

教育部世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目研究成果

高 等 学 校 教 材

GONGKE HUAXUE XUEXI ZHIDAO

工科化学学习指导

刘玉林 主编

李侃社 副主编



化学工业出版社

教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果

高等学校教材

工科化学学习指导

刘玉林 主 编

李侃社 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分两篇。第一篇是《工科化学》各章的重点内容提要、典型例题解析、自测题及其参考答案。“重点内容提要”目的是解决学生抓不住重点、难点的问题；“典型例题解析”收集、选择了与重点、难点、知识点有关的各种有代表性的例题，使学生深入了解和掌握教学内容，达到举一反三、事半功倍的效果；“自测题及其参考答案”供学生自检学习效果，提高解题能力。第二篇是《工科化学》配套习题与习题解答，目的是引导学生掌握审题与解题技巧，以巩固和掌握工科化学基本原理与基础知识。

本书层次分明，内容精练，通用性强，覆盖面广，既可与《工科化学》配套使用，也可作为工科相关化学课程的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

工科化学学习指导/刘玉林主编. —北京：化学工业出版社，2006.11

高等学校教材

ISBN 978-7-5025-9489-3

I. 工… II. 刘… III. 化学-高等学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 135557 号

教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果

高等学校教材

工科化学学习指导

刘玉林 主编

李侃社 副主编

责任编辑：杨 菁

文字编辑：杨欣欣

责任校对：吴 静

封面设计：史利平

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询：(010)64518888

购书传真：(010)64519686

售后服务：(010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市振南印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20¼ 字数 557 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9489-3

定 价：36.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

前 言

“工科化学”是将原来独立设课的无机化学、分析化学、物理化学和有机化学等多门化学课程在体系和内容上进行重组、优化而设置的一门新课程。为配合由江楦主编、化学工业出版社出版的《工科化学》教材，满足学生的学习要求，使学生能更有效地掌握课程内容，提高学习效率，特编写了这本《工科化学学习指导》。

本书共分两篇。第一篇是《工科化学》各章的重点内容提要、典型例题解析、自测题及其参考答案。“重点内容提要”目的是解决学生抓不住重点、难点的问题；“典型例题解析”收集、选择了与重点、难点、知识点有关的各种有代表性的例题，使学生深入了解和掌握教学内容，达到举一反三、事半功倍的效果；“自测题及其参考答案”供学生自检学习效果，提高解题能力。第二篇是《工科化学》配套习题与习题解答，目的是引导学生掌握审题与解题技巧，以巩固和掌握工科化学基本原理与基础知识。

本书层次分明、内容精练、通用性强、覆盖面广，既可与《工科化学》配套使用，也可作为工科相关化学课程的参考书。

参加本书编写的有西安科技大学刘向荣（第五章）、李侃社（第十三章、第十四章），西安石油大学张群正（第十六章），安徽理工大学倪惠琼（第一章、第二章、第八章）、马家举（第三章、第四章）、江楦（第六章、第十章、第十二章）、刘玉林（第七章、第九章）、王涛（第十一章）、张晓梅（第十五章）、黄若峰（第十七章）。第五章、第十一章由江楦审阅、修改，第十五章、第十六章由倪惠琼审阅、修改，第十七章由马家举审阅、修改。全书由刘玉林、李侃社统稿、修改和定稿。

在本书的编写过程中，我们参考了国内外教材，在此对这些教材的作者表示衷心的感谢。限于编者水平及时间仓促，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

第一篇 学习指导	1
第一章 物质的聚集状态	3
重点内容提要	3
典型例题解析	4
自测题	5
自测题参考答案	8
第二章 原子结构和元素周期律	10
重点内容提要	10
典型例题解析	13
自测题	14
自测题参考答案	17
第三章 化学键、分子结构与晶体结构	19
重点内容提要	19
典型例题解析	24
自测题	26
自测题参考答案	30
第四章 配位化合物	32
重点内容提要	32
典型例题解析	34
自测题	36
自测题参考答案	39
第五章 热力学第一定律	40
重点内容提要	40
典型例题解析	45
自测题	48
自测题参考答案	52
第六章 热力学第二定律	53
重点内容提要	53
典型例题解析	57
自测题	61
自测题参考答案	65
第七章 化学平衡与平衡原理	66
重点内容提要	66
典型例题解析	70
自测题	75
自测题参考答案	83
第八章 电化学基础	85
重点内容提要	85
典型例题解析	88
自测题	92
自测题参考答案	99
第九章 化学分析法	100
重点内容提要	100
典型例题解析	106
自测题	111
自测题参考答案	120
第十章 相平衡	122
重点内容提要	122
典型例题解析	124
自测题	125
自测题参考答案	127
第十一章 化学动力学	128
重点内容提要	128
典型例题解析	132
自测题	136
自测题参考答案	139
第十二章 界面现象和胶体分散系统	140
重点内容提要	140
典型例题解析	143
自测题	144
自测题参考答案	146
第十三章 主族元素化学	148
重点内容提要	148
典型例题解析	151
第十四章 副族元素化学	153
重点内容提要	153
典型例题解析	155

第十五章 烃	158	自测题	184
重点内容提要	158	自测题参考答案	190
典型例题解析	168	第十七章 现代分析测试技术	196
自测题	171	重点内容提要	196
自测题参考答案	172	典型例题解析	198
第十六章 烃的衍生物	173	自测题	200
重点内容提要	173	自测题参考答案	203
典型例题解析	181		
第二篇 习题与习题解答	205		
第一章 物质的聚集状态	207	第十章 相平衡	268
第二章 原子结构和元素周期律	213	第十一章 化学动力学	278
第三章 化学键、分子结构与晶体结构	217	第十二章 界面现象和胶体分散系统	283
第四章 配位化合物	221	第十三章 主族元素化学	290
第五章 热力学第一定律	225	第十四章 副族元素化学	293
第六章 热力学第二定律	232	第十五章 烃	295
第七章 化学平衡与平衡原理	239	第十六章 烃的衍生物	305
第八章 电化学基础	248	第十七章 现代分析测试技术	320
第九章 化学分析法	260		

第一篇

学习指导



第一章 物质的聚集状态

重点内容提要

一、理想气体状态方程

理想气体分子本身不占有空间，分子间没有作用力。是人们研究气体状态时提出的一种物理模型，高温低压下的真实气体可近似地看作理想气体。在基础化学中研究气体的状态变化时，除特殊指明外，可把系统中的气体看作是理想气体。

理想气体状态方程为： $pV=nRT$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} \text{ 即: } \rho = \frac{pM}{RT}$$

二、混合气体分压定律

1. 分压力 (p_B)

相同温度下组分气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。

2. 分体积 (V_B)

组分气体具有与混合气体相同温度和压力时所占有的体积。

3. 分压定律

$$p = \sum_B \frac{n_B RT}{V} = \sum_B p_B \text{ (混合气体的总压等于所有组分气体的分压之和)}$$

$$p_B = y_B p \text{ (组分气体的分压等于总压与摩尔分数之积)}$$

4. 分体积定律

$$V = \sum_B \frac{n_B RT}{p} = \sum_B V_B \text{ (混合气体的总体积等于所有组分气体的分体积之和)}$$

$$y_B = \frac{V_B}{V} = \varphi_B \text{ (体积分数等于摩尔分数)}$$

$$y_B = \frac{p_B}{p} = \frac{V_B}{V} \text{ 即 } p_B V = p V_B$$

当使用分压计算时，必须使用总体积；而使用分体积计算时，则应使用总压。

三、气体扩散定律

同温同压下，气体的扩散速率与其密度（或摩尔质量）的平方根成反比。

$$u \propto \sqrt{\frac{1}{\rho}} \text{ 或 } \frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

不同物质因摩尔质量不同，在相同条件下的扩散速率将不同，利用此性质可进行化学性质极为相似的同位素等的分离。

四、拉乌尔定律

1. 拉乌尔定律

一定温度下,稀溶液中溶剂的蒸气压 p_A 等于同温度下纯溶剂的蒸汽压 p_A^* 与溶剂的物质的量分数 x_A 的乘积。

$$p_A = p_A^* x_A$$

$$p_A = p_A^* x_A = p_A^* (1 - x_B) \rightarrow \Delta p = p_A^* - p_A = p_A^* x_B$$

溶剂的蒸气压下降与 x_B 成正比,而与溶质的种类无关。

这是溶液性质中最基本的定律。适用于所有稀溶液中的溶剂,不论溶质挥发与否。

$$\begin{cases} \text{溶质 B 不挥发: } p_{\text{溶液}} = p_A \text{ (溶剂蒸气压等于溶液蒸气压)} \\ \text{溶质 B 挥发: } p_{\text{溶液}} = p_A + p_B \text{ (溶剂蒸气压只是溶剂在气相中的分压)} \end{cases}$$

2. 理想液态混合物(理想溶液)定义:

理想溶液——溶液中任一组分在全部浓度范围内都符合拉乌尔定律的溶液。

理想溶液之所以在全部浓度范围内都满足拉乌尔定律,是因为每一组分的分子结构相似,分子间作用力几乎相等所致。一般溶液大都不满足理想溶液的定义,或是在一定浓度范围内满足拉乌尔定律。

五、亨利定律

1. 亨利定律:一定温度下,气体在液体里的溶解度 x_B 与该气体的平衡压力 p_B 成正比。

$$p_B = k_{B,x} x_A = k_{B,c} c_B = k_{B,b} b_B$$

式中 $k_{B,x}$ 、 $k_{B,c}$ 、 $k_{B,b}$ ——亨利常数,与温度、压力、溶剂、溶质等因素有关。

说明:

① 亨利定律适用于 $\begin{cases} \text{气体在液体中的溶解。} \\ \text{挥发性非电解质的稀溶液。} \end{cases}$

② p_B 是气体 B 在液面的分压。对混合气体,在总压不大时,亨利定律可分别适用于每一种气体。

③ 溶质在气相和在溶剂中的分子状态必须相同。对于电离度较小的溶质如 NH_3 、 SO_2 等,应用亨利定律时必须注意公式中所用的浓度应该是溶解态的分子在溶液中的浓度。

2. 理想稀溶液定义

理想稀溶液——溶剂符合拉乌尔定律,溶质符合亨利定律的溶液。

显然理想稀溶液并不是稀的理想溶液。

$$\text{二元理想溶液: } p = p_A + p_B = p_A^* x_A + p_B^* x_B = (p_A^* - p_B^*) x_A + p_B^*$$

$$\text{二元理想稀溶液: } p = p_A + p_B = p_A^* x_A + k_B x_B = (p_A^* - k_B) x_A + k_B$$

六、物质的聚集状态

物质的聚集状态有气、液、固、等离子态和黑洞等五种。

七、液体的蒸气压

液体的蒸气压随温度升高而变大,沸腾温度随外压增大而升高。

八、溶液浓度的表示方法

主要有三种:物质的量浓度 c_B , 质量摩尔浓度 b_B , 滴定度 $T(A/B)$

典型例题解析

【例 1.1】 今有 300K、104.365kPa 的湿烃混合气体(含水蒸气的烃类混合气体),其中水蒸气的分压为 3.167kPa。现欲得到除去水蒸气的 1kmol 干烃类混合气体,试求:

(1) 应从湿烃混合气体中除去水蒸气的物质的量;

(2) 所需湿烃混合气体的初始体积。

解: (1) 设混合气体中烃类混合气 (A) 和水蒸气 (B) 的分压分别为 p_A 、 p_B 。

$$p_B = 3.167 \text{ kPa}, p_A = p - p_B = 104.365 \text{ kPa} - 3.167 \text{ kPa} = 101.198 \text{ kPa}$$

由公式 $p_B = y_B p = \frac{n_B}{\sum n_B} p$, 可得: $\frac{n_B}{n_A} = \frac{p_B}{p_A}$

代入数据可得: $n_B = \frac{p_B}{p_A} n_A = \frac{3.167 \text{ kPa}}{101.198 \text{ kPa}} \times 1000 \text{ mol} = 31.30 \text{ mol}$

(2) 所求初始体积为 V , 即为总体积

$$V = \frac{n_A RT}{p_A} = \frac{n_B RT}{p_B} = \frac{31.30 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{3.167 \times 10^3 \text{ Pa}} = 24.65 \text{ m}^3$$

【例 1.2】 氰化物溶液在提炼金矿中广泛使用, 然而氢氰酸蒸气是剧毒的, 如果暴露在大气中的氢氰酸蒸气浓度超过 100×10^{-6} (体积分数, 相当于 100ppm), 经过 30~60min 就可致人死亡。在一个黄金提炼厂内, 是采用石灰来保证约 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的氰化钾的 pH 不至于下降至某一临界值。试估算在放有一大桶氰化钾溶液的不通风的房间内的初始浓度 b (CN^-)。已知纯 HCN (液态) 的正常沸点为 26°C 。

解: 这是利用 Raoult 定律解决生产实验的应用问题, 依题给条件

$T = (273 + 26) \text{ K}$, 纯 HCN 沸腾, 即 $p^*(\text{HCN}) = p^\ominus$, 稀 HCN 水溶液 $x(\text{HCN})$ 时, $\text{HCN}(\text{g})$ 占大气体积分数为 100×10^{-6} , 可算得

$$p(\text{HCN}) = \varphi(\text{HCN}) p^\ominus = 10^{-4} p^\ominus$$

根据 Raoult 定律: $x(\text{HCN}) = p(\text{HCN}) / p^*(\text{HCN}) = 10^{-4}$

换算成质量摩尔浓度 $b(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$:

$$x(\text{HCN}) = \frac{n(\text{HCN})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{HCN})} \approx \frac{n(\text{HCN})}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{b}{1000/18.02}$$

$$b(\text{HCN}) = x(\text{HCN}) \times \frac{1000}{18.02} = 5.55 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

考虑解离平衡: $b(\text{HCN}) + b(\text{CN}^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$b(\text{CN}^-) = 0.1 - 5.55 \times 10^{-3} = 0.0944 (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

自 测 题

一、选择题

1. 1 mol 理想气体, 其摩尔质量为 M , 在温度为 T 和压力为 p 时的密度为 ρ , 体积为 V , 下述关系中不正确的是

(A) $pV = RT$ (B) $M = V\rho$ (C) $pV = MRT$ (D) $pM/\rho = RT$

2. 在同温同压下, 一定体积的下列各种气体, 质量最大的是

(A) 乙烷 (B) 氯气 (C) 氧气 (D) 二氧化硫

3. 在同温同压下, 气体 A 充满烧瓶时, 测得 A 的质量为 0.88 g , 而充满氧气时, 测得质量为 0.64 g , 则气体 A 是

- (A) 氧气 (B) 二氧化硫 (C) 二氧化碳 (D) 氮气
4. 空气中 O_2 和 N_2 的体积分数分别是 21% 和 79%。若将一定量的空气压缩到 1500kPa, 那么 O_2 的分压力最接近的数值是
(A) 920kPa (B) 315kPa (C) 210kPa (D) 1185kPa
5. 在 10℃ 和大气压力为 100.0kPa 的条件下, 用排水集气法收集 1.00dm³ 氢气。在温度和压力不变的情况下, 干燥后氢气的体积将变为 (10℃ 时水的蒸气压为 1.227kPa)
(A) 1.00dm³ (B) 0.988dm³ (C) 0.908dm³ (D) 0.992dm³
6. A、B 两种气体在体积为 V 的容器中混合, 在温度 T 时测得混合气体的压力为 p 。若 V_A 、 V_B 分别为两种气体的分体积, p_A 、 p_B 分别为两种气体的分压力, 下列计算式中不正确的是
(A) $pV_A = n_ART$ (B) $p_AV_A = n_ART$ (C) $p_AV = n_ART$ (D) $p_A(V_A + V_B) = n_ART$
7. 在相同温度下, 某气体的扩散速率是 CH_4 的 1/2, 则这种气体最可能是
(A) CO_2 (B) O_2 (C) SO_2 (D) SO_3
8. 实际气体和理想气体更接近的条件是
(A) 高温高压 (B) 低温高压 (C) 高温低压 (D) 低温低压
9. 下列有关气体物质的临界状态的说法中不正确的是
(A) 达到临界状态时, 气体和液体的比容相同
(B) 在临界状态下, 气体和液体的界面消失
(C) V_c 是气体在 T_c 和 p_c 下的摩尔体积
(D) 温度高于 T_c 的状态下的流体称为超临界流体
10. 参考有关气体的临界数据, 下列气体中偏离理想气体行为最大的一种气体是
(A) NH_3 (B) O_2 (C) CO (D) N_2
11. SO_2 的 $T_c = 430.7K$, $p_c = 7.88MPa$, 在 298K 时 $SO_2(l)$ 的蒸气压为 0.38MPa。下列说法中正确的是
(A) 在 298K, 将 SO_2 以 0.5MPa 的压力储存, 储罐中 SO_2 气-液共存
(B) 在 298K 和 100kPa 的条件下, SO_2 是气体
(C) SO_2 气体在 450K 和 9.00MPa 下会发生液化
(D) SO_2 的沸点在 298~430.7K 之间
12. 将相同温度、压力为 101.3kPa、100dm³ N_2 和压力为 202.6kPa、100dm³ O_2 充入 200dm³ 的真空容器中, 如果温度不变, 则混合气体的总压为
(A) 101.3kPa (B) 202.6kPa (C) 304kPa (D) 152kPa
13. 在一定温度下, 于某一容器中充入 A、B 两种理想气体, 若组分 A 的摩尔分数为 0.200, 混合气体的总压为 101325Pa, 则组分 B 的分压为
(A) 20.3kPa (B) 81.1kPa (C) 16.2kPa (D) 101.3kPa
14. 某氧气钢瓶容积为 40.0dm³, 压力为 $2.02 \times 10^6 Pa$, 则 25℃ 时钢瓶中氧气的质量为
(A) 32.4g (B) $1.04 \times 10^3 g$ (C) $8.62 \times 10^3 g$ (D) $3.28 \times 10^3 g$
15. 等温等压下, 10mL A_2 气体与 5mL B_2 气体完全反应生成 10mL 气体 C, 则 C 的化学式是
(A) AB_2 (B) A_2B (C) A_4B_2 (D) A_2B_2
16. 下列关于拉乌尔定律的说法何者是不恰当的?
(A) 稀溶液中溶液的蒸气压必低于纯溶剂的饱和蒸气压
(B) 不挥发性溶质的稀溶液中溶液的蒸气压低于纯溶剂的饱和蒸气压
(C) 不挥发性溶质的稀溶液中溶剂的蒸气压必低于纯溶剂的饱和蒸气压

(D) 稀溶液中溶剂的蒸气压必低于纯溶剂的饱和蒸气压

17. 某温度下 $x_B = 0.120$ 的乙醇溶液蒸气压为 101.325kPa , 该温度下纯水的饱和蒸气压为 91.326kPa , 则亨利系数为

- (A) 83.3kPa (B) 753kPa (C) 844kPa (D) 174.7kPa

18. O_2 溶于水的亨利系数 $7.30 \times 10^7 \text{Pa} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 在标准压力的空气中 1kg 水能溶解的 O_2 质量为

- (A) 0.0438g (B) 0.00921g (C) 0.0139g (D) 0.000139g

19. A、B 两液体的饱和蒸气压分别为 100kPa 和 50kPa , 当 A、B 形成理想液体混合物且 $x_A = 0.50$ 时, 平衡气相中 A 的摩尔分数为

- (A) 1 (B) $1/2$ (C) $2/3$ (D) $1/3$

二、填空题

1. 范德华气体状态方程式中的压力校正因子 a 与气体体积的平方 V^2 之比称为_____, 而体积校正因子 b 可以称为_____。

2. 物质在温度和压力都超过_____时的状态称为超临界流体, CO_2 的 $T_c = 304.2\text{K}$, $p_c = 7.397\text{MPa}$, 超临界 CO_2 是 CO_2 处于_____条件下的状态。超临界的密度与液体接近, 但黏度远_____液体。

3. 饱和蒸气是一定温度下与液体_____的蒸气, 常温下蒸气压_____的液体是易挥发的液体, 液体蒸发的过程是_____过程, 液体的蒸气压随温度的升高而_____。

4. 已知密度为 $0.90\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的浓氨水中 NH_3 的含量为 28% , 则其物质的量浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, NH_3 的摩尔分数为_____, H_2O 的摩尔分数为_____。

5. 将一杯水和一杯稀硫酸溶液一同放入一密封的玻璃钟罩中, 在室温下放置几天后会发现水的液面下降了, _____的液面上升了, 出现这种现象的原因是水的蒸气压比稀硫酸的蒸气压_____。

6. 恒温下将 1.00dm^3 , 204kPa 的 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 2.00dm^3 , 303kPa 的 $\text{O}_2(\text{g})$ 充入容积为 3.00dm^3 的真空容器中, 则 $\text{N}_2(\text{g})$ 的分压为_____ kPa , $\text{O}_2(\text{g})$ 的分压为_____ kPa , 混合气体的总压为_____ kPa 。

7. 温度为 T 时, 在容积为 $V(\text{dm}^3)$ 的真空容器中充入 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{Ar}(\text{g})$, 容器内压力为 $a(\text{kPa})$ 。已知 $\text{N}_2(\text{g})$ 的分压为 $b(\text{kPa})$, 则 $\text{Ar}(\text{g})$ 的分压为_____ kPa ; $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{Ar}(\text{g})$ 的分体积分别为_____和_____; $\text{N}_2(\text{g})$ 和 $\text{Ar}(\text{g})$ 的物质的量分别为_____和_____。

8. 在 25°C 下将初始压力相同的 5.00dm^3 $\text{N}_2(\text{g})$ 和 15.0dm^3 $\text{O}_2(\text{g})$ 充入容积为 10.0dm^3 的真空容器中, 混合气体的总压为 152kPa , 则 $\text{N}_2(\text{g})$ 的分压为_____ kPa , $\text{O}_2(\text{g})$ 的分压为_____ kPa 。 25°C 时 $\text{N}_2(\text{g})$ 的初始压力为_____ kPa 。当温度升高至 250°C 时, 保持体积不变, 混合气体的总压为_____ kPa 。

三、判断题

1. 在理想气体分子之间也存在着范德华 (van der Waals) 力, 只不过吸引力较小而已。
2. 在一定温度和压力下, 气体混合物中组分气体的摩尔分数越大, 则该组分气体的分压越小。
3. 拉乌尔定律适用于稀溶液中的溶质。
4. 亨利定律适用于稀溶液中的溶剂。
5. 某物质临界点其饱和液体和饱和蒸气的摩尔体积相等。
6. 某物质临界点时气体不能液化。

7. 亨利定律中的亨利常数等于纯溶剂的饱和蒸气压。
8. 拉乌尔定律中的常数等于纯溶剂的饱和蒸气压。
9. 压缩因子越小说明实际气体的体积比相同条件下理想气体的体积要小, 此时实际气体比理想气体易于压缩。
10. 98.08g 的硫酸的物质的量为 1mol。

四、计算题

1. 20℃ HCl 溶于苯中达平衡, 气相中 HCl 的分压为 101325Pa 时, 溶液中 HCl 的摩尔分数为 0.0425。已知 20℃ 苯的饱和蒸气压为 10011Pa。若 20℃ 时某 HCl 和苯的混合溶液的蒸气总压为 101325Pa, 求此条件下 100kg 苯中溶解的 HCl 的质量。
2. 在 293.15K 时, 乙醚的蒸气压为 58.95 kPa, 今在 0.10kg 乙醚中溶入某非挥发性有机物质 0.1kg, 乙醚的蒸气压降低到 56.79kPa, 试求该有机物的摩尔质量。
3. 硼和氯的相对原子质量分别为 10.81 和 35.5。现有含硼、氯的质量分数分别为 23%、77% 的固体硼氯化物试样 0.0516g, 在 69℃ 完全蒸发, 蒸气在 2.96kPa 时占有体积 268mL。通过计算确定该化合物的化学式。
4. 已知液体 A、B、C 能形成理想溶液, 设在 298.15K 时, 理想溶液 I (含 1mol A 和 3mol B) 的总蒸气压为 101.325kPa, 理想溶液 II (含 2mol A、2mol B 和 6mol C) 的总蒸气压也为 101.325kPa。已知纯 C 的饱和蒸气压为 $0.8 \times 101.325\text{kPa}$, 试求:
 - (1) 溶液 I 和溶液 II 的 x_A 、 x_B 、 x_C ;
 - (2) 液体 A 和液体 B 的饱和蒸气压;
 - (3) 溶液 I 蒸气中 A、B 的摩尔分数。
5. 某实验采用以空气通过乙醇液体带入乙醇气体的办法来缓慢加入乙醇。试计算在 20.0℃、101.325kPa 下, 引入 2.3g 乙醇所需空气的体积。已知 20.0℃ 时, 乙醇的蒸气压为 5.87kPa。
6. 在 273K 时, 将同一初压的 $4.0\text{dm}^3 \text{N}_2$ 和 $1.0\text{dm}^3 \text{O}_2$ 压缩到一个容器为 2.0dm^3 真空中, 混合气体的总压力为 253kPa。试求: (1) 两种气体的初压; (2) 混合气体中各组分气体的分压; (3) 各气体的物质的量。
7. 市售的试剂浓硫酸的浓度为 98%, 密度为 $1.84\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 配制 1.25dm^3 浓度为 $3.0\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的硫酸溶液, 需用浓硫酸多少毫升?
8. 已知 30.00% 的醋酸溶液在 10℃ 和 30℃ 的密度分别为 $1.044\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $1.032\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 这种醋酸溶液在两种温度下的物质的量浓度和质量摩尔浓度各为多少?

自测题参考答案

一、选择题

1. C 2. B 3. C 4. B 5. B 6. B 7. C 8. C 9. D 10. A 11. B 12. D 13. B 14. B 15. B 16. A 17. D 18. B 19. C

二、填空题

1. 内压力; 摩尔体积
2. 临界点; $T > 304.2\text{K}$ 、 $p > 7.397\text{MPa}$; 小于
3. 平衡; 高; 吸热; 升高
4. 15; 0.29; 0.71
5. 稀硫酸; 高
6. 68.0; 202; 270
7. $a-b$; $\frac{b}{a}V$; $\frac{a-b}{a}V$; $\frac{bV}{RT}$; $\frac{a-b}{RT}V$
8. 38.0; 114; 76.0; 267

三、判断题

1× 2× 3× 4× 5√ 6× 7× 8√ 9√ 10×

四、计算题

1. 1.867kg 2. $1945\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 3. B_4Cl_4
4. (1) 溶液 I: $x_A=0.25$ 、 $x_B=0.75$ 、 $x_C=0$; 溶液 II: $x_A=0.20$ 、 $x_B=0.20$ 、 $x_C=0.60$
(2) $p_A^*=192.52\text{kPa}$, $p_B^*=70.93\text{kPa}$ (3) 0.475; 0.525
5. 20.76dm^3 6. (1) 101kPa ; (2) 202kPa ; 51kPa ; (3) 0.18mol ; 0.044mol
7. 204mL
8. 10°C 时: $5.216\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 7. $137\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$; 30°C 时: $5.156\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 7. $137\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

第二章 原子结构和元素周期律

重点内容提要

一、核外电子运动的性质

1. 波粒二象性

质量为 m 、运动速度为 v 的粒子其相应的波长为

$$\lambda = h/mv = h/p$$

此关系式将电子的波动性与粒子性联系起来。

2. 量子化

原子光谱呈现为线状光谱表明原子轨道能级是量子化的，不连续的。

氢原子中电子的能量为

$$E_n = -\frac{2.179 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ J} \quad n=1, 2, 3, \dots$$

辐射能的频率取决于两定态能级间的能量之差： $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

式中， ν 为频率； R 为里德堡常数， $3.289 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ ； n_1 、 n_2 为取正整数，且 $n_2 > n_1$ 。

3. 统计性

电子衍射实验表明电子的运动具有统计性。衍射图上衍射强度大的地方，就是电子出现概率大的地方，所以电子波又称概率波。

二、核外电子运动状态的近代描述

1. 薛定谔方程

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi = 0$$

薛定谔方程把体现微观粒子性的特征值 (E , V , m) 和波动性特征值 (Ψ) 有机融合在一起，所以它能正确地反映微观粒子的运动状态。

在求解薛定谔方程过程中，常将直角坐标系换算成球极坐标系的形式。

$$\Psi(r, \theta, \phi) = R(r)Y(\theta, \phi)$$

波函数的径向部分 波函数的角度部分

为解出薛定谔方程的合理解，引入的三个量子数必须满足以下条件：

n : 1, 2, ..., ∞ ;

l : 0, 1, 2, ..., $n-1$ (共 n 个);

m : 0, ± 1 , ..., $\pm l$ (共 $2l+1$ 个)。

2. 核外电子运动状态的表示——四个量子数

(1) 主量子数 n 描述电子所在的电子层，主要决定电子的能量及最大概率密度处离核

的距离。

$$n: 1, 2, 3 \dots$$

$$\text{电子层: } 1 \quad 2 \quad 3 \dots$$

(2) 角 (副) 量子数 l 描述电子所在的电子亚层, 主要决定原子轨道及电子云的形状。

$l:$	0	1	2	3
电子亚层名称:	s	p	d	f
原子轨道及电子云形状:	球形对称	双球形	花瓣形	更复杂

$$\text{单电子氢原子: } E_n = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ J}$$

$$\text{多电子原子: } E_n \begin{cases} n: l \text{ 相同, } n \text{ 越大; } E_n \text{ 越大。} \\ l: n \text{ 相同, } l \text{ 越大; } E_n \text{ 越大。} \end{cases}$$

(3) 磁量子数 m 描述电子所在的等价轨道, 主要决定原子轨道及电子云在空间的伸展方向。

n 、 l 相同而 m 不同的原子轨道的能级是相同的。这些轨道相互之间称为等价或简并轨道。在相同 n 、 l 值下, 每一 m 值表示一种伸展方向, 共有 $2l+1$ 种伸展方向 (等价轨道), 即简并度为 $2l+1$ (表 2.1)。

表 2.1 原子轨道简并度

l	0	1	2
m	0	0, ± 1	0, ± 1 , ± 2
等价轨道名称	s	p_x, p_y, p_z	$d_{z^2}, d_{yz}, d_{zx}, d_{xy}, d_{x^2-y^2}$
简并度	1	3	5

(4) 自旋量子数 m_s 描述电子的自旋方向。

$$m_s = +\frac{1}{2} \text{ 或 } -\frac{1}{2} \text{ (表示电子有“顺、逆”时针两种自旋方向)}$$

核外电子的运动状态可用 n 、 l 、 m 、 m_s 四个量子数来描述。

3. 波函数与概率密度

(1) 波函数与原子轨道

波函数——是量子力学中描述核外电子在空间运动的数学函数式。

原子轨道——波函数的空间图像。可形象地理解为是核外电子运动的空间范围。

波函数和原子轨道是同义词。

(2) 概率密度和电子云

概率密度——电子在原子核外空间某处单位微体积内出现的概率。

电子云——用黑点的疏密程度来表示概率密度大小所得到的图像。

波函数本身没有明确的物理意义, 但 $|\Psi|^2$ 代表电子在空间各点出现的概率密度。

(3) 原子轨道与电子云的空间图像 可分为径向与角度两部分进行分别描述。

三、多电子原子核外电子排布和元素周期表

1. 多电子原子轨道的近似能级图

$$ns \rightarrow (n-2)f \rightarrow (n-1)d \rightarrow np$$

$$n \text{ 值: } n \geq 1 \quad n \geq 6 \quad n \geq 4 \quad n \geq 2$$

$$\text{能级最低的原子轨道: } 1s \quad 4f \quad 3d \quad 2p$$

$$\text{即: } (1s)(2s \ 2p)(3s \ 3p)(4s \ 3d \ 4p)(5s \ 4d \ 5p)(6s \ 4f \ 5d \ 6p)(7s \ 5f \ 6d \ 7p)$$

$$\text{能级组: } 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7$$