

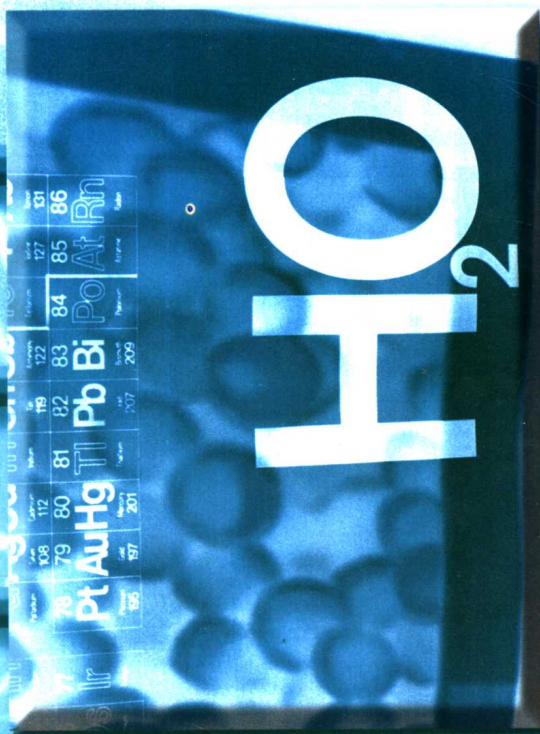
经典教材辅导用书



# 无机化学习题详解

高教社·《无机化学·第四版·第三版》  
(大连理工大学无机化学教研室编)

郭丽萍 雷家珩 童辉 编



华中科技大学出版社

经典教材辅导丛书

# 无机化学习题详解

高教社·《无机化学·第四版·第三版》  
(大连理工大学无机化学教研室编)

郭丽萍 雷家珩 童辉 编

华中科技大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

无机化学习题详解/郭丽萍 雷家珩 童辉 编  
武汉:华中科技大学出版社,2004年5月  
ISBN 7-5609-3123-5

I. 无…

II. ①郭… ②雷… ③童…

III. 无机化学-高等学校-教学参考资料

IV. O61

无机化学习题详解

郭丽萍 雷家珩 童辉 编

策划编辑:周芬娜

封面设计:潘 群

责任编辑:杨志锋

责任校对:朱 霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:湖北省通山县印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:12.375

字数:298 000

版次:2004年5月第1版

印次:2004年5月第1次印刷

定价:16.50元

ISBN 7-5609-3123-5/O · 313

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

本书配合大连理工大学无机化学教研室编写的《无机化学》教材的内容,选择教材第四版的全部习题和第三版的部分习题,分别进行了详细分析和解答。本书能很好地帮助学生学习和掌握无机化学课程的基础知识和重难点内容,解决他们在学习中的解题困难,并有效地提高学生的无机化学课程的学习水平。

# 前 言

---

2001年,高等教育出版社出版了大连理工大学无机化学教研室编写的《无机化学》第四版。该教材作为“九五”国家级重点教材,具有知识新、面广、理论体系完整、内容丰富等特点。为了帮助工科学生学习无机化学,应华中科技大学出版社之邀,我们编写了该教材的习题解答,同时对该书第三版的大部分习题进行了选解。在解题过程中我们力求完整、规范、全面,并对个别题目采用了多种解法。

负责本习题解答编写的除郭丽萍、雷家珩、童辉三位教师外,本校应用化学专业2002级研究生杨顺林、张惠玲也为本书的题解和打印编排做了大量工作。

本书请武汉理工大学贺克强教授作为主审,在此表示诚挚的感谢!另外,武汉理工大学董玉琳副教授也通读了题解。在编写过程中我们还参考了迟玉兰、于永鲜、牟文生、孟长功编写的《无机化学释疑与习题解析》(高等教育出版社,2002年8月出版),在此一并致谢!

由于编者水平有限,本书错误和不当之处在所难免,希望读者提出宝贵意见。

编 者

2003年11月

于武汉理工大学

# 目 录

## 第一部分 第四版教材习题详解

第一章	气体	(3)
第二章	热化学	(14)
第三章	化学动力学基础	(30)
第四章	化学平衡 焓和Gibbs 函数	(47)
第五章	酸碱平衡	(66)
第六章	沉淀-溶解平衡	(94)
第七章	氧化还原反应 电化学基础	(110)
第八章	原子结构	(131)
第九章	分子结构	(142)
第十章	固体结构	(150)
第十一章	配合物结构	(158)
第十二章	s 区元素	(169)
第十三章	p 区元素(一)	(180)
第十四章	p 区元素(二)	(192)
第十五章	p 区元素(三)	(200)
第十六章	d 区元素(一)	(207)
第十七章	d 区元素(二)	(224)
第十八章	f 区元素	(237)

## 第二部分 第三版教材习题选解

第一章	物质的状态和变化	(245)
第二章	化学反应速率和化学平衡	(254)

第三章	酸碱反应	(275)
第四章	沉淀反应	(291)
第五章	氧化还原反应	(304)
第六章	原子结构和元素周期律	(317)
第七章	分子结构	(322)
第八章	晶体结构	(329)
第九章	配合物的结构	(337)
第十章	氢 稀有气体	(341)
第十一章	s 区元素	(346)
第十二章	p 区元素(一)	(351)
第十三章	p 区元素(二)	(362)
第十四章	d 区元素(一)	(373)
第十五章	d 区元素(二)	(383)
第十六章	f 区元素	(386)

第 一 部 分

---

第四版教材习题详解





# 第一章 气 体

1. 成年人每次呼吸大约为 500 mL 空气,若其压力为 100 kPa,温度为 20 °C,则其中有多少氧分子?

解 已知  $p=100 \text{ kPa}=1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V=500 \text{ mL}=5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ,  $T=293.15 \text{ K}$ 。根据理想气体状态方程  $pV=nRT$ ,可得:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-4}}{8.314 \times 293.15} \text{ mol} = 0.0205 \text{ mol}$$

又空气中氧气量为 21%,故氧分子数为:

$$6.022 \times 10^{23} \times 0.0205 \times 21\% = 2.6 \times 10^{21}$$

2. 汽车发动机的气缸体积为 0.500 L。如果用汽油蒸气和空气的混合物充至压力为 0.10 MPa。假定温度恒定,将混合气体压缩至 57 mL(点火之前),则其压力为多少?

解 已知  $T_1=T_2$ ,  $p_1=0.10 \text{ MPa}=1 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$V_1=500 \text{ mL}=5 \times 10^{-4} \text{ m}^3, V_2=57 \text{ mL}=5.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

根据理想气体状态方程  $pV=nRT$ ,可得:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

所以 
$$p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2} = \frac{1 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-4}}{5.7 \times 10^{-5}} \text{ Pa}$$
$$= 8.8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

3. 潜水员的肺中可容纳 6.0 L 空气,在某深海中的压力为 980 kPa。在温度 37 °C 条件下,如果潜水员很快升至水面,压力为 100 kPa,则他的肺将膨胀至多大体积? 这样安全吗?

解 已知  $T_1=T_2$ ,  $p_1=980 \text{ kPa}=9.8 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$V_1=6.0 \text{ L}=6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3, p_2=100 \text{ kPa}=1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

根据理想气体状态方程可得:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{所以 } V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{9.8 \times 10^5 \times 6.0 \times 10^{-3}}{1 \times 10^5} \text{ L} = 59 \text{ L}$$

即潜水员升至水面时,肺中空气的体积膨胀到将近原来体积的十倍大,这样显然不安全。

4. 氧气钢瓶的容积为 40.0 L, 压力为 10.1 MPa, 温度为 27 °C。计算钢瓶中氧气的质量。

解 已知  $p = 10.1 \text{ MPa} = 1.01 \times 10^7 \text{ Pa}$ ,  $V = 40.0 \text{ L} = 4.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ,  $T = 300.15 \text{ K}$ 。利用理想气体状态方程式  $pV = nRT$  作近似处理, 可得:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1.01 \times 10^7 \times 4.0 \times 10^{-2}}{8.314 \times 300.15} \text{ mol} = 162 \text{ mol}$$

故氧气质量  $m(\text{O}_2) = 162 \times 32.0 \text{ g} = 5180.0 \text{ g} = 5.18 \text{ kg}$

5. 丁烷  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  是一种易液化的气体燃料, 计算在 23 °C, 90.6 kPa 下, 丁烷气体的密度。

解 已知  $T = 296.15 \text{ K}$ ,  $p = 90.6 \text{ kPa} = 9.06 \times 10^4 \text{ Pa}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  的摩尔质量  $M = 58.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据理想气体状态方程  $pV = nRT$ , 可得:

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

所以丁烷的密度为:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{pM}{RT} = \frac{9.06 \times 10^4 \times 58.0}{8.314 \times 296.15} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \\ &= 2.14 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} = 2.14 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

6. 某气体化合物是氧化物, 其中含氮的质量百分数为  $w(\text{N}) = 30.5\%$ ; 今有一容器中装有该氧化物的质量是 4.107 g, 其体积为 0.500 L, 压力为 202.65 kPa, 温度为 0 °C。试求: (1) 在标准状况下, 该气体的密度; (2) 该气体的相对分子质量  $M_r$  和化学式。

解 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) S. T. P 条件下

$$V = \frac{202.65}{101.325} \times 0.500 \text{ L} = 1.00 \text{ L} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

所以该气体的密度为:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4.107 \times 10^{-3}}{1.00 \times 10^{-3}} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 4.11 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

(2) 因为  $p = \frac{\rho}{M} RT$ , 故该气体的相对分子质量:

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{\rho}{p} RT = \frac{4.11 \times 10^3}{101.325} \times 8.314 \times 273.15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 92.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

(3) 根据题意, 有

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

联立①, ②解之得:

$$\begin{cases} x = 2 \\ y = 4 \end{cases}$$

故该氧化物的分子式为  $\text{N}_2\text{O}_4$ 。

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

解 已知  $p = 756.8 \text{ mmHg} = \frac{756.8}{760} \times 101.325 \text{ Pa} = 101 \text{ kPa}$ ,  
 $V = 191.7 \text{ mL} = 1.917 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ,  $T = 295.15 \text{ K}$ ,  $m = 0.237 \text{ g}$ , 根据理想气体状态方程  $pV = nRT$ , 可得:

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

所以该化合物的摩尔质量为:

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

$$= 30.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

相应化合物化学式中

$$n(\text{C}) = \frac{30.0 \times 80\%}{12.0} \approx 2$$

$$n(\text{H}) = \frac{30.0 \times 20\%}{1.00} \approx 6$$

故该化合物的化学式为  $\text{C}_2\text{H}_6$ 。

8. 在火星赤道附近中午时,温度为  $20^\circ\text{C}$ ,火星大气的主要成分是  $\text{CO}_2$ ,其压力约为  $5 \text{ mmHg}$ ,则其为多少千帕?相同温度下火星上的  $\text{CO}_2$  与地球上的  $\text{CO}_2$  (干空气中,  $x(\text{CO}_2) = 0.00033$ ) 相比,何者更接近理想气体?

解 火星大气中的  $\text{CO}_2$  压力为:

$$p_1 = \frac{5}{760} \times 101.325 \text{ kPa} = 0.667 \text{ kPa}$$

相同的温度下地球上的  $\text{CO}_2$  的压力为:

$$p_2 = 101.325 \times 0.00033 \text{ kPa} = 0.033 \text{ kPa}$$

从表面上看,地球上  $\text{CO}_2$  的分压小于火星大气中  $\text{CO}_2$  的分压。根据压力越低,越接近理想气体的规律,地球上大气中的  $\text{CO}_2$  更接近于理想气体;但实际上,根据题意知,地球上大气的总压力远大于火星大气的总压力。因此,火星大气中的  $\text{CO}_2$  更接近于理想气体。

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

解 (1) 已知  $V = 5.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ,  $T = 300 \text{ K}$

$$n(\text{CO}) = \frac{140.0}{28} \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{20.0}{2.0} \text{ mol} = 10 \text{ mol}$$

根据  $p_i = \frac{n_i RT}{V}$ , 则有

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

$$= 2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$$

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

$$= 4.99 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 设混合气体总压为  $p$ , 根据分压定律可得:

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

10. 在实验室中用排水取气法收集制取氢气。在  $23^\circ\text{C}$ ,  $100.5 \text{ kPa}$  压力下, 收集了  $370.0 \text{ mL}$  的气体(已知  $23^\circ\text{C}$  水的饱和蒸气压为  $2.800 \text{ kPa}$ )。试求:(1)  $23^\circ\text{C}$  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, 集气瓶中已充入氮气  $20.0 \text{ mL}$ , 其温度也是  $23^\circ\text{C}$ , 压力为  $100.5 \text{ kPa}$ ; 收集氢气之后, 气体的总体积为  $390.0 \text{ mL}$ 。计算此时收集的氢气的分压, 与(2)相比, 氢气的物质的量是否发生变化?

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

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

(2) 根据  $p_i V = n_i RT$  得:

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

$$= 0.0147 \text{ mol}$$

(3) 收集氢气前后,  $n(\text{N}_2)$  不变

$$n(\text{N}_2) = \frac{p(\text{N}_2)V_1}{RT}$$

$$= \frac{(100.5 - 2.800) \times 10^3 \times 0.020 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 23)} \text{ mol}$$

$$= 7.94 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

收集完氢气之后

$$p(\text{H}_2) + p(\text{N}_2) = p - p(\text{H}_2\text{O})$$

$$= (100.5 - 2.81) \text{ kPa} = 97.7 \text{ kPa}$$

而  $n(\text{H}_2) + n(\text{N}_2) = \frac{[p(\text{N}_2) + p(\text{H}_2)]V_2}{RT}$

$$= \frac{97.7 \times 10^3 \times 0.390 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 23)} \text{ mol}$$

$$= 0.0155 \text{ mol}$$

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

此时  $\text{H}_2$  分压为:

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

$$= \frac{0.0147}{0.0155} \times 97.7 \text{ kPa} = 92.7 \text{ kPa}$$

而收集的氢气的物质的量不发生变化。

11. 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 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  $\frac{p_B}{p} = \frac{n_B}{n}$  可得:

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

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

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

$$p(\text{He}) = \frac{16.0}{19.0} \times 0.30 \text{ MPa} = 0.2526 \text{ MPa}$$

12. 金星(太白星)表面大气压力为  $9.2 \times 10^3 \text{ kPa}$ 。其中  $\varphi(\text{CO}_2) = 96.5\%$ ,  $\varphi(\text{N}_2) = 3.5\%$  及少量其他气体。计算  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2$  的摩尔分数和分压。

解 已知  $\varphi(\text{CO}_2) = 96.5\%$ ,  $\varphi(\text{N}_2) = 3.5\%$ ,  $p = 9.2 \times 10^3 \text{ kPa}$  由于同温、同压下,  $\varphi_B = x_B$ , 所以

$$x(\text{CO}_2) = \varphi(\text{CO}_2) = 96.5\%$$

$$x(\text{N}_2) = \varphi(\text{N}_2) = 3.5\%$$

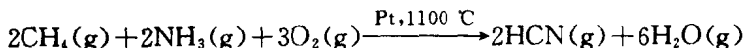
又由  $p_B = x_B p$

可得:

$$\begin{aligned} p(\text{CO}_2) &= x(\text{CO}_2) p = 96.5\% \times 9.2 \times 10^3 \text{ kPa} \\ &= 8.88 \times 10^3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$p(\text{N}_2) = x(\text{N}_2) p = 3.5\% \times 9.2 \times 10^3 \text{ kPa} = 3.2 \times 10^2 \text{ kPa}$$

13. 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) 当 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。

$$\text{解 (1) 已知 } V(\text{CH}_4) = 3.0 \text{ L}, \frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{2}{2} = 1$$

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

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

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



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

根据分体积定律可得:

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

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

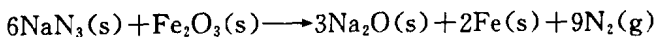
$$(3) \text{ 由于 } \frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{HCN})} = \frac{2}{2} = 1, \frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

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

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

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 3V(\text{CH}_4) = 3 \times 3.0 \text{ L} = 9.0 \text{ L}$$

14. 为了行车安全,汽车上装备有气袋,以便遭到碰撞时使司机不受到伤害。这种气袋是用氮气充填的,所用氮气是由叠氮化钠与三氧化二铁在火花的引发下反应生成的。总反应为:



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

$$p = 748 \text{ mmHg} = 748 \times 0.1333 \times 10^3 \text{ Pa} = 9.97 \times 10^4 \text{ Pa}$$

根据理想气体状态方程  $pV = nRT$ , 可得:

$$n(\text{N}_2) = \frac{pV(\text{N}_2)}{RT} = \frac{9.97 \times 10^4 \times 0.075}{8.314 \times 298.15} \text{ mol} = 3.02 \text{ mol}$$

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

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

故所需的叠氮化钠  $m(\text{NaN}_3) = 2.01 \times 65 \text{ g} = 131 \text{ g}$ 。

15. 某混合气体中含有  $4.5 \text{ mol Br}_2(\text{g})$  和  $33.1 \text{ mol F}_2(\text{g})$ 。