



高等学校理工类课程学习辅导丛书

# 大学化学习题解答

配套天津大学无机化学教研室编《大学化学》

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 邱海霞 主编

高等教育出版社



高等学校理工类课程学习辅导丛书

# 大学化学习题解答

DAXUE HUAXUE XITI JIEDA

配套天津大学无机化学教研室编《大学化学》

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 邱海霞 主编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书为天津大学无机化学教研室编《大学化学》的配套学习指导书。全书按主教材章节分为12章,各章包括基本要求、思考题与习题、自我检测、自我检测答案、拓展思考题和知识拓展,在书后设计了五套模拟试题。本书内容丰富、难度适中、编排结构和选择思考题有新意,适于学生学习使用。

本书可作为高等工科院校非化工类专业学生的大学化学辅助教材,也可供其他院校相关专业师生及自学者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学化学习题解答/邱海霞主编;天津大学无机化学教研室编. --北京:高等教育出版社,2014.11  
ISBN 978-7-04-041078-5

I. ①大… II. ①邱… ②天… III. ①化学-高等学校-题解 IV. ①O6-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第204464号

策划编辑 沈晚晴  
插图绘制 邓超

责任编辑 沈晚晴  
责任校对 刘莉

封面设计 张申申  
责任印制 尤静

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 化学工业出版社印刷厂  
开本 787mm×960mm 1/16  
印张 15  
字数 270千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版次 2014年11月第1版  
印次 2014年11月第1次印刷  
定价 20.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 41078-00

# 前言

本书是根据天津大学无机化学教研室编《大学化学》的内容要求而编写的配套学习指导书。全书根据主教材结构分为12章,各章包括基本要求、思考题与习题、自我检测、自我检测答案、拓展思考题和知识拓展六部分,在书后设计了五套模拟试题。

本书为思考题与习题、自我检测题提供了答案,目的是便于学生对作业实行自查、自改,提高他们的自主学习能力。

拓展思考题不提供答案。因为习题的最终目的是引导学生去思维,从自己或他人的实践中寻找答案,并对答案进行不断的完善。这部分内容的设置目的是为了打破所有习题全有答案,而且是标准答案的思路,培养学生进行创新思维、自己寻找答案的能力和习惯,同时加深对相关化学问题的理解。

知识拓展部分包含了超临界流体、焓和热力学温度的来源、飞秒化学、盐湖化学、新能源汽车电池、非整比化合物和缺陷化学、铀的提炼与浓缩、配位化学发展前景、页岩气、软物质、环境监测和生物活性分子一氧化氮等内容。这部分内容涉及近代化学理论和化学研究的新领域,在内容上与主教材相关章节有一定的关联性,目的是为了扩展学生的知识面。

本书由邱海霞主编,第1~6章由邱海霞编写,第7~12章及模拟试题由马骁飞编写。

本书的编写是在杨宏秀教授和杨秋华教授的精心策划、指导下进行的,杨宏秀教授还为本书提供了部分拓展思考题及知识拓展内容。在编写过程中,教研室的同行也给予了极大的帮助,在此一并表示感谢。

书中不足之处,敬请斧正。

编者

2014年4月

# 目录

<b>第 1 章 气体和等离子体</b> .....	1
基本要求 .....	1
思考题与习题 .....	1
自我检测 .....	5
自我检测答案 .....	6
拓展思考题 .....	7
【知识拓展】超临界流体 .....	8
<b>第 2 章 化学反应的热效应、方向及限度</b> .....	13
基本要求 .....	13
思考题与习题 .....	13
自我检测 .....	22
自我检测答案 .....	28
拓展思考题 .....	33
【知识拓展】熵和热力学温度的来源 .....	33
<b>第 3 章 化学反应速率</b> .....	39
基本要求 .....	39
思考题与习题 .....	39
自我检测 .....	43
自我检测答案 .....	46
拓展思考题 .....	48
【知识拓展】飞秒化学 .....	49
<b>第 4 章 溶液和离子平衡</b> .....	53
基本要求 .....	53
思考题与习题 .....	53
自我检测 .....	63

自我检测答案 .....	67
拓展思考题 .....	72
【知识拓展】盐湖化学 .....	73
<b>第 5 章 氧化还原反应与电化学</b> .....	<b>76</b>
基本要求 .....	76
思考题与习题 .....	76
自我检测 .....	86
自我检测答案 .....	90
拓展思考题 .....	94
【知识拓展】新能源汽车电池 .....	94
<b>第 6 章 结构化学基础</b> .....	<b>100</b>
基本要求 .....	100
思考题与习题 .....	100
自我检测 .....	113
自我检测答案 .....	118
拓展思考题 .....	122
【知识拓展】非整比化合物和缺陷化学 .....	122
<b>第 7 章 过渡金属元素</b> .....	<b>126</b>
基本要求 .....	126
思考题与习题 .....	126
自我检测 .....	132
自我检测答案 .....	132
拓展思考题 .....	133
【知识拓展】铀的提炼与浓缩 .....	134
<b>第 8 章 配合物</b> .....	<b>137</b>
基本要求 .....	137
思考题与习题 .....	137
自我检测 .....	143
自我检测答案 .....	143
拓展思考题 .....	146
【知识拓展】配位化学发展前景 .....	147

<b>第9章 化学与新能源</b> .....	149
基本要求 .....	149
思考题与习题 .....	149
自我检测 .....	151
自我检测答案 .....	152
拓展思考题 .....	152
【知识拓展】页岩气 .....	152
<b>第10章 材料化学基础</b> .....	154
基本要求 .....	154
思考题与习题 .....	154
自我检测 .....	156
自我检测答案 .....	156
拓展思考题 .....	156
【知识拓展】软物质 .....	157
<b>第11章 化学与环境保护</b> .....	160
基本要求 .....	160
思考题与习题 .....	160
自我检测 .....	165
自我检测答案 .....	166
拓展思考题 .....	166
【知识拓展】环境监测 .....	167
<b>第12章 生命化学基础</b> .....	169
基本要求 .....	169
思考题与习题 .....	169
自我检测 .....	173
自我检测答案 .....	174
拓展思考题 .....	174
【知识拓展】生物活性分子一氧化氮 .....	175
<b>模拟试卷</b> .....	178
模拟试卷(一) .....	178

模拟试卷(一)答案 .....	184
模拟试卷(二) .....	187
模拟试卷(二)答案 .....	193
模拟试卷(三) .....	197
模拟试卷(三)答案 .....	204
模拟试卷(四) .....	208
模拟试卷(四)答案 .....	215
模拟试卷(五) .....	219
模拟试卷(五)答案 .....	225



# 第1章 气体和等离子体

## 基本要求

1. 掌握理想气体状态方程和分压定律。
2. 熟悉实际气体和理想气体的区别,了解范德华方程。
3. 了解等离子体及其特点。

## 思考题与习题

1. 气体有哪些特性?

答:气体具有扩散性、渗透性、传导性、黏滞性和可压缩性。此外,和液体分子和固体分子相比,气体分子间空隙大,分子运动速率大。

2. 摩尔气体常数  $R$  的单位和数值是根据什么确定的? 常用的  $R$  值有哪几种表达方式?

答:摩尔气体常数  $R$  的单位和数值是根据压强、体积的单位确定的。常用  $R$  值的表达方式有  $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

3. 什么叫理想气体? 引入理想气体概念的意义是什么?

答:气体分子本身的体积和气体分子间作用力都可以忽略不计的气体,称为理想气体。理想气体满足气体状态方程  $pV = nRT$ ,它是一种理想化的模型,实际并不存在。由于理想气体无需考虑分子体积和分子间作用力,因此使得气体的一些状态函数有简单的比例关系,简化了许多运算,有助于一些公式的推导。

4. 理想气体状态方程的适用范围是什么?

答:实际气体在温度高于临界温度和低压时比较符合理想气体状态方程;而在低温高压下与理想气体性质的偏差就较大。

5. 分压定律的内容有何应用? 请解释摩尔分数和体积分数。

答:在生产和科研中遇到的气体往往是多组分的气体混合物。分压定律指出:混合气体的总压强等于各组分气体单独占有与混合气体同样体积时的各分压强的总和。使用分压定律,可以在已知混合气体中各组分气体的分压时求得

总压,也可在已知混合气体总压和除组分气体 A 以外其他组分气体的分压时,求组分气体 A 的分压。

摩尔分数是指混合物或溶液中的一种组分的物质的量与各组分物质的量之和的比。体积分数是指混合气体中的各气体在同温同压下单独存在时的体积与总体积之比。

6. 公式  $\frac{p_A}{p_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$  及  $\frac{V_A}{V_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$  成立的条件各是什么?

答:公式  $\frac{p_A}{p_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$  成立的条件是等温等体积,公式  $\frac{V_A}{V_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$  成立的条件是等温等压。

7. 实际气体与理想气体有何区别?

答:理想气体是一种实际不存在的假想气体,它和真实气体的主要区别是:理想气体分子间没有相互作用力,实际气体分子间存在相互作用力;理想气体分子自身不占有体积,实际气体分子自身的体积不能忽略(尤其在压强很大时);理想气体严格遵从理想气体状态方程,实际气体只有在温度不太低,压强不太高的条件下,才能遵守理想气体的状态方程。

8. 什么是临界温度、临界压强、临界体积?

答:使物质由气相变为液相的最高温度叫临界温度,在这个温度以上,无论怎样增大压强,气体都不会液化。在临界温度下使气体变为液体的最小压强叫临界压强。在临界温度和临界压强下,1 mol 物质所占有的体积是它的临界体积。

9. 何谓范德华方程式? 式中各项分别表示什么意义?

答:范德华方程式是荷兰科学家范德华针对引起实际气体与理想气体发生偏差的主要原因,对理想气体状态方程提出的修正式:

$$\left(p + \frac{a}{\tilde{V}^2}\right)(\tilde{V} - b) = RT \quad (1 \text{ mol 气体})$$

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (\text{物质的量为 } n \text{ 的气体})$$

式中,  $a$  是与分子间吸引力有关的常数,  $b$  是与分子体积有关的常数( $a$  和  $b$  统称为范德华常数),  $p$  为气体的压强,  $R$  为摩尔气体常数,  $T$  为热力学温度,  $n$  为物质的量,  $\tilde{V}$  为气体的摩尔体积,  $V$  为气体的体积。

10. 什么叫等离子体? 用哪些方法可以获得等离子体?

答:等离子体是由大量的等数量的带正电荷的粒子(一般为离子)和带负电

荷的粒子(一般为电子)组成的带电粒子系统,宏观上呈电中性,它是固体、液体和气体三种常见的物质状态之外的第四种物态。常用的产生等离子体的方法主要有:

(1) 气体放电法 在电场作用下获得加速动能的带电粒子使气体电离,加之阴极二次电子发射等其他机制的作用,导致气体击穿放电形成等离子体。

(2) 光电离法 利用入射光子的能量使某物质的分子电离形成等离子体。

(3) 射线辐照法 用各种射线或粒子束对气体进行辐照产生等离子体。

(4) 燃烧法 是一种热致电离法,借助热运动能足够大的原子、分子间相互碰撞引起电离,产生的等离子体叫火焰等离子体。

其中比较实用的是放电获得等离子体,如各种电弧放电、辉光放电、高频电感耦合放电、高频电容耦合放电、微波诱导放电等。

11.  $1.0 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$  通过炽热的碳层后,完全转变为  $\text{CO}$ 。这时温度为  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ ,压强为  $101.325 \text{ kPa}$ ,求  $\text{CO}$  的体积。

解:  $\text{CO}_2 + \text{C} \longrightarrow 2\text{CO}$

$$\text{CO}_2 \text{ 的物质的量: } n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \text{ Pa} \times 1.0 \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}} = 44.62 \text{ mol}$$

由反应方程式可知,反应后  $\text{CO}$  的物质的量:

$$n(\text{CO}) = 2n(\text{CO}_2) = 2 \times 44.62 \text{ mol} = 89.24 \text{ mol}$$

$$V(\text{CO}) = \frac{n(\text{CO})RT}{p(\text{CO})} = \frac{89.24 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273.15 + 900) \text{ K}}{101325 \text{ Pa}} = 8.6 \text{ m}^3$$

12. 在  $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2$  的混合气体中,它们的体积分数分别是 0.3 和 0.7,总压强为  $80.0 \text{ kPa}$ ,求  $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2$  的分压强。

解:等温等压时,  $\frac{V_A}{V_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$ ,等温等体积时,  $\frac{p_A}{p_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$

$$\text{由题可知, } \frac{V(\text{CH}_4)}{V_{\text{总}}} = \frac{n(\text{CH}_4)}{n_{\text{总}}} = 0.3, \quad \frac{V(\text{H}_2)}{V_{\text{总}}} = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}} = 0.7$$

$$\frac{p(\text{CH}_4)}{p_{\text{总}}} = \frac{n(\text{CH}_4)}{n_{\text{总}}} = 0.3, \text{ 所以 } p(\text{CH}_4) = \frac{n(\text{CH}_4)}{n_{\text{总}}} p_{\text{总}} = 0.3 \times 80.0 \text{ kPa} = 24 \text{ kPa}$$

$$\frac{p(\text{H}_2)}{p_{\text{总}}} = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}} = 0.7, \text{ 所以 } p(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}} p_{\text{总}} = 0.7 \times 80.0 \text{ kPa} = 56 \text{ kPa}$$

13. 在  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ,将电解水得到的氢气、氧气混合气干燥后贮于  $60.0 \text{ m}^3$  容器中,混合气体的总质量为  $40.0 \text{ g}$ ,求氢气和氧气的分压强。

解:设氢气和氧气的质量分别为  $m(\text{H}_2)$  和  $m(\text{O}_2)$ ,由题知  $m(\text{H}_2) + m(\text{O}_2) = 40.0 \text{ g}$ ,即

$$2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{H}_2) + 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{O}_2) = 40.0 \text{ g} \quad (1)$$

由反应方程式  $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  知混合气体中氢气和氧气的物质的量之比:

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{1} \quad (2)$$

联立式(1)和式(2)可得  $n(\text{H}_2) = 2.22 \text{ mol}$ ,  $n(\text{O}_2) = 1.11 \text{ mol}$ ,  $n_{\text{总}} = 3.33 \text{ mol}$

$$p_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} RT}{V} = \frac{3.33 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273.15 + 27) \text{ K}}{60.0 \text{ m}^3} = 138.5 \text{ Pa}$$

在等温等体积下:

$$\frac{p(\text{H}_2)}{p_{\text{总}}} = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}}, \text{ 则 } p(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}} \times p_{\text{总}} = \frac{2}{3} \times 138.5 \text{ Pa} = 92.3 \text{ Pa}$$

$$\frac{p(\text{O}_2)}{p_{\text{总}}} = \frac{n(\text{O}_2)}{n_{\text{总}}}, \text{ 则 } p(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{n_{\text{总}}} \times p_{\text{总}} = \frac{1}{3} \times 138.5 \text{ Pa} = 46.2 \text{ Pa}$$

14. 一个体积为  $40.0 \text{ dm}^3$  的氮气钢瓶, 在  $22.5^\circ\text{C}$  时, 使用前压强为  $1.27 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 使用后压强为  $1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 求算总共使用氮气的质量。

解: 使用前  $\text{N}_2$  的物质的量

$$n(\text{N}_2, \text{使用前}) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.27 \times 10^5 \text{ Pa} \times 40.0 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273.15 + 22.5) \text{ K}} = 207 \text{ mol}$$

使用后  $\text{N}_2$  的物质的量

$$n(\text{N}_2, \text{使用后}) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.02 \times 10^5 \text{ Pa} \times 40.0 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273.15 + 22.5) \text{ K}} = 166 \text{ mol}$$

设总共使用氮气的质量为  $m$ , 则

$$m = (207 - 166) \text{ mol} \times 28.0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.15 \text{ kg}$$

15. 用金属  $\text{Zn}$  与盐酸反应制氢气, 在  $25^\circ\text{C}$  时, 用排水取气法收集  $\text{H}_2$ , 总压强为  $98.6 \text{ kPa}$ , 问生成  $2.50 \text{ dm}^3$  湿的氢气, 需多少克锌? (已知  $25^\circ\text{C}$  时  $p(\text{H}_2\text{O}) = 3.2 \text{ kPa}$ )

解:  $p(\text{H}_2) = p_{\text{总}} - p(\text{H}_2\text{O}) = (98.6 - 3.2) \text{ kPa} = 95.4 \text{ kPa}$

由理想气体状态方程  $pV = nRT$ , 知

$$n(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{95.4 \text{ kPa} \times 2.50 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}} = 0.0962 \text{ mol}$$

由  $\text{Zn}$  与盐酸制取  $\text{H}_2$  的反应方程式  $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$ , 知

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2)$$

设需要  $\text{Zn}$  的质量为  $m$ , 则

$$m = 0.0962 \text{ mol} \times 65.39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.29 \text{ g}$$

## 自我检测

## 一、填空

- 理想气体状态方程的数学表达式为\_\_\_\_\_，在该方程中，若摩尔气体常数  $R$  的单位为  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ，体积的单位为  $\text{L}$ ，则压强的单位为\_\_\_\_\_。
- 真实气体分子间的作用力较\_\_\_\_\_，气体分子自身的体积和气体体积相比\_\_\_\_\_忽略不计时，与理想气体的状态方程偏差较小。
- 在同温同压下，相同质量的  $\text{N}_2$  和  $\text{CO}_2$  的体积比为\_\_\_\_\_。
- $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$  混合气体的体积比为  $1:3$ ，将初始压强为  $5 \text{ MPa}$  的该混合气体压缩至  $12 \text{ MPa}$ ，则  $\text{N}_2$  的压强由\_\_\_\_\_  $\text{MPa}$  提高至\_\_\_\_\_  $\text{MPa}$ ， $\text{H}_2$  的压强由\_\_\_\_\_  $\text{MPa}$  提高至\_\_\_\_\_  $\text{MPa}$ 。

## 二、选择

- 关于理想气体，下列叙述正确的是( )。
  - 通常情况下，高温低压下的气体性质接近理想气体
  - 通常情况下，高温高压下的气体性质接近理想气体
  - 通常情况下，低温低压下的气体性质接近理想气体
  - 通常情况下，低温高压下的气体性质接近理想气体
- $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  的混合理想气体，其压强、体积、温度和物质的量分别用  $p, V, T, n$  表示，下列表达式中错误的是( )。
  - $pV = nRT$
  - $p(\text{H}_2)V = n(\text{H}_2)RT$
  - $p(\text{H}_2)V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2)RT$
  - $pV(\text{N}_2) = n(\text{N}_2)RT$
- 在一定的温度下，在一密闭容器内充入 A, B, C 三种理想气体，组分 A, B, C 的物质的量分别为  $0.3 \text{ mol}$ ,  $0.2 \text{ mol}$  和  $0.1 \text{ mol}$ ，混合气体的总压强为  $100 \text{ kPa}$ ，则组分 A 的分压为( )。
  - $30 \text{ kPa}$
  - $50 \text{ kPa}$
  - $60 \text{ kPa}$
  - $20 \text{ kPa}$

## 三、判断

- 混合气体中某组分的分体积是指在相同的温度下，该组分气体单独存在而且与总压强相同时所测得的体积。( )
- 在同一容器中通入相同质量的  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$ ， $\text{CO}_2$  的分压高于  $\text{O}_2$  的分压。

( )

3. 实际气体与理想气体存在偏差的原因是理想气体分子之间不存在作用力和分子本身不占有体积。( )

4. 等离子体是由大量的带正电荷的粒子和带负电荷的粒子组成的带电粒子系统,所以宏观上不是电中性的。( )

5. 只要压强足够大,在任何温度都可以使气体液化。( )

#### 四、计算

1. 在 25 °C, 一个容积为 15.0 L 的容器中混有  $O_2$ ,  $N_2$  和  $CO_2$  气体, 已知混合气体的总压为 100 kPa, 其中  $p(O_2)$  为 30.3 kPa,  $CO_2$  的含量为 5.00 g, 求

(1) 容器中  $O_2$  的摩尔分数;

(2)  $N_2$  和  $CO_2$  的分压。

2. 有一容积为 30 L 的氮气瓶, 其中氮气的压强为  $16.6 \times 10^3$  kPa。为了防止混入别的气体, 规定氮气的压强降到  $1.01 \times 10^3$  kPa 时就要充入氮气。现有一实验每天需要用 101.325 kPa 的氮气 100 L, 试问一瓶氮气能用几天?

### 自我检测答案

#### 一、填空

1. 理想气体状态方程的数学表达式为  $pV = nRT$ , 在该方程中, 若摩尔气体常数  $R$  的单位为  $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ , 体积的单位为 L, 则压强的单位为 kPa。

2. 真实气体分子间的作用力较 小, 气体分子自身的体积和气体体积相比可以忽略不计时, 与理想气体的状态方程偏差较小。

3. 在同温同压下, 相同质量的  $N_2$  和  $CO_2$  的体积比为 11 : 7。

4.  $N_2$  和  $H_2$  混合气体的体积比为 1 : 3, 将初始压强为 5 MPa 的该混合气体压缩至 12 MPa, 则  $N_2$  的压强由 1.25 MPa 提高至 3 MPa,  $H_2$  的压强由 3.75 MPa 提高至 9 MPa。

#### 二、选择

1. A    2. C    3. B

#### 三、判断

1.  $\checkmark$

2. × 解析:  $\text{CO}_2$  的相对分子质量高于  $\text{O}_2$ , 质量相同时, 前者的物质的量小于后者, 由于在温度和压强相同的条件下, 混合气体中某组分的分压和该组分物质的量成正比, 所以  $\text{CO}_2$  的分压应低于  $\text{O}_2$  的分压。

3. ✓

4. × 解析: 组成等离子体带正电荷的粒子和带负电荷的粒子数量相等, 宏观上是电中性的。

5. × 解析: 在气体的临界温度以上, 无论如何加压也不能使该气体液化。

#### 四、计算

$$1. \text{解: (1)} \quad \frac{n(\text{O}_2)}{n_{\text{总}}} = \frac{p(\text{O}_2)}{p_{\text{总}}} = \frac{30.0}{100} = 0.3$$

$$\begin{aligned} (2) \quad p(\text{CO}_2) &= \frac{n(\text{CO}_2)}{V} RT = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)V} RT \\ &= \frac{5.00 \text{ g}}{44.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 15.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K} \\ &= 18.8 \times 10^3 \text{ Pa} = 18.8 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$p(\text{N}_2) = p_{\text{总}} - p(\text{CO}_2) - p(\text{O}_2) = (100 - 18.8 - 30.0) \text{ kPa} = 51.2 \text{ kPa}$$

2. 解: 设氮气瓶中的初始压强为  $p$ , 需要充氮气时的最小压强为  $p_1$ , 氮气瓶的体积为  $V_1$ , 设每天需用氮气体积、压强分别为  $V_2, p_2$ , 氮气中可用氮气的物质的量和每天需用氮气的物质的量分别为  $n_1$  和  $n_2$ , 则

$$\text{氮气中可用氮气的物质的量为 } n_1 = \frac{(p - p_1)V_1}{RT}$$

$$\text{每天需用氮气的物质的量为 } n_2 = \frac{p_2 V_2}{RT}$$

$$\begin{aligned} \text{一瓶氮气可用的天数为 } \frac{n_1}{n_2} &= \frac{(p - p_1)V_1}{p_2 V_2} = \frac{(16.6 \times 10^3 - 1.01 \times 10^3) \text{ kPa} \times 30 \text{ L}}{101.325 \text{ kPa} \times 100 \text{ L}} \\ &\approx 46 \end{aligned}$$

#### 拓展思考题

1. 摩尔量, 如摩尔质量  $M = m/n$ ; 摩尔体积  $V_m = V/n$ ; 摩尔热力学能  $U_m = U/n$ ; 摩尔热容  $C_m = C/n$ ; 摩尔熵  $S_m = S/n$ ; 摩尔气体常数  $R = pV/Tn$ 。试问这里的摩尔, 与单位中的摩尔, 有无区别?

2. 从道尔顿分压定律来分析, “压强”这一变量有没有加和性?

3. 为什么液态和固态之间的差别比液体和气体之间的差别更大?

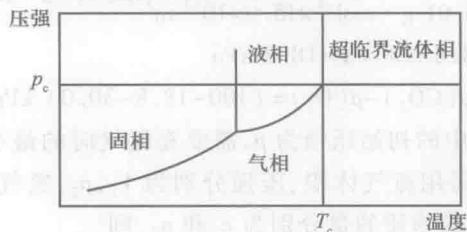
## 【知识拓展】

### 超临界流体

#### 一、超临界流体的性质

高于临界温度和临界压强而接近临界点的状态,称为超临界状态。超临界现象最早由英国科学家安德鲁斯(Andrews T)于1869年发现,至今已有100多年的历史,但对超临界流体的广泛研究只是近30年的事。

超临界流体是指超过了物质的临界温度和临界压强的流体。下图为一常见纯物质的压强-温度相图。图中 $T_c$ 和 $p_c$ 则分别代表临界温度和临界压强。当温度高于 $T_c$ ,压强高于 $p_c$ 的流体就是超临界流体。



纯物质的压强-温度相图

超临界流体呈现出一种既非气态又非液态的形态,既具有类似液体的某些性质,又保留了气体的某些性能,许多物理化学性质介于气体与液体之间,并具有两者的优点。

**密度** 超临界流体具有与液体相近的密度。但它有比普通流体更多的空隙,并有高度的可压缩性,因此,与液体相比,超临界流体的密度与温度、压强的相关性较大,温度和压力的微小变化会引起超临界流体密度的显著变化。由于黏度、介电常数、扩散系数和溶解能力都与密度有关,因此可以方便地通过调节压强来控制超临界流体的物理化学性质。

**溶解性能** 超临界流体与常态液体相比溶解性能存在明显差异。如水在超临界与常态下的溶解性能差异很大,如下表所示。



超临界水与普通水的溶解性能对比

溶质	普通水	超临界水
气体	大部分微溶或不溶	易溶
无机物	大部分易溶	不溶或微溶
有机物	大部分微溶或不溶	易溶

**黏度** 超临界流体的黏度比液体小得多,与气体接近。温度、密度是影响黏度的主要因素。通常液体的黏度随温度升高而减小,超临界流体在高密度条件下,黏度随温度升高而减小;在低密度条件下结果相反。

**扩散系数** 超临界流体的扩散系数是常温下液体的10~100倍,处于气体与液体之间。超临界流体的扩散系数随压强的变化规律与常态流体有所不同:一般常态流体的扩散系数随压强下降而增大,与黏度成反比,但超临界流体的扩散系数随压强增大而增大。

**表面张力** 超临界状态下各流体的表面张力近似为零,这与一般液体都具有表面张力的现象不同。

## 二、超临界流体的应用

超临界流体所具有的特殊物理化学性质,使得超临界技术具有广阔应用前景,受到人们的广泛重视。目前,超临界技术在以下几个方面发挥了重要的作用。

### 1. 萃取分离

超临界流体的特点之一是:在临界点附近,温度和压强的微小变化会引起其密度的显著变化。而流体密度的变化会使超临界流体对物质的溶解能力发生显著变化,所以通过调节温度和压强,人们可以有选择性地从样品中的物质萃取出来。超临界萃取过程是通过温度和压强的调节来控制与溶质的亲和性而实现分离的。由于 $\text{CO}_2$ 具有大的临界密度( $0.448 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )、低的临界温度( $31.06 \text{ }^\circ\text{C}$ )、适中的临界压强,而且还有价廉无毒、化学惰性、易与产物分离的优点,因此是目前萃取分离中最常用、最有效的超临界流体。

与一般液体萃取技术相比,超临界流体萃取技术的主要优点是:①可在较低温度或无氧环境下操作,因此可实现热敏性物质和易氧化物质的分离和精制;②超临界流体具有良好的溶解性和渗透性,既具有液体对物质的高溶解特性,又具有气体易于扩散和流动的特性,能从固体或黏稠的原料中快速提取出有效成分;③通过降低超临界流体的密度,容易使溶剂从产品中分离,无溶剂污染,