



面向21世纪课程精品教材

无机化学

WUJIHUAXUE



赠教学课件

吴坚扎西 主编



延边大学出版社

面向 21 世纪课程精品教材

无机化学

吴坚扎西 编著



延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 吴坚扎西编著. -- 延吉 : 延边大学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5688-1940-4

I. ①无… II. ①吴… III. ①无机化学-师范大学-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 045540 号

无机化学

主编: 吴坚扎西 编著

责任编辑: 王思宏

封面设计: 曾宪春

出版发行: 延边大学出版社

社址: 吉林省延吉市公园路 977 号 邮编: 133002

网址: <http://www.ydcbs.com>

E-mail: ydcbs@ydcbs.com

电话: 0433-2732435

传真: 0433-2732434

发行部电话: 0433-2732442

传真: 0433-2733266

印刷: 北京文星印刷厂

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 13

字数: 330 千字

版次: 2017 年 3 月第 1 版

印次: 2017 年 3 月第 1 次

ISBN 978-7-5688-1940-4

定价: 36.00 元

前 言

无机化学,研究无机物的组成、结构、性质和变化规律的科学。它的研究范围极其广泛,涵盖了除有机物以外的整个元素周期表中所有元素及其化合物,涉及的物质结构类型众多,化学键型复杂,化学反应多式多样。

同时“无机化学”是化工、应化、制药、环境、材料和轻化等与化学关系密切的各类专业的第一门基础课,也是大学生实现从中学到大学在学习方法和思维方式方面的过渡和转变的桥梁。从这个意义上讲,无机化学课程既是学生学好大学阶段其他化学课程的基础,又是培养科学素质、提高创新能力的关键。

因此,一部好的教材对学生而言尤为重要。本着教材的编写符合教学基本要求和遵循教学基本规律的原则,在教材编写中,力求做到在与中学教学内容妥善衔接的基础上,本教材内容共十二章,内容包括化学基础知识、化学热力学基础、化学反应速率、原子结构和元素周期律、分子结构与化学键理论、化学平衡、解离平衡和沉淀溶解平衡、氧化还原反应、配位化合物、常见的非金属元素及其化合物、金属元素及其生物学效应、无机化学实验部分等内容,由浅入深、循序渐进、注重基础、突出重点,以利于学生的自学和创新能力的培养。

本书得到了西藏大学理学院领导的支持,由西藏大学理学院吴坚扎西独自编写并统稿。

由于编者水平有限,书中内容难免有疏漏和不当之处,恳请使用本书的教师和学生提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 化学基础知识	1
第一节 物质的量	1
第二节 溶液的浓度	5
第三节 化学方程式及根据化学方程式的计算	7
思考题	13
第二章 化学热力学基础	14
第一节 热力学基本概念	14
第二节 热力学定律	16
思考题	20
第三章 化学反应速率	22
第一节 化学反应速率	22
第二节 影响化学反应速率的因素	24
第四章 原子结构和元素周期律	27
第一节 微观粒子的运动特征	27
第二节 多电子原子结构	33
第三节 电子层结构与元素周期系	35
思考题	38
第五章 分子结构与化学键理论	39
第一节 离子键	39
第二节 共价键	41
第三节 分子间作用力和氢键	47
思考题	51
第六章 化学平衡	53
第一节 化学平衡	53
第二节 化学平衡移动	57
第七章 解离平衡和沉淀溶解平衡	62
第一节 酸度计的使用与醋酸解离常数的测定	62
第二节 酸碱解离平衡	63

第三节	缓冲溶液	67
第四节	溶液浓度的表示方法	68
第五节	一定物质的量浓度溶液的配制	70
第六节	电子分析天平的使用	73
第七节	沉淀溶解平衡	86
第八节	沉淀和溶解平衡	87
思考题		97
第八章	氧化还原反应	99
第一节	氧化还原反应基本概念	99
第二节	电极电势	102
第三节	影响电极电势的因素	107
第四节	电极电势的应用	109
思考题		113
第九章	配位化合物	116
第一节	配位化合物的基本概念	116
第二节	配位平衡	119
思考题		121
第十章	常见的非金属元素及其化合物	123
第一节	卤素	123
第二节	氧族元素	128
第三节	碳族元素和硼族元素	132
思考题		136
第十一章	金属元素及其生物学效应	139
第一节	钠和钾	139
第二节	镁和钙	141
第三节	铬和锰	143
第四节	铁和铂	146
第五节	铜和锌	149
第六节	镉和汞	151
第七节	铊和铅	152
思考题		154
第十二章	无机化学实验部分	156
第一节	无机化学实验须知	156
第二节	无机化学实验基本操作	157
第三节	分析天平的使用	166
第四节	溶液的配制与稀释	167
第五节	药用氯化钠的精制	169

第六节	化学反应速率和化学平衡	170
第七节	醋酸解离常数的测定	172
第八节	缓冲溶液	173
第九节	氧化还原反应	175
第十节	水的总硬度的测定	178
第十一节	铬、锰、铁	179
第十二节	铜、银、锌、汞	181
第十三节	硫酸亚铁铵的制备	183
附录		185
附录一	一些无机物的标准热力学数据(298K)	185
附录二	一些有机物的标准热力学数据(298K)	187
附录三	常用酸、碱溶液的相对密度、质量分数和物质的量浓度	188
附录四	常用酸、碱在水溶液中的解离常数(298K)	189
附录五	常用难溶电解质的溶度积常数(298K)	190
附录六	一些电对的标准电极电势(298K)	192
附录七	常用配离子的稳定常数(298K)	198

第一章 化学基础知识

【学习目标】

理解物质的量的单位——摩尔、摩尔质量、气体标准摩尔体积、物质的量浓度等基本概念以及它们之间的相互关系和有关计算;学会溶液的稀释、质量分数与物质的量浓度间的换算等计算;掌握根据化学方程式进行计算的类型和一般方法;了解热化学方程式的意义及书写方法。

第一节 物质的量

一、物质的量

1. 基本单元

基本单元是指物质体系的结构微粒或根据需要指定的特定组合体。基本单元可以是分子、原子、离子、电子、中子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合。基本单元必须用化学式表示。如 KMnO_4 、 H_2O 、 S 、 NH_4^+ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ 、 $\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 $(\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 等。

2. 物质的量的单位——摩尔 (mol)

物质之间的反应,总是按一定个数的原子、分子或离子进行的。例如:



从方程式看出,1 基本单元 AgNO_3 与 1 基本单元 NaCl 完全反应,或者说 1 个 Ag^+ 与 1 个 Cl^- 反应生成 1 基本单元 AgCl 。

但实际中,根本无法操作成一个一个的微粒或一个一个的基本单元来进行反应,而是按一定比例称量相关物质进行反应。那么,一定比例的微粒(或基本单元)与一定比例的可称量的物质是如何联系起来的呢? 1971 年第 14 届国际计量大会通过决议,引入一个基本物理量——物质的量,并以摩尔作为其单位。

摩尔的定义为:摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 的原子数目相等。

$0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 所含的原子数目约为 6.02×10^{23} 个。把它称为阿伏加德罗常数,用 N_A 表示。即 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ 。1 mol 任何物质均含有 6.02×10^{23} 个基本单元。例如:

1mol H 原子含 6.02×10^{23} 个 H 原子;

1mol O₂ 含 6.02×10^{23} 个 O₂ 分子;

1mol H₂O 含 6.02×10^{23} 个 H₂O 分子;

1mol Na⁺ 含 6.02×10^{23} 个 Na⁺;

1mol $\frac{1}{2}$ H₂SO₄ 含 6.02×10^{23} 个 $\frac{1}{2}$ H₂SO₄, 即 13.01×10^{23} 个 H₂SO₄ 分子。

3. 物质的量(n)

物质的量是衡量系统中指定基本单元数目的物理量。用 n 表示。

B 物质的物质的量, 即 B 物质的基本单元数 N_B 与 N_A 之比:

$$n_B = \frac{N_B}{N_A} \quad (1-1)$$

那么

$$N_B = n_B \cdot N_A$$

式中 n_B ——B 物质的物质的量, mol;

N_B ——B 物质的基本单元数;

N_A ——阿伏加德罗常数。

摩尔和其他基本计量单位一样, 也有其倍数单位, 如兆摩 (Mmol)、千摩 (kmol)。

$$1 \text{ Mmol} = 1 \times 10^6 \text{ mol} = 1000 \text{ kmol}$$

$$1 \text{ kmol} = 1000 \text{ mol}$$

二、摩尔质量

摩尔质量(M)的定义为: 物质 B 的摩尔质量就是单位物质的量的 B 物质的质量。简单地说就是 1mol 物质 B 的质量。单位通常是 g/mol。

由摩尔的定义可知, 1mol 任何原子都与 12g 的 ¹²C 含有相同的原子数, 1 个 C 原子与 1 个 O 原子的质量之比是 12 : 16, 所以可知 1mol O 原子是 16g。同理, 因为 H 的相对原子质量是 1, 所以 1mol H 原子是 1g。由此可以推知, 1mol 任何原子的质量就是以克为单位, 数值上等于该种原子的相对原子质量。同样也可以推知, 1mol 任何分子的质量, 就是以克为单位, 数值上等于该种分子的相对分子质量 (M_r)。例如:

1mol H₂ 的质量是 2g;

1mol H₂O 的质量是 18g。

同样, 还可推知:

1mol H⁺ 的质量是 1g;

1mol OH⁻ 的质量是 17g;

1mol NaCl 的质量是 58.5g。

因此, B 物质的摩尔质量在数值上与 B 的相对基本单元质量相同, 单位为 g/mol。例如:

$M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$;

$M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$;

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\text{g/mol};$$

$$M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 49\text{g/mol};$$

$$M(\text{Na}^+) = 23\text{g/mol}。$$

【想一想】 摩尔质量和相对原子质量或相对分子质量有什么区别？

物质的量、物质的质量和摩尔质量之间存在如下关系式：

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-2)$$

式中 n_B —— B 物质的物质的量, mol;

m_B —— B 物质的质量, g;

M_B —— B 物质的摩尔质量, g/mol。

【例 1-1】求 196g H_2SO_4 物质的量为多少？

解 已知 $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 196\text{g}$

因为 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\text{g/mol}$

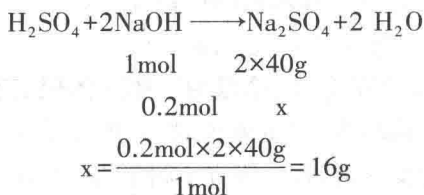
所以
$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{196\text{g}}{98\text{g/mol}} = 2\text{mol}$$

答: 196g H_2SO_4 物质的量为 2mol。

【例 1-2】中和 0.2mol H_2SO_4 , 需含多少克 NaOH 固体的 NaOH 溶液？

解 设需固体 NaOH 的质量为 x。

根据反应方程式确定如下关系：



答: 需含 16g NaOH 固体的 NaOH 溶液。

由[例 1-2]可以看出, 参加反应的微粒是大量的, 采用摩尔后, 其数值都是简单的, 同时把反应物质间一定比例的基本单元与一定比例的可称量的量联系起来了。

【练一练】 0.2mol H_2SO_4 分子中含有多少个氢原子？多少个氧原子？

三、气体的标准摩尔体积

对于固态和液态物质, 因为结构微粒间的距离很小, 体积的大小主要决定于原子、分子或离子的大小, 所以 1mol 各种物质的体积是不相同的。例如, 20℃ 时:

1mol Fe 的体积是 7.1cm^3 ;

1mol Pb 的体积是 18.3cm^3 ;

1mol H_2O 的体积是 18.0cm^3 ;

1mol 纯 H_2SO_4 的体积是 54.1cm^3 等。

但是,对于气体来说,情况就不是这样了。查得 H_2 、 O_2 、 CO 在标准状况下^①的密度分别为 0.0899g/L 、 1.429g/L 、 1.250g/L , 它们的摩尔质量分别为 2.016g/mol 、 32.00g/mol 、 28.00g/mol 。这样,就可以算出 1mol 上述气体在标准状况下的体积大约都是 22.4L 。

$$V_m^\ominus = \frac{M}{\rho} = \frac{2.016\text{g/mol}}{0.0899\text{g/L}} \approx 22.4\text{L/mol} \quad \cdots \cdots \text{H}_2$$

$$V_m^\ominus = \frac{M}{\rho} = \frac{32.00\text{g/mol}}{1.429\text{g/L}} \approx 22.4\text{L/mol} \quad \cdots \cdots \text{O}_2$$

$$V_m^\ominus = \frac{M}{\rho} = \frac{28.00\text{g/mol}}{1.250\text{g/L}} \approx 22.4\text{L/mol} \quad \cdots \cdots \text{CO}$$

经过许多实验证明, 1mol 任何气体在标准状况下所占的体积大约都是 22.4L 。这是因为通常情况下, 气态物质的体积要比其在液态和固态时大得多, 气体的体积主要取决于分子间的平均距离。在标准状况下, 不同气体分子间的平均距离几乎是相等的。标准状况下, 1mol 任何气体所占的体积(大约都是 22.4L) 称为气体的标准摩尔体积。用 $V_m^\ominus$ 表示, 单位是 L/mol 。即 $V_m^\ominus \approx 22.4\text{L/mol}$ 。

气体在标准状况下的体积(V)与物质的量(n)的关系为:

$$n_B = \frac{V_B}{V_m^\ominus} \quad (1-3)$$

那么

$$V_B^\ominus = V_m^\ominus n_B$$

式中 n_B ——气体 B 的物质的量, mol ;

$V_B^\ominus$ ——标准状况下, B 气体所占的体积, L ;

$V_m^\ominus$ ——气体的标准摩尔体积, L/mol 。

之所以要规定在标准状况下的条件, 是因为气体的体积受温度和压力的影响较大。升高温度时, 气体分子间平均距离增大, 降低温度时, 气体分子间平均距离减小; 增大压力时, 气体分子间平均距离减小, 降低压力时, 气体分子间平均距离增大。

许多生产上和科学实验中的事实证明, 在一定的温度和压力下, 各种气体分子间的平均距离是相等的, 其体积的大小则随气体分子数的多少而变化。所以, 在相同的温度和压力下, 相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。或相同数目的气体分子在相同的温度和压力下占有相同的体积。这个结论称为阿伏加德罗定律。

【想一想】 1mol 的任何气体所占的体积都是 22.4L 吗?

【例 1-3】在标准状况下, 56g N_2 占有多大体积?

解 已知 $m(\text{N}_2) = 56\text{g}$ $M(\text{N}_2) = 28\text{g/mol}$

$$\text{则 } n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{56\text{g}}{28\text{g/mol}} = 2\text{mol}$$

$$\text{所以 } V^\ominus(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) V_m^\ominus = 2\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 44.8\text{L}$$

答: 在标准状况下, 56g N_2 占有体积为 44.8L 。

【例 1-4】在标准状况下, 89.6L O_2 的质量是多少?

① 化学上把 0°C 和 101.325kPa 规定为标准状况。

解 已知 $V^{\ominus}(\text{O}_2) = 89.6\text{L}$ $V_{\text{m}}^{\ominus} = 22.4\text{L/mol}$

$$M(\text{O}_2) = 32\text{g/mol}$$

则

$$n(\text{O}_2) = \frac{V^{\ominus}(\text{O}_2)}{V_{\text{m}}^{\ominus}} = \frac{89.6\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 4\text{mol}$$

所以

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) M(\text{O}_2) = 4\text{mol} \times 32\text{g/mol} = 128\text{g}$$

答:该 O_2 质量为 128g。

【例 1-5】实验测得 0.985g CO_2 在标准状况下体积为 0.5L,求 CO_2 的相对分子质量。

解 已知 $m(\text{CO}_2) = 0.985\text{g}$ $V^{\ominus}(\text{CO}_2) = 0.5\text{L}$

$$V_{\text{m}}^{\ominus} = 22.4\text{L/mol}$$

则

$$n(\text{CO}_2) = \frac{0.5\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.0223\text{mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}_2)} = \frac{0.985\text{g}}{0.0223\text{mol}} = 44.17\text{g/mol}$$

所以

$$M_r \approx 44.17$$

答: CO_2 的相对分子质量是 44.17。

【例 1-6】求标准状况下 CO_2 的密度。

解 已知

$$M(\text{CO}_2) = 44\text{g/mol}$$

$$V_{\text{m}}^{\ominus} = 22.4\text{L/mol}$$

所以

$$\rho^{\ominus} = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_{\text{m}}^{\ominus}} = \frac{44\text{g/mol}}{22.4\text{L/mol}} = 1.964\text{g/L}$$

答:标准状况下 CO_2 的密度为 1.964g/L。

第二节 溶液的浓度

溶液通常是指溶质以分子或离子状态分散于溶剂中所构成的均匀而稳定的体系。我们所接触的多为以水为溶剂的溶液,称为水溶液。通常若不加以说明的溶液都是指水溶液。

一、溶液中溶质的质量分数

溶质 B 的质量与溶液的质量之比称为溶质 B 的质量分数。用 w 表示。

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-4)$$

式中 w_B ——溶质 B 的质量分数;

m_B ——溶质 B 的质量;

m ——溶液的质量。

w 可以是小数,也可以是百分数。

如 10gNaOH 固体溶于 90g 水中制成的 NaOH 溶液,其质量分数是 0.1 或 10%。

二、溶液的浓度

溶液的浓度,也可称为溶液的物质的量浓度。用 c_B 表示。其定义为:

溶质 B 的物质的量 n_B 与溶液的体积之比,即单位体积的溶液中所含溶质的物质的量。

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-5)$$

式中 n_B ——溶质 B 的物质的量, mol;

V ——溶液的体积, m^3 , 常用 L;

c_B ——B 的物质的量浓度, mol/m^3 , 常用 mol/L 。

如 1L 溶液中含纯 H_2SO_4 98g, $c(H_2SO_4) = 1mol/L$;

5L 溶液中含 NaOH 40g, $c(NaOH) = 2mol/L$ 。

下面讨论有关浓度的计算。

【例 1-7】配制 500mL 0.1mol/L NaOH 溶液,需称取 NaOH 固体多少克?

解 已知 $V = 500mL = 0.5L$, $c(NaOH) = 0.1mol/L$, $M(NaOH) = 40g/mol$ 。

因为

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{m}{MV}$$

所以 $m(NaOH) = cVM = 0.1mol/L \times 0.5L \times 40g/mol = 2g$

答:需称取 NaOH 固体 2g。

【例 1-8】要配制 100mL 0.1mol/L $CuSO_4$ 溶液,应称取胆矾多少克?

解 胆矾即 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

已知 $M(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250g/mol$ $c(CuSO_4) = 0.1mol/L$

$$V = 100mL = 0.1L$$

因为

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{m}{MV}$$

所以 $m = cVM = 0.1mol/L \times 0.1L \times 250g/mol = 2.5g$

答:需称取胆矾 2.5g。

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 溶于水后,其结晶水则成为溶剂的一部分。

【例 1-9】将标准状况下的 336L NH_3 溶于水制成 1L $NH_3 \cdot H_2O$,求其物质的量浓度。

解 已知 $V(NH_3) = 336L$, $V_m^\ominus = 22.4L/mol$,

$$V(\text{溶液}) = 1L$$

所以

$$c(NH_3) = \frac{n(NH_3)}{V} = \frac{336L}{1L \times 22.4L/mol} = 15mol/L$$

答: $NH_3 \cdot H_2O$ 的物质的量浓度为 15mol/L。

【例 1-10】求浓盐酸($w = 36.5\%$, $\rho = 1.19g/mL$)和浓硫酸($w = 98\%$, $\rho = 1.84g/mL$)的物质的量浓度。

解 每升溶液中溶质的质量 $m = \rho \times 1000 \times w$

每升溶液中溶质的物质的量 $n = \frac{m}{M}$

HCl 和 H_2SO_4 的摩尔质量 M 分别为 36.5g/mol 和 98g/mol,取盐酸和硫酸各 1L。

所以

$$c(HCl) = \frac{n(HCl)}{V} = \frac{m(HCl)/M(HCl)}{V} = \frac{m(HCl)}{M(HCl)V}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\rho(\text{HCl}) \times 1000 \times w(\text{HCl})}{M(\text{HCl}) V} \\
 &= \frac{1.19 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} \times 36.5\%}{36.5 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L}} \\
 &= 11.9 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

所以

$$\begin{aligned}
 c(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) \times 1000 \times w(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) V} \\
 &= \frac{1.84 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} \times 98\%}{98 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L}} \\
 &= 18.4 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

答:浓盐酸和浓硫酸的物质的量浓度分别为 11.9mol/L 和 18.4mol/L。

【例 1-11】配制 500mL 1mol/L H_2SO_4 溶液,需浓硫酸(浓度见例 1-10)多少毫升?

解 溶液在稀释前后,溶质的多少未发生变化,变化的只是溶剂。

即 $n_1 = n_2$ n_1 和 n_2 分别表示稀释前后溶质的物质的量。

$$c = \frac{n}{V} \quad \text{即 } n = cV$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \quad (\text{稀释公式})$$

c_1 、 V_1 、 c_2 、 V_2 分别表示稀释前后溶液的浓度和体积。

$$V_1 = \frac{c_2 V_2}{c_1} = \frac{1 \text{ mol/L} \times 500 \text{ mL}}{18.4 \text{ mol/L}} = 27.2 \text{ mL}$$

(注意体积单位前后应一致)

答:需浓硫酸 27.2mL。

配制硫酸溶液时,一定要按浓硫酸的稀释规则进行。

第三节 化学方程式及根据化学方程式的计算

一、化学方程式

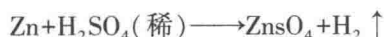
化学方程式是表示物质化学反应的式子。化学方程式都是以实验为依据的,不可主观臆造。化学方程式的书写通常依下列步骤进行。

(1) 写出反应物和生成物的化学式 反应物的化学式在左边,生成物的化学式在右边。反应物与反应物之间、生成物与生成物之间用“+”号连接,反应物和生成物所处的左右两边用“→”连接。

(2) 注明反应条件 如加热(温度)、压力、催化剂、光照等,常温、常压通常省略,生成的气体和沉淀通常分别用“↑”和“↓”标明。

(3) 配平 遵循质量守恒定律,给各反应物和生成物的化学式前配上计量数(通常为正整数),使左、右两边各种元素的原子个数相等。

化学方程式表明了反应中物质间多种量的关系。如

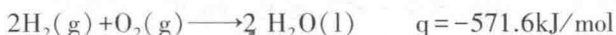
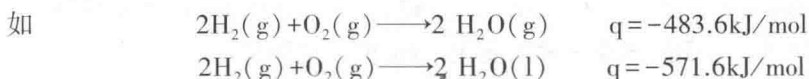


式量	65	98	161	2
物质的量/mol	1	1	1	1
质量/g	65	98	161	2
气体体积(标准状况)/L				22.4

二、热化学方程式

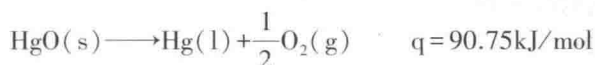
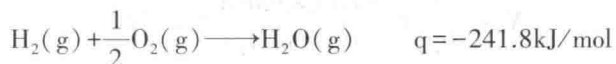
化学反应中,常伴随着能量的变化,这种能量的变化通常表现为反应吸热和放热。化学反应吸收和放出的热量称为反应的热效应,即反应热。表明化学反应与热效应关系的方程式称为热化学方程式。书写热化学方程式通常要注意下列几点。

①要注明各物质的聚集状态。通常以 g、l、s 表示气态、液态、固态。聚集状态不同,热效应数值不等。



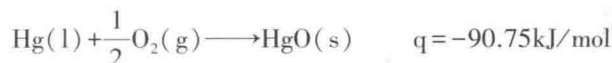
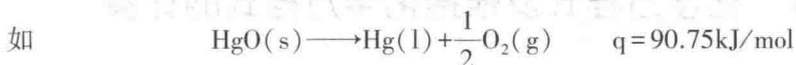
②要注明反应条件——温度和压力(常温、常压通常略去)。

③要写出反应的热效应。单位为 kJ/mol。热化学方程式中的化学计量数只代表物质的量,而不代表单个分子数,它可以是整数,也可以是分数。同一反应当以不同的化学计量数表时,热效应值不同。



$q > 0$ 为吸热反应, $q < 0$ 为放热反应。

应该指出的是可逆反应中,正、逆反应的热效应值的绝对值相等,但符号相反。



三、原料利用率和产品产率

原料利用率和产品产率分别定义如下:

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

$$\text{产品产率}(\%) = \frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}} \times 100\%$$

四、根据化学方程式的计算

根据化学方程式进行计算的一般步骤是:

①正确写出化学方程式;

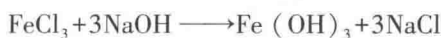
②依题意在化学方程式下注明相关物质间的量的关系;

③列出比例式,求出未知数;

④作答。

【例 1-12】制取 $2.14\text{gFe}(\text{OH})_3$, 需 FeCl_3 和 NaOH 各多少克?

解 设需 FeCl_3 和 NaOH 分别为 x 和 y 。



$$162.5\text{g} \quad 3 \times 40\text{g} \quad 107\text{g}$$

$$x \quad y \quad 2.14\text{g}$$

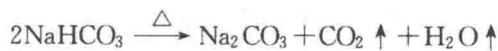
$$x = \frac{162.5 \times 2.14}{107} = 3.25(\text{g})$$

$$y = \frac{3 \times 40 \times 2.14}{107} = 2.40(\text{g})$$

答: 需 FeCl_3 3.25g 、 NaOH 2.40g 。

【例 1-13】把 $148\text{gNa}_2\text{CO}_3$ 和 NaHCO_3 的混合物加热至质量不再减少为止, 剩下 137g , 求混合物中 Na_2CO_3 的质量百分数。(提示: NaHCO_3 不稳定, 产生的 CO_2 和 H_2O 挥发掉)

解 设原混合物中 NaHCO_3 为 x 。



$$\underbrace{44 \quad 18}_{62\text{g}}$$

$$2 \times 84\text{g}$$

$$62\text{g}$$

$$x$$

$$(148 - 137)\text{g}$$

$$x = \frac{2 \times 84 \times (148 - 137)}{62} = 29.8\text{g}$$

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{148 - 29.8}{148} \times 100\% = 79.9\%$$

答: 混合物中含 Na_2CO_3 79.9% 。

【例 1-14】 200g 含 HCl 25% 的盐酸与含 Zn 98% 的锌粒 50g 作用, 可获得多少克?

解 设获得 H_2 为 x 。



$$65\text{g} \quad 73\text{g}$$

$$2\text{g}$$

$$50 \times 98\% = 49\text{g} \quad 200 \times 25\% = 50\text{g} \quad x$$

因为 $65 \times 50 < 73 \times 49$ 说明 Zn 过量, 计算时应以 HCl 为准。

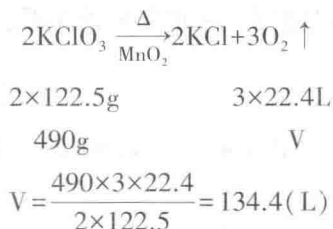
所以

$$x = \frac{50 \times 2}{73} = 1.37(\text{g})$$

答: 可获得 H_2 1.37g 。

【例 1-15】 490gKClO_3 在 MnO_2 催化下加热完全分解, 可获得的 O_2 的体积在标准状况下为多少升?

解 设获得 O_2 的体积在标准状况下为 V 。

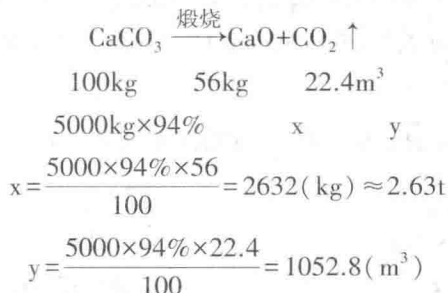


答:可获得 O_2 的体积在标准状况下为 134.4L。

不同的物质采用不同的单位,究竟采用什么样的单位要依题意而定;同一种物质采用的单位必须相同;不同物质之间采用的单位要对应,量要相当。如本例中 245g KClO_3 完全分解可得 67.2L O_2 ,若 245kg KClO_3 ,则可得 67.2m³ O_2 。

【例 1-16】煅烧 5t 含 CaCO_3 94% 的石灰石,可得到生石灰(指纯品)多少吨?可获得 CO_2 的体积在标准状况下为多少立方米?若实际只得到生石灰 2.53t,其产率为多少?若生产 1t 生石灰用去 1.98t 石灰石,其原料利用率为多少?

解 设能制得 CaO 的质量为 x ,获得 CO_2 的体积在标准状况下为 y 。



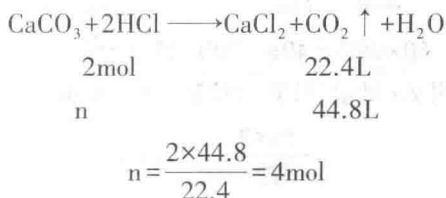
$$\text{生石灰的产率} = \frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}} \times 100\% = \frac{2.53}{2.63} \times 100\% \approx 96\%$$

$$\text{石灰石利用率} = \frac{\text{理论消耗量}}{\text{实际消耗量}} \times 100\% = \frac{5/2.63}{1.98} \times 100\% \approx 96\%$$

答:理论上可制得生石灰 2.63t, CO_2 在标准状况下的体积为 1052.8m³,生石灰的产率为 96%,石灰石的利用率为 96%。

【例 1-17】用 800g 密度 $\rho = 1.10\text{g/cm}^3$ 的 HCl 溶液与足量的石灰石作用,收集到标准状况下的 CO_2 气体 44.8L,求所用盐酸的物质的量浓度(密度单位 g/cm^3 ,即 g/mL)。

解 设与足量的石灰石作用需要 HCl 物质的量为



盐酸体积为

$$V = \frac{800\text{g}}{1.10\text{g/mL}} \approx 727\text{mL} = 0.727\text{L}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{4\text{mol}}{0.727\text{L}} = 5.5\text{mol/L}$$