第一章　基本概念和基本计算

学习目标

1. 掌握物质的量及其单位的定义和应用。
2. 掌握摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度的含义，能进行简单的计算。
3. 熟悉化学方程式的计算。
4. 了解热化学方程式。

自然界中存在的各种物质都是由原子、分子、离子等微观粒子构成的，构成物质的各种微观粒子的质量极微小，难以称量。然而，在生产和实践中，参加反应的物质都可以称量，这是因为反应物质是大量微粒的集合体。化学反应就是在这些微粒的集合体之间按一定的数量关系发生的。那么，怎样才能将肉眼看不见的难以称量的微观粒子与可称量的宏观物质之间联系起来呢？在 1971 年的第 14 届国际计量大会上引入一个新的物理量，其名称为“物质的量（amount of substance）”，被广泛用于科学研究、工农业生产等方面。

第一节　物质的量及单位

一、物质的量（n）

物质的量是表示物质所含微观粒子数目多少的物理量，其单位为摩尔，符号为 mol。

根据国际单位制规定，系统中所包含的基本单元数与 0.012kg 碳-12（可用 ^{12}C 表示）的原子数目相等，则该系统的物质的量就是 1mol。

0.012kg ^{12}C 含有的碳原子数叫做阿佛加德罗常数，用符号 N_A 表示。阿佛加德罗常数是经过实验测得的数值，约为 6.02×10^{23}。即在 0.012kg ^{12}C 中所含有碳原子数约为 6.02×10^{23} 个，物质的量为 1mol。在使用摩尔单位时，要指明基本单元，例如：

1mol 碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子：

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1mol 氮分子含有 6.02×10^{23} 个氮分子；

1mol 水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子；

1mol 氢氧根离子含有 6.02×10^{23} 个氢氧根离子；

2mol 二氧化碳分子含有 $2\times6.02\times10^{23}$ 个二氧化碳分子。

由此可以推出：

物质中的微粒数＝物质的量×阿佛加德罗常数

即

$$N = n N_A \tag{1-1}$$

上述公式中的微观粒子即可以是分子、原子、离子、电子，或是它们的特定组合。

根据式（1-1）可进行物质的量与微粒数目之间的换算，例如：

0.5mol 的 NH_3 约含有 $0.5\times6.02\times10^{23}$ 个 NH_3 分子；

0.1mol 的 H_2SO_4 约含有 $0.1\times6.02\times10^{23}$ 个 H_2SO_4 分子。

由此可见，用物质的量表示物质所含微观粒子数目的多少，在科学技术和化学计算等方面带来了很大的方便。

二、摩尔质量

元素的相对原子质量是以碳-12 原子质量的 1/12 为标准，其他元素原子的质量与它相比较所得的数值。1mol 碳-12 的质量是 12g，即 6.02×10^{23} 个碳原子的质量是 12g。利用 1mol 任何物质都含有相同数目的粒子这个关系，可以推知 1mol 任何粒子的质量。例如，1 个 ^{12}C 与 1 个 H 的质量比约为 12∶1，1mol ^{12}C 与 1mol H 含有的原子数相同，因此，1mol ^{12}C 与 1mol H 的质量比也是 12∶1。因为 1mol ^{12}C 的质量是 12g，所以，1mol H 的质量就是 1g。

由此可以得出，1mol 任何原子的质量，以克作单位时，数值上等于这种原子的相对原子质量。例如：

氧原子的相对原子质量为 16，则 1mol 氧原子的质量为 16g；

硫原子的相对原子质量为 32，则 1mol 硫原子的质量为 32g；

氯原子的相对原子质量为 35.5，则 1mol 氯原子的质量为 35.5g。

同理可推出，1mol 任何物质的质量，以克作单位时，数值上等于这种物质的相对分子质量。例如：

氧气的相对分子质量为 32，则 1mol 氧气的质量是 32g；

二氧化碳的相对分子质量为 44，则 1mol 二氧化碳的质量是 44g；

硫酸的相对分子质量为 98，则 1mol 硫酸的质量是 98g；

氢氧化钠的相对分子质量为 40，则 1mol 氢氧化钠的质量是 40g。

由于电子质量很小，原子失去或得到电子的质量可以忽略不计，由此可以推知 1mol 任何离子的质量。例如：

1mol 氢离子的质量为 1g；

1mol 钠离子的质量为 23g；

1mol 硫酸根的质量为 96g；

1mol 氢氧根的质量为 17g；

综上所述，1mol 任何物质的质量，以克为单位时，数值上等于该物质的化学相对分子质量。根据国家标准 GB 3102.8—86 规定，同一物质的质量(m_B)除以其物质的量(n_B)称为该物质的摩尔质量(M_B)，摩尔质量的 SI 单位为 kg/mol，在化学上常用 g/mol。物质的量（n_B）、物质的质量（m_B）和摩尔质量（M_B）之间的关系可用下式表示。

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \tag{1-2}$$

利用此式可以进行物质的质量与物质的量之间的换算。

【例 1-1】 2mol 铜原子的质量是多少克？含多少个铜原子？

解 已知 M（Cu）=63.5g/mol

（1）根据 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$

$$m(Cu)=n(Cu)\cdot M(Cu) = 2mol\times 63.5g/mol=127g$$

（2）根据 $N = n \cdot N_A$

$$N=2mol\times 6.02\times 10^{23}个/mol=1.204\times 10^{24}个$$

答：2mol 铜原子物质的质量是 127g，含 1.204×10^{24}个铜原子。

【例 1-2】 22g CO_2 的物质的量是多少摩尔？

解 已知 M（CO_2）= 44g/mol

根据 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$

$$n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{22g}{44g/mol} = 0.5mol$$

答：22g CO_2 的物质的量是 0.5mol。

第二节 气体摩尔体积

对于固体或液体来说，1mol 各种物质体积是不同的，如 20℃、1.01325×10^5Pa 时测得 1mol 铁的体积是 7.1cm^3，1mol 铝的体积是 9.5cm^3，1mol 铅的体积是 18.3cm^3，1mol 汞的体积是 14.8cm^3，1mol 水的体积是 18cm^3，1mol 纯硫酸的体积是 54.1cm^3，如 图 1-1、图 1-2 所示。

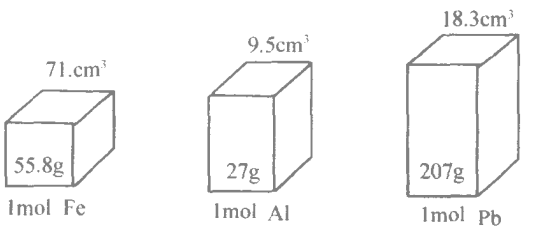


图 1-1 1mol 几种固体物质体积的比较

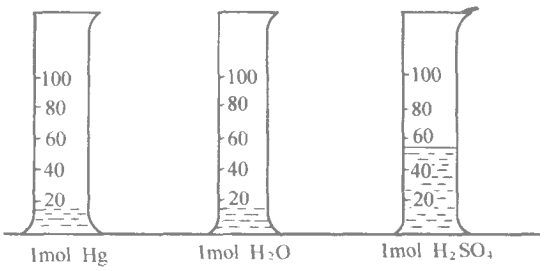


图 1-2 1mol 几种液体物质体积的比较

但是，对气体来说情况就大不相同，分别计算 1mol 氢气、氮气、氧气和二氧化碳在标准状况下（即温度为 0℃，压力为 1.01325×10^5Pa）的体积，列入表 1-1.

表 1-1 标准状况下某些气体的摩尔体积

气体	摩尔质量 M/(g/mol)	密度ρ_0/(g/L)	摩尔体积 V_m/(L/mol) $V_m=M/\rho$
H_2	2.02	0.09	约 22.4
N_2	28.01	1.25	约 22.4
O_2	32.00	1.43	约 22.4
CO_2	44.01	1.98	约 22.2

由上述几个例子可以看出，在标准状况下，它们的体积都约是 22.4L。经过实验进一步证实，在标准状况下， 1mol 的任何气体所占的体积都约是 22.4L，这个体积叫做气体摩尔体积，用 V_m 表示。

这是因为，在标准状况下气体分子间的距离是分子直径的 10 倍左右，所以气体的体积大小主要取决于分子间的平均距离，分子间距离的大小又与温度和压力有密切关系。一定量的气体，温度升高，分子间距离增大，体积随之增大；压力增大，分子间距离减小，体积随之减小。在同温同压下，不同气体的分子间平均距离几乎是相同的，因而，在标准状况下气体的摩尔体积都约是 22.4L。由此可得出标准状况下气体的物质的量与它所占体积的关系为：

$$n_B = \frac{V}{V_m} \tag{1-3}$$

【例 1-3】 5.5g 氨在标准状况时的体积是多少升？

解 M（NH_3）=17g/mol

根据 $$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

$$n(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M(NH_3)} = \frac{5.5g}{17g/mol} = 0.32mol$$

再根据 $$n_B = \frac{V}{V_m}$$

$$V(NH_3)=n(NH_3)V_m=0.32mol\times 22.4L/mol=7.2L$$

答：5.5g 氨在标准状况下的体积是 7.2 L 。

【例 1-4】 在标准状况时，0.4L 的容器里含某气体的质量为 0.5g，计算该气体的相对分子质量。

解 根据 $$n_B = \frac{V}{V_m}$$

$$n_B = \frac{0.4L}{22.4L/mol} = 0.018mol$$

再根据 $$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

$$M_B = \frac{m_B}{n_B} = \frac{0.5g}{0.018mol} = 28g/mol$$

摩尔质量在数值上就等于该物质的相对分子质量。所以该气体的相对分子质量为 28。

答：这种气体的相对分子质量是 28。

第三节 物质的量浓度

一、物质的量浓度

在实际工作中，很多化学反应都是在溶液中进行的，常常需要量取溶液的体积。因此知道一定体积溶液中含有溶质的“物质的量”计算起来就很方便。

单位体积溶液中含溶质 B 的“物质的量”，称为溶质 B 的物质的量浓度，其常用符号为 c_B，单位为 mol/L。

$$\text{物质的量浓度} = \frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$$

需要全本请访问 www.ertongbook.com

即
$$c_B = \frac{n_B}{V_B} \tag{1-4}$$

二、物质的量浓度的计算

【例 1-5】 0.5mol 氢氧化钠溶于水，配成 0.25L 溶液，计算此溶液的物质的量浓度。

解 根据
$$c_B = \frac{n_B}{V_B}$$
$$c(\mathrm{NaOH}) = \frac{n(\mathrm{NaOH})}{V(\mathrm{NaOH})} = \frac{0.5\mathrm{mol}}{0.25\mathrm{L}} = 2\mathrm{mol/L}$$

答：配成溶液的浓度为 2mol/L。

【例 1-6】 配制 500mL 0.1mol/L 的 NaOH 溶液，需要多少克 NaOH?

解 根据
$$c_B = \frac{n_B}{V_B}$$
$$n(\mathrm{NaOH}) = c(\mathrm{NaOH}) \cdot V(\mathrm{NaOH}) = 0.1\mathrm{mol/L} \times 0.5\mathrm{L} = 0.05\mathrm{mol}$$

再根据
$$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$
$$m(\mathrm{NaOH}) = n(\mathrm{NaOH}) \cdot M(\mathrm{NaOH}) = 0.05\mathrm{mol} \times 40\mathrm{g/mol} = 2\mathrm{g}$$

答：需要 2g NaOH。

【例 1-7】实验室常用质量分数为 98%**的硫酸溶液，密度是** 1.84g/mL**，求该溶液的物质的量浓度？**

解 可根据等体积的溶液中溶质的质量相等的关系，列式求解。

设该溶液的体积为 1L**，则有：**

$$c \times 1\mathrm{L} \times 98\mathrm{g/mol} = 1000\mathrm{mL} \times 1.84\mathrm{g/mL} \times 98\%$$
$$c = \frac{1000\ \mathrm{mL} \times 1.84\ \mathrm{g/mL} \times 98\%}{1\mathrm{L} \times 98\ \mathrm{g/mol}} = 18.4\ \mathrm{mol/L}$$

答：这种溶液的物质的量的浓度为 18.4mol/L。

用符号 ρ **代表溶液的密度，用** w **代表溶质的质量分数，** M **代表溶质的摩尔质量，则物质的量浓度公式可表示为：**

$$c = \frac{1000\ \rho \cdot w}{M} \tag{1-5}$$

此式即为物质的量浓度与溶质的质量分数之间的换算公式。

【例 1-8】 2mol/L **的** NaOH **溶液的密度是** 1.08g/mL **，求溶质的质量分数？**

解 根据
$$c = \frac{1000\rho \cdot w}{M}$$
$$w = \frac{c \cdot M}{1000\rho} = \frac{1\mathrm{L} \times 2\mathrm{mol/L} \times 40\mathrm{g/mol}}{1000\mathrm{mL} \times 1.08\mathrm{g/mL}} = 7.4\%$$

答：此溶液中溶质的质量分数为 7.4%。

三、溶液的配制和稀释

1. 溶液的配制

要配制一定浓度的溶液，其操作基本上可分为计算、称量、溶解、定容等过程。

课堂演示 1-1

配制 250mL 0.1mol/L 的 NaCl 溶液。

（1）计算　固体 NaCl 的质量

$$m=nM=cVM=0.1\text{mol/L}\times0.25\text{L}\times58.5\text{g/mol}=1.5\text{g}$$

（2）称量　用天平称取 1.5g 固体 NaCl 放入烧杯里。

（3）溶解　加适量蒸馏水，用玻璃棒充分搅拌，使其完全溶解。

（4）转移　将小烧杯里的溶液沿玻璃棒转移到 250mL 的溶液量瓶中，用少量蒸馏水洗涤烧杯内壁 2～3 次，并将洗涤液全部转移到容量瓶中。轻轻摇动容量瓶，使溶液混合均匀。

（5）定容　继续向容量瓶中加入蒸馏水，使用溶液凹面恰好与刻度相切。盖好容量瓶瓶塞，反复倒置摇匀。

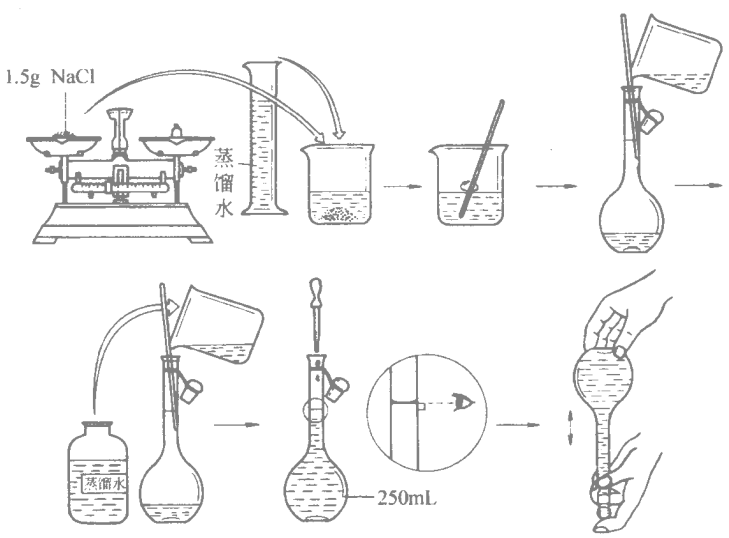


图 1-3　配制 250mL 0.1mol/L NaCl 溶液过程示意图

2. 溶液的稀释

在溶液中加溶剂后溶液的体积增大而浓度变小的过程叫溶液的稀释。溶液无论是浓缩还是稀释，只是溶剂的量发生变化，而所含溶质的质量（或物质的量）不变。即：稀释前溶质的“物质的量”等于稀释后溶质的“物质的量”。

设稀释前溶质的“物质的量”为 c_1V_1，稀释后溶质的“物质的量”为 c_2V_2，则溶液稀释的关系式为：

$$c_1V_1=c_2V_2 \tag{1-6}$$

应用上述关系式时，c_1 和 c_2，V_1 和 V_2 各自的单位必须统一。

【例 1-9】 配制 500mL 浓度为 3mol/L 的硫酸溶液，需要浓度为 12 mol/L 的浓硫酸多少毫升？

解　根据 $c_1V_1=c_2V_2$

$$V_1=\frac{c_2V_2}{c_1}=\frac{500\text{mL}\times 3\text{mol/L}}{12\text{mol/L}}=125\text{mL}$$

答：需浓硫酸 125mL。

第四节　化学方程式及其计算

一、化学方程式

用化学式来表示化学反应的式子叫化学反应式。而化学方程式与化学反应式有所不同，它不仅能表示反应物和生成物的种类，而且还表述了它们相互的量的关系，例如：

$$2Al+3H_2SO_4(\text{稀})=\!=\!=Al_2(SO_4)_3+3H_2\uparrow$$

微粒数比	2	∶3	∶	1	∶ 3
物质的量比	2mol	∶3mol	∶	1mol	∶ 3mol
质量之比	2×27g	∶3×98g	∶	342g	∶ 3×2g
气体摩尔体积					3mol×22.4L/mol

根据化学方程式进行计算时，可按以下步骤进行：

①正确地写出化学反应式并配平；

②标出反应物或生成物的质量，物质的量或气体体积；

③根据有关量列出比例式进行计算。

另外，在生产和科学实验中，利用化学方程式可以计算所得产品的理论产量，而在实际生产中往往因原料不纯，含有各种杂质，反应可能进行的不完全等原因而使原料的实际消耗量大于其理论消耗量，实际产量低于理论产量，这就需要了解原料的利用率和产品的产率问题，它们的关系可用下式表示。

$$\text{产品的产率}=\frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}}\times 100\%$$

$$\text{原料的利用率}=\frac{\text{理论消耗量}}{\text{实际消耗量}}\times 100\%$$

二、有关化学方程式的计算

【例 1-10】欲制取 96g 氧气，需要氯酸钾多少克？

解　首先写出正确的反应方程式，依题意设需氯酸钾的质量为 x 克。

$$2KClO_3 \xrightarrow[\triangle]{MnO_2} 2KCl+3O_2\uparrow$$

$$\begin{array}{cc} 2\times122.5 & 3\times32 \\ x & 96 \end{array}$$

$$x=\frac{2\times122.5\times96}{3\times32}=245(g)$$

答；需要氯酸钾 245g。

【例 1-11】合成 219kg HCl 气体，在标准状况下需氢气和氯气各多少立方米？

解　设需 H_2 为 $x$kmol，Cl_2 为 $y$kmol，欲合成 HCl 气体物质的量为：

$$\frac{219kg}{36.5kg/kmol}=6kmol$$

$$\begin{array}{ccc} H_2+Cl_2 & = & 2HCl \\ 1 \quad 1 & & 2 \\ x \quad y & & 6 \end{array}$$

则 $x=y=3$kmol

标准状况下的体积为 $3kmol\times22.4m^3/kmol=67.2m^3$

答：标准状况下需 H_2 和 Cl_2 各为 $67.2m^3$。

【例 1-12】工业上用煅烧石灰石来生产生石灰和二氧化碳，若煅烧 5t 含 90% $CaCO_3$ 的石灰石，问：（1）能得到生石灰多少吨？生产的 CO_2 在标准状况下是多少立方米？（2）若实际得到生石灰是 2.4t，其产率是多少？（3）每生产 1t 生石灰，用去 2t 石灰石，其原料利用率是多少？

解　（1）设得到 CaO 为 x 吨，生产 CO_2 为 y 立方米，原料中含纯 $CaCO_3$ 为 $5t\times90\%=4.5t$

$$\begin{array}{ccccc} CaCO_3 & = & CaO & + & CO_2\uparrow \\ 100 & & 56 & & 22400 \\ 4.5 & & x & & y \end{array}$$

$$x=\frac{4.5\times56}{100}=2.52(t)$$

$$y=\frac{4.5\times22400}{100}=1008(m^3)$$

（2）生石灰的理论产量为 2.52t

$$\text{石灰石的产率}=\frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}}\times 100\%=\frac{2.4}{2.52}\times 100\%=95.2\%$$

（3）由（1）理论计算可知生产 2.52t 氧化钙需碳酸钙 4.5t，那么生产 1t 消耗碳酸钙为 $\frac{4.5}{2.52}=1.78\text{t}$

$$\text{石灰石的利用率}=\frac{\text{理论消耗量}}{\text{实际消耗量}}\times 100\%=\frac{1.78}{2.0}\times 100\%=89\%$$

答：能得到生石灰 2.52t，生产 CO_2 是 1008 m^3，生石灰的产率为 95.2%，生石灰的利用率为 89%。

【例 1-13】 完全中和 1L 0.5mol/L 的 NaOH 溶液，需要 2mol/L 的 H_2SO_4 溶液多少升？

解 设需 2 mol/L 的 H_2SO_4 溶液为 x 升。

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$2\text{mol} \quad 1\text{mol}$$

$$1\text{L}\times 0.5\ \text{mol/L} \quad x\cdot 2\text{mol/L}$$

解得 $x=0.125\text{L}$

答：需用 2mol/L 的 H_2SO_4 溶液 0.125L。

【例 1-14】现用密度为 1.0g/mL 的盐酸 800g 与足量 $CaCO_3$ 反应，在标准状况下收集到 44.8LCO_2，问此盐酸的物质的量浓度是多少？

解 设需 HCl 的物质的量为 x 摩尔。

$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$2\text{mol} \qquad 22.4\text{L}$$

$$x\text{mol} \qquad 44.8\text{L}$$

解 $x=4\text{mol}$

盐酸溶液的体积 $V=\frac{m}{\rho}=\frac{800\text{g}}{1.0\text{g/mL}}=800\text{mL}=0.8\text{L}$

HCl 的物质的量浓度 $c=\frac{n}{V}=\frac{4\text{mol}}{0.8\text{L}}=5\text{mol/L}$

答：此盐酸物质的量浓度是 5 mol/L。

三、热化学方程式

化学反应都伴随着能量的变化，通常表现为热量的变化，即有放热或吸热的现象发生，反应过程中放出或吸收的热量叫做该反应的反应热。

化学反应中的热量变化，一般可通过实验方法来测定，并用化学方程式表示出来。例如，在 298K 和 1.01325×10^5Pa 下测得 1mol 碳在氧气中燃烧时放热 393.5kJ；1mol 水蒸气与灼烧的碳反应时吸热 131.8kJ，分别表示如下。

$$C(s)+O_2(g) = CO_2(g)+393.5\text{kJ}$$

$$C(s)+H_2O(g)=\!=\!=CO(g)+H_2(g)-131.8kJ$$

这种表明化学反应所放出或吸收热量的化学方程式叫热化学方程式。

热化学方程式与普通化学方程式的主要区别如下。

（1）热量以 kJ 为单位，其数值写在方程式右边，放热用“＋”号，吸热用“－”号表示。

（2）因为在反应中放出或吸收热量的多少与反应物和生成物的聚集状态有关，所以在热化学方程式中要注明物质的状态。气态用（g）表示、固态用（s）表示、液态用（l）表示。

（3）热化学方程式中各物质前的系数只代表“物质的量”，它可以是整数，也可以是分数。而且反应的热效应随系数的变化而成比例变化。如：

$$2H_2(g)+O_2(g)=\!=\!=2H_2O(g)+483.6kJ$$

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=\!=\!=H_2O(g)+241.8kJ$$

（4）反应热与温度和压力有关，如果测定时的温度为 298K，压力为 1.01325×10^5Pa，一般可不用注明。

第五节　氧化-还原反应

在初中化学里，我们对氧化还原反应有了初步的了解，在此基础上，从化合价和电子转移的角度进一步讨论氧化还原反应的本质。

一、氧化还原反应的概念

分析氢气还原氧化铜的反应：

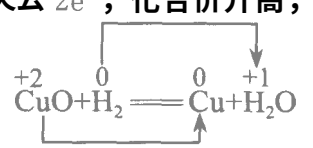
$$H_2+CuO=\!=\!=H_2O+Cu$$

其中 CuO 是氧化剂，H_2 是还原剂，CuO 发生还原反应，H_2 发生氧化反应。

现在从元素化合价和电子转移的观点分析该反应。其中铜元素的化合价从 +2 价降到 0 价被还原；与此同时，氢元素的化合价从 0 价上升到+1 价被氧化。元素的化合价发生变化的根本原因是该元素在反应过程中发生了电子得失或偏移。某元素在反应过程中失去电子则表现为化合价升高，反之若得到电子则表现为化合价降低，所以，通过化合价变化的表象得知，氧化还原反应的本质是电子得失或偏移。

可以用双线桥的方式表示出氧化还原反应中化合价改变与电子得失的情况。

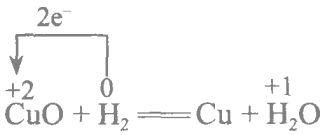
失去 2e，化合价升高，发生氧化反应



得到 $2e^-$，化合价降低，发生还原反应

需要全本请访问 www.ertongbook.com

也可以用单线桥直接表示原子或离子间电子转移的情况。



综上所述，可得出以下几点。

（1）凡是有电子转移（电子得失或共用电子对偏移）的反应，叫做氧化还原反应。电子得失或共用电子对的偏移是氧化还原反应的实质。

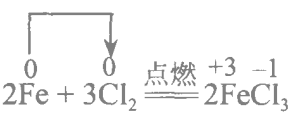
（2）元素（原子或离子）失去电子（化合价升高）的过程叫氧化；元素（原子或离子）得到电子（化合价降低）的过程叫还原。元素原子的化合价升高和降低是氧化还原反应的特征。

元素转移电子数＝反应前化合价一反应后化合价

（3）氧化和还原是同时发生的。也就是说，得失电子的过程是同时进行的，而且得失电子的总数必定相等。

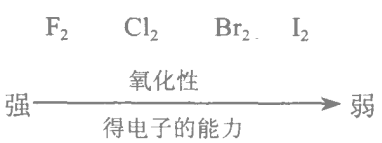
二、氧化剂和还原剂

物质失去电子的反应是氧化反应，物质得到电子的反应是还原反应。得到电子的物质是氧化剂，失去电子的物质是还原剂。在氧化还原反应中，电子是从还原剂转移到氧化剂。例如铁在氯气中的燃烧反应：

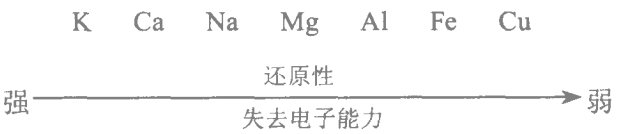


Fe 失电子，被氧化，铁是还原剂；Cl 得电子，被还原，氯气是氧化剂。

化学上常用氧化性和还原性来描述物质的氧化能力或还原能力，物质获得电子的能力越强，其氧化性越强，它就是越强的氧化剂。例如，卤素单质的氧化性变化趋势是：



常用的氧化剂有 $FeCl_3$、HNO_3、MnO_2、$KMnO_4$、浓 H_2SO_4、K_2CrO_7 以及活泼的非金属如卤素、氧气。由于氧化剂在化学反应中总是得到电子，本身被还原（化合价降低），所以氧化剂中起氧化作用的元素一定具有较高或最高的化合价。物质失去电子能力越强，其还原性越强，它就是越强的还原剂。例如，一些金属的还原性强弱顺序是：

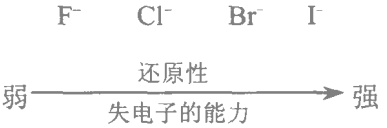


常用的还原剂有活泼的金属以及 H_2、C、CO、H_2S、NH_3 等。由于还原剂在化学反应中总是失去电子，本身被氧化（化合价升高），所以还原剂中起还原作用的元素一定具有较低或最低的化合价。

氧化性、还原性的强弱决定于得失电子的难易而不决定于得失电子的多少。

在氧化还原反应中，氧化剂及其还原产物，还原剂及其氧化产物，分别是两类不同价态的物质。

如果氧化剂的氧化性越强，则其反应产物的还原性就越弱，例如卤素阴离子的还原性变化趋势是：



同理，如果还原剂的还原性越强，则其反应产物的氧化性就越弱。

某些处于中间化合价的物质，如 SO_2，亚硫酸（H_2SO_3）及其盐，亚硝酸（HNO_2）及其盐，过氧化氢（H_2O_2）等。当它们遇到更强氧化剂时表现出还原性；当它们遇到更强还原剂时则表现出氧化性。例如：

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

$$FeCl_2 + Zn = Fe + ZnCl_2$$

除此以外，有时在反应中氧化剂和还原剂是同一种物质。如：

$$2KClO_3 \xlongequal[\triangle]{MnO_2} 2KCl + 3O_2\uparrow$$

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$$

三、氧化还原反应式的配平

氧化还原反应式往往比较复杂，不易用观察法配平，根据氧化还原反应的实质或特征，可以通过分析电子转移或化合价升降来配平反应式。

1. 配平氧化还原反应式的原则

（1）在氧化还原反应中，氧化剂得到电子的总数等于还原剂失去电子的总数。

（2）反应前后各元素的原子数目相等。

2. 确定元素化合价的原则

（1）化合物中，氧通常为 -2 价，氢为 $+1$ 价；

（2）单质为零价；

（3）金属为正价；

（4）化合物中各元素化合价的代数和为零。

3．配平氧化还原反应式的步骤

（1）写出反应物和生成物的化学式，并标出参加氧化还原反应元素的正负化合价。

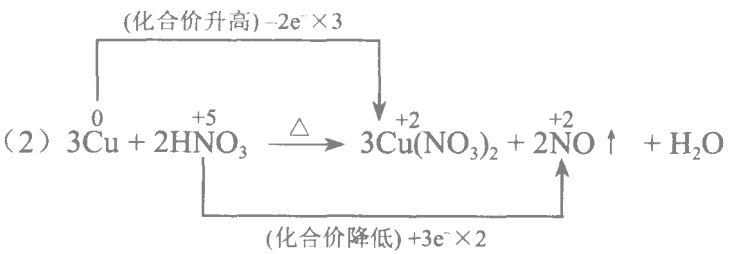
（2）求出化合价升高数值与降低数值的最小公倍数，找出使其得失电子总数相等应乘以的最简系数，此系数即为氧化剂和还原剂的系数。

（3）用观察法配平化学式中其他元素的原子个数，即物质化学式前的系数。若系数中有分数出现，则需化成最简整数比，电子转移总数也应作相同比例变化。配平后把箭号改为等号。

【例 1-15】配平铜和稀硝酸的反应式。

（1）$Cu+HNO_3(稀)\rightarrow Cu(NO_3)_2+NO\uparrow+H_2O$

（2）



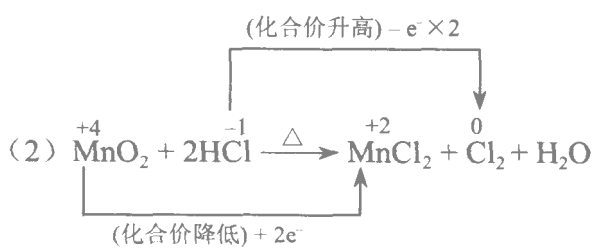
（3）$3Cu+8HNO_3(稀)\xlongequal{\triangle}3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$

在（2）式中，有 6 个 NO_3^- 没有参加氧化还原反应，因此，HNO_3 的系数应该是 2 加 6 等于 8。在（3）式中，比较两边氢原子数，左边是 8 个氢原子，所以右边必须生成 4 个 H_2O。最后核对两边的氧原子数，左边是 24 个氧原子，右边也是 24 个氧原子，因此反应式已配平。配平后，对气态生成物要标箭号，并把反应物和生成物之间的单箭号改为等号。

【例 1-16】配平二氧化锰和浓盐酸的反应式，并注明氧化剂和还原剂。

（1）$MnO_2+HCl(浓)\xrightarrow{\triangle}MnCl_2+Cl_2+H_2O$

（2）



（3）$MnO_2+4HCl(浓)\xlongequal{\triangle}MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

阅读材料 1-1

创立分子学说的阿佛加德罗

在物理学和化学中，有一个重要的常数叫阿佛加德罗常数；还有一个常见的定律叫阿佛加德罗定律。这都是意大利物理学家阿佛加德罗于 1811 年提出的。

然而在阿佛加德罗提出这一分子学说后的 50 年里，人们的认识却不是这样的。原子这一概念及其理论被多数化学家所接受，并广泛地运用来推动化学的发展，而分子学说却遭到冷遇。阿佛加德罗发表的关于分子学说的第一篇论文没有引起任何反响。3 年后的 1814 年，他发表了第二篇论文，继续阐述他的分子学说。1821 年他又发表了阐述分子学说的第三篇论文。尽管阿佛加德罗作了再三的努力，但分子学说仍然没有被大多数化学家所承认。

1860 年 9 月在德国卡尔斯鲁厄召开了国际化学会议，这次会议力求通过讨论，在化学式、相对原子质量等问题上取得统一的意见。来自世界各国的 140 名化学家在会议上争论激烈，但没达成协议。这时意大利化学家康尼查罗散发了他所写的小册子，希望大家重视研究阿佛加德罗的分子学说。他回顾了 50 年来化学发展的历程，成功的经验，失败的教训，都充分证实阿佛加德罗的分子学说是正确的。经过 50 年的曲折经历，阿佛加德罗的分子学说终于被承认。

阅读材料 1-2

张青莲教授为元素相对原子质量的测定做出了卓越贡献

元素相对原子质量是自然常数。对这种重要的科学数据，近两个世纪以来多为西方发达国家所测定。

我国著名化学家、中国科学院院士张青莲教授于 1983 年选任国际原子量委员会委员。随后 1990 年开始主持一个跨单位的科研组，收集多种天然样品，采用高富集同位素校准质谱法，精确地测定了铟、铱、锑、铕、铈、铒、锗的相对原子质量，得到新值，均经上述委员会采用为国际新标准。其中锗的相对原子质量 72.64 ± 0.01 取代了旧值 72.61 ± 0.02，改幅较大，并且解决了一个几十年来悬而未决的难题（化学法和质谱法的测值相差达 0.04），所以贡献尤为突出。这就使我国在此项科研领域达到了国际先进水平。

小结

一、物质的量

1．物质的量（n）

物质的量是表示物质所含微观粒子数目多少的物理量。

摩尔（mol）是物质的量的单位。每摩尔物质中含有 6.02×10^{23} 个微观粒子。

$$n=\frac{N}{N_A} \qquad N_A=6.02\times10^{23}$$

$$n_B=\frac{m_B}{M_B}$$

2．气体摩尔体积（V_m）

标准状况下，单位物质的量气体所占有体积都约为 22.4L，这个体积称为气体摩尔体积。

$$n_B=\frac{V}{V_m} \qquad V_m=22.4\text{L/mol}(\text{用于标准状况})$$

阿佛加德罗定律：在相同的温度和压强下，相同体积的任何气体所含的分子数都相等。

3．物质的量浓度（c）

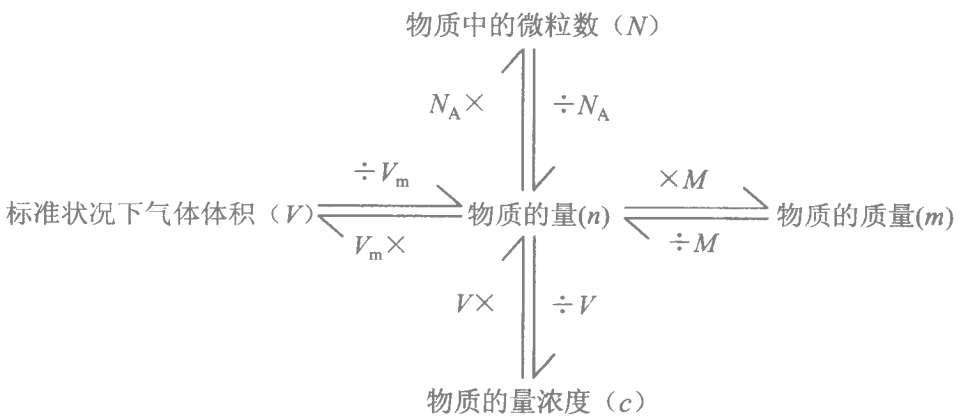
以单位体积溶液中所含溶质的物质的量来表示溶液的浓度。

$$c_B=\frac{n_B}{V_B}$$

4．溶液中溶质的质量分数和物质的量浓度可通过密度进行换算。

$$c=\frac{1000\rho\cdot w}{M}$$

以物质的量为核心的换算关系：



二、化学方程式的计算

在化学方程式的计算中，学会使用“物质的量”可使计算更加方便，应注意以下几点。

1. 反应物和生成物都是纯净物，利用方程式计算可求得理论值。

2. 如有不纯物必须换算成纯净物的质量再进行计算。

$$\text{纯度}=\frac{\text{纯净物质量}}{\text{不纯物质量}}\times 100\%$$

3.
$$\text{产品的产率}=\frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}}\times 100\%$$

$$\text{原料利用率}=\frac{\text{理论消耗量}}{\text{实际消耗量}}\times 100\%$$

4. 如原料或产品在标准状况下是气体，可直接运用气体摩尔体积进行计算。

三、热化学方程式

表明反应所放出或吸收热量的化学方程式叫热化学方程式。

四、氧化还原反应

氧化还原反应的实质是电子的得失或共用电子对的偏移，其表现是化合价的降低或升高。

氧化剂→得电子→化合价降低→发生还原反应→具有氧化性

还原剂→失电子→化合价升高→发生氧化反应→具有还原性

习题

1. 求下列物质的摩尔质量

（1）Al　（2）CO_2　（3）NaCl　（4）K_2SO_4　（5）Mg

2. 求下列化合物的物质的量

（1）1kg$CaCO_3$　（2）8kgSO_2　（3）120g$MgSO_4$

（4）9kgH_2O　（5）146gHCl

3. 判断题

（1）摩尔是物质的质量单位。（　　）

（2）1mol氧含有 6.02×10^{23} 个氧。（　　）

（3）在标准状况下 1mol 任何物质都占有相同的体积。（　　）

（4）5.6L 氧气所含的分子数是 11.2L 氨气所含分子数的一半。（　　）

（5）在标准状况下 44g CO_2 气体含有 6.02×10^{23} 个 CO_2 分子。（　　）

（6）0.5mol 电子和 0.5mol 离子的粒子数相等。（　　）

（7）4g H_2和 4gO_2 的分子数相等。（　　）

4. 下列物质的量均为 0.25mol，求其质量。

（1）Na_2CO_3　（2）$CaSO_4$　（3）Na_3PO_4

（4）$K_2Cr_2O_7$　（5）$Al(OH)_3$

需要全本请访问 www.ertongbook.com