

做对少做不如做对，而是掌握方法

首席教师

专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

高中化学

化学计算

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃

图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本. 高中化学. 化学计算 / 钟山主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-80196-690-2

I. 首… II. 钟… III. 化学课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038455 号

书 名: 首席教师专题小课本·高中化学—化学计算

出版发行: 现代教育出版社

地 址: 北京市朝阳区安华里 504 号 E 座

邮政编码: 100011

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司印刷

发行热线: 010-61743009

开 本: 890×1240 1/32

印 张: 7.5

字 数: 320 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-690-2

定 价: 12.80 元

目 录

首席寄语	(1)
单元提升篇	(3)
第一单元 物质的量的有关计算	(3)
方法·技巧·策略	
阿伏加德罗定律(7)/气体摩尔体积的计算(8)/气体密度(ρ)和相对密度(d)的计算(8)/有关物	
质的量浓度的计算(12)/关于溶液的稀释与混合计算(12)/配制一定物质的量浓度溶液的误差	
分析(13)/有效数字的使用(13)/与 N_A 有关的计算(14)/等比分配定律巧解溶液计算题(27)	
第二单元 金属及其化合物的有关计算	(28)
方法·技巧·策略	
碱金属元素及其化合物的有关计算依据(29)/有关 Na_2O_2 跟 CO_2 、 H_2O 反应的计算技巧	
(29)/镁、铝的单质及其化合物的有关计算依据(30)/ OH^- 与 Al^{3+} 反应产生沉淀的简捷计	
算(31)/金属反应的规律(36)/与 Mg、Al 有关的计算(39)/Fe 及其化合物的有关计算	
(39)/碱金属元素计算题的解题技巧(51)/巧解有关铁的计算题五法(54)	
第三单元 非金属及其化合物的有关计算	(57)
方法·技巧·策略	
氧族元素单质及其化合物的有关计算依据(61)/碳及其化合物的有关计算依据(64)/合金	
的氢氧化物的有关计算(82)	
第四单元 化学平衡的有关计算	(85)
方法·技巧·策略	
化学平衡计算(93)/等效平衡原理及规律(94)/图像拾零(95)/化学平衡的综合性计算	
(101)/浅谈解化学平衡题的五种思维技巧(118)	
第五单元 电离平衡的有关计算	(122)
方法·技巧·策略	
弱电解质电离平衡及其影响因素(123)/盐类水解的有关计算依据(126)/常见有关 pH 的	
计算类型(127)/中和滴定的计算依据(129)/pH 的有关计算(129)/有关平衡常数的计算	
(131)/沉淀的生成与转化的有关计算(131)/水的离子积常数及其应用(141)	

第六单元 有机化学的有关计算 (143)

方法·技巧·策略

常见有机合成与推断的规律(147)

第七单元 电化学的有关计算 (163)

方法·技巧·策略

原电池及其原理(164)/化学电源(165)/电解原理(166)/电解规律(168)/电极放电规律(169)/电子守恒法(170)/浅谈原电池理解的几个误区(178)

第八单元 反应热的有关计算 (180)

方法·技巧·策略

焓变与键能和物质能量的关系(183)/盖斯定律(186)/反应热大小的比较(187)/有关燃烧热、中和热的计算(188)

第九单元 晶体微观结构的分析及有关计算 (196)

方法·技巧·策略

原子晶体的结构特征与一般性质(198)/物质熔沸点高低的比较规律(202)/判断晶体类型的方法(202)/晶体中粒子个数的有关计算(203)/有关晶体密度的计算(204)

专题提升篇 (212)

第一单元 专题思维方法 (212)

方法·技巧·策略

守恒法(212)/差量法(213)/平均值法(214)/极值法(214)/十字交叉法(215)/关系式法(215)/讨论法(216)

第二单元 专题高考热点 (226)

方法·技巧·策略

高考热点突破(226)



首席寄语

一本好书可以改变一个人的命运。《化学计算》专题小课本真诚希望每一位同学都能学会学习,梦想成真!

■专题导引

本书设计人性化,适合不同学生根据自身情况有针对性地进行辅导学习,题目设计难度适宜,由浅入深,题目新颖,涉及有关背景知识素材,事件的来龙去脉、问题的前因后果及破题点题的名言警句、科学原理。

化学计算的关键是解题,解题之所以重要,最根本的就是解题所采用的方法及其思想的内涵是学习的灵魂,是化学知识转化为认知客体,变革客体能力的中介。化学解题方法是人们在解题实践中积累起来的宝贵财富。借助于它,人们得出一个又一个新成果,解决一个又一个新问题。因此,加强化学基础知识和基本技巧训练的同时,读一点解题方法技巧之类的参考读物,也是十分必要的。

本书解析详细,独辟蹊径,抓重点、难点、疑点。使学生在培养学习兴趣。

本书与同类书比较具有以下几个鲜明的特色:

一、高考脉搏把握准确。编者认真研究教学大纲、考纲和近十年的高考试题,明确考点、热点和难点,讲深讲透,并让它们起到一个统帅作用,追求纲举目张的学习效果。

二、规律多,技巧方法全。本书是教学研究成果和教学经验的总结。对所学知识进行结构化、网络化的归纳和整理,对相近知识进行横向或纵向比较。本书介绍了很多的解题方法和技巧,对每种方法和技巧都作了系统的归纳和延伸。

三、例题透、习题精。本书对典型例题进行了透彻的分析、详细的解答,并提示注意点;习题选编新颖,难易程度接近高考,覆盖面广,对高考热点进行多角度考查,对提高学生能力大有益处。

■高考命题规律

化学计算是中学化学学习的重要内容,也是高考命题考查的重点之一。高考试题中化学计算的内容占15%,含有计算因素的试题大约占试卷总分的1/3,分析近年来的高考化学计算试题,大致有以下几个特点:

1. 化学知识与数学计算的有机结合

化学计算的基础是对相关化学知识的正确理解和应用,计算是工具和手段。要进行化学计算,必须弄清“质”与“量”的相互关系,并自觉地从两者的紧密结合上去进行分析和解答。“明确化学涵义”与“理解量的关系”两者密不可分。

明确化学涵义指:应明确化学概念和化学原理的涵义、元素化合物的性质、化学

反应的实质等。

理解量的关系指:应理解数量、质量、体积、物质的量在化学物质或化学反应中的计算、表示或相互关系等。

2. 基础性

重视基本化学物理量的计算和有关概念的应用,基本化学计算的考查在试题中重复出现的几率高。物质的量、气体摩尔体积、物质的量浓度、溶液的 pH 等计算所占比例较大。并强调对化学原理的分析,避免繁杂的数学运算。

3. 灵活性

在计算题中设计一些巧解巧算试题,这些试题往往用常规解法也可得到同样结果,但要比巧解巧算多几倍的时间,以致影响全卷试题的解答。巧解巧算题检验学生是否掌握一定的解题技巧,考查学生思维的敏捷性、严密性、整体性和创造性。

学习应试策略

1. 夯实基础举一反三

立足对重点知识和基础知识的学习和掌握,注重对基本能力的培养(注重学科内综合能力的培养;阅读分析图表数据等获取信息的能力;联系社会生产实际、考查学以致用的应用能力)。对于专题中的典型例题要进行细致的分析与理解,旨在培养学生举一反三的能力,从而起到事半功倍的效果。在高考中我们碰到的、做过的题一样的并不多,没见过的也很少,题目虽有变化,但是万变不离其宗,解题的方法是一样的,注意题型中变式练习,培养自己分析问题、解决问题的能力。

2. 捕捉规律提高技巧

高考出题是有一定规律的,高考题更注重基础知识的应用与考查。本专题体现了最新课改教学理念,构建夯实基础与能力提高的互动平台,符合能力逐渐提高、阶段培养的规律。试题编排由易到难注重综合、实践能力和创新意识的培养,优化学习方式,提高自主学习的能力,同时注意了规律的总结使你从详尽的讲解中学到方法与技巧,使你把握高考命题方向及时调整学习,让你在层次分明的练习中归纳知识,融会贯通。

3. 注重实践专题复习

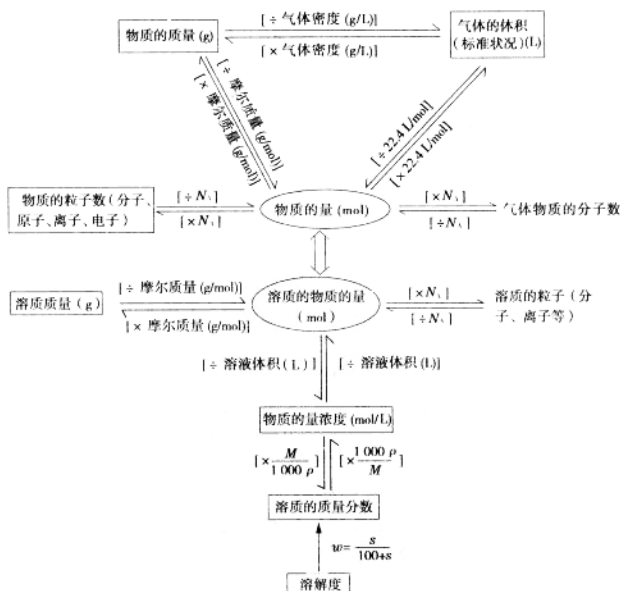
对于历年高考中命题的重点、热点问题,可以用归纳、对比、整合三种复习策略,以小专题形式逐个解决。对每个小专题要进行专题小结、归纳、形成表格、画关系图等。注意问题的真实性与情境性,密切联系生活经验和实际,将社会热点、焦点问题、科学新发现、技术新发明等与所学知识相联系。

我想对你说,成功的因素很多,但最主要的是自己,自己的拼搏和奋斗。选择一本优秀的教辅资料会在你的人生道路上助你一臂之力,会在你的学业上有所帮助,会在激烈的竞争中有自己的专长,从而使你闯出一片自己的天地。

[单元提升篇]

第一单元 物质的量的有关计算

单元概念图示



 课程标准要求

1. 使学生了解物质的量及其单位——摩尔, 了解物质的量与微观粒子之间的关系。
2. 掌握摩尔质量和气体摩尔体积的概念, 让学生了解物质的量、摩尔质量和物质的质量之间的关系, 以及物质的量、气体摩尔体积和气体的体积之间的关系。
3. 了解一定物质的量浓度溶液的配制, 以及溶液物质的量浓度的计算。

 知识清单精解

考点1 物质的量的有关概念

1. 国际单位制(SI)的七个基本单位(见下表)

物理量	长度	质量	时间	电流	热力学温度	发光强度	物质的量
符号	l 或 L	m	t	I	T	I	n
单位名称	米	千克	秒	安[培]	开[尔文]	坎[德拉]	摩[尔]
单位符号	m	kg	s	A	K	cd	mol

2. 物质的量(n)

物质的量是七个基本物理量之一, 其意义是表示含有一定数目粒子的集体。物质的量的单位是“摩尔”, 符号是“mol”。粒子集体中可以是原子、分子, 也可以是离子、电子等。例如: 1 mol F , 0.5 mol CO_2 , $1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 10 mol CO_3^{2-} , $a \text{ mol e}^-$ 等。

学法指导

物质的量是一个专有名词, 是一个完整名词, 在读写时不能加减字, 否则就改变了这个概念的内涵。

3. 摩尔(mol)

(1) 摩尔是物质的量的单位, 简称摩, 符号为 mol。量度对象是构成物质的基本粒子(如分子、原子、离子、质子、中子、电子等)或它们的特定组合。如 1 mol CaCl_2 可以说含 1 mol Ca^{2+} 、 2 mol Cl^- , 或含 3 mol 阴、阳离子, 或含 54 mol e^- 等。

(2) 在使用摩尔表示物质的量时, 应该用化学式指明粒子的种类, 而不该用粒子的中文名称。例如说“ 1 mol 氧”, 是指 1 mol 氧原子, 还是指 1 mol 氧分子, 含义就不明确; 又如说“ 1 mol 碳原子”, 是指 $1 \text{ mol } ^{12}\text{C}$, 还是指 $1 \text{ mol } ^{13}\text{C}$, 含义也不明确。

(3) 摩尔概念只适用于微观, 不适用于宏观。

(4) 摩尔是沟通微观和宏观的桥梁, 具有“大”“小”“广”的特性。

[思维拓展]

摩尔的采用有两个规定:

摩尔是一系统中所包含的结构微粒等于 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 的原子数, 则该系统物质

的量就为 1 摩尔。

在使用摩尔时,基本结构微粒可以是分子、原子、离子、质子、中子、电子等微粒中的一种或是这些粒子的特定组合。

所说的特定组合可以是粒子聚集体。如缔合分子、原子团、官能团等。如

$(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH}$ 等,也可以是粒子间的作用关系,如化学键及特定的结构。

例如,1 摩尔氨分子中有 3 摩尔“N—H”共价键。

所以,摩尔是物质微观基本单元的计量单位,以阿伏加德罗常数(常用 N_A 表示)为计数单位的特殊单位。

4. 物质的量的基准(N_A)—阿伏加德罗常数

以 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数即阿伏加德罗常数作为物质的量的基准。阿伏加德罗常数可表示为 N_A ,其近似值为 6.02×10^{23} 。

阿伏加德罗常数是一个很大的数,所以只有微粒才用摩尔来衡量。微粒是微观粒子,如分子、原子、电子、中子、质子等。微小种子等不是微观粒子。

学法指导

1. 阿伏加德罗常数是一个精确值。 6.02×10^{23} 是一个近似值,它是通过实验测定的,常用于计算,不能应用于有关概念中。

2. 阿伏加德罗常数、原子相对质量的标准均是人为规定的,如果它们发生了改变,则相对原子质量、相对分子质量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度等均发生改变。解这类题时,在弄清主观与客观的同时,一定要紧扣“物质的量”这一化学计算的核心,即先判断物质的量如何改变,再判断和物质的量有关的量会怎样改变。如规定 $24 \text{ g } ^{12}\text{C}$ 含有的碳原子数为 1 mol,则 32 g O_2 含 0.5 mol O_2 ; 1 mol O_2 在标准状况下所占的体积为 44.8 L。

5. 粒子数(N)与其物质的量的关系: $N = n \cdot N_A$

1 mol F 中约含 6.02×10^{23} 个 F; 0.5 mol CO_2 中约含 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 CO_2 ; 1 mol $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中约含 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 Na^+ 、 6.02×10^{23} 个 CO_3^{2-} 、 $10 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 H_2O ; 10 mol CO_3^{2-} 中约含 $10 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 CO_3^{2-} ; $a \text{ mol e}^-$ 中约含 $a \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 e^- 。

学法指导

计算粒子数时,一定要注意与物质的量所特指的微粒对应。

6. 摩尔质量(M)

(1)定义:单位物质的量的物质所具有的质量叫做摩尔质量。

(2)单位: $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3)摩尔质量与粒子的相对原子质量或相对分子质量(M_r)的关系:

① 1 mol 粒子的质量以克为单位时,在数值上都与该粒子的相对原子质量或相对分子质量相等,亦即摩尔质量的单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时, $M = M_r \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② 1 mol 粒子的质量以千克为单位时,数值为该粒子相对原子质量或相对分子质量的 $1/1\,000$,亦即摩尔质量的单位为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时, $M = M_r \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(4) 粒子摩尔质量的表示方法。

① 对于原子来说,1 mol 任何原子的质量以克为单位时,在数值上等于该种原子的相对原子质量。例如:

K 的相对原子质量为 39,1 mol K 的质量为 39 g, $M(\text{K}) = 39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

Cl 的相对原子质量为 35.5,1 mol Cl 的质量为 35.5 g, $M(\text{Cl}) = 35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② 对于分子来说,1 mol 任何分子的质量以克为单位时,在数值上等于该种分子的相对分子质量。例如:

CO_2 的相对分子质量为 44,1 mol CO_2 的质量为 44 g, $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的相对分子质量为 250,1 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的质量为 250 g, $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

③ 简单离子是原子得到或失去电子而形成的,由于电子的质量很小,可忽略不计,因此原子在得到或失去电子后的质量近似等于原子的质量,所以对于简单离子来说,1 mol 任何离子的质量以克为单位时,在数值上等于形成该离子的原子的相对原子质量。例如。

Na^+ 的相对原子质量为 23,1 mol Na^+ 的质量为 23 g, $M(\text{Na}^+) = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

O^{2-} 的相对原子质量为 16,1 mol O^{2-} 的质量为 16 g, $M(\text{O}^{2-}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

④ 对于较复杂的离子,如原子团,1 mol 任何原子团的质量以克为单位时,在数值上等于构成该原子团的各原子的相对原子质量之和。例如:

NH_4^+ 的相对原子质量之和为 18,1 mol NH_4^+ 的质量为 18 g, $M(\text{NH}_4^+) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

SO_4^{2-} 的相对原子质量之和为 96,1 mol SO_4^{2-} 的质量为 96 g, $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

学法指导

1. 要正确区分摩尔质量和 1 mol 物质的质量。
2. 使用摩尔质量时切记单位不是 g,而是 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。
3. 混合物只要组成一定,那么 1 mol 混合物的质量,就是该混合物的平均摩尔质量,当以 g/mol 为单位时,在数值上等于该混合物的平均相对分子质量。
4. 物质的量、物质的质量和物质的摩尔质量的关系:

基本公式: $M = \frac{m}{n}$ 。变形可得 $n = \frac{m}{M}$, $m = n \cdot M$,上述公式是本节计算的重要公式。

5. 化学计量数(γ)和物质的量之间的关系



化学计量数之比 1 : 2 : 3

粒子数之比 1 : 2 : 3

物质的量之比 1 : 2 : 3

由此得出:化学方程式中化学计量数之比等于粒子的物质的量之比。

考点2 气体摩尔体积

1. 决定物质体积大小的因素

物质的体积大小决定于以下三个因素：粒子的数目、大小以及粒子间的距离。有关体积大小的规律要记住以下四点：

(1) 相同条件下，相同物质的量的物质所占的体积：固体 < 液体 < 气体；相同物质的量的气体体积近似相等，而固体、液体却不相等。

(2) 相同条件下，相同物质的粒子间的距离是很小的，在粒子数相同的条件下，固态、液态物质的体积主要决定于原子、分子或离子本身的大小。由于构成不同物质的原子、分子或离子的大小是不同的，所以相同物质的量的液态、固态物质的体积也就有所不同。

(3) 气体分子间平均距离比分子直径大得多，因此，当气体的物质的量(粒子数)一定时，决定气体体积大小的主要因素是粒子间平均距离的大小。

(4) 温度越高，气体体积越大；压强越大，气体体积越小。当温度和压强一定时，气体分子间的平均距离大小几乎是一个定值，故粒子数一定时，其体积是一个定值。

学法指导

- 对于固体和液体来说，物质粒子本身的大小比粒子间的距离要大得多。
- 在讨论气体体积之前必须规定统一的标准，即在一定的温度和压强下比较。

2. 气体摩尔体积(V_m)

(1) 定义：单位物质的量的气体所占的体积叫做气体摩尔体积。

(2) 符号： V_m 。

(3) 单位： L/mol 或 m^3/mol 。

(4) 定义式： $V_m = \frac{V}{n}$ 。

(5) 特例：在标准状况($0^\circ C$ 、 101.325 kPa ，简称为STP)下， $V_m = 22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

说明：①状态：必须是气态物质(可以是混合气体)。

②状况：标准状况。

③定量：物质的量为 1 mol 。

④数值： $22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 是标准状况下气体摩尔体积的近似值。

3. 阿伏加德罗定律

(1) 内容：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。

(2) 阿伏加德罗定律的适用范围和“四同”关系。

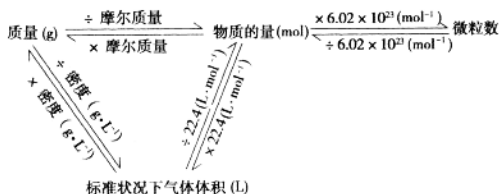
阿伏加德罗定律可适用于任何气体，同温、同压、同体积这三个“同”字是条件，最后一个“同”字(即分子数相同)是结果，即“三同导一同”，“四同”缺一不可。例如：同温同压时， $a\text{ mol Cl}_2$ 和 $b\text{ mol O}_2$ ($a \neq b$) 所含分子总数或原子总数一定不等，物质的量一定不等，所占体积一定不等，密度一定不等，质量可能不等也可能相等。

(3)重要推论(仅适用于气体)(见下表):

相同条件	结论	
	公式	语言叙述
T, p 相同	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$	同温、同压下, 气体的体积与物质的量成正比
T, V 相同	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2}$	温度、体积相同的气体, 其压强与物质的量成正比
n, p 相同	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	物质的量、压强相同的气体, 其体积与温度成正比
n, T 相同	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$	物质的量相等、温度相同的气体, 其压强与体积成反比
T, p 相同	$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$	同温、同压下, 气体的密度与其相对分子质量(或是摩尔质量, 下同)成正比
T, p, V 相同	$\frac{M_1}{M_2} = \frac{m_1}{m_2}$	同温、同压下, 体积相同的气体, 其相对分子质量与质量成正比
T, p, m 相同	$\frac{M_1}{M_2} = \frac{V_2}{V_1}$	同温、同压下, 等质量的气体, 相对分子质量与其体积成反比
T, V, m 相同	$\frac{M_1}{M_2} = \frac{p_2}{p_1}$	同温、同体积下, 等质量的气体, 相对分子质量与其压强成反比

注: 表中的 T 为热力学温度, 也必须是热力学温度。由摄氏温度求热力学温度的方法是: $T = 273 + t$ (t 为摄氏温度)。

4. 气体摩尔体积的计算



5. 气体密度(ρ)和相对密度(d)的计算

(1) 标准状况: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_r \cdot \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}$

(2) 非标准状况: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_r p}{RT}$

(3) 气体的相对密度: $d = \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{M_A}{M_B}$

6. 有关气体相对分子质量(M_r)和混合气体的平均相对分子质量($\bar{M}_r$)的计算

(1) 相对密度法求气体的相对分子质量:

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} (\text{相对密度}) = d$$

(2) 标准摩尔体积法求气态物质的相对分子质量:

$$M = \rho_{\text{标准状况}} \times 22.4 (\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}), M_r = M \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}.$$

(3) 利用理想气体状态方程求气态物质的相对分子质量:

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p}, M_r = M \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$$

(4) 求混合气体的平均相对分子质量($\bar{M}_r$):

$$\textcircled{1} \bar{M}_r = 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \times \rho \quad (\rho \text{ 为标准状况下的平均密度}).$$

② 混合气体中 A、B 的物质的量各为 a 、 b , 摩尔质量分别为 M_A 、 M_B , 则

$$\bar{M} = \frac{aM_A + bM_B}{a+b}$$

③ 对于多组分混合气体: 设混合气体各组分的摩尔质量分别为 M_1 、 M_2 、 $\dots$ 、 M_n ; 各组分的物质的量为 n_1 、 n_2 、 $\dots$ 、 n_n ; 各组分的体积分数为 φ_1 、 φ_2 、 φ_n , 则

$$\begin{aligned} \bar{M} &= \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}} = \frac{M_1 n_1 + M_2 n_2 + \dots + M_n n_n}{n_{\text{总}}} \\ &= M_1 \cdot n_1 \% + M_2 \cdot n_2 \% + \dots + M_n \cdot n_n \% \\ &= \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2 + \dots + M_n V_n}{V_{\text{总}}} \\ &= M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 + \dots + M_n \cdot \varphi_n \end{aligned}$$

(5) 最后根据 $\bar{M}_r = M \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 换算即求得平均相对分子质量。

7. 平均值法规律及其应用

平均值法规律: 混合物的平均相对分子质量、元素的质量分数、平均相对原子质量、生成的某指定物质的量总是介于组分的相应量的最大值与最小值之间。例如: CO_2 的摩尔质量为 $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 相对分子质量为 44, $w(\text{O}) = 72.7\%$; SO_2 的摩尔质量为 $64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 相对分子质量为 64, $w(\text{O}) = 50\%$; 则其混合物具有下列特性:

$$44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} < \bar{M} < 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; 44 < \bar{M}_r < 64; 50\% < w(\text{O})_{\text{混}} < 72.7\%.$$

考点 3 物质的量及有关问题

1. 物质的量浓度(c)

以单位体积的溶液中所含溶质 B 的物质的量来表示溶液组成的物理量, 叫做溶质 B 的物质的量浓度, 单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。计算公式:

$$\text{物质的量浓度} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = \frac{\text{溶质的物质的量} (\text{mol})}{\text{溶液的体积} (\text{L})}$$

$$\text{即 } c(\text{B}) = \frac{n}{V}$$

注意: ①要用溶液的体积, 单位是升, 而不是溶剂的体积。②溶质一定要用“物质的量”来表示。③带有结晶水的物质作为溶质时, 其“物质的量”的计算, 用带有结晶水物质的质量除以带有结晶水物质的摩尔质量。④同一溶液, 无论取出多大体积, 其各种浓度(物质的量浓度、溶质的质量分数、离子浓度)均不变。⑤物质的量浓度还可应用于气体: 即单位体积的气体所含某气体 B 的物质的量叫做气体 B 的物质的量浓

度。单位 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2. 一定物质的量浓度溶液的配制

(1) 仪器的使用:

① 天平

托盘天平是常用的称量器具,用于精确度不高的称量,一般能准确到 0.1 g 。

在使用天平前首先要调零,然后再进行称取,在称取过程中,被称物应放在托盘天平的左盘上,切不可把砝码与被称物的位置颠倒。

在称取一般固体样品时,应在托盘天平的两盘各放一张同样的纸,避免天平的托盘受到污染,如果称取的是易潮解、具有腐蚀性的药品,则必须放在玻璃器皿(如小烧杯、表面皿)里称量。

称取时砝码要用镊子夹取。先加质量大的砝码,再加质量小的砝码,最后移动游码,直到天平平衡为止。

在称量过程中如果把砝码和被称物的位置颠倒,只要移动了游码,实际质量一定比所称质量小。

② 量筒

取用一定量的液体药品,可用量筒量出体积。量液时,量筒必须放平,视线要跟量筒内液体凹液面最低点保持水平。再读出液体的体积数。量筒的精确度不够好,不属于精密仪器。

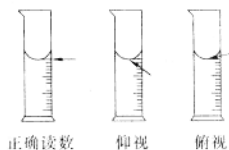


图 1-1

如果在读数过程中仰视,则读出值偏小,若在读数(箭头所指方向是指视线的方向)过程中俯视,则读出值偏大。

学法指导

眼低则低,眼高则高。

③ 容量瓶

a. 仪器:容量瓶是细颈、梨形平底的玻璃瓶,瓶口配有磨口玻璃塞,它的颈部刻有标线,瓶上标有温度和容积。

b. 用途:用于配制一定物质的量浓度的溶液,是一种容积精确的仪器。容量瓶有各种不同规格,常用的规格有 100 mL 、 250 mL 、 500 mL 和 $1\,000 \text{ mL}$ 等。

c. 注意事项:

I. 根据所配溶液的体积选取合适规格的容量瓶;

II. 用前要检查容量瓶是否漏水;

III. 用前要先用蒸馏水洗涤容量瓶;

IV. 不能在容量瓶中将固体或浓溶液直接溶解或稀释,容量瓶也不能作为反应容器,不能长期贮存溶液;

V. 在容量瓶的使用过程中,移动容量瓶,手应握在瓶颈刻度线以上部位,以免瓶内溶液受热而发生体积变化,使溶液的浓度不准确。

(2) 配制步骤:

① 计算:求配制一定浓度的溶液所需溶质的质量(固体)或体积(液体)。

② 称量:用托盘天平称取固体质量或用量筒量取液体体积。

③ 溶解:在烧杯中溶解或稀释溶质,冷却至室温。

④ 转移:将烧杯内溶液沿玻璃棒小心地转入一定体积的容量瓶中。

⑤ 洗涤:用蒸馏水洗涤烧杯、玻璃棒 2~3 次,并将洗涤液转入容量瓶中振荡,使溶液混合均匀。

⑥ 定容:向容量瓶中加入蒸馏水直到液面在刻度线以下 1~2 cm 时,改用胶头滴管加水至刻度线。

⑦ 摇匀:盖好瓶塞,用食指顶住瓶塞,另一只手的手指托住瓶底,把容量瓶倒转过来摇动多次,使溶液混合均匀。

(3) 配制一定物质的量浓度的溶液时,应注意以下问题:

① 配制一定物质的量浓度的溶液是将一定质量或体积的溶质按溶液的体积在选定的容量瓶中定容,因而完全不需要计算水的用量。

② 不能配制任意体积的一定物质的量浓度的溶液。这是因为配制过程中是用容量瓶来定容的,而容量瓶的规格又是固定的。

③ 溶液注入容量瓶前需恢复到室温。这是因为溶质在烧杯内稀释或溶解时常有热效应。

④ 用胶头滴管定容后再振荡,出现液面低于刻度线时不要再加水。这是因为容量瓶是属“容纳量”式的玻璃量器(指注入量器的液体体积等于刻度所示的体积),用胶头滴管定容到液面正好和刻度线相切时,溶液体积恰好为容量瓶的标定容量。所以在把容量瓶再振荡后,竖直容量瓶时会出现瓶内液面低于刻度线的现象,是因为极少量溶液在湿润磨口处而损失了。

⑤ 配制一定物质的量浓度溶液时切不可直接将溶质转入容量瓶中,更不可用于进行化学反应的实验。

⑥ 如果加水定容时超过了刻度线,不能将超出的部分再吸走,必须重新配制。

⑦ 如果摇匀时不小心洒出几滴,不能再补加水到刻度,必须重新配制。因洒出的溶液中带走了一部分溶质,再补加水,同样也会使所配溶液浓度偏低。

⑧ 溶质溶解后转移至容量瓶中时,必须用少量蒸馏水将烧杯及玻璃棒洗涤 2~3 次,并将洗涤液一并倒入容量瓶中。因为烧杯壁及玻璃棒表面沾有溶质,如不洗涤,溶质有损失,所配溶液的浓度偏低。

⑨ 用溶液配制一定物质的量浓度的溶液时,需用移液管移取原溶液。先将移液管洗净,然后用原溶液润洗 2~3 次再取溶液,否则会使所配溶液浓度偏低。另外,移液管尖嘴部分残留的液滴不能吹入容量瓶中,否则会导致所配溶液浓度偏高。

⑩ 配制 NaOH 溶液时,必须用带盖的称量瓶或用小烧杯快速称量 NaOH 固体,因 NaOH 固体易潮解,且有腐蚀性,称量过程中时间越长,吸水越多,导致所配溶液浓度偏低;若在纸上直接称量,NaOH 吸水潮解并粘在纸上,会损失部分 NaOH,使所

配溶液浓度偏低。另外,潮解后固体表面的溶液渗过纸后会腐蚀托盘。

3. 一定物质的量浓度溶液中所含溶质的粒子数目

(1) 溶质是难电离的物质时,溶质在溶液中以分子的形式存在。若溶液中含有 1 mol 的溶质,则溶液里溶质的分子数为 6.02×10^{23} 个。例如溶液中含 1 mol C_2H_5OH (乙醇),则乙醇的分子数为 6.02×10^{23} 个。

(2) 取出任意体积的物质的量浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液,其浓度不变,仍然为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。对于 V 体积的 $A_m B_n$ 型易电离的物质,物质的量浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液,取出任意体积的溶液, $A_m B_n$ 的浓度仍然为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,由电离方程式 $A_m B_n \rightleftharpoons m A^{n+} + n B^{m-}$ 知, A^{n+} 的物质的量浓度为 $mc \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B^{m-} 的物质的量浓度为 $nc \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 溶质是强酸、强碱或可溶性盐时,溶液中溶质是以阴离子和阳离子形式存在的。例如 1 L $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中含有 6.02×10^{23} 个 Ca^{2+} 和 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 NO_3^- 。

考点 4 有关物质的量浓度的计算

1. 要搞清以物质的量为核心的各化学量之间的换算关系

$$\frac{\text{物质的质量(g)}}{\text{摩尔质量(g} \cdot \text{mol}^{-1})} = \frac{\text{标准状况下气体体积(L)}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{\text{溶质粒子数目}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = \text{物质的量(mol)}$$

$$= \text{物质的量浓度(mol} \cdot \text{L}^{-1}) \times \text{溶液体积(L)}.$$

2. 要搞清在一定物质的量浓度溶液中所含溶质粒子的数目

(1) 对于溶质为非电解质,浓度和体积相同的溶液,含有相同数目的溶质分子。

(2) 对于溶质为电解质(离子化合物或能电离的共价化合物),溶质在水溶液中不是以分子的形式存在,而是以离子的形式存在,溶液中所含溶质的粒子数要从溶质的物质的量和化合物的组成两方面考虑。

3. 要掌握物质的量浓度与溶质质量分数、溶解度间的相互换算

$$\left. \begin{array}{l} \text{溶质(mol)} \xleftarrow{\text{摩尔质量起纽带或桥梁作用}} \text{溶质(g)} \\ \text{溶液(L)} \xleftarrow{\text{溶液密度起纽带或桥梁作用}} \text{溶液(g)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{物质的量浓度} \\ \text{质量分数} \end{array}$$

4. 关于溶液的稀释与混合计算

(1) 溶液的稀释计算:总的计算宗旨是溶液在稀释前后,溶质的物质的量守恒。即 $c_1 V_1 = c_2 V_2$, c_1 、 V_1 是稀释前溶液的浓度和体积, c_2 、 V_2 是稀释后溶液的浓度和体积,注意:在没有说明的情况下, $V_2 \neq V_1 + V_{\text{水}}$ 。

(2) 同种溶质不同浓度的两溶液混合计算:计算的依据仍是混合前后溶质的物质的量守恒,即: $c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_3 V_3$, c_1 、 c_2 、 V_1 、 V_2 是混合前两溶液的浓度和体积, c_3 、 V_3 是混合后溶液的浓度和体积。 $V_3 = \frac{V_1 \rho_1 + V_2 \rho_2}{\rho_3}$, 当浓度接近时, $V_3 \approx V_1 + V_2$ 。

(3) 不同溶质的溶液混合计算:若溶质间相互不发生反应,则有下列关系存在:

$$c'_A = \frac{c_A V_A}{V_A \rho_A + V_B \rho_B} \quad c'_B = \frac{c_B V_B}{V_A \rho_A + V_B \rho_B}$$

$$\rho_{AB}$$

其中 c_A 、 c_B 、 V_A 、 V_B 、 ρ_A 、 ρ_B 是混合前 A 溶液、B 溶液的物质的量浓度、体积和密度， c'_A 、 c'_B 、 ρ_{AB} 是混合后溶液 A、B 的物质的量浓度和密度。

若两种溶质间相互反应，则要考虑两物质的反应，然后依化学方程式计算生成物、剩余反应物的物质的量，以及反应后溶液的体积，再计算溶液中各溶质的物质的量浓度。

5. 关于气体溶于水所得溶液物质的量浓度的计算

(1) 求一定体积的气体溶于一定体积的水所得溶液物质的量浓度。首先求气体的物质的量 $n_{\text{气}} = \frac{V}{V_m}$ ，再求形成溶液的浓度 $c = \frac{n_{\text{气}}}{V_{\text{混}}}$ ，其中 $V_{\text{混}}$ 不是水的体积。

$$V_{\text{混}} = \frac{V_{\text{水}} \rho_{\text{水}} + n_{\text{气}} M_{\text{气}}}{\rho_{\text{混}}}$$

(2) 一定量气体溶于足量水中形成一定体积的溶液时，求溶液物质的量浓度。首先求一定量气体溶于水形成的溶质的物质的量，再利用形成的体积求出溶液的浓度。

考点 5 配制一定物质的量浓度溶液的误差分析

根据 $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ 来分析溶质的量和溶液的体积因错误操作导致的变化。如：

- (1) 若称量固体溶质时，操作无误，但所用砝码生锈， m 偏大，结果偏高。
- (2) 若没有洗涤烧杯内壁，使 n 减小，结果偏低。
- (3) 若容量瓶中有少量蒸馏水或定容后反复摇匀后发现液面低于刻度线，则对结果无影响。
- (4) 俯视、仰视对结果的影响。

① 仰视刻度线，由于操作时以刻度线为基准加水，故加水量增多，导致溶液体积偏大， c 偏小。

② 俯视刻度线，加水量减少，溶液体积偏小，故 c 偏大。



图 1-2

考点 6 有效数字的使用

1. 有效数字的涵义

有效数字中除最后一位数可能有误差外，其余各位数字都是准确的。测量中取几位有效数字由测定方法和所用的仪器的准确度决定。如用滴定管测得液体的体积为 24.41 mL，而同样多的液体在最小刻度为 0.1 mL 的量筒中测得为 24.4 mL。可见有效数字不仅表示量的大小，还表示了测量的准确程度。

2. 有效数字的位数

由以下几个数值说明：

数值 0.05 1.005 5.000 pH=12.30 5.01×10^{-4}

有效数字位数 1 位 4 位 4 位 4 位 3 位

非零数字均为有效数字，“0”在非零数字中间或后边时为有效数字，若“0”在数字的前