

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·大连理工大学无机化学教研室编

九章丛书

# 无机化学 (第五版)

## 同步辅导及习题全解

主 编 苏志平

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

# 无机化学（第五版）同步辅导及 习题全解

主 编 苏志平

### 内容提要

本书是与高等教育出版社出版,大连理工大学无机化学教研室主编的《无机化学》(第五版)一书配套的同步辅导和习题解答辅导书。

本书按教材内容安排全书结构,各章均包括知识点归纳、典型例题与解题技巧与课后习题全解三部分内容。全书按教材内容,针对各章节全部习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校《无机化学》(第五版)课程本科生的辅导材料和复习参考用书,也可作为自学者学习的辅导书,及教师的教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机化学(第五版)同步辅导及习题全解 / 苏志平  
主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.2  
(高校经典教材同步辅导丛书)  
ISBN 978-7-5084-8323-8

I. ①无… II. ①苏… III. ①无机化学—高等学校—  
教学参考资料 IV. ①061

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第008138号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 无机化学(第五版)同步辅导及习题全解
作 者	主 编 苏志平
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
刷 印	北京正合鼎业印刷技术有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 16.25印张 374千字
版 次	2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	23.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前言

《无机化学》是化学专业重要的课程之一,也是许多专业研究生入学考试的必考科目。很多学生在学习中存在一定困难。不能将课上学习的理论与实际问题联系起来,出现“课上能听懂,作业不会做”的现象。本书集多位资深教授的经验于一体,针对读者的常见困惑,引导学生把理论知识与实际问题、习题紧密地联系起来,举一反三,既巩固了理论知识,又提高了解题能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性的特点。考虑到读者的不同情况,本辅导书以教材内容为依据,对教材的主要内容、基本公式进行了知识点归纳,并对教材的课后习题进行了全面解答。我们在内容上作了以下安排:

1. 知识点归纳:对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章学习过程中目标明确,有的放矢。
2. 典型例题与解题技巧:精选各类题型,涵盖本章所有知识点,对题目进行深入详细地讨论和分析,并引导学生思考问题,能举一反三,拓展思路。
3. 课后习题解答:教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材课后的全部习题给了详细的解答。

由于时间较仓促,编者水平有限,难免书中有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评、指正。

编者  
2010年12月

# 目 录

第1章 气体 .....	1
知识点归纳 .....	1
典型例题与解题技巧 .....	3
课后习题全解 .....	5
第2章 热力学 .....	13
知识点归纳 .....	13
典型例题与解题技巧 .....	15
课后习题全解 .....	17
第3章 化学动力学基础 .....	25
知识点归纳 .....	25
典型例题与解题技巧 .....	27
课后习题全解 .....	29
第4章 化学平衡 焓和 Gibbs 函数 .....	38
知识点归纳 .....	38
典型例题与解题技巧 .....	41
课后习题全解 .....	44
第5章 酸碱平衡 .....	58
知识点归纳 .....	58
典型例题与解题技巧 .....	60
课后习题全解 .....	64
第6章 沉淀 - 溶解平衡 .....	81
知识点归纳 .....	81
典型例题与解题技巧 .....	82
课后习题全解 .....	85
第7章 氧化还原反应 电化学基础 .....	97
知识点归纳 .....	97
典型例题与解题技巧 .....	100

课后习题全解 .....	104
<b>第 8 章 原子结构</b> .....	118
知识点归纳 .....	118
典型例题与解题技巧 .....	120
课后习题全解 .....	123
<b>第 9 章 分子结构</b> .....	132
知识点归纳 .....	132
典型例题与解题技巧 .....	135
课后习题全解 .....	137
<b>第 10 章 固体结构</b> .....	144
知识点归纳 .....	144
典型例题与解题技巧 .....	148
课后习题全解 .....	150
<b>第 11 章 配合物结构</b> .....	156
知识点归纳 .....	156
典型例题与解题技巧 .....	159
课后习题全解 .....	161
<b>第 12 章 s 区元素</b> .....	170
知识点归纳 .....	170
典型例题与解题技巧 .....	171
课后习题全解 .....	172
<b>第 13 章 p 区元素(一)</b> .....	180
知识点归纳 .....	180
典型例题与解题技巧 .....	183
课后习题全解 .....	185
<b>第 14 章 p 区元素(二)</b> .....	193
知识点归纳 .....	193
典型例题与解题技巧 .....	195
课后习题全解 .....	196
<b>第 15 章 p 区元素(三)</b> .....	204
知识点归纳 .....	204
典型例题与解题技巧 .....	206
课后习题全解 .....	207
<b>第 16 章 d 区元素(一)</b> .....	214
知识点归纳 .....	214
典型例题与解题技巧 .....	217
课后习题全解 .....	218

第 17 章 d 区元素(二)	231
知识点归纳	231
典型例题与解题技巧	234
课后习题全解	235
第 18 章 f 区元素	244
知识点归纳	244
典型例题与解题技巧	246
课后习题全解	247

# 第 1 章

## 气体

### 知识点归纳

#### 一、理想气体状态方程式

理想气体是一种假想的模型,它忽略了气体本身的体积和分子之间的相互作用,其物质的量( $n$ )、温度( $T$ )、压力( $p$ )和体积( $V$ )之间满足如下方程:

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

式中, $R$ 称为摩尔气体常数。在国际单位制中, $p$ 以 Pa 为单位, $V$ 以  $\text{m}^3$  为单位, $T$ 以 K 为单位, $n$ 以 mol 为单位,则  $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

在特定条件下,理想气体状态方程式有特定的表达形式,亦有不同的应用:

$n$  一定, $p, V, T$  改变,则有

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (1-1b)$$

$n, T$  一定, $p, V$  改变,则为 Boyle 定律:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (1-1c)$$

$n, p$  一定, $n, V$  改变,则为 Charles 定律:

$$V_1/V_2 = T_1/T_2 \quad (1-1d)$$

$t, p$  一定, $n, V$  改变,则为 Avogadro 定律:

$$n_1/n_2 = V_1/V_2 \quad (1-1e)$$

因为  $n = m/M$ ,将其代入式(1-1a)中,则有

$$M = \frac{mRT}{pV} \text{ 或 } m = \frac{MpV}{RT} \quad (1-1f)$$

式中, $m$ 为气体的质量(g); $M$ 为气体的摩尔质量( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )。

因为气体的密度  $\rho = m/V$ ,则可以得到

$$\rho = \frac{pM}{RT} \text{ 或 } M = \frac{pRT}{\rho} \quad (1-1g)$$



## 二、分压定律

### 1. 分压的概念

在理想气体混合物中,若各组间不发生化学反应,也没有任何其他相互作用,它们之间互不干扰,如同各自单独存在一样。混合气体中某组分气体 B 对器壁产生的压力,称为该组分气体的分压  $p_B$ 。 $p_B$  等于在相同温度  $T$  下,该组分气体单独占有与混合气体相同体积  $V$  产生的压力。即

$$p_B = \frac{n_B RT}{V} \quad (1-2)$$

### 2. 分压定律

分压定律总结了气体混合物中各组分气体分压与总压的关系,其要点包括:

(1) 混合气体的总压  $p$  等于各组分气体的分压  $p_B$  之和。这一经验定律被称为 Dalton 分压定律,其数学表达式为

$$p = p_1 + p_2 + \cdots = \sum_B p_B \quad (1-4)$$

式中,  $x_B$  为 B 组分气体的物质的量分数,又称为摩尔分数。

## 三、分体积定律

### 1. 分体积的概念

理想气体混合物中某组分气体 B 的分体积  $V_B$  是该组分气体单独存在并具有与混合气体相同温度  $T$  和压力  $p$  时所占有的体积。即

$$V_B = \frac{n_B RT}{p} \quad (1-5)$$

### 2. 分体积定律

混合气体的总体积  $V$  等于各组分气体的分体积  $V_B$  之和,这就是 Amage 分体积定律。其数学表达式为

$$V = V_1 + V_2 + \cdots = \sum_B V_B \quad (1-6)$$

某组分气体 B 的分体积  $V_B$  等于混合气体的总体积  $V$  与该组分气体的摩尔分数  $x_B$  之积。即

$$V_B = \frac{n_B}{n} V = x_B V = \varphi_B V \quad (1-7)$$

式中,  $\varphi_B$  为 B 组分的体积分数,则  $x_B = \varphi_B$ ,即混合气体中组分 B 的分压与总压之比等于该组分气体的分体积与总体积之比。

## 四、气体分子动理论

气体分子动理论从微观上定量地描述了气体的宏观行为。

### 1. 基本要点

(1) 气体是由分子组成的,分子是很小的粒子,彼此间的距离比分子的直径大许多,分子体积与

气体体积相比可以忽略不计。

(2) 气体分子以不同的速度在各个方向上处于永恒的无规则运动之中。

(3) 除了在相互碰撞时,气体分子间相互作用是很弱的,甚至是可以忽略的。

(4) 气体分子相互碰撞或对器壁的碰撞都是弹性碰撞。碰撞时总动能保持不变,没有能量损失。

(5) 分子的平均动能与热力学温度成正比,即  $E_k \propto T$ 。

## 2. 气体分子三种速度的概念

(1) 方均根速度  $v_{ms}$ : 是各个气体分子平动速度平方的平均值的开方,以前多称其为均方根速度。统计力学中也得到了计算  $v_{ms}$  的公式:

$$v_{ms} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

式中,  $M$  为气体的摩尔质量;  $T$  为热力学温度;  $R$  为摩尔气体常数。

(2) 最概然速度  $v_{mp}$ : 与速度分布曲线极大值对应的气体分子的运动速度是概率最大的平动速度,以  $v_{ms}$  表示。通俗地说,它是指“某个事件”出现机会(可能性)的多少,出现机会多的,则概率大;反之,则概率小。统计力学中可以推证得到

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (1-9)$$

(3) 平均速度  $v_{mv}$ : 又称为算术平均速度,是气体中所有分子运动速度的算术平均值。即

$$v_{mv} = \frac{N_1 v_1 + N_2 v_2 + \dots}{N} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (1-10)$$

上述3种速度的比值为

$$v_{mp} : v_{mv} : v_{ms} = \sqrt{2} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{3} = 1 : 1.128 : 1.224$$

## 五、van der Waals 气体状态方程式

真实气体的行为总会在一定程度上偏离理想气体状态方程式,产生偏差的原因是由于忽略分子间的相互作用和分子的体积。最早和最多有影响的真实气体状态方程式是 van der Waals 气体状态方程式:

$$\left[ p + a \frac{n^2}{V^2} (V - rb) \right] = nRT \quad (1-11)$$

该方程式是半经验的。式中  $a, b$  分别是对气体压力和体积校正的相关常量,是由实验测定得到的。粗略地说,越容易液化的气体,其分子间相互作用越强,则  $a$  越大;分子越大(分子间力往往也越大),则  $b$  越大。

## 典型例题与解题技巧

例1 在体积为 0.50 L 的烧瓶中充满 NO 和 O<sub>2</sub> 混合气体,温度为 298 K,压强为  $1.23 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

反应一段时间后,瓶内总压变为  $8.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ ,求生成  $\text{NO}_2$  的质量。

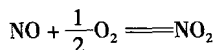
**【逻辑推理】** 本题是对混合气体分压定律的扩展,涉及混合气体的相互反应。根据  $\text{NO}$  和  $\text{O}_2$  的反应方程式得知反应前后气体物质的量发生变化。由已知条件根据气体状态方程式可求得反应前后气体物质的量,然后由反应方程式设未知数求得。

**【解题过程】** 反应前气体的物质的量为

$$n_1 = \frac{p_1 V}{RT} = \left( \frac{1.23 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.314 \times 298} \right) \text{ mol} = 0.024 \text{ mol}$$

反应后气体的物质的量为

$$n_2 = \frac{p_2 V}{RT} = \left( \frac{8.3 \times 10^4 \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.314 \times 298} \right) \text{ mol} = 0.016 \text{ mol}$$



比较前后化学计量数可知:若生成  $x \text{ mol}$  的  $\text{NO}_2$  则总气体的物质的量将减少  $\frac{1}{2}x \text{ mol}$ ,即

$$\frac{1}{2}x = 0.024 \text{ mol} - 0.016 \text{ mol}$$

得

$$x = 0.016$$

则生成  $\text{NO}_2$  的质量为

$$m = (0.016 \times 46) \text{ g} = 0.74 \text{ g}$$

**例 2** 恒温时,  $9.99 \times 10^4 \text{ Pa}$  压强下的  $\text{H}_2$   $0.15 \text{ L}$ ,  $4.66 \times 10^4 \text{ Pa}$  压强下的  $\text{N}_2$   $0.05 \text{ L}$ ,装入  $0.25 \text{ L}$  的真空瓶内,求:(1)混合气体中各组气体的分压;(2)混合气体的总压。

**【逻辑推理】** 本题主要考查的是分压定律的应用,可由恒温下  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  求得。

**【解题过程】** (1)  $p(\text{H}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \left( \frac{9.99 \times 10^4 \times 0.15}{0.25} \right) \text{ Pa} = 5.994 \times 10^4 \text{ Pa}$

$$p(\text{O}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \left( \frac{4.66 \times 10^4 \times 0.75}{0.25} \right) \text{ Pa} = 1.398 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{N}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \left( \frac{3.33 \times 10^4 \times 0.05}{0.25} \right) \text{ Pa} = 0.666 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$(2) p_{\text{总}} = \frac{p_1 V_1}{V_2} + p(\text{O}_2) + p(\text{N}_2) = 8.058 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**例 3** 将氧气和水蒸气的混合物通入盛有足量固体干燥剂的瓶中。刚通入时瓶中压强为  $101.3 \text{ kPa}$ ,放置数小时后,压强降到  $99.3 \text{ kPa}$  的恒定值。(1)求原气体混合物各组分的摩尔分数;(2)温度为  $293 \text{ K}$ ,实验后干燥剂增重  $0.150 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ,求瓶的体积(假设干燥剂的体积可忽略且不吸附氮气。)

**【逻辑推理】** 本题主要考查摩尔分数的求解方法以及理想气体状态方程式。即先利用分压定律求出各气体组分的分压,再用气体的分压等于其摩尔分数与总压乘积的关系求出各气体组分的摩尔分数,最后根据理想气体状态方程式求体积。

**【解题过程】** (1)混合气体中的水蒸气最后全部被干燥剂吸收,则混合气体中氮气的分压为

$$p(\text{N}_2) = 99.3 \text{ kPa}$$

混合气体水蒸气的分压为

$$p(\text{H}_2\text{O}) = (101.3 - 99.3) \text{ kPa} = 2.0 \text{ kPa}$$

由分式  $p_1 = x_1 p$ , 则有混合气体中氮气的摩尔分数为

$$x_{\text{N}_2} = \frac{p(\text{N}_2)}{p} = \frac{99.3}{101.3} = 0.98$$

混合气体中水蒸气的摩尔分数为

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - x_{\text{N}_2} = 0.02$$

(2) 根据题意, 混合气体中水蒸气的质量等于干燥剂增加的质量, 则水蒸气物质的量为

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \left( \frac{0.150 \times 10^{-3} \times 10^3}{18} \right) \text{ mol} = 8.33 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

由理想气体状态方程式  $pV = nRT$ , 瓶的体积为

$$V(\text{瓶}) = V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})RT}{p(\text{H}_2\text{O})} = \left( \frac{8.33 \times 10^{-3} \times 8.314 \times 293}{2.0 \times 10^3} \right) \text{ L} = 10.15 \text{ L}$$

**例4** 1 mol  $\text{CO}_2$  气体于 1.32 L 容器中加热至 48°C, 分别用理想气体状态方程式和范德华方程计算气体的压强。(范德华常数  $a = 363 \text{ 756.8 Pa} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$ ,  $b = 4.28 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

**【逻辑推理】** 此题考查对理想气体状态方程式及范德华方程的应用, 可直接代入公式求得。

**【解题过程】** (1) 按理想气体状态方程式计算

$$p = \frac{nRT}{V} = \left( \frac{1 \times 8.314 \times 321}{1.32} \times 10^{-3} \right) \text{ kPa} = 2.02 \times 10^3 \text{ kPa}$$

(2) 按范德华方程计算

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} = \left[ \left( \frac{8.314 \times 321}{1.32 - 0.0428} - \frac{363 \text{ 756.8}}{1.32^2} \right) \times 10^{-3} \right] \text{ kPa} = 1.88 \times 10^3 \text{ kPa}$$

## 课后习题全解

1. 有多个用氮气填充的气象探测气球, 在使用过程中, 气球中氮的物质的量保持不变, 它们的初始状态和最终状态的实验数据如表 1-1 所示。试通过确定表中空位所对应的物理量, 以及由 (2) 始态求得  $M(\text{He})$  和 (3) 的始态条件下  $p(\text{He})$ 。

表 1-1

	$n$ 或 $m$	始态			终态		
		$p_1$	$v_1$	$t_1$ 或 $T_1$	$p_2$	$v_2$	$t_2$ 或 $T_2$
(1)	$n = ( ) \text{ mol}$	110.0 kPa	$5.00 \times 10^3 \text{ L}$	47.00 °C	110.0 kPa		
(2)	637 g	1.02 atm	$3.50 \text{ m}^3$	0.00 °C		$5.10 \text{ m}^3$	17.00 °C
(3)	—	0.98 atm	$10.0 \text{ m}^3$	303.0 K	0.60 atm	$13.6 \text{ m}^3$	0.00 °C

**【解题过程】** (1) 已知  $p_1 = p_2 = 110.0 \text{ kPa}$ ,  $V_1 = 5.00 \times 10^3 \text{ L}$ ,  $T_1 = (273.15 + 47.00) \text{ K} = 320.15$

K,  $T_2 = 290.15$  K,  $n, p$  恒定,  $V_1/V_2 = T_1/T_2$  (Charles 定律)

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \left( \frac{5.00 \times 10^3 \times 290.15}{320.15} \right) \text{L} = 4.53 \times 10^3 \text{L} = 4.53 \times 10^3 \text{L}$$

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT} = \left( \frac{110.0 \times 5.00 \times 10^3}{8.314 \times 320.15} \right) \text{mol} = 207 \text{mol}$$

(2) 已知  $p_1 = (1.02 \times \frac{101.325}{1}) \text{kPa} = 103.4 \text{kPa}$ ,  $V_1 = (3.50 \times \frac{1.00 \times 10^3}{1}) \text{L} = 3.50 \times 10^3 \text{L}$ ,  $V_2 = 5.10 \times 10^3 \text{L}$ ,  $T_1 = T_2 = 273.15 \text{K}$ , 且  $n, T$  恒定,  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  (Boyle 定律)

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \left( \frac{103.4 \times 3.50 \times 10^3}{5.10 \times 10^3} \right) \text{kPa} = 71.0 \text{Kpa}$$

根据式  $M = \frac{mRT}{pV}$ , 得

$$M(\text{He}) = \left( \frac{637 \times 8.314 \times 273.15}{103.4 \times 3.50 \times 10^3} \right) \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.00 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(3) 已知  $p_1 = (101.325 \times 0.98) \text{kPa} = 99.30 \text{kPa}$ ,  $V_1 = 10.0 \text{m}^3 = 1.00 \times 10^4 \text{L}$ ,  $T_1 = 303.0 \text{K}$ ,  $p_2 = 60.80 \text{kPa}$ ,  $V_2 = 1.36 \times 10^4 \text{L}$ ,  $n$  一定,  $p_2 V_1/T_1 = p_1 V_2/T_2$

$$T_2 = \left( \frac{60.80 \times 1.36 \times 10^4 \times 303.0}{99.30 \times 1.00 \times 10^4} \right) \text{K} = 252.3 \text{K}$$

2. 某气体化合物是氮的氧化物, 其中含氮的质量分数为  $w(\text{N}) = 30.5\%$ ; 某一容器中充有该氮氧化物的质量是  $4.107 \text{g}$ , 其体积为  $0.500 \text{L}$ , 压力为  $202.65 \text{kPa}$ , 温度为  $0^\circ\text{C}$ 。试求:

- (1) 在标准状况下, 该气体的密度;
- (2) 该氧化物的相对分子质量  $M_1$  和化学式。

【逻辑推理】 (1) 由  $pV = nRT$  可知同温度下  $p_1 V_1 = p_0 V_0$ ,  $V_0 = \frac{p_1 V_1}{p_0}$  得标准状况条件下气体体

积, 密度  $\rho = \frac{m}{v}$ ;

(2) 根据气体状态方程式  $pV = nRT = \frac{m}{M_1} RT$  得  $M_1 = \frac{m}{M_1} RT$  得  $M_1 = \frac{m}{Vp} RT = \frac{\rho}{p} RT$ ;

设分子式为  $\text{N}_x \text{O}_y$ , 则有  $14x + 16y = M$ ,  $14x/(14x + 16y) = w(\text{N})$ 。

【解题过程】 设氮的氧化物分子式为  $\text{N}_x \text{O}_y$ , 已知  $m = 4.107 \text{g}$ ,  $V = 0.500 \times 10^{-3} \text{m}^3$ ,  $p = 202.65 \text{kPa}$ ,  $T = 273.15 \text{K}$ 。

(1) 标准状况条件下

$$V = \left( \frac{202.65}{101.325} \text{L} \times 0.500 \right) = 1.00 \text{L} = 1.0010^5 \text{m}^3$$

所以该气体的密度为

$$\rho = \frac{m}{v} = \left( \frac{4.107 \times 10^{-3}}{1.00 \times 10^{-3}} \right) \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} = 4.107 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

(2) 由  $p = \frac{n}{V} RT = \left( \frac{4.107 \times 10^3}{101.325} \times 8.314 \times 272.15 \right) = 92.0 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{cases} 14x/(14x+16y) = 0.305 & \text{①} \\ 14x+16y = 92.0 & \text{②} \end{cases}$$

$$\text{联立①,②解得} \quad \begin{cases} x = 2 \\ y = 4 \end{cases}$$

故氧的氧化物的化学式为  $\text{N}_2\text{O}_4$ 。

3. 在 0.237 g 某碳氢化合物中, 其  $w(\text{C}) = 80.0\%$ ,  $w(\text{H}) = 20.0\%$ 。22°C, 756.8 mmHg 下, 体积为 191.7 mL。确定该化合物的化学式。

【逻辑推理】 根据  $pV = \frac{m}{M}RT$  先求得该化合物的摩尔质量  $M$ 。

设化学分子式为  $\text{C}_x\text{H}_y$ , 则  $\begin{cases} 12x + y = M \\ 12x/(12x + y) = w(\text{C}) \end{cases}$ , 进而确定化学式。

【解题过程】 已知  $p = \left(\frac{756.8}{760} \times 101325 \times 10^{-3}\right) \text{kPa} = 101 \text{ kPa}$ ,  $V = 191.7 \text{ mL} = 1.917 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ,  $T = 295.15 \text{ K}$ ,  $m = 0.237 \text{ g}$

根据理想气体状态方程式  $pV = nRT$ , 可得  $pV = \frac{m}{M}RT$

所以该化合物的摩尔质量为

$$M = \frac{mRT}{pV} = \left(\frac{0.237 \times 8.314 \times 295.15}{101 \times 10^3 \times 1.917 \times 10^{-4}}\right) \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 30.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

其相应化合物化学式中

$$n(\text{C}) = \frac{30 \times 80\%}{12} = 2, \quad n(\text{H}) = \frac{30 \times 20\%}{1} = 6$$

故该化合物的化学式为  $\text{C}_2\text{H}_6$ 。

4. 在容积为 50.0 L 容器中, 充有 140.0 g 的 CO 和 20.0 g 的  $\text{H}_2$ , 温度为 300 K。试计算: (1) CO 与  $\text{H}_2$  的分压; (2) 混合气体的总压。

【逻辑推理】 (1) 根据  $p_B = \frac{n_B}{V} \cdot RT$ , 需先求出混合气体各组分的物质的量  $n_B$ ,  $n_B = \frac{m_B}{M_B}$ ;

(2) 混合气体总压  $p = p(\text{H}_2) + p(\text{CO})$ , 各组分分压之和。

【解题过程】 (1) 已知  $V = 5.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ,  $T = 300 \text{ K}$

$$n(\text{CO}) = \left(\frac{140.0}{28.0}\right) \text{mol} = 5.0 \text{ mol}, \quad n(\text{H}_2) = \left(\frac{20.0}{2.0}\right) \text{mol} = 10.0 \text{ mol}$$

根据  $p_i = \frac{n_i RT}{V}$  则有

$$p(\text{CO}) = \frac{n(\text{CO})RT}{V} = \left(\frac{5.0 \times 8.314 \times 300}{5.00 \times 10^{-2}}\right) \text{Pa} = 2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)RT}{V} = \left(\frac{10.0 \times 8.314 \times 300}{5.00 \times 10^{-2}}\right) \text{Pa} = 4.99 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 设混合气体总压为  $p$ , 根据分压定律, 得

$$p = p(\text{H}_2) + p(\text{CO}) = (2.49 \times 10^5 + 4.99 \times 10^5) \text{Pa} = 7.48 \times 10^5 \text{ Pa}$$

5. 在激光放电电池中的气体是由 2.0 mol  $\text{CO}_2$ , 1.0 mol  $\text{N}_2$  和 16.0 mol He 组成的混合物, 总压为 0.30 MPa。计算各组分分压。

**【解题过程】** 已知  $n(\text{CO}_2) = 2.0 \text{ mol}$ ,  $n(\text{N}_2) = 1.0 \text{ mol}$ ,  $n(\text{He}) = 16.0 \text{ mol}$

$$n = n(\text{CO}_2) + n(\text{N}_2) + n(\text{He}) = (2.0 + 1.0 + 16.0) \text{ mol} = 19.0 \text{ mol}, p = 0.30 \text{ MPa}$$

根据分压定律公式  $\frac{p_B}{p} = \frac{n_B}{n}$  可得

$$p_B = \frac{n_B}{n} \times p$$

所以 
$$p(\text{CO}_2) = \left( \frac{2.0}{19.0} \times 0.30 \right) \text{ MPa} = 0.0316 \text{ MPa}$$

$$p(\text{N}_2) = \left( \frac{1.0}{19.0} \times 0.30 \right) \text{ MPa} = 0.0158 \text{ MPa}$$

$$p(\text{H}_2) = \left( \frac{16.0}{19.0} \times 0.30 \right) \text{ MPa} = 0.2526 \text{ MPa}$$

6. 在实验室中用排水集气法收集制取的氢气。在 23℃, 100.5 kPa 压力下, 收集了 370.0 mL 的气体(已知 23℃ 时, 水的饱和蒸气压为 2.800 kPa)。试求:

(1) 23℃ 时该气体中氢气的分压;

(2) 氢气的物质的量;

(3) 若在收集氢气之前, 集气瓶中已充有氮气 20.0 mL, 其温度也是 23℃, 压力为 100.5 kPa; 收集氢气之后, 气体的总体积为 390.0 mL。计算此时收集的氢气分压, 与(2)相比, 氢气的物质的量是否发生变化?

**【逻辑推理】** 排水集气法收集气体时, 通常将所收集气体中的水蒸气看作饱和蒸气。

(1)  $p = p(\text{H}_2\text{O})$ ;

(2) 根据  $p_i V = n_i RT$ , 则  $n(\text{H}_2) = \frac{p(\text{H}_2)V}{RT}$ ;

(3) 收集前后  $n(\text{N}_2)$  不变, 且前后均存在饱和水蒸气, 首先求得  $n(\text{N}_2)$ ; 再根据

$$p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2) = p - p(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2) + n(\text{N}_2)}{V} RT$$

求得  $n(\text{H}_2)$ , 进而

$$p(\text{H}_2) = x(\text{H}_2) [p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2)]$$

**【解题过程】** 已知  $(\text{H}_2) 100.5 \text{ kPa}$ ,  $V = 3.70 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ,  $T = 296.15 \text{ K}$ ,  $p(\text{H}_2\text{O}) = 2.800 \text{ kPa}$

(1)  $p(\text{H}_2) = p - p(\text{H}_2\text{O}) = (100.5 - 2.800) \text{ kPa} = 97.7 \text{ kPa}$

(2) 根据  $p_i V = n_i RT$  得

$$n(\text{H}_2) = \frac{p(\text{H}_2)V}{RT} = \left( \frac{97.7 \times 10^3 \times 3.70 \times 10^{-4}}{8.314 \times 296.15} \right) \text{ mol} = 0.0147 \text{ mol}$$

(3) 收集完氢气前后,  $n(\text{N}_2)$ ,  $p(\text{H}_2\text{O})$ ,  $p$ ,  $T$  不变。

$$n(\text{N}_2) = \frac{p(\text{N}_2)V_1}{RT} = \left[ \frac{(100.5 - 2.800) \times 10^3 \times 0.020 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 23)} \right] \text{ mol} = 7.94 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

收集完氢气以后,混合气体中  $\text{H}_2$  与  $\text{N}_2$  分压之和为

$$p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2) - p - p(\text{H}_2\text{O}) = (100.5 - 2.81) \text{ kPa} = 97.7 \text{ kPa}$$

而

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2) + n(\text{N}_2) &= \frac{[p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2)] V_2}{RT} \\ &= \left[ \frac{97.7 \times 10^3 \times 0.390 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 23)} \right] \text{ mol} = 0.0155 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n(\text{H}_2) = (0.0155 - 7.94 \times 10^{-4}) \text{ mol} = 0.0147 \text{ mol}$$

此时  $\text{H}_2$  分压为

$$\begin{aligned} p'(\text{H}_2) &= \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2) + n(\text{N}_2)} [p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2)] \\ &= \left( \frac{0.0147}{0.0155} \right) \text{ mol} \times 97.7 \text{ kPa} = 92.7 \text{ kPa} \end{aligned}$$

与(2)比较收集的氢气的物质的量不发生变化。

7. 当  $\text{NO}_2$  被冷却到室温时,发生聚合反应:



若在高温下将 15.2 g  $\text{NO}_2$  充入 10.0 L 的容器中,然后使其冷却到 25℃。测得总压为 0.500 atm。试计算  $\text{NO}_2(\text{g})$  和  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  的摩尔分数的关系即可求解。

【逻辑推理】 根据分压定义、定律及分压与摩尔分数的关系即可求解。

【解题过程】 根据已知条件,先求出最初的  $\text{NO}_2$  的物质的量  $n_0(\text{NO}_2)$  为

$$n_0(\text{NO}_2) = \frac{m(\text{NO}_2)}{M(\text{NO}_2)} = \frac{15.2}{46.01} = 0.330 \text{ mol}$$

从高温到 25℃,  $\text{NO}_2$  的一部分发生了聚合反应生成  $\text{N}_2\text{O}_4$ ; 但是  $n(\text{N})$  不变, 根据反应方程式, 可得 25℃ 下

$$n(\text{NO}_2) + 2n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.330 \text{ mol}$$

再根据分压定律得

$$p(\text{NO}_2) + p(\text{N}_2\text{O}_4) = (101.325 \times 0.500) \text{ kPa} = 50.7 \text{ kPa}$$

$$\frac{n(\text{NO}_2)RT}{V} + \frac{n(\text{N}_2\text{O}_4)RT}{V} = 50.7 \text{ kPa}$$

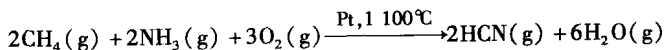
$$n(\text{NO}_2) + n(\text{N}_2\text{O}_4) = \left( \frac{50.7 \times 10.0}{8.314 \times 298.15} \right) \text{ mol} = 0.205 \text{ mol}$$

将式①、式②联立,得

$$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.125 \text{ mol}, n(\text{NO}_2) = 0.077 \text{ mol}, x(\text{NO}_2) = \frac{0.077}{0.205} = 0.38,$$

$$x(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.62, p(\text{NO}_2) = 50.7 \times 0.38 = 19.3 \text{ kPa}, p(\text{N}_2\text{O}_4) = 31.4 \text{ kPa}$$

8. 氰化氢(HCN)气体是用甲烷和氨作原料制造的。反应如下:



如果反应物和产物的体积是在相同温度和相同压力下测定的。计算:

(1) 与 3.0 L  $\text{CH}_4$  反应需要氨的体积;



(2) 与 3.0 L  $\text{CH}_4$  反应需要氧气的体积;

(3) 与 3.0 L  $\text{CH}_4$  完全反应后,生成的  $\text{HCN}(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  体积

【逻辑推理】 根据 Avogadro 定律,  $T$ 、 $p$  一定, 体积比等于物质的量之比, 按配平了的化学反应计量式, 计算所求各物质的体积。

【解题过程】 (1) 已知  $V(\text{CH}_4) = 3.0 \text{ L}$ ,  $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{2}{2} = 1$

根据分体积定律  $\frac{V_B}{V} = \frac{n_B}{n}$ , 可得

$$\frac{V(\text{NH}_3)}{V(\text{CH}_4)} = \frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{CH}_4)} = 1$$

即

$$V(\text{NH}_3) = V(\text{CH}_4) = 3.0 \text{ L}$$

(2) 已知  $V(\text{CH}_4) = 3.0 \text{ L}$ ,  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{CH}_4)} = \frac{3}{2}$

根据分体积定律可得

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{CH}_4)} = \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{CH}_4)} = \frac{3}{2}$$

即

$$V(\text{O}_2) = \frac{3}{2}V(\text{CH}_4) = \left(\frac{3}{2} \times 3.0\right) \text{ L} = 4.5 \text{ L}$$

(3) 由于

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{HCN})} = \frac{2}{2} = 1, \frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

根据分体积定律可得

$$V(\text{HCN}) = V(\text{CH}_4) = 3.0 \text{ L}$$

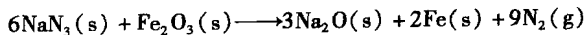
$$V(\text{H}_2\text{O}) = 3V(\text{CH}_4) = 9.0 \text{ L}$$

9. 为了行车安全, 可在汽车上装备气袋, 以便必要时保护司机和乘客。这种气袋是用氮气充填的, 所用氮气是由叠氮化钠 ( $\text{NaN}_3, \text{s}$ ) 与三氧化二铁在火花的引发下反应生成的 (其他产物还有氧化钠和铁)。

(1) 写出该反应方程式并配平之;

(2) 在  $25^\circ\text{C}$ ,  $748 \text{ mmHg}$  下, 要产生  $75.0 \text{ L}$  的  $\text{N}_2$  需要叠氮化钠的质量是多少?

【解题过程】 (1) 根据给出的反应物和产物, 写出并配平了的反应方程式为



(2) 已知  $T = 298.15 \text{ K}$ ,  $V(\text{N}_2) = 75.0 \text{ L} = 0.075 \text{ m}^3$

$$p = (748 \times 0.1333 \times 10^3) \text{ Pa} = 9.9708 \times 10^4 \text{ Pa}$$

根据理想气体状态方程式  $pV = nRT$ , 可得

$$n(\text{N}_2) = \frac{pV(\text{N}_2)}{RT} = \left(\frac{9.9708 \times 10^4 \times 0.075}{8.314 \times 298.15}\right) \text{ mol} = 3.02 \text{ mol}$$

又知

$$\frac{n(\text{NaN}_3)}{n(\text{N}_2)} = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$$

所以

$$n(\text{NaN}_3) = \frac{2}{3}n(\text{N}_2) = \left(\frac{2}{3} \times 3.02\right) \text{ mol} = 2.01 \text{ mol}$$