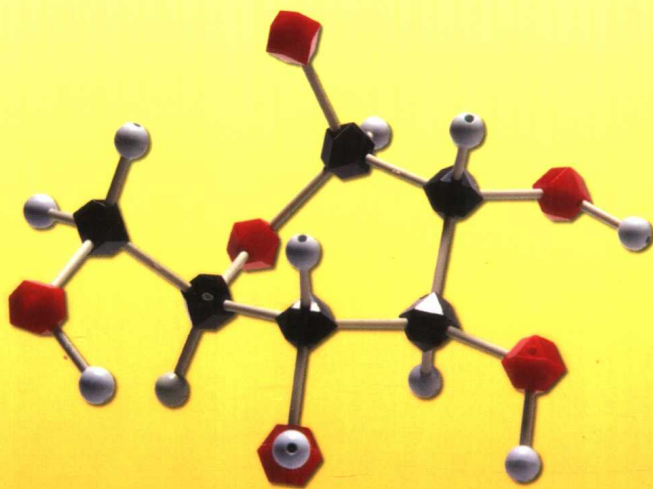


基础化学学习指导丛书

无机化学

学习指导

宋德镇 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

基础化学学习指导丛书

无机化学学习指导

宋德镇 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书为大学化学基础课无机化学同步的参考书。内容包括物质的聚集态、化学热力学基础、化学反应速率、化学平衡、溶液中的离子平衡、氧化还原和电化学、原子结构、化学键与分子结构、配位化合物、s 区元素、p 区元素、ds 区元素、d 区和 f 区元素共十三章。每章均有内容提要、例题、习题和答案四部分,有助于培养学生科学思维的能力。

本书可作为各类高等院校和成人大学(学院)化学专业、应用化学专业师生和中学化学教师的参考书,也可作为报考化学专业、应用化学专业研究生的复习指导书,还可供化工等其它专业的读者选用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学学习指导/宋德镇编著.
—北京:中国石化出版社,2007
(基础化学学习指导丛书)
ISBN 978-7-80229-291-8

I. 无… II. 宋… III. 无机化学-高等学校-教学参考资料 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 037904 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

中国石化出版社图文中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 9.75 印张 248 千字
2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
定价:18.00 元

前 言

多年来，学生在学习无机化学这门课时常感到内容太多，抓不住要领，做题时也常出现一些概念的混淆。至于如何正确运用基本理论去解释无机化学实验现象或分析文献数据更觉困难。因此，多数学生急需一本与无机化学教材同步的学习参考书；随着高校研究生培养规模的扩大，很多报考化学专业、应用化学专业及相关专业的研究生也需要相应的复习指导书。为了帮助学生更好地学习这门课程，我们结合自己的教学经验，编写了这本《无机化学学习指导》。

本书共十三章，前九章是无机化学的基础理论部分，后四章为元素部分。在内容的编排上考虑到国内无机化学教科书版本较多，因而在选材上尽量顾及到选用其它教材的学生需要。本书注重基础知识的训练，内容由浅入深，重点突出，有利于培养科学思维方法和解题能力。

书中每章均有：内容提要、例题、习题和答案。在简明扼要的内容提要后，挑选出的例题都属于学习中较重要、较典型的问题。每个例题均给出解题思路、方法和步骤，使同学能加深相关章节知识的理解和掌握，以

及运用知识的灵活性。各章均有数量较多的判断、选择、推理和计算方面题目，这类习题能使读者检查自己对重要化学概念掌握的深度；引导读者思考问题，培养正确的思维推理方法。每章习题的答案都集中在最后的“习题参考答案”中，对于难度稍大的习题还有较详细的解题过程。如果学生在看答案核对自己所做的结果前，已尽最大努力去思考和演算习题，通过这样的途径，本书读者将会学有所得。

本书在编写过程中，得到四川大学化学学院无机教研室同志们的热情鼓励和支持，在此一并致谢。

限于编者水平，书中疏误之处难免，敬请读者批评指正。

宋德镇
于四川大学

目 录

第一章	物质的聚集态	(1)
第二章	化学热力学基础	(16)
第三章	化学反应速率	(32)
第四章	化学平衡	(46)
第五章	溶液中的离子平衡	(65)
第六章	氧化还原和电化学	(89)
第七章	原子结构	(110)
第八章	化学键与分子结构	(126)
第九章	配位化合物	(145)
第十章	s 区元素	(164)
第十一章	p 区元素	(176)
第十二章	ds 区元素	(201)
第十三章	d 区和 f 区元素	(215)
习题参考答案		(239)
参考文献		(306)

第一章 物质的聚集态

一、内容提要

1. 物质的三态

在常温常压下，气态、液态和固态是物质存在的三种物理状态。这三种聚集态，以气态的分子间引力最小，固态的微粒子(包括原子、原子团、离子，简称微粒子)间相互引力最大，液态的分子间引力则介于气固两者之间。当物质处于不同的聚集状态时，会呈现出不同的物理化学性质，在一定条件下，不同的聚集状态可发生相互转化(图 1-1)。

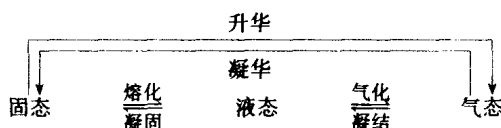


图 1-1 物质的三态及相互变化

2. 气体分子运动定律

假设某种气体，它的分子只有位置，不占体积，仅是一个具有质量的几何点，分子之间没有相互吸引力，分子之间和分子与器壁之间的碰撞不损失动能，这种气体就称为理想气体。对于理想气体，描述气体性质的物理量压强 p 、体积 V 、温度 T 和物质的量 n 之间的关系为：

$$pV = nRT \quad (1-1)$$

式(1-1)称为理想气体方程式。在国际单位制中，压强 p 的单位为 Pa，体积 V 的单位为 m^3 ，温度 T 的单位为 K，物质的量 n 的单位为摩尔(mol)； R 摩尔为气体常数，其值为 $8.314\text{Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。

气体的质量(用 m 表示)、物质的量(n)、摩尔质量(M)的关系为:

$$n = \frac{m}{M}$$

将上述关系式代入式(1-1)中,得:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$p = \frac{\rho}{M}RT \quad (1-2)$$

式中, ρ 为气体的密度。

此外,描述气体的规律还有道尔顿(Dalton)分压定律和格拉罕姆(Graham)扩散定律。分压定律指出:气体能以任何比例相互混合,此时各种气体都对器壁施以压强,在低压下,混合气体的总压强等于各组分的分压之和。所谓分压,是指某组分在同一温度下,单独占有混合气体的体积时所具有的压强,即:

$$p_{\text{总}} = \sum_i p_i = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_i \quad (1-3)$$

如果 x_i 为 i 组分的物质的量分数,可得分压定律的另一种形式:

$$p_i = x_i p_{\text{总}} \quad (1-4)$$

分体积为混合气体中任一组分,在相同温度下,单独具有混合气体总压时所占有的体积。同时还可得出:

$$V_i = x_i V_{\text{总}} \quad (1-5)$$

比较式(1-4)和式(1-5)得出,混合气体中任一组分的压力分数和体积分数,均等于其物质的量分数,即:

$$\frac{V_i}{V_{\text{总}}} = \frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = X_i \quad (1-6)$$

扩散定律概括了气体的速率与气体内部分子质量的关系,其数学表达式为:

$$\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{M_{r(B)}}{M_{r(A)}}} \quad (1-7)$$

式中, u 为扩散速率; M_r 为相对分子质量。显然, 在同温同压下, 气体的扩散速率与其相对分子质量的平方根成反比。

上述气体定律严格来说只适合于理想气体, 但在低压、高温条件下, 沸点较低的实际气体可以近似使用, 而沸点较高的实际气体, 在高压、低温情况下与理想气体行为偏差较大, 需要用范德华(Van der Waals)公式来计算:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (1-8)$$

该式实际上是对理想气体状态方程加了一些修正项, 式中 a 和 b 就是修正项中的参数。 a 的数值与气体分子间的引力有关, b 与气体分子本身的体积有关。

3. 气体分子运动论

根据气体分子运动论的要点可以推导出与理想气体状态方程相适应的气体分子运动方程式(1-9)及重要推论(1-10)。

$$pV = \frac{1}{3} Nmu^2 \quad (1-9)$$

$$pV = NkT \quad (1-10)$$

式中, N 为容器中气体的分子数; m 为分子质量; u 为气体的均方根速率; k 为玻耳兹曼(Boltzmann)常数。

从气体分子运动论出发, 也可以很好地解释气体的分压定律和气体的扩散定律。

4. 相和相变

相(phase)是指体系内物理化学性质均匀的部分。相和相间存在宏观界面, 一些物理化学性质(如密度、热容等)在界面上出现突变。在物质的化学稳定性允许的前提下, 气、液、固三聚集态在一定条件下可以互相转变。这种转变称为相变。如果物质内部分子的平均动能不断增加, 固体容易变成液体或变成气体, 液体容易变气体。如果物质内部分子的平均动能不断降低(或分子间引力增加), 相变的方向则相反。有时, 同一物质有两种或两种以上的固体状态, 例如金刚石和石墨, 它们之间

在一定条件下也可互相转变，这也是相变。决定相变的条件是温度和压力。如果在一定的温度或压力下，物质同时存在两相或两相以上，而且又没有宏观转变的趋势，此时称为相平衡。例如水在 100°C 、水蒸气压力为 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ 时，液体可以不断地蒸发为气体，气体也不断地凝聚为液体，当这两种过程的速率相等时，则为水 - 水蒸气之平衡状态。

5. 溶液

一种物质以分子、原子或离子状态分散于另一种物质中，所构成的均匀而稳定的体系称为溶液。被分散的物质称为溶质，分散物质称为溶剂。在一定量溶液或溶剂中，所含溶质的量称为溶液的浓度。常见四种浓度的表示方法总结于下：

质量分数 溶质的质量与溶液的质量之比称为该溶质的质量分数。质量分数用符号 w 表示，即：

$$w = \frac{m_{\text{溶质}}}{m_{\text{溶液}}}$$

质量摩尔浓度 溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量，称为溶质 B 的质量摩尔浓度。质量摩尔浓度用符号 m_B 表示，单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

$$m_B = \frac{\text{溶质 B 的物质的量}}{\text{溶剂的质量(kg)}}$$

摩尔分数 混合物中物质 B 的物质的量与混合物的总物质的量之比，称为物质 B 的摩尔分数。摩尔分数用符号 x_B 表示，摩尔分数无量纲。

$$x_B = \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

在混合物中各物质的摩尔分数之和等于 1，即 $\sum_i x_i = 1$ 。

物质的量浓度 溶液中溶质 B 的物质的量除以溶液的体积，称为溶质 B 的物质的量浓度。物质的量浓度用符号 C_B 表示，即：

$$C_B = \frac{\text{溶质 B 的物质的量}}{\text{混合物的体积}}$$

物质的量浓度的单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ，使用时一定要注明。

在一定温度下，每种物质在某一溶剂中都有一定的溶解度，但不同物质的溶解度彼此可以相差很大。物质溶解度的差异，主要决定于它们彼此的结构和性质。根据大量的实验事实可以认为，在溶质和溶剂的结构或极性相似时，分子间作用力的类型和大小也基本相同的情况下，它们彼此就能互溶。这就是所谓的“相似相溶”原理。此外，温度对固体物质的溶解度也有一定的影响。若溶解是一个吸热过程，则溶解度随温度的升高而增大。反之，溶解度随温度的升高而降低。

6. 稀溶液的依数性

如果溶液的性质(例如溶液的蒸气压、沸点、凝固点和渗透压等)与溶质的性质无关，只和溶液中溶质的质点数(以浓度表示)有关，溶液的这种性质称为依数性。

拉乌尔(Raoult)总结了大量的实验结果后指出：在一定温度下，难挥发非电解质稀溶液的蒸气压 $p_{\text{液}}$ 等于纯溶剂的蒸气压 $p_{\text{剂}}$ 与溶剂的摩尔分数 $x_{\text{剂}}$ 的乘积，即：

$$p_{\text{液}} = p_{\text{剂}} \cdot x_{\text{剂}}$$

也可以表示为一定温度下，难挥发电解质稀溶液的蒸气压降低值 Δp 与溶质的摩尔分数成正比[式(1-11)]，或溶液蒸气压降低值 Δp 与质量摩尔浓度成正比[式(1-12)]。

$$\Delta p = p_{\text{剂}} \cdot x_{\text{质}} \quad (1-11)$$

$$\Delta p = K \cdot m \quad (1-12)$$

难挥发非电解质稀溶液沸点的升高和溶质的质量摩尔浓度成正比[式(1-13)]。

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \quad (1-13)$$

式中， K_b 为溶剂的摩尔沸点上升常数； m 为溶质的质量摩尔浓度； ΔT_b 为测得的沸点上升的数值。

难挥发的非电解质稀溶液的凝固点下降与溶液的质量摩尔浓

度成正比[式(1-14)]。

$$\Delta T_f = K_f \cdot m \quad (1-14)$$

式中, K_f 为溶剂的摩尔凝固点下降常数; ΔT_f 为测得的凝固点下降的数值。

在一定的条件下, 难挥发非电解质稀溶液的渗透压与溶液中溶质的浓度成正比[式(1-15)]。

$$\pi = cRT \quad (1-15)$$

式中, π 为渗透压(Pa); T 为热力学温度(K); c 为溶液的浓度($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$)。

二、例题

【1-1】 三氯甲烷在 313K 时的蒸气压为 $4.93 \times 10^4 \text{Pa}$, 于此温度和 $9.86 \times 10^4 \text{Pa}$ 压力下, 有 4.00dm^3 空气缓慢通过三氯甲烷(即每个气泡都为三氯甲烷蒸气所饱和), 求: ①空气和三氯甲烷混合气体的体积是多少? ②被空气带走的三氯甲烷质量是多少?

解: ①通过三氯甲烷前空气的压力 $p_{\text{空}} = 9.86 \times 10^4 \text{Pa}$ 。通过三氯甲烷后, 在空气和三氯甲烷的混合气体中, 三氯甲烷的分压应等于同温度下它的饱和蒸气压, 那么空气的分压

$$p'_{\text{空}} = p_{\text{总}} - p_{\text{CHCl}_3} = 9.86 \times 10^4 - 4.93 \times 10^4 = 4.93 \times 10^4 (\text{Pa})$$

则混合气体体积

$$V'_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{9.86 \times 10^4 \times 4.00}{4.93 \times 10^4} = 8.00 (\text{dm}^3)$$

$$\text{② 据 } m = \frac{pVM}{RT} \quad M_{\text{CHCl}_3} = 120$$

$$m = \frac{4.93 \times 10^4 \times 8.00 \times 120}{8.31 \times 313 \times 1000} = 18.2 (\text{g})$$

【1-2】 在 273K 时, 将同一初压的 $4.00 \text{dm}^3 \text{N}_2$ 和 $1.00 \text{dm}^3 \text{O}_2$ 压缩到一个容积为 2.00dm^3 的真空容器中, 混合气体的总压为 $3.26 \times 10^5 \text{Pa}$, 试求:

- ① 各气体的物质的量；
- ② 两种气体的初压；
- ③ 混合气体中各组分气体的分压。

解：① 当初压和温度相同时，气体的体积与物质的量成正比，即：

$$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{n_{N_2}}{n_{O_2}} = \frac{4}{1}, n_{N_2} = 4n_{O_2}$$

$$n_{\text{总}} = \frac{p_{\text{总}} V_{\text{总}}}{RT} = \frac{3.26 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}}{8.31 \times 273} = 0.287(\text{mol})$$

$$n_{\text{总}} = n_{O_2} + n_{N_2} = n_{O_2} + 4n_{O_2} = 0.287(\text{mol})$$

$$n_{O_2} = 0.0570\text{mol}$$

$$n_{N_2} = n_{\text{总}} - n_{O_2} = 0.230\text{mol}$$

- ② 据题意，两气体的初压相等，

$$p_{N_2} = p_{O_2} = \frac{n_{N_2} RT}{V_{N_2}} = \frac{0.23 \times 8.31 \times 273}{4 \times 10^{-3}} = 1.31 \times 10^5(\text{Pa})$$

- ③ 混合气体中

$$p_{O_2} = p_{\text{总}} \cdot x_i = 3.26 \times 10^5 \times \frac{0.057}{0.287} = 6.48 \times 10^4(\text{Pa})$$

$$p_{N_2} = p_{\text{总}} \cdot x_i = 3.26 \times 10^5 \times \frac{0.23}{0.287} = 2.61 \times 10^5(\text{Pa})$$

【1-3】 于 523K 时，在一个 1.00dm^3 的烧瓶中， 2.69g PCl_5 完全气化后压力为 $1.01 \times 10^5\text{Pa}$ 。 PCl_5 此时按下式离解：



求 PCl_5 、 PCl_3 和 Cl_2 在此时的分压。

解：根据题意，可算出 PCl_5 分解前的物质的量为 $\frac{2.69}{209} = 0.0129(\text{mol})$ 。假设 PCl_5 分解达平衡时，有 $x\text{mol}$ 的 PCl_5 分解：



离解达平衡时： $0.0129 - x$ x x

$$n_{\text{总}} = 0.0129 + x, \text{ 根据 } n = \frac{pV}{RT}$$

$$n_{\text{总}} = \frac{1.01 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}}{8.31 \times 523} = 0.0232(\text{mol})$$

已离解 PCl_5 的物质的量为:

$$0.0232 - 0.0129 = 0.0103(\text{mol})$$

离解平衡时:

$$n_{\text{PCl}_5} = 0.0129 - 0.0103 = 0.0026(\text{mol})$$

$$n_{\text{PCl}_3} = n_{\text{Cl}_2} = 0.0103(\text{mol})$$

PCl_5 摩尔分数:

$$x_{\text{PCl}_5} = \frac{0.0026}{0.0232} = 0.112$$

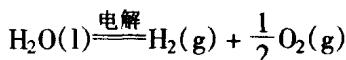
PCl_3 与 Cl_2 的摩尔分数:

$$x_{\text{PCl}_3} = x_{\text{Cl}_2} = \frac{0.0103}{0.0232} = 0.444$$

$$p_{\text{PCl}_5} = p_{\text{总}} \cdot x_{\text{PCl}_5} = 1.01 \times 10^5 \times 0.112 = 1.13 \times 10^4(\text{Pa})$$

$$p_{\text{PCl}_3} = p_{\text{Cl}_2} = p_{\text{总}} \cdot x_{\text{Cl}_2} = 1.01 \times 10^5 \times 0.444 = 4.48 \times 10^4(\text{Pa})$$

【1-4】 在 3.00dm^3 容器中, 装有 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 压力是 $1.01 \times 10^5\text{Pa}$, 温度是 29°C , 然后用电解法使 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 分解成 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$, 反应式如下:



反应完全以后, 测得体系压力是 $1.88 \times 10^5\text{Pa}$, 问容器中水的质量是多少?

解: 根据题意, 体系的 $p_{\text{总}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2} + p_{\text{O}_2} = 1.88 \times 10^5\text{Pa}$

从电解式反应知 $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 可产生 $1\text{mol H}_2(\text{g})$ 和 $\frac{1}{2}\text{mol O}_2(\text{g})$, 在同温、同容积的条件下,

$$n_{\text{H}_2} = 2n_{\text{O}_2}, p_{\text{H}_2} = 2p_{\text{O}_2}$$

这时

$$p_{\text{总}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2} + \frac{1}{2} p_{\text{H}_2}$$

起始时 $p_{\text{总}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = 1.01 \times 10^5 \text{Pa}$, 这里的 $p_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})}$ 是 29℃ 时水的饱和蒸气压, 由有关书的附录中查得为 $3.99 \times 10^3 \text{Pa}$ 。

$$\text{因此 } p_{\text{N}_2} + 3.99 \times 10^3 = 1.01 \times 10^5$$

$$p_{\text{N}_2} = 9.70 \times 10^4 (\text{Pa})$$

$$9.70 \times 10^4 + \frac{3}{2} p_{\text{H}_2} = 1.88 \times 10^5$$

$$p_{\text{H}_2} = 6.07 \times 10^4 (\text{Pa})$$

$$pV = nRT$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{6.07 \times 10^4 \times 3.00 \times 10^{-3}}{8.31 \times (273 + 29)} = 0.073 (\text{mol})$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2} = 0.073 (\text{mol})$$

$$\text{水的质量为 } 0.073 \times 18 = 1.3 (\text{g})$$

【1-5】 有某化合物的苯溶液, 溶质和溶剂的质量比例为 15:100。在 20℃、 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 下, 以 4.00dm^3 空气缓慢通过该溶液时, 测知其损失 1.185g 的苯(假设失去苯以后, 溶液浓度不变)。试求: ①该溶质的相对分子质量; ②该溶液的沸点和凝点。(已知: 20℃ 时苯的蒸气压为 $9.97 \times 10^3 \text{Pa}$, 苯的 $K_b = 2.53$, 在 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 下苯的沸点为 80.1℃, $K_f = 5.12$, 苯的凝点为 5.40℃)

解: ① 设 M 为苯溶液中某化合物的相对分子质量, 溶剂苯的摩尔分数为:

$$x_{\text{剂}} = \frac{\frac{100}{78}}{\frac{100}{78} + \frac{15}{M}}$$

根据拉乌尔定律, 苯溶液的蒸气压为:

$$p_{\text{液}} = p_{\text{剂}} \cdot x_{\text{剂}} = 9.97 \times 10^3 \cdot \frac{\frac{100}{78}}{\frac{100}{78} + \frac{15}{M}}$$

又据

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$9.97 \times 10^3 \times \frac{\frac{100}{78}}{\frac{100}{78} + \frac{15}{M}} \times 4 \times 10^{-3} = \frac{1.185}{78} \times 8.31 \times 293$$

$$M = 150$$

② 设溶液的沸点为 T_b , 据 $\Delta T_b = K_b \cdot m$

$$T_b - 80.1 = 2.53 \times \frac{\frac{15}{100} \times 1000}{150}$$

$$T_b = 82.6(^{\circ}\text{C})$$

设溶液的凝固点为 T_f , 据 $\Delta T_f = K_f \cdot m$

$$5.40 - T_f = 5.12 \times \frac{\frac{15}{100} \times 1000}{150}$$

$$T_f = 0.28(^{\circ}\text{C})$$

三、习题

1. 判断下列说法是否正确

① 在开氏温度为零度(0K)时, 气体是不可能存在的, 但液体和固体是可以存在的。

② 气体的压强, 是由于气体中的分子对容器器壁碰撞的结果。如果分子间有引力, 碰撞的频率将比没有引力的碰撞频率小一些。

③ 在一定温度时, 气体分子运动的平均速率取决于气体分子的相对分子质量。相对分子质量越大, 速率越小, 它们之间呈反比例关系。

④ 由于分子本身有体积, 分子间有引力, 将使实际气体压强的计算值和实验值有偏差。不过这两种引起偏差的因素有时可以抵消。

⑤ 在一定压强下, 设溶剂体积为 V_1 , 溶质的体积为 V_2 ,

溶质溶解在溶剂中以后,溶液的体积为 V , 一般为 $V > V_1$, 但 $V < V_1 + V_2$ 。

⑥ 一定量的各种气体, 如果它们的温度和体积相同, 它们各自的平均速率不一定相等。

⑦ 由于条件的变化, 固体可以变为气体, 但根据物质三种聚集态分子间引力的性质, 固体必须先变成液体, 最后才能变为气体。

⑧ 外压对液体的体积影响不大, 这是因为液体内分子间的引力本来就很大, 分子间的排斥力也很大, 压力的变化很难改变液体分子间的这种力学平衡。

⑨ 易挥发的液体注入密封的容器中, 如果温度不变, 最后总是可以建立气-液平衡的。

⑩ 因为水在 0°C 结冰, 所以冰在 0°C 的水溶液中不会融化。

⑪ 在大气中, 只要温度相同, 水蒸气的分压也相同。

⑫ 两杯浓度相同的 NaCl 水溶液, 它们所含溶质量一定相同。

⑬ 溶液稀释时, 稀释前后溶质的总量不变。

⑭ 相同浓度的电解质稀溶液和非电解质稀溶液, 其凝固点降低值是相等的。

⑮ 固体或液体纯物质都可以通过高温蒸发后测定蒸气的密度来求它们的相对分子质量。

2. 选择题

① 关于气体常数 R , 下列哪种说法是错的?

- A. 数值与使用的单位有关
- B. 是理想气体状态方程常数
- C. 与实验测定条件无关
- D. 只在气体中 useful

② 27°C 、 $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的氧 5 dm^3 和 127°C 、 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的氢 10 dm^3 以及 -73°C 、 $20 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的氮 3 dm^3 , 将三种气体压入 10 dm^3 的容器中, 维持 27°C , 这时: