子和分子的数目呢? 1971年第14届国际计量大会通过决议,提出以“物质的量”来计量原子、分子等微观粒子的数目,并以“摩尔”作为其基本单位。摩尔的定义包括以下两方面内容:

(1) 摩尔是一系统的“物质的量”,该系统中所含基本单元的数目与 0.012kg 碳-12(^{12}C)所含的原子数目相等;

(2) 在使用摩尔时,“基本单元”应予指明,它可以是原子、分子、离子、电子及其它微观粒子,或这些粒子的特定组合。

对于这两方面内容可作如下理解:

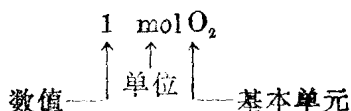
(1) 0.012kg ^{12}C 中所含 ^{12}C 的原子数目就是 1 摩尔),或记作 1mol。现今测知 0.012kg ^{12}C 中所含 ^{12}C 的原子数目为:

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

这就是阿伏加德罗常数。目前 N_A 值仍是一个近似值,随着测试手段的改进还在不断修正。由此可以看出,若一系统的

“物质的量”是 1mol, 则该系统中含有 6.022×10^{23} 个“基本单元”。因此, 摩尔这个单位是以 0.012kg ^{12}C 中所含 ^{12}C 的原子数目为标准来衡量其它系统中所含“基本单元”数目的多少。

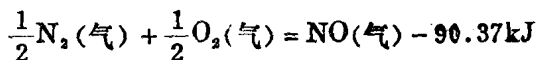
(2) 在使用摩尔这一单位时, 指明“基本单元”非常重要, 而且, 基本单元最好用符号表示, 不宜使用中文字, 以免发生误解。例如:

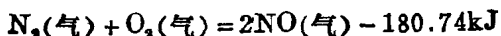


它表示: 以 mol 为单位, O_2 为基本单元, 其物质的量为 1mol。显然, 1mol O_2 中含有 6.022×10^{23} 个 O_2 或 $2 \times 6.022 \times 10^{23}$ 个 O。如果把 1mol O_2 写成“1mol 氧”那就不明确了。因为中文字“氧”可以理解为氧分子(O_2), 也可以理解为氧原子或其它。

另外, “基本单元”也可以是一些微观粒子的特定组合。这表明不仅纯物质, 而且混合物也可以用“物质的量”来计量其微观粒子的数目, 条件是要有一定的比例关系。例如, 空气中氮气和氧气的分子数之比接近 4:1, 那么 1mol 空气可表示成 1mol($\text{N}_2:\text{O}_2 = 4:1$), 即其中 N_2 为 0.8mol, O_2 为 0.2mol。

在讨论化学反应时, 也可以把化学反应方程式中诸物质的分子按反应方程式中系数关系的特定组合作为“基本单元”。例如,





这两个反应方程式虽然都表示 $\text{N}_2(\text{气})$ 与 $\text{O}_2(\text{气})$ 反应生成 $\text{NO}(\text{气})$ ，但由于写法不同或说“基本单元”的内容不同，伴随的能量变化也就不同。为了更明确表示反应的基本单元与其能量变化的关系，严格说来上述反应吸收的热应分别写为： $90.37\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 $180.74\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

摩尔质量 (M)

用“物质的量”可以表示某系统中指定基本单元数目的多少。那么如果知道了一系统中某物质的“物质的量”，该物质的质量为多少呢？这就要用“摩尔质量”来量度。摩尔质量 (M) 的定义为，单位“物质的量”的质量。这里“单位物质的量”通常用 1mol 表示。据此定义，即有如下关系：

$$M = m/n$$

式中， m ——某系统物质的质量(常用单位为 g 或 kg)；

n ——该系统中物质的量(单位为 mol)；

M ——该系统物质的摩尔质量(常用单位为 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)。

原子或分子的摩尔质量与其原子量或分子量有一定关系：当以“ $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ”作为摩尔质量的单位时，任何原子的摩尔质量在数值上等于该元素的相对原子质量。这一结论对于分子、离子等亦适用。例如，

H 的相对原子质量为 1.008， H 的摩尔质量 $M_{(\text{H})}$ 为 $1.008\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

O_2 的相对分子质量为 32.00， O_2 的摩尔质量 $M_{(\text{O}_2)}$ 为 $32.00\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

OH^- 的式量为 17.01, OH^- 的摩尔质量 $M(\text{OH}^-)$ 为 $17.01\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

对同一系统的物质来说,质量、物质的量、摩尔质量与基本单元数有如下关系:

$$\text{物质的量} = \frac{\text{质量}}{\text{摩尔质量}} = \frac{\text{基本单元数}}{\text{阿佛加德罗常数}}$$

摩尔体积(V_m)

与摩尔质量类似,物质的摩尔体积可以定义为:单位“物质的量”的物质所占有的体积。其常用单位为 $\text{dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ 或 $\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$,化学中常用 $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ 作为摩尔体积的单位。

大家知道,固体不仅具有一定的形状,而且体积基本上不随压力变化而变。液体虽不具有确定的形状,但一定量液体的体积也基本不随压力而变。因此,固体和液体的摩尔体积基本上不随压力而变。对于气体来说则不然,压力和温度的改变都会引起体积或摩尔体积的改变。实验表明,在 0°C 及 1 个标准大气压 (273.15K , 101.325kPa) 的条件下,即标准状况下, 1mol 任何气体所占的体积都约为 22.4L 。因此,这种条件下的气体摩尔体积约为 $22.4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

为什么在标准状况下, 1mol 任何气体的体积都约为 22.4L ,而 1mol 不同的液态物质或固态物质所占的体积不同呢?其原因在于它们分子的运动状态不同,如图 1 所示。

在固体或液体中,每个分子(原子或离子)的运动都受到其它分子(原子或离子)的约束,分子(原子或离子)基本上是紧密排列在一起的。这种情况下,每一个分子(原子或离子)



图1 固体、液体和气体中分子(原子或离子)的运动状态

本身所占体积对该物质总体积的大小起了决定性作用。因而固体或液体的摩尔体积随其分子(原子或离子)的大小而异。

对于气体来说情况就不大相同了。气体分子间的距离很大,每一个分子可在很大的空间自由、快速地运动。而气体分子的体积又很小,与分子间空旷的空间相比完全可以忽略。因此,任何气体只要其分子的‘物质的量’相同,或者说气体的分子数目相同,在相同的温度和压力条件下,它所占的体积就大致相同。

有关气体计算中各相关量之间的关系式如下:

$$\frac{\text{气体的质量}}{\text{分子的摩尔质量}} = \text{气体分子的物质的量} = \frac{\text{气体分子数}}{\text{阿伏加德罗常数}}$$

$$\text{气体分子的物质的量} = \frac{\text{气体的体积}}{\text{气体的摩尔体积}}$$

需要指出,当用 $22.4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ 作为气体的摩尔体积进行计算时,必须是标准状况和以气体分子为“基本单元”。

溶液的浓度

生活和工作中经常涉及到溶液。溶液中溶质与溶剂间相