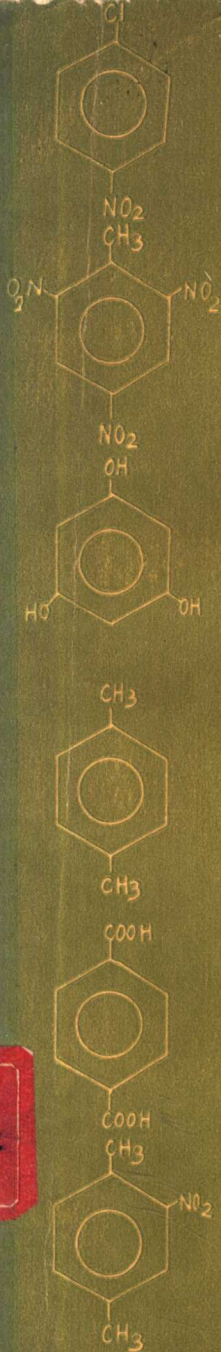


普通化学习题集

孙永增

青海人民出版社



普通化学习题集

孙永增

青海人民出版社

普通化学学习题集

孙永增

•

青海人民出版社出版

(西宁市西关大街96号)

青海省新华书店发行 青海新华印刷厂印刷

•

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 11.25 字数: 248,000

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

印数: 15,400

统一书号: 13097·34 定价: 0.88元

序 言

本书可作为高等工科院校普通化学教学参考书。

选编的例题、习题，以现行普通化学教材为主，但将略为超过一般教学内容。全书共十章，九百余题。每章首先提纲挈领地叙述了与解题有关的基本概念和基本理论，有些内容采用表格或图示方法，以期简明扼要，便于分析比较；其次选编适量典型例题，作出较详细解答并指出解题的关键和思路，欲奏触类旁通、举一反三之效；最后集录一定数量的习题和思考题，以供习作参考。每章末附有习题答案和部分问题的解释，这对于业余学习和独立钻研的读者尤为必要。

考虑到普通化学教学的现状和动向，本书编写了化学热力学一章。力求避开繁琐的数学推导，又不失理论的严谨性，仍可达教学需要之深、广度。其余各章习题，也较广泛地应用了化学热力学和结构化学的一些基本概念。

本书素材一是源于编者教学实践之积累；一是选、译自有关教材或书刊。

在编写过程中，郭余年同志对全书作了校阅审定。在此表示感谢。

目 录

第一章	化学基本计算	1
第二章	化学反应速度和化学平衡	23
第三章	溶液	53
第四章	氧化还原与电化学	87
第五章	原子结构和周期系	131
第六章	化学键与晶体结构	155
第七章	化学热力学	183
第八章	单质	213
第九章	无机化合物	229
第十章	有机化合物	261
附 录		
一	电离常数	335
二	溶度积常数	337
三	标准电极电位	339
四	络离子的不稳定常数	350
五	双原子分子的离解能	352
六	键能	353

第一章 化学基本计算

§ 1—1 气 体

气体的基本特征是它的扩散性和压缩性。它能均匀充满整个容器，不管这容器形状如何。气体的分子间距离很大，具有很小的密度。

一、标准状况下的气体

0℃或273K，压力为1atm或 1.0133×10^5 Pa（帕斯卡）被称做标准状况（简称标况）。标准状况下的温度用 T_0 表示，压力用 P_0 表示，体积用 V_0 表示。但在生产和科学实验中所采用的温度和压力往往不是标准状况，它们之间遵循着玻义尔——盖·吕萨克定律。

$$\frac{P V}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

在计算时应注意，体积与压力代入方程时，单位必须相同。

二、气体的密度

气体在1升内之重，称为气体的密度。密度的测定，不限于标准状况，可在任一温度、压力，运用气体定律推算标准状况下的密度。

凡在同温、同压、同体积的气体中，所含有的分子数皆相等，故任一理想气体的分子量，必皆等于标准状况时体积为22.4升内的克数。两种气体的密度之比等于它们分子量之比。我们可以利用这个关系来求密度和分子量。

例1—1 某气体在312K、0.825atm时，体积为0.8升，重量为0.873克，计算该气体对于氢的相对密度。

解 根据气体定律

$$V_0 = \frac{PVT_0}{T P_0} = \frac{0.825 \times 0.8 \times 273}{312 \times 1} = 0.5775 \text{ (升)}$$

$$\text{在标况下的密度 } d = \frac{W}{V_0} = \frac{0.873}{0.5775} = 1.512 \text{ (克/升)}$$

已知标况下每升氢气重为0.09克，故该气体对于氢的相对密度为

$$D = \frac{1.512}{0.09} = 16.8$$

例1—2 计算丙烷对空气的相对密度。

解：丙烷 C_3H_8 的分子量44，空气平均分子量为29，相对密度，

$$D = \frac{44}{29} = 1.517$$

例1—3 有一混合气体，其组成（体积百分比）：氧占60%，氮占40%，计算混合气体对氢的相对密度。

$$\text{解 } D_{H_2}^{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_{H_2}} = \frac{28}{2} = 14$$

在混合气体中 N_2 占40%，其中的密度为 $14 \times 40\% = 5.6$ 。

$$D_{H_2}^{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_{H_2}} = \frac{32}{2} = 16$$

在混合气体中 O_2 占60%，其中的密度为 $16 \times 60\% = 9.6$ ，则整个混合气体的相对密度为

$$5.6 + 9.6 = 15.2$$

例1—4 某气体对空气的相对密度为1.45，求该气体分子量。

$$\text{解 } M = 1.45 \times 29 = 42$$

三、气体摩尔体积

气体体积的大小与温度、压力有关。在标况下1摩尔的任何气体所占的体积都是22.414升。该体积叫做摩尔体积。

例1—5 计算在标准状况下10000米³氨的重量。

解 10000米³的氨为 $\frac{10000 \times 10^3}{22.4} = 446428.57$ (摩尔)
其重量为 $446428.57 \times 17 = 7589285.7$ (克)

或7.59吨

例1—6 已知0.3升的某气体重量为0.857克(标况下), 求其分子量。

解 标况下1升气体重量为

$$\frac{0.857}{0.3} = 2.856 \text{ (克)}$$

其分子量是22.4升, 该气体的重量

$$2.856 \times 22.4 = 63.98 \text{ (克)}$$

四、气体方程式

$$P V = n R T$$

式中P为气体压力, V为体积, n为摩尔数, T为绝对温度, R为气体常数。

气体常数R的数值因所用压力和体积的单位不同而改变
如果以升为体积单位, 大气压为压力单位, 代入上式则得。

$$R = \frac{1 \times 22.414}{273.15} = 0.08206 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

若压力用帕斯卡(符号Pa)为单位, 1atm = 1.0133 × 10⁵ Pa, 体积为米³单位(1米³ = 1000升), 计算可得

$$\begin{aligned} R &= \frac{1.0133 \times 10^5 \text{ Pa} \times 22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{273.15 \text{ K} \cdot \text{mol}} \\ &= \frac{1.0133 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \times 22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{273.15 \text{ K} \cdot \text{mol}} \end{aligned}$$

$$= 8.315 \text{ J} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1}$$

应用气体方程式时须注意R的单位。

例1—7 计算在353 K、压力为0.97 atm时，体积为0.45 升的 SO_2 气体的重量。

$$\begin{aligned} \text{解 } m &= \frac{P \cdot V \cdot M}{R T} = \frac{0.97 \times 0.45 \times 64}{0.082 \times 353} \\ &= 0.965 \text{ (克)} \end{aligned}$$

例1—8 当温度为288.2 K、压力为 2.53×10^5 帕时，问在200升的容器中能有多少摩尔 CO_2 气体？

$$\text{解 } n = \frac{P \cdot V}{R T} = \frac{2.53 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-3}}{8.315 \times 288.2} = 21.11 \text{ (mol)}$$

例1—9 16克 O_2 在278 K与0.96 atm的状态下，作为理想气体应占多少体积？

$$\begin{aligned} \text{解 } V &= \frac{n R T}{P} = \frac{\frac{16}{32} \times 0.082 \times 278}{0.96} \\ &= 11.87 \text{ (升)} \end{aligned}$$

例1—10 在315 K、压力为1.016 atm状况下，体积为0.344升，重量为0.866克，计算该气体的分子量。

$$\text{解 } P V = \frac{W}{M} R T$$

$$M = \frac{W R T}{P V} = \frac{0.866 \times 0.082 \times 315}{1.016 \times 0.344} = 64 \text{ (克)}$$

分子量为64

例1—11 有一气罐容量为20升，含有2公斤氧气，温度是300 K，计算罐内的压力。

$$\text{解 } P = \frac{m R T}{M V}$$

$$= \frac{2000 \times 0.082 \times 300}{32 \times 20} = 76.88 \text{ (atm)}$$

五、气体分压定律

在生产与科学实验中，遇到的气体常常是气体混合物，上述气体状态方程式，同样适用于气体混合物，只要它们之间不起化学作用，互不干扰，就可视为各自单独存在一样。

气体混合物的压力，等于其中各组分气体的分压力之和。所谓各、组分气体的分压力，是指它单独占有与气体混合物相同体积时所产生的压力。这种关系叫做分压定律。

设气体混合物的总压力为 P ，而组分 A 的分压力为 P_A ，组分 B 的分压力为 P_B ，组分 C 的分压力为 P_C 。

即

$$P = P_A + P_B + P_C$$

由于 $P_A V = n_A R T$

$$P V = n R T$$

当温度相同时，两式相除得

$$\frac{P_A}{P} = \frac{n_A}{n} \text{ 或 } P_A = \frac{n_A}{n} \cdot P$$

其中 $\frac{n_A}{n} = \frac{\text{组分A的摩尔数}}{\text{体系的摩尔总数}}$

即为组分 A 的摩尔分数。因为 $\frac{n_A}{n} = \frac{V_A}{V}$ ，

所以 $P_A = \frac{V_A}{V} P$

式中 $\frac{V_A}{V}$ 为组分气体的体积分数。

例1—12 某容器中含有 NH_3 、 O_2 、 N_2 的混合物，取

此混合物分析后得知, NH_3 为 0.12mol , O_2 为 0.18mol , 而 N_2 为 0.7mol , 计算在 1atm 时, 各组分的分压力。

解 NH_3 的摩尔分数为 $\frac{0.12}{0.12+0.18+0.7} = 0.12$

O_2 的摩尔分数为 $\frac{0.18}{0.12+0.18+0.7} = 0.18$

N_2 的摩尔分数为 $\frac{0.7}{0.12+0.18+0.7} = 0.7$

而 $P_{\text{NH}_3} = P \cdot \frac{n_{\text{NH}_3}}{n} = 1 \times 0.12 = 0.12 (\text{atm})$

$P_{\text{O}_2} = P \cdot \frac{n_{\text{O}_2}}{n} = 1 \times 0.18 = 0.18 (\text{atm})$

$P_{\text{N}_2} = P \cdot \frac{n_{\text{N}_2}}{n} = 1 \times 0.7 = 0.7 (\text{atm})$

例1—13 在 298K 时由排水集气法收集 2.0 升的氧气, 其总压力为 1.007atm , 试求氧气的摩尔数。

解 已知 298K 时水的蒸气压为 0.0316atm , 则氧气的压力 $1.007 - 0.0316 = 0.9754 (\text{atm})$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.975 \times 2}{0.082 \times 298} = 0.0798 (\text{mol})$$

例1—14 在 291K 和 0.987atm 下, 取 0.2 升煤气进行分析, 含 CO 59.4% , H_2 10.2% , 其它气体 30.4% 。求煤气中 CO 和 H_2 的分压力与样品中 CO 和 H_2 的摩尔数。

解 根据分压定律, CO 的分压 P_{CO} 和 H_2 的分压 P_{H_2} 分别为

$$P_{\text{CO}} = 0.987 \times 59.4\% = 0.5863 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = 0.987 \times 10.2\% = 0.1007 \text{ atm}$$

将分压代入气体方程式,

$$\text{得} \quad n_{\text{co}} = \frac{P_{\text{co}} V}{R T} = \frac{0.5863 \times 0.2}{0.082 \times 291} = 0.00491 (\text{mol})$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{H}_2} V}{R T} = \frac{0.1007 \times 0.2}{0.082 \times 291} = 0.00084 (\text{mol})$$

§ 1—2 当量定律

其元素和8个（精确的数值7.9997个）重量单位的氧，或1个（精确的数值是1.00797个）重量单位的氢相化合、或从化合物中置换出此量的氧或氢时，所需该元素的重量数值，叫做该元素的当量。

应用当量概念，可以得出，物质（元素或化合物）相互作用时，其重量之比等于它们的当量之比。这个规律叫做当量定律。设 W_1 、 W_2 分别代表两种物质的重量， E_1 、 E_2 分别代表两种物质的克当量，

$$\text{则} \quad W_1 : W_2 = E_1 : E_2$$

$$\text{或} \quad \frac{W_1}{E_1} = \frac{W_2}{E_2}$$

等式左边项是第一种物质的克当量数，右边项是第二种物质的克当量数，于是当量定律也可表述如下：物质相互作用时，其克当量数相等。

如设 N_1 、 N_2 代表两种溶液的当量浓度， V_1 、 V_2 代表两种溶液中溶质完全作用时所需要的溶液体积。

$$\text{则得} \quad N_1 V_1 = N_2 V_2$$

此式意味着相互作用的两种物质的克当量数相等。如 V 以毫升为单位，则表示它们的毫克当量数相等。

例1—15 由2.81克镉与氧化合生成3.21克氧化镉，试计算镉的当量。

解 氧化物中氧的重量为

$$W_{O_2} = 3.21 - 2.81 = 0.40 \text{ 克}$$

根据当量定律: $\frac{W_{Cd}}{W_{O_2}} = \frac{E_{Cd}}{E_{O_2}}$

$$E_{Cd} = \frac{W_{Cd}}{W_{O_2}} \cdot E_{O_2} = \frac{2.81}{0.40} \times 8 = 56.2$$

例1—16 取0.183克的镁与酸反应, 在293K、0.987 atm下, 产生氢气0.1827升, 试计算镁的当量。

解 根据气体状态方程式,

得
$$W_{H_2} = \frac{PVM_{H_2}}{RT} = \frac{0.987 \times 0.1827 \times 2.016}{0.082 \times 293}$$

$$= 0.015 \text{ (克)}$$

再由当量定律可得

$$\frac{W_{Mg}}{W_{H_2}} = \frac{E_{Mg}}{E_H}$$
$$E_{Mg} = \frac{W_{Mg}}{W_{H_2}} \cdot E_H = \frac{0.183 \times 1.008}{0.015} = 12.29$$

例1—17 在铬的氧化物中, 其重量组成: Cr—68.42%, O—31.58%, 试计算铬的化合价。

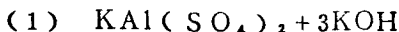
解 先求出铬的当量

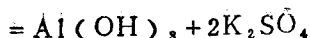
得

$$\frac{W_{Cr}}{W} = \frac{E_{Cr}}{E_O}$$
$$E_{Cr} = \frac{W_{Cr}}{W_O} \cdot E_O = \frac{68.42 \times 8}{31.58} = 17.3$$

铬的化合价为 $\frac{53}{17.3} = 3$

例1—18 试计算下列反应中,





$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 的当量各为多少?

$$\text{解 } (1) \quad E_{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2} = \frac{M_{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2}}{3} = \frac{258}{3} = 86$$

$$(2) \quad E_{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2} = \frac{M_{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2}}{4} = \frac{258}{4} = 64.5$$

例1—19 设纯碱中只含有 Na_2CO_3 及其它无酸碱性的杂质, 为了测定其中 Na_2CO_3 的百分率, 称取样品 0.1319 克, 并用盐酸溶液与其完全作用, 结果需用 0.1078 N 盐酸溶液 22.83 ml, 试求样品中含 Na_2CO_3 的重量及其百分率。

$$\text{解 } \text{HCl 的克当量数} = N \cdot V = 0.1078 \times \frac{22.83}{1000},$$

样品中含 Na_2CO_3 重 W 克它的克当量数为 $\frac{W}{53}$,

$$\text{根据当量定律 } \frac{W}{53} = 0.1078 \times \frac{22.83}{1000}$$

$$\text{得 } W = 0.1305 \text{ 克}$$

样品中含有 Na_2CO_3 的百分率为

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \% = \frac{0.1305}{0.1319} \times 100\% = 98.9\%$$

例1—20 欲配制 2 升 0.2 N 的硫酸溶液, 求需用 36.8 N 浓 H_2SO_4 多少毫升?

解 浓 H_2SO_4 加水配成稀 H_2SO_4 , 稀释前后, 溶液中所含溶质的毫克当量数不变。设 V 为所需 36.8 N 浓 H_2SO_4 毫升数, 将有关数据代入公式,

$$\text{得 } 36.8 V = 0.200 \times 2000$$

$$V = \frac{0.200 \times 2000}{36.8} = 10.9 \text{ 毫升}$$

§ 1—3 化学方程式

用元素符号和化学式表示化学反应的式子，叫做化学方程式或化学反应式。简称反应式。

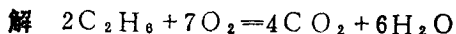
化学方程式不仅表明了反应物和生成物，而且还表明了它们之间的微粒（原子、分子等）个数比和重量比。在化学方程式中，元素符号和分子式前面的系数分别表示原子或分子的数目。但是，在生产和科学实验中，参加反应的物质都不单是几个原子或分子，而是亿万万个原子或分子。为了实际需要，国际单位制中，增加了物质的数量单位—摩尔（中文符号摩，国际符号mol），并规定1摩尔物质所含结构微粒数目和0.012千克碳—12所含的原子数目相同。结构微粒可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子或这些粒子的特定组合体。

由元素原子量和物质分子量的概念，根据摩尔的规定可得结论：1摩尔原子，它的质量如以克作单位，则数值上等于它的原子量。1摩尔分子，它的质量如以克作单位，则数值上等于它的分子量。物质的摩尔数为

$$\frac{\text{物质的质量}}{\text{摩尔物质的质量}} = \text{摩尔数}$$

引入摩尔单位后，不仅将无法称量的原子、分子等微粒的微观量变成可以称量的宏观量，而且将原子、分子的数目和原子量、分子量联系起来，给化学计算带来很大方便。这样，化学方程式中反应物与生成物的系数之比，也就可以代表它们的摩尔数之比。

例1—21 将10公斤乙烷 C_2H_6 放在空气中完全燃烧，计算产生的 CO_2 的重量。



由反应式可以看出 C_2H_6 与 CO_2 的摩尔数之比为1 : 2

原料乙烷的摩尔数 $\frac{10000}{30} = 333.3$ (摩)

产生 CO_2 的摩尔数 $333.3 \times 2 = 666.6$ (摩)

CO_2 的重量 $666.6 \times 44 = 29330.4$ 克 (29.33 千克)

例1—22 试计算电石气 C_2H_2 在空气中完全燃烧时，生成的废气体积百分组成。

解 $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

由反应式可知，消耗5个体积氧，生成4个体积的 CO_2 和2个体积的 H_2O ，根据空气的组成，计算出在废气中还含有20个体积的 N_2 ，所以，废气中各组分的体积比为

$$\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} : \text{N}_2 = 4 : 2 : 20$$

体积百分组成

$$\text{N}_2 : \frac{20}{20+2+4} \times 100\% = 77\%$$

$$\text{H}_2\text{O} : \frac{2}{20+2+4} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{CO}_2 : \frac{4}{20+2+4} \times 100\% = 15\%$$

§ 1—4 习题与问题

1—1 某气体在364 K和0.974 atm下，体积为0.82升，计算标准状况下，其体积为多少？

1—2 某气体在294 K和104632.2 帕斯卡，体积为 3.75×10^{-4} 米³，计算在标准状况下，气体的体积为多少？

1—3 在25℃、200 atm时，某气体体积为20升，计算该气体在标准状况下的体积？

1—4 在标准状况下，1升氮气的重量为1.251克，计算它对氢的相对密度。

1—5 某气体0.3升在标况下的重量为0.86克，计算该气体对于氢的相对密度。

1—6 丙烷对空气的相对密度为1.562，计算在标准状况下1升丙烷的重量。

1—7 某气体在286 K、压力为1.025 atm时，其体积为0.327升，重量为0.828克，计算该气体对空气的相对密度。

1—8 已知三氯甲烷蒸气在375 K、0.822 atm下，体积为0.456升，重量为1.45克，计算它对空气的相对密度。

1—9 计算由1个体积的氨和两个体积的 CO_2 所组成的混合气体对于氢的相对密度。

1—10 某混合气体由80%的 N_2 （按体积比）、10%的 O_2 和10%的 SO_2 所组成，试计算混合气体对氢气的相对密度。

1—11 由氢和氧所组成的混合气体对于氢气的相对密度为14.5，试计算该混合气体中氢与氧的体积百分组成为多少？

1—12 今有三种物质，在气态或蒸气时对氢气的相对密度为13，23，39。分别计算它们各自的分子量。

1—13 今有三种物质在气态或蒸气时对空气的相对密度为1.586，4.17，2.69，分别计算它们的分子量。

1—14 硫的蒸气在高于300℃时，对氢的相对密度为32，计算在该温度下硫的分子量，以及确立硫分子是由几个原子所组成的。

1—15 计算在标准状况下1升氧气、氮气、二氧化碳气和空气四种气体的重量。

1—16 计算氮在标况下1500米³时的重量。

1—17 氧气瓶的体积为25升，计算在120 atm 和293 K 时该气体的重量。

1—18 在标准状况下空气的密度是1.292，在90℃和