

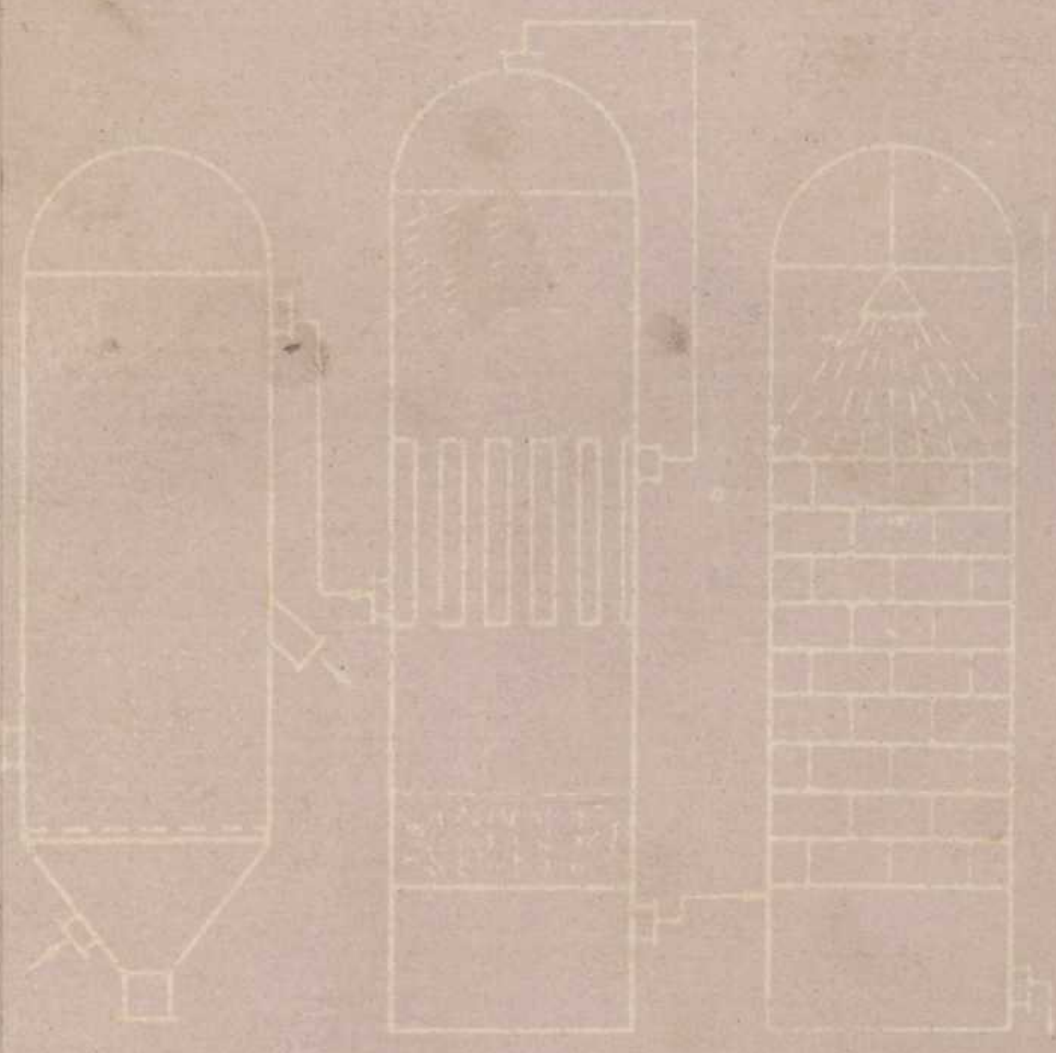
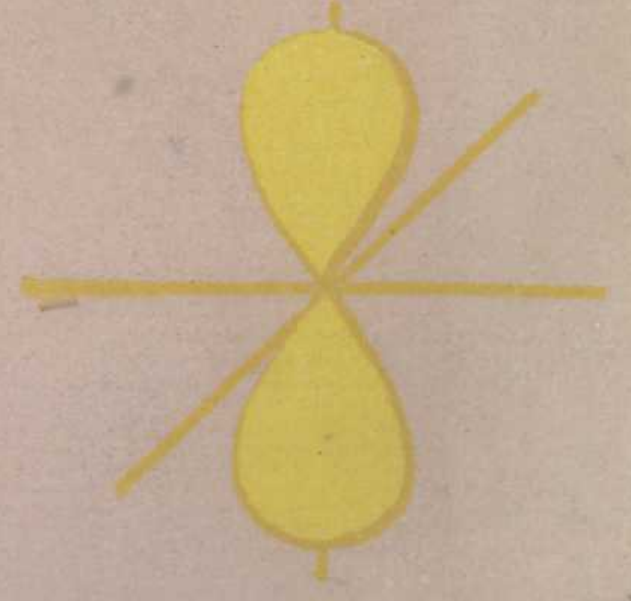
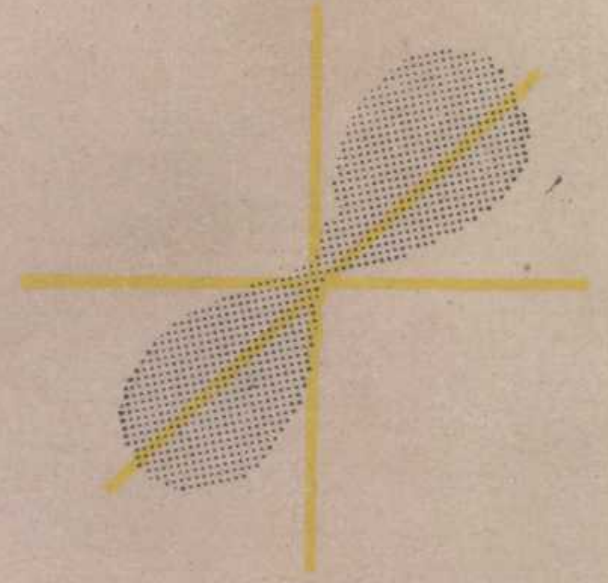
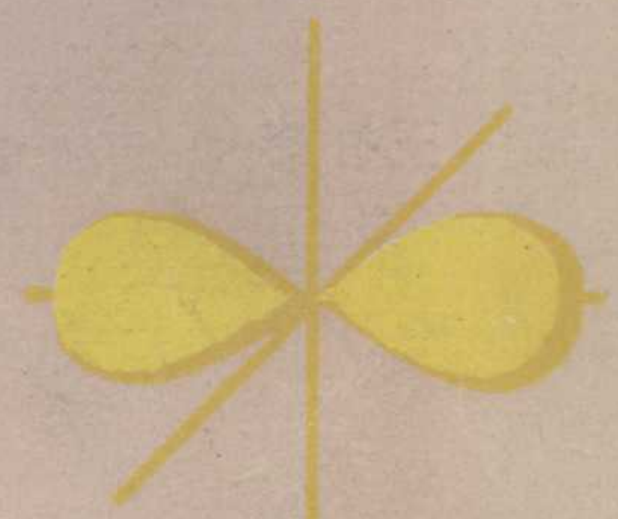
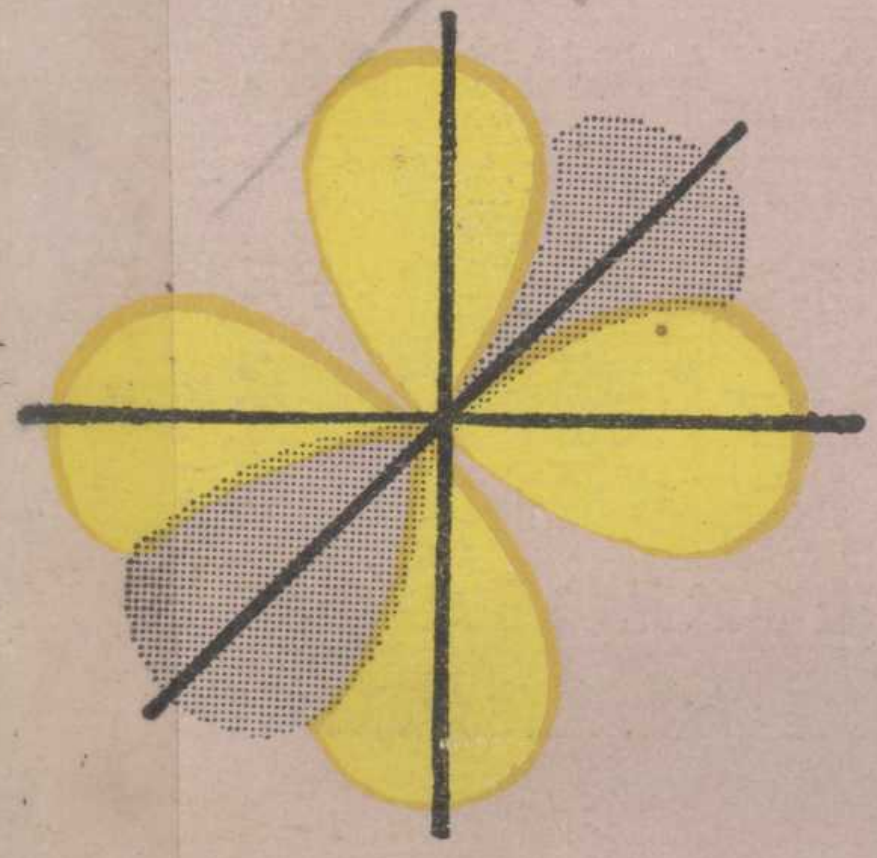
高级中学课本
(甲种本)

化学

HUAXUE

第一册

G634.8/4=1



说 明

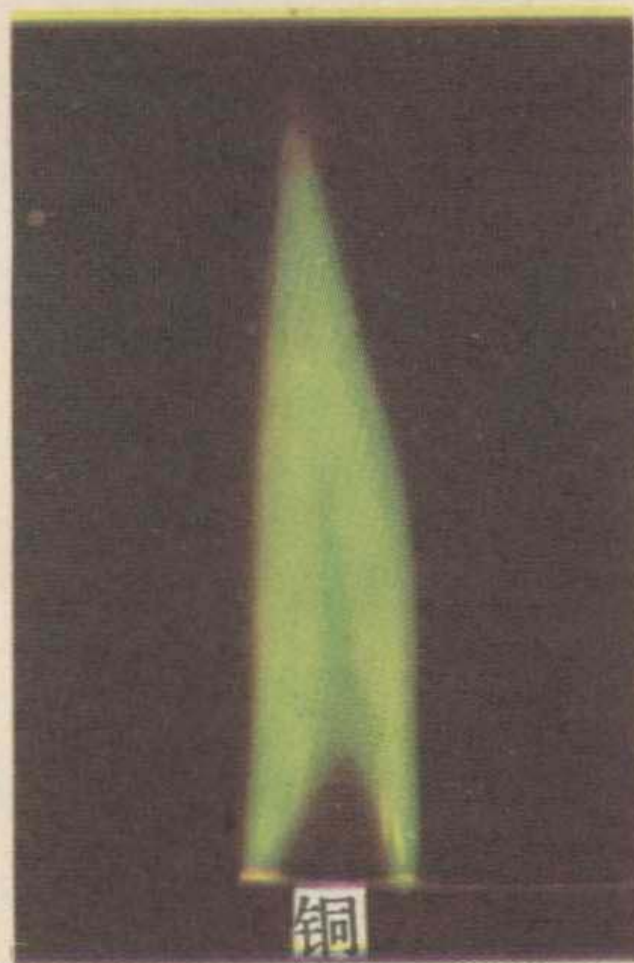
本书供六年制中学高中一年级选用,每周授课3课时。

本书是在中小学通用教材化学编写组编的《全日制十年制学校初中课本(试用本)化学》卤素和碱金属一章和《全日制十年制学校高中课本(试用本)化学》第一册硫 硫酸、摩尔反应热和物质结构 元素周期律部分内容的基础上,吸收了几年来各地在试用中的一些教学经验和意见编写成的。

参加本书编写工作的有许国培、程名荣、张健如、胡美玲、王存志等。北京师范大学化学系的何少华也参加了编写工作。责任编辑是许国培,审定者是武永兴、梁英豪。

希望广大教师和研究中学化学教学的同志提出批评和修改意见。

焰色反应



无锡教育学院
图书馆藏

江南大学图书馆



11197295

目 录

第一章 摩尔	1
第一节 摩尔	1
第二节 气体摩尔体积	6
第三节 摩尔浓度	12
第四节 反应热	18
内容提要	22
第二章 卤素	25
第一节 氯气	25
第二节 氯化氢和盐酸	31
第三节 氧化-还原反应	35
第四节 卤族元素	39
内容提要	48
第三章 硫 硫酸	51
第一节 硫	51
第二节 硫的氢化物和氧化物	54
第三节 硫酸的工业制法——接触法	58
第四节 硫酸 硫酸盐	64
第五节 离子反应 离子方程式	69
第六节 氧族元素	73
内容提要	77
第四章 碱金属	81
第一节 钠	81
第二节 钠的化合物	84
第三节 碱金属元素	87

内容提要.....	94
第五章 原子结构 元素周期律.....	96
第一节 原子核.....	96
第二节 核外电子的运动状态.....	99
第三节 原子核外电子的排布.....	107
第四节 元素周期律.....	115
第五节 元素周期表.....	120
第六节 元素周期律的发现和意义.....	131
内容提要.....	135
学生实验.....	145
实验一 化学实验基本操作.....	145
实验二 配制一定摩尔浓度的溶液.....	148
实验三 重结晶法提纯硫酸铜 测定硫酸铜晶体里结晶 水的含量.....	150
实验四 氯、溴、碘的性质.....	152
实验五 硫酸的性质 硫酸根离子的检验.....	154
实验六 实验习题.....	156
实验七 碱金属及其化合物的性质.....	157
实验八 同周期、同主族元素性质的递变.....	160
实验九 实验习题.....	162
选做实验 阿佛加德罗常数的测定.....	163
附录 酸、碱和盐的溶解性表(20°C) 元素周期表.....	163

第一章 摩 尔

摩尔是国际单位制的一种基本单位，它表示物质的量。摩尔广泛地应用于科学研究、工农业生产等方面。在中学化学里，摩尔应用于计算微粒的数量、物质的质量、气体的体积、溶液的浓度、反应过程的热量变化等等。

我们要重视摩尔的学习，理解摩尔的意义，学会使用摩尔这个基本单位的方法，并在以后各章的学习里不断应用。

第一节 摩 尔

一、摩尔

我们在初中化学里，学习过原子、分子、离子等构成物质的微粒，知道单个这样的微粒是肉眼看不见的，也是难于称量的。但是，在实验室里取用的物质，不论是单质还是化合物，应是看得见的、可以称量的。生产上，物质的用量当然更大，常以吨计。物质之间的反应，既是按照一定个数、肉眼看不见的原子、分子或离子来进行，而实践上又是以可称量的物质进行反应。所以，很需要把微粒跟可称量的物质联系起来。

怎样联系起来呢？就是要建立一种物质的量的基本单位，这个单位是含有同数的原子、分子、离子等等的集体。科学上，已经建立把微粒跟微粒集体联系起来的单位。那么，采取多大的集体作为物质的量的单位呢？

近年来，科学上应用 12 克碳-12(或 0.012 千克碳-12)来衡量碳原子集体。碳-12 就是原子核里有 6 个质子和 6 个中子的碳原子。根据实验测定，12 克碳-12 含有的原子数就是阿佛加德罗^①常数。阿佛加德罗常数经过实验已测得比较精确的数值。在这里，采用 6.02×10^{23} 这个非常近似的数值。

摩尔是表示物质的量的单位，每摩尔物质含有阿佛加德罗常数个微粒。例如：

1 摩尔^②的碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子，

1 摩尔的氢原子含有 6.02×10^{23} 个氢原子，

1 摩尔的氧分子含有 6.02×10^{23} 个氧分子，

1 摩尔的水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子，

1 摩尔的二氧化碳分子含有 6.02×10^{23} 个二氧化碳分子，

1 摩尔的氢离子含有 6.02×10^{23} 个氢离子，

1 摩尔的氢氧根离子含有 6.02×10^{23} 个氢氧根离子。

阿佛加德罗常数是很大的数值，但摩尔作为物质的量的单位应用极为方便。因为实验测得 1 摩尔碳-12 的质量是 12 克，即含有 6.02×10^{23} 个碳原子的质量。由此我们可以推算 1 摩尔任何原子的质量。

一种元素的原子量是以碳-12 的质量的 1/12 作为标准，其它元素原子的质量跟它相比较所得的数值，如氧的原子量是 16，氢的原子量是 1，铁的原子量是 55.85，等等。1 个碳原子的质量跟 1 个氧原子的质量之比是 12:16。1 摩尔碳原子

^① 阿佛加德罗(Avogadro 1776—1856) 是意大利物理学家。

^② 摩尔可以简称为摩，符号 mol。

跟1摩尔氧原子所含有的原子数相同,都是 6.02×10^{23} 。1摩尔碳原子是12克,那么1摩尔氧原子就是16克。同理,1摩尔任何原子的质量就是以克为单位,数值上等于该种原子的原子量。由此我们可以直接推知:

氢的原子量是1,1摩尔氢原子的质量是1克,

铁的原子量是55.85,1摩尔铁原子的质量是55.85克。

其次,我们用摩尔来衡量双原子分子或多原子分子构成的各种物质的时候,那么同样地可以推知,1摩尔任何分子的质量,就是以克为单位,数值上等于该种分子的分子量。

氢气的分子量是2,1摩尔氢气的质量是2克,

氧气的分子量是32,1摩尔氧气的质量是32克,

二氧化碳的分子量是44,1摩尔二氧化碳的质量是44克,

水的分子量是18,1摩尔水的质量是18克。

当摩尔应用于表示离子的时候,同样可以推知1摩尔离子的质量。由于电子的质量过于微小,失去或得到的电子的质量可以略去不计。

1摩尔 H^+ 的质量是1克,

1摩尔 OH^- 的质量是17克,

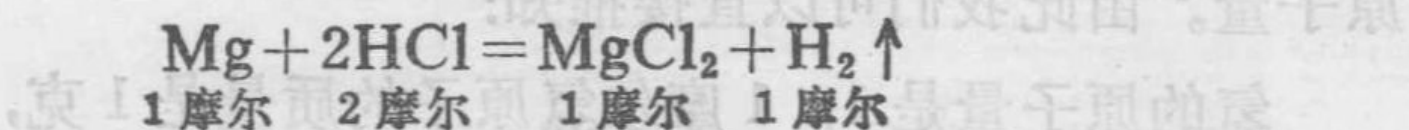
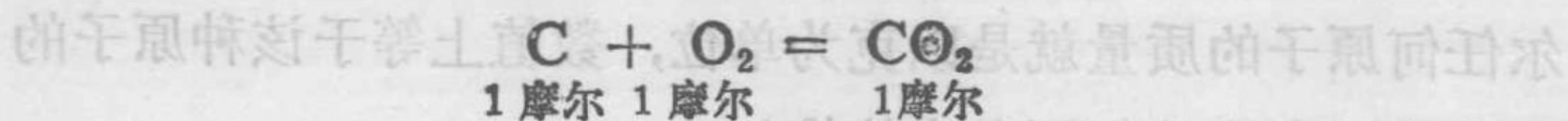
1摩尔 Cl^- 的质量是35.5克。

对于离子化合物也可以同样推知,如1摩尔 $NaCl$ 的质量是58.5克。

总之,摩尔象一座桥梁把单个的、肉眼看不见的微粒跟很大数量的微粒集体、可称量的物质之间联系起来。

应用摩尔来衡量物质的量,在科学技术上带来了方便。如

从化学反应中反应物和生成物之间的原子、分子等微粒的比值,可以直接知道它们之间摩尔的数目之比,



克 28.25 量量 摩尔 摩尔 摩尔 1 28.25 量量 摩尔 摩尔

二、关于摩尔质量的计算

1 摩尔物质的质量通常也叫做该物质的摩尔质量, 摩尔质量的单位是“克/摩尔”。物质的量、物质的质量和摩尔质量之间的关系可以用下式表示:

$$\frac{\text{物质的质量(克)}}{\text{摩尔质量(克/摩尔)}} = \text{物质的量(摩尔)}$$

〔例题 1〕 90 克水相当于多少摩尔水分子?

〔解〕 水的分子量是 18, 水的摩尔质量是 18 克/摩尔。

$$\frac{90 \text{ 克}}{18 \text{ 克/摩尔}} = 5 \text{ 摩尔}$$

答: 90 克水相当于 5 摩尔水, 也可以说 90 克水所含的摩尔数是 5。

〔例题 2〕 2.5 摩尔铜原子的质量是多少克?

〔解〕 铜的原子量是 63.5, 铜的摩尔质量是 63.5 克/摩尔。

$$2.5 \text{ 摩尔铜的质量} = 63.5 \text{ 克/摩尔} \times 2.5 \text{ 摩尔} = 158.8 \text{ 克}$$

答: 2.5 摩尔铜原子(或简称 2.5 摩尔铜)的质量等于 158.8 克。

〔例题 3〕 4.9 克硫酸里含有多少硫酸分子?

【解】 硫酸的分子量是 98，硫酸的摩尔质量是 98 克/摩尔。

$$\frac{4.9 \text{ 克}}{98 \text{ 克/摩尔}} = 0.05 \text{ 摩尔}$$

$$\begin{aligned} 4.9 \text{ 克硫酸的分子数} &= 6.02 \times 10^{23} / \text{摩尔} \times 0.05 \text{ 摩尔} \\ &= 3.01 \times 10^{22} \end{aligned}$$

答：4.9 克硫酸里含有 3.01×10^{22} 个分子。

习 题

- 2 个氧分子、2 克氧气、2 摩尔氧分子有什么区别？
- 选择正确的答案填写在括号里。
0.5 摩尔氢气含有()。
① 0.5 个氢分子，② 1 个氢原子，③ 6.02×10^{23} 个氢原子，④ 3.01×10^{23} 个氢分子，⑤ 3.01×10^{12} 个氢分子。
- 计算 1 摩尔下列物质的质量。
(1) 氮、镁、氯原子、磷原子。
(2) 硝酸、硝酸铵、蔗糖($C_{12}H_{22}O_{11}$)。
- 下列物质的量各等于多少摩尔。
(1) 1 千克硫原子，0.5 千克铝原子，0.25 千克锌原子。
(2) 22 克二氧化碳，500 克氯化钠，1.5 千克蔗糖。
- 分别列出铝、铁、铅的摩尔质量。根据 20°C 时，铝、铁、铅的密度^①分别是 2.70 克/厘米³、7.86 克/厘米³、11.3 克/厘米³，计算 1 摩尔铝、铁、铅的体积。

① 按照国际单位制，密度的单位应是千克每立方米(kg/m^3)，在这里，暂按习惯用克每立方厘米(g/cm^3)或克每升(g/l)为单位。

80 6. 在 15°C 时, 蔗糖的密度是 1.588 克/厘米³, 计算 1 摩尔蔗糖的体积。

7. 分解氯酸钾制氧气的时候, 制 0.6 摩尔氧气需要多少摩尔的氯酸钾?

8. 跟含 4 克氢氧化钠的溶液起反应使生成正盐, 需用下列酸各多少摩尔。

(1) HCl (2) HNO_3 (3) H_2SO_4

(4) H_3PO_4 (5) HClO_3 (氯酸)

9. 硫酸铵、硝酸铵、磷酸氢二铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 、尿素都可以作为氮肥。试计算:

(1) 1 摩尔上述物质的质量各是多少克。

(2) 1 摩尔上述物质里各含多少摩尔氮原子。

第二节 气体摩尔体积

一、气体摩尔体积

对于固态或液态的物质来说, 1 摩尔各种物质的体积是不相同的。例如, 20°C 时, 1 摩尔铁的体积是 7.1 厘米³, 1 摩尔铝的体积是 10 厘米³, 1 摩尔铅的体积是 18.3 厘米³ (图 1-1); 1 摩尔水的体积是 18.0 厘米³, 1 摩尔纯硫酸的体积是 54.1 厘米³, 1 摩尔蔗糖的体积是 215.5 厘米³ (图 1-2)。

1 摩尔固态或液态的物质的体积为什么不同呢? 这因为对固态或液态的物质来说, 构成它们的微粒间的距离是很小的, 1 摩尔物质的体积主要决定于原子、分子或离子的大小。构成不同物质的原子、分子或离子的大小是不同的, 所以它们

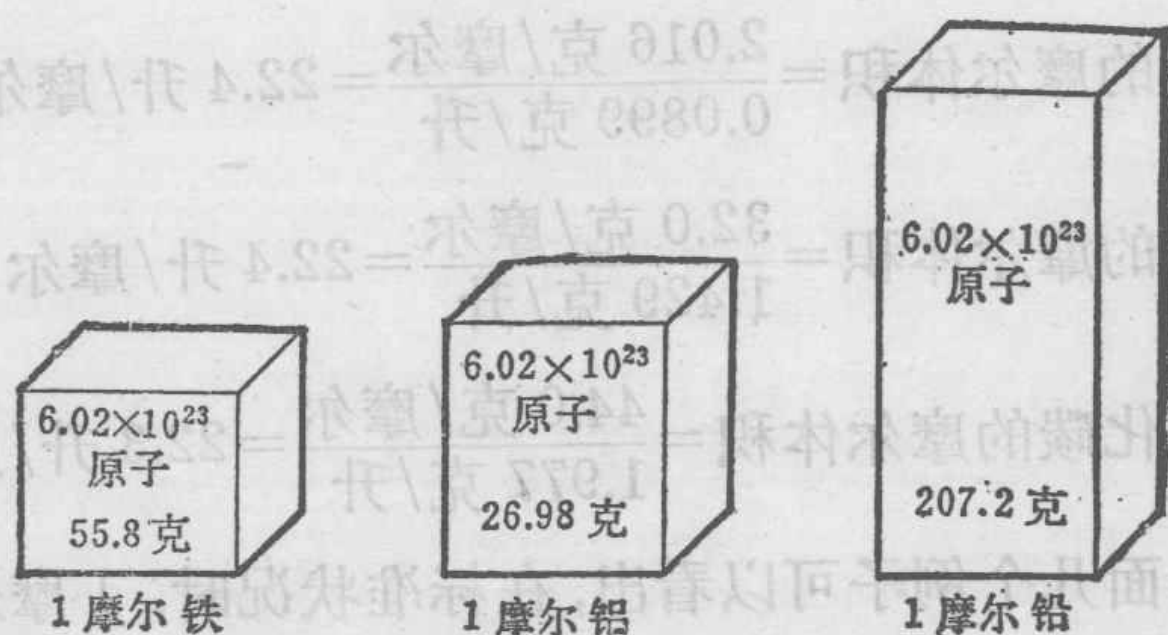


图 1-1 1 摩尔的几种金属



图 1-2 1 摩尔的几种化合物

1 摩尔的体积也就有所不同。

但是, 对气体来说, 情况就大不相同。

我们分别计算 1 摩尔氢气、氧气和二氧化碳在标准状况^①时的体积。氢气的摩尔质量是 2 克/摩尔, 氧气的摩尔质量是 32 克/摩尔, 二氧化碳的摩尔质量是 44 克/摩尔, 同时它们的密度分别是 0.0899 克/升、1.429 克/升和 1.977 克/升。这样就可以算出上述气体在标准状况时所占的体积。

^① 标准状况是指压强为 1 标准大气压和温度为 0°C。根据国际单位制压强单位是帕斯卡(Pa)。在这里暂用标准大气压(atm)。1atm = 101 325 Pa。

$$\text{氢气的摩尔体积} = \frac{2.016 \text{ 克/摩尔}}{0.0899 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升/摩尔}$$

$$\text{氧气的摩尔体积} = \frac{32.0 \text{ 克/摩尔}}{1.429 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升/摩尔}$$

$$\text{二氧化碳的摩尔体积} = \frac{44.0 \text{ 克/摩尔}}{1.977 \text{ 克/升}} = 22.3 \text{ 升/摩尔}$$

从上面几个例子可以看出,在标准状况时,1摩尔三种气体的体积都约是 22.4 升。而且经过许多实验发现和证实,1摩尔的任何气体在标准状况下所占的体积都约是 22.4 升(图 1-3)。



图 1-3 气体摩尔体积



图 1-4 气体分子的运动和距离

在标准状况下,1摩尔的任何气体所占的体积都约是 22.4 升,这个体积叫做气体摩尔体积。

为什么 1 摩尔的固体、液体的体积各不相同,而 1 摩尔气体在标准状况时所占的体积都相同呢?这要从气态物质的结构去找原因。气体的分子在较大的空间里迅速地运动着(图 1-4)。在通常情况下气态物质的体积要比它在液态或固态时大 1000 倍左右,这是因为气体分子间有着较大的距离。通常情况下一般气体的分子直径约是 4×10^{-10} 米,分子间的平均

距离约是 4×10^{-9} 米，即平均距离是分子直径的 10 倍左右 (图 1-5)。这就可以推知，气体体积主要决定于分子间的平均距离，而不象液体或固体那样，体积主要决定于分子的大小。在标准状况下，不同气体分子间的平均距离几乎是相等的，所以任何物质的气体摩尔体积都约是 22.4 升/摩尔。

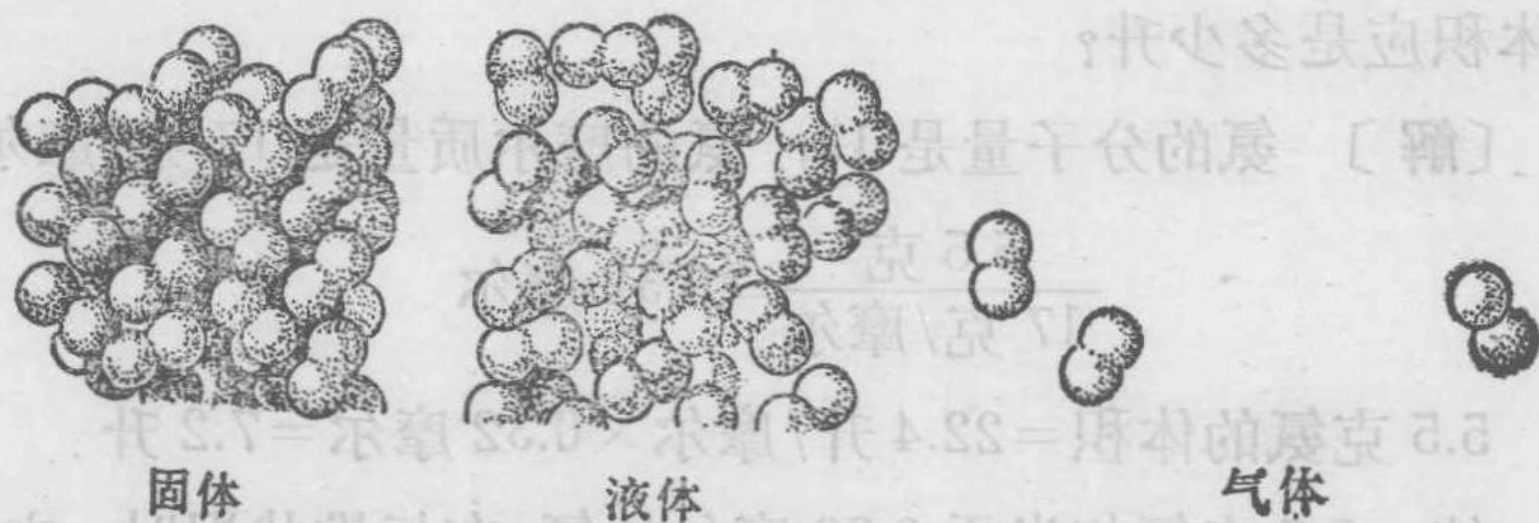


图 1-5 固体、液体跟气体的分子间距离比较示意图(以碘为例)

气体摩尔体积约是 22.4 升/摩尔，为什么一定要加上标准状况这个条件呢？这是因为气体的体积较大地受到温度和压强的影响。温度升高时，气体分子间的平均距离增大，温度降低时平均距离减小；压强增大时，气体分子间的平均距离减小，压强减小时，平均距离增大。各种气体在一定温度和压强下，分子间的平均距离是相等的。在一定的温度和压强下，气体体积的大小只随分子数的多少而变化，相同的体积含有相同的分子数。这是经过生产上和科学实验的许多事实所证明的。

在相同的温度和压强下，相同体积的任何气体都含有相同数目的分子，这就是阿佛加德罗定律。

〔讨论〕 如果已经知道水的分子式是 H_2O ，我们能够根

据氢气跟氧气化合成水蒸气的体积比是 2:1:2，应用阿佛加德罗定律来证明 1 个氧分子里含有 2 个氧原子吗？

二、关于气体摩尔体积的计算

〔例题 1〕 5.5 克氨相当于多少摩尔氨，在标准状况时它的体积应是多少升？

〔解〕 氨的分子量是 17，氨的摩尔质量是 17 克/摩尔。

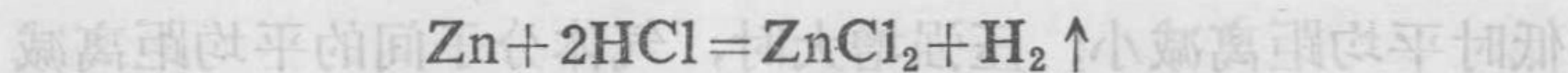
$$\frac{5.5 \text{ 克}}{17 \text{ 克/摩尔}} = 0.32 \text{ 摩尔}$$

5.5 克氨的体积 = 22.4 升/摩尔 \times 0.32 摩尔 = 7.2 升

答：5.5 克氨相当于 0.32 摩尔的氨，在标准状况时，它的体积是 7.2 升。

〔例题 2〕 在实验室里使稀盐酸跟锌起反应，在标准状况时生成 3.36 升氢气。计算需要多少摩尔的 HCl 和锌。

〔解〕 设 x 为所需多少摩尔的锌， y 为所需多少摩尔的 HCl。



$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ 摩尔} & 2 \text{ 摩尔} & 22.4 \text{ 升} \\ x & y & 3.36 \text{ 升} \end{array}$$

$$x = \frac{1 \text{ 摩尔} \times 3.36 \text{ 升}}{22.4 \text{ 升}} = 0.15 \text{ 摩尔}$$

$$y = \frac{2 \text{ 摩尔} \times 3.36 \text{ 升}}{22.4 \text{ 升}} = 0.30 \text{ 摩尔}$$

答：需 0.15 摩尔锌和 0.30 摩尔 HCl。

〔例题 3〕 在标准状况时，0.20 升的容器里所含一氧化碳的质量为 0.25 克，计算一氧化碳的分子量。

根据摩尔体积可以计算出一氧化碳的摩尔质量，而摩尔质量的数值就等于它的分子量。

[解] 一氧化碳的摩尔质量 = 一氧化碳的密度 × 一氧化碳的摩尔体积

$$= \frac{0.25 \text{ 克}}{0.20 \text{ 升}} \times 22.4 \text{ 升/摩尔} = 28 \text{ 克/摩尔}$$

一氧化碳的分子量 = 28

答：一氧化碳的分子量是 28。

习 题

- 改正下列说法里可能有的错误，并说明理由。
 - 1 摩尔任何气体的体积都是 22.4 升。
 - 1 摩尔氢气的质量是 1 克，它所占的体积是 22.4 升。
 - 1 摩尔任何物质在标准状况时所占的体积都约是 22.4 升。
 - 1 摩尔氢气和 1 摩尔水所含的分子数相同，在标准状况时所占体积都约是 22.4 升。
- 在标准状况时，1 升氮气约含有多少个氮分子？
- 在标准状况时，15 克氧气所占的体积比 1 克氢气所占的体积是大还是小？
- 在标准状况时，4.4 克二氧化碳的体积跟多少克氧气的体积相等？
- 在实验室制备氢气的时候，用 0.1 摩尔的锌跟足量稀盐酸起反应，计算所产生的氢气的体积（在标准状况）。
- 氮气在标准状况时的密度是 1.25 克/升，液态氮在

-195.8°C的密度是0.808克/厘米³，固态氮在-232.5°C的密度是1.026克/厘米³，比较1摩尔的氮在气态、液态、固态各占多少体积。

7. 在标准状况时，235毫升某种气体的质量是0.406克，计算这种气体的分子量。

第三节 摩尔浓度

一、摩尔浓度

我们在初中化学里学习过百分比浓度，应用这种表示溶液浓度的方法，可以了解和计算一定质量的溶液中所含溶质的质量。但是，我们在许多场合取用溶液时，一般不是去称它的质量而是量它的体积。同时，物质起反应时，反应物和生成物各是多少摩尔相互之间有一定的关系，知道一定体积溶液里含多少摩尔溶质，运算起来很便利。因此，摩尔浓度是生产上和科学实验上常用的一种表示溶液浓度的重要方法。

以1升溶液里含有多少摩尔溶质来表示的溶液浓度叫摩尔浓度。摩尔浓度^①通常用M表示。

$$\text{摩尔浓度}(M) = \frac{\text{溶质的物质的量(摩尔)}}{\text{溶液的体积(升)}}$$

1升溶液中含1摩尔的溶质，这种溶液就是1摩尔浓度的溶液，通常用1M表示。如蔗糖的摩尔质量是342克/摩尔。

^① 按照国际单位制的规定，物质的量浓度的单位是摩尔每立方米(mol/m³)。在这里仍暂按习惯沿用摩尔浓度，单位也用摩尔每升(mol/l)。