



普通高等教育“十三五”规划教材

A GUIDE TO BILINGUAL
EXERCISES OF
PHYSICAL CHEMISTRY

物理化学

双语解题指导

◆主 编 周华锋 侯纯明 姚淑华

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

物理化学双语解题指导

A GUIDE TO BILINGUAL EXERCISES
OF PHYSICAL CHEMISTRY

周华锋 侯纯明 姚淑华 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书是为配合中国石化出版社出版的《物理化学简明双语教程》而编写。主要内容均采用英、汉双语进行编写,共分十章。每章包括内容概要及同步例题、本章重点、填空题、判断题、选择题和课后习题解答六部分。“内容概要及同步例题”对本章的基本概念、重要原理和主要公式做了概括和总结,并按教材内容选取典型例题,这些例题着眼于引导学生如何准确理解并正确运用所学基本概念、原理和公式解决物理化学问题。“本章重点”对本章的主要内容进行归纳。“填空题、判断题、选择题”这三部分主要是为了让学生进一步巩固所学内容。“课后习题解答”给出了《物理化学简明双语教程》课后习题的答案。

本书可以作为高等院校物理化学双语教学的参考书,也可供相关专业的师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学双语解题指导:汉英对照/周华锋,侯纯明,
姚淑华主编.—北京:中国石化出版社,2007.2
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-3544-6

I. ①物… II. ①周… ②侯… ③姚… III. ①物理化
学-双语教学-高等学校-题解 IV. ①O64-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 026441 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何
形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号

邮编:100020 电话:(010)59964500

发行部电话:(010)59964526

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 306 千字

2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

为了适应物理化学双语教学这一全新的教学模式，我们编写并出版了《物理化学简明双语教程》(中国石化出版社)，解决物理化学双语教材短缺的问题。该书自出版后，受到了使用者的一致好评，多次重印。但因一直无与之配套的物理化学双语参考书，这给双语教学带来了很多不便。

编写的《物理化学双语解题指导》作为与物理化学双语教材相配套的参考书，可以使学生在做题的过程中学会物理化学习题的英文表达，进一步巩固双语教学的内容，从而更好地适应物理化学双语教学。同时也给从事双语教学的老师提供更多、更适合的例题和习题。

本书共分十章：第一章 气体的 pVT 性质；第二章 热力学第一定律；第三章 热力学第二定律；第四章 多组分系统热力学；第五章 化学平衡；第六章 相平衡；第七章 电解质溶液；第八章 电化学系统；第九章 界面现象；第十章 化学动力学。

本书第七章至第十章主要由周华锋老师编写，第二章至第五章主要由侯纯明老师编写，第一章和第六章主要由姚淑华老师编写。何美老师参与了本书的构思和部分编写工作。物理化学教研室的所有老师在本书的编写过程中都给予了很多指导和建议，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 气体的 pVT 性质	(1)
一、内容概要及同步例题	(1)
二、本章重点	(4)
三、填空题	(4)
四、判断题	(4)
五、选择题	(5)
六、课后习题解答	(6)
第二章 热力学第一定律	(9)
一、内容概要及同步例题	(9)
二、本章重点	(23)
三、填空题	(23)
四、判断题	(24)
五、选择题	(25)
六、课后习题解答	(27)
第三章 热力学第二定律	(36)
一、内容概要及同步例题	(36)
二、本章重点	(50)
三、填空题	(51)
四、判断题	(52)
五、选择题	(52)
六、课后习题解答	(54)
第四章 多组分系统热力学	(66)
一、内容概要及同步例题	(66)
二、本章重点	(75)
三、填空题	(76)
四、判断题	(77)
五、选择题	(78)
六、课后习题解答	(81)
第五章 化学平衡	(86)
一、内容概要及同步例题	(86)
二、本章重点	(93)
三、填空题	(94)
四、判断题	(95)
五、选择题	(96)
六、课后习题解答	(98)

第六章 相平衡	(105)
一、内容概要及同步例题	(105)
二、本章重点	(111)
三、填空题	(111)
四、判断题	(112)
五、选择题	(113)
六、课后习题解答	(116)
第七章 电解质溶液	(124)
一、内容概要及同步例题	(124)
二、本章重点	(129)
三、填空题	(129)
四、判断题	(129)
五、选择题	(130)
六、课后习题解答	(131)
第八章 电化学系统	(134)
一、内容概要及同步例题	(134)
二、本章重点	(142)
三、填空题	(142)
四、判断题	(143)
五、选择题	(143)
六、课后习题解答	(146)
第九章 界面现象	(155)
一、内容概要及同步例题	(155)
二、本章重点	(163)
三、填空题	(164)
四、判断题	(165)
五、选择题	(165)
六、课后习题解答	(167)
第十章 化学动力学	(171)
一、内容概要及同步例题	(171)
二、本章重点	(192)
三、填空题	(193)
四、判断题	(194)
五、选择题	(195)
六、课后习题解答	(199)
参考文献	(210)

第一章 气体的 pVT 性质

(Chapter 1 The pVT properties of gases)

一、内容概要及同步例题

1. 理想气体状态方程(State equations of the perfect gas)

$$pV = nRT$$

$$\text{或 } pV_m = RT$$

$$pV = (m/M)RT$$

$$pM = \rho RT$$

式中 p ——气体的压力(Gaseous pressure);

V ——气体的体积(Gaseous volume);

n ——气体物质的量(Gaseous amount-of-substance);

R ——摩尔气体常数(Molar gaseous constant);

T ——热力学温度(Thermodynamics temperature);

V_m ——气体的摩尔体积(Gaseous molar volume);

m ——气体的质量(Gaseous mass);

M ——气体的摩尔质量(Gaseous molar mass);

ρ ——气体的密度(Gaseous density)。

2. 理想气体在微观上的两个特征(Two microscopic features of perfect gas)

① 分子本身不具有体积。(No volume is occupied by the molecules themselves.)

② 分子与分子之间无相互作用力。(No interactions among the molecules.)

3. 道尔顿分压定律(Dalton's law of partial pressures)

(1) 分压力(Partial pressure)

混合气体中任一组分 B 单独存在于混合气体的温度、体积条件下具有的压力。混合气体中任一组分的分压力是它的摩尔分数与总压力之积。(Each of the individual components, if present alone under the same temperature and volume conditions as the mixture, would exert a pressure that we term the partial pressure.)

$$p_B = \frac{n_B RT}{V}$$

$$p_B = py_B$$

(2) 道尔顿分压定律(Dalton's law of partial pressures)

① 语言表述(Statement)

混合气体的总压力等于各组分单独存在于混合气体的温度、体积条件下产生的压力的总和。(The total pressure of a mixture of gases equals the sum of the pressures that each gas would exert if it was present alone.)

② 数学表达式 (Mathematical expression)

$$p = \sum_B p_B$$

(3) 道尔顿分压定律的适用条件 (Applicable condition of Dalton's law of partial pressures)

① 理想气体 (The perfect gas);

② 低压气体 (Low pressure gas)。

4. 阿马加分体积定律 (Amagat's law of partial volumes)

(1) 分体积 (Partial volume)

混合气体中任一组分 B 单独存在于混合气体的温度、压力条件下占有的体积。混合气体中任一组分的分体积是它的摩尔分数与总体积之积。(Each of the individual components, if present alone under the same temperature and pressure conditions as the mixture, would occupy a volume that we term the partial volume.)

$$V_B^* = \frac{n_B RT}{p}$$

$$V_B^* = V y_B$$

(2) 阿马加分体积定律 (Amagat's law of partial volumes)

① 语言表述 (Statement)

混合气体的总体积等于各组分单独存在于混合气体的温度、压力条件下产生的体积的总和。(The total volume of a mixture of gases equals the sum of the volumes that each gas would occupy if it was present alone.)

② 数学表达式 (Mathematical expression)

$$V = \sum_B V_B^*$$

(3) 阿马加分体积定律的适用条件 (Applicable condition of Amagat's law of partial volumes)

① 理想气体 (The perfect gas);

② 低压气体 (Low pressure gas)。

【Example 1-1】

两个体积均为 V 的玻璃泡之间用细管连接，泡内密封着标准状况下的空气，若将其中一个泡加热到 100°C ，另一个维持 0°C ，忽略细管中的气体体积，求玻璃泡内空气的压力。

Two glass bubbles of the same volume V are joined with a thin tube. There is air under standard state in the two tightly closed bubbles. If one of the bubbles is heated to 100°C and the other is kept at 0°C , neglecting the gas volume in the thin tube, please find the pressure of air in the glass bubbles.

解：将其中一个泡加热之后，另一个泡虽保持恒温，但整个系统的压力皆上升为 p_2 。被加热的那个泡中空气的物质的量减少，整个系统内空气的物质的量为定值。

$$n = 2p_1 V / (RT_1) = p_2 V / (RT_1) + p_2 V / (RT_2)$$

$$p_2 = 2p_1 T_2 / (T_1 + T_2) = [2 \times 101.325 \times 373.15 / (273.15 + 373.15)] \text{ Pa} = 117 \text{ kPa}$$

【Example 1-2】

如图一带隔板的容器，两侧有同温同压的氢气与氮气，二者均可视为理想气体。

H_2	3dm^3	N_2	1dm^3
p	T	p	T

(1) 保持容器内温度恒定时抽去隔板, 且隔板体积可忽略不计, 试求两种气体混合后的压力;

(2) 隔板抽去前后, H_2 和 N_2 的摩尔体积是否相同?

(3) 隔板抽去后, 混合气体中 H_2 和 N_2 分压力之比以及它们分体积各为若干?

There is a container with a plank as shown in the picture. On the two sides are hydrogen and nitrogen gases at the same temperature and pressure. Both of them may be regarded as ideal gas.

(1) Neglecting the volume of the plank, try to find the pressure of the gaseous mixture after removing the plank, with the temperature inside the container kept constant.

(2) Are the molar volumes of H_2 and N_2 the same before and after the removing of the plank?

(3) What are the partial pressure ratio and the partial volumes of H_2 and N_2 in the gaseous mixture after the removing of the plank?

解: (1) 混合后 $p_{H_2} = y_{H_2} p = 3/(3+1)p = 3/4p$

$$p_{N_2} = y_{N_2} p = 1/(3+1)p = 1/4p$$

$$p_{\text{总}} = p_{H_2} + p_{N_2} = p$$

所以抽去隔板后系统的压力不变。

(2) $V_m = RT/p$

T 、 p 不变, V_m 也不变。故隔板抽去前后, H_2 和 N_2 的摩尔体积相同。

(3) 根据分体积定律

$$V_{H_2} = y_{H_2} V = 3/4 \times 4 \text{ dm}^3 = 3 \text{ dm}^3$$

$$V_{N_2} = y_{N_2} V = 1/4 \times 4 \text{ dm}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

5. 真实气体的范德华方程 (Van der Waals equation of real gas)

对于 1 mol 真实气体和 n mol 真实气体范德华方程分别表示为 (1 mol real gas and n mol real gas):

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$$

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

式中 a , b ——范德华常数 (Vander Waals constant)。

6. 饱和蒸气压 (Saturated vapor pressure of liquid)

一定温度下, 当气-液达平衡时气相的压力称为该液体在该温度下的饱和蒸气压。(The saturated vapor pressure is the pressure of the vapor phase in a vapor-liquid equilibrium at a specified temperature.)

7. 液体的沸点 (Boiling point of liquid)

气-液达平衡时蒸气压等于外压时的温度称为液体的沸点。(The boiling point of a liquid is the temperature at which the saturated vapor pressure of a vapor-liquid equilibrium equals to the external pressure.)

8. 临界参数 (Critical parameters)

临界温度 [Critical temperature (T_c)]——使气体能液化所允许的最高温度。[The highest temperature at which gas can be liquefied. Such as $T_c(\text{CO}_2) = 304.2 \text{ K}$.]

临界压力 [Critical pressure (p_c)]——在临界温度下的饱和蒸气压, 也是在临界温度下使

气体液化所需要的最低压力。[The saturated vapor pressure at T_c , that is the smallest pressure at the critical temperature. Such as $p_c(\text{CO}_2) = 7.38\text{MPa}$.]

临界摩尔体积[Critical molar volume($V_{m,c}$)]——物质在临界温度和临界压力下的摩尔体积。[The molar volume of gas at the critical temperature and pressure. Such as $V_{m,c}(\text{CO}_2) = 94 \times 10^{-6}\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.]

9. 压缩因子 Z (Compression factor, Z)

$$pV = ZnRT$$

其中 Z 称为压缩因子, Z 值的大小反映出真实气体对理想气体的偏差。当 $Z < 1$ 时, 说明真实气体比理想气体易于压缩; 当 $Z > 1$ 时, 说明真实气体比理想气体难于压缩。(When $Z < 1$, the real gas is easy to be compressed; When $Z > 1$, the real gas is hard to be compressed.)

二、本章重点

1. 理想气体模型、理想气体状态方程。
2. 分压力和分体积计算。
3. 范德华方程的计算。
4. 真实气体的液化。
5. 压缩因子定义。

三、填空题

- 1-1. 理想气体在恒温下摩尔体积随压力的变化率 $\left(\frac{\partial V_m}{\partial p}\right)_T = (\quad)$ 。
- 1-2. 理想气体在微观上的特征是()。
- 1-3. 在临界状态下, 任何真实气体在宏观上的特征是()。
- 1-4. 某真实气体的压缩因子 $Z < 1$, 则表示该气体()被压缩。
- 1-5. 温度为 400K , 体积为 2m^3 的容器中装有 2mol 的理想气体 A 和 8mol 的理想气体 B, 则该混合气体中 B 的分压力 $p_B = (\quad)\text{kPa}$ 。
- 1-6. 在 300K , 100kPa 下, 某理想气体的密度 $\rho = 80.8275 \times 10^{-3}\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 则该气体的摩尔质量 $M = (\quad)$ 。
- 1-7. 一定的范德华气体, 在恒容条件下, 其压力随温度的变化率 $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = (\quad)$ 。

【参考答案】

- 1-1. $-V_m/p$
- 1-2. 气体分子本身没有体积; 气体分子之间无相互作用力
- 1-3. 气相、液相不分
- 1-4. 易于
- 1-5. 13.302
- 1-6. $2.016 \times 10^{-3}\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 1-7. $nR/(V-nb)$

四、判断题

- 1-1. 在一定温度下, 理想气体的 pV_m 是常数。()

- 1-2. 在正常沸点下, 不同液体的饱和蒸气压相同。 ()
- 1-3. 不同物质在相同温度下的饱和蒸气压数值不同。 ()
- 1-4. 同一物质在不同的温度下饱和蒸气压数值不同。 ()
- 1-5. 实际气体在任何温度下加压都可液化。 ()
- 1-6. 在任何温度、任何压力下理想气体均不能液化。 ()
- 1-7. 在一定温度下, 真实气体的 pV_m 是常数。 ()
- 1-8. 在温度和体积恒定的容器中有 A、B 两种理想气体, 若向容器中加入理想气体 C, 则 A 的分压力和 B 的分体积都变小。 ()

【参考答案】

1-1. $\checkmark$; 1-2. $\checkmark$; 1-3. $\checkmark$; 1-4. $\checkmark$; 1-5. $\times$; 1-6. $\checkmark$; 1-7. $\times$; 1-8. $\times$

五、选择题

- 1-1. 关于物质临界状态的下列描述中, 不正确的是()。
- (A) 在临界状态, 液体和蒸气的密度相同, 液体与气体无区别
- (B) 每种气体物质都有一组特定的临界参数
- (C) 在以 p 、 V 为坐标的等温线上, 临界点对应的压力就是临界压力
- (D) 临界温度越低的物质, 其气体越易液化
- 1-2. 在温度恒定为 25°C , 体积恒定为 25dm^3 的容器中, 含有 0.65mol 的理想气体 A, 0.35mol 的理想气体 B。若向容器中再加入 0.4mol 的理想气体 D, 则 B 的分压力 p_B (), 分体积 V_B ()。
- (A) 变大 (B) 变小 (C) 不变 (D) 无法确定
- 1-3. 在一个密闭的容器中放有足够多的某纯液态物质, 在相当大的温度范围内皆存在气、液两相平衡。当温度逐渐升高时液体的饱和蒸气压 p^* (), 饱和液体的摩尔体积 $V_m(l)$ (); 饱和蒸气的摩尔体积 $V_m(g)$ (); $\Delta V = V_m(g) - V_m(l)$ ()。
- (A) 变小 (B) 变大 (C) 不变 (D) 无一定变化规律
- 1-4. 在一定的 T 、 p 下 (假设高于波义尔温度 T_B), V_m (真实气体) () V_m (理想气体)。
- (A) $>$ (B) $=$ (C) $<$ (D) 不能确定
- 1-5. 对于真实气体, 当处于()条件时, 其行为与理想接近。
- (A) 高温高压 (B) 高温低压 (C) 低温低压 (D) 低温高压
- 1-6. 物质能以液态形式存在的最高温度是()。
- (A) 沸腾温度 T_b (B) 临界温度 T_c (C) 玻义尔温度 T_B (D) 凝固点温度 T_f
- 1-7. 对比温度是其所处的温度 T 与()比值。
- (A) 玻义尔温度 T_B (B) 临界温度 T_c (C) 沸腾温度 T_b (D) 273K
- 1-8. 在 n 、 T 、 V 皆为定值的条件下, p (范德华气体) () p (理想气体)。
- (A) $>$ (B) $=$ (C) $<$ (D) 不能确定
- 1-9. 在 $t = -50^\circ\text{C}$, $V = 40\text{dm}^3$ 的钢瓶内纯氢气的压力 $p = 12.16 \times 10^6 \text{Pa}$, 已知氢气的临界温度为 -239.9°C , 此时钢瓶内氢气的相态必然是()。
- (A) 气态 (B) 液态 (C) 固态 (D) 无法确定
- 1-10. 在温度恒定为 373.15K , 体积为 2.0dm^3 的容器中含有 0.035mol 水蒸气 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 。

若向上述容器中再加入 0.025mol $\text{H}_2\text{O}(l)$ 。则容器中的 H_2O 必然是()。

(A) 气态 (B) 液态 (C) 气-液两相平衡 (D) 无法确定其相态

1-11. 由 $\text{A}(g)$ 和 $\text{B}(g)$ 形成的理想气体混合物, 总压 $p = p_A + p_B$, $V = V_A^* + V_B^*$, $n = n_A + n_B$, 下列各式中, 只有式()是正确的。

(A) $p_B V_B^* = n_B RT$ (B) $p V_A^* = n RT$ (C) $p_B V = n_B RT$ (D) $p_A V_A^* = n_A RT$

【参考答案】

1-1. D; 1-2. C, B; 1-3. B, B, A, A; 1-4. A; 1-5. B; 1-6. B; 1-7. B; 1-8. C; 1-9. A; 1-10. A; 1-11. C

六、课后习题解答

【1-1】 一个体积为 2.6cm^3 的发光灯泡中充有压力为 233kPa, 温度为 26°C 的 O_2 , 求发光灯泡中 O_2 的物质的量。

A flashbulb of volume 2.6cm^3 contains O_2 gas at a pressure of 233kPa and a temperature of 26°C . How many moles of O_2 does the flashbulb contain?

【参考答案】

根据理想气体的状态方程 $pV = nRT$

可得,
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{233\text{kPa} \times 10^3 \times 2.6\text{cm}^3 \times 10^{-6}}{8.314\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (26 + 273.15)\text{K}} = 2.4 \times 10^{-4} \text{mol}$$

【1-2】 一个喷雾器中的气体在温度为 25°C 时, 压力为 1.5atm, 问当气体的温度升至 450°C 时, 压力为多少? (气体为理想气体)

The gas pressure in an aerosol can is 1.5atm at 25°C . Assuming that the gas inside obeys the state equation of the perfect gas, what would the pressure be if the can was heated to 450°C ?

【参考答案】

由于喷雾器的体积不变, 根据理想气体的状态方程 $pV = nRT$

可得,
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

即,
$$\frac{1.5\text{atm}}{(273.15 + 25)\text{K}} = \frac{p_2}{(273.15 + 450)\text{K}}$$
$$p_2 = 3.6\text{atm}$$

【1-3】 一个充气救生筏中的气体在温度为 16°C 时, 压力为 800 mmHg, 当救生筏在太阳下温度升至 44°C 时, 压力为多少? (假设救生筏的体积没有改变, 气体为理想气体)

An inflatable raft is filled with gas at a pressure of 800mmHg at 16°C . When the raft is left in the sun, the gas heats up to 44°C . Assuming no volume change, what is the gas pressure in the raft under these condition?

【参考答案】

由于救生筏的体积不变, 根据理想气体的状态方程 $pV = nRT$

可得,
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

即,
$$\frac{800\text{mmHg}}{(273.15 + 16)\text{K}} = \frac{p_2}{(273.15 + 44)\text{K}}$$
$$p_2 = 878\text{mmHg}$$

【1-4】 The mean molar mass of the atmosphere at the surface of Titan, Saturn's largest moon, is 28.6g/mol. The surface temperature is 95K, and the pressure is 1.6 earth atm. Assuming ideal behavior, calculate the density of Titan's atmosphere.

【参考答案】

略

【1-5】 What pressure, in atm, is exerted by a mixture of 2.00g of H_2 and 8.00g of N_2 at 273K in a 10.0L vessel?

【参考答案】

略

【1-6】 Cyanogen, a highly toxic gas, is composed of 46.2 percent C and 53.8 percent N by mass. At 25°C and 750 mmHg, 1.05g of cyanogen occupies 0.50L. What is the molecular formula of cyanogens?

【参考答案】

略

【1-7】 今有 20°C 的乙烷-丁烷混合气体, 充入一抽真空的 200cm³ 容器中, 直至压力达 101.325kPa, 测得容器中混合气体的质量为 0.3879g。试求该混合气体中两种组分的摩尔分数及分压力。

At 20°C, the gas mixture of C_2H_6 - C_4H_{10} is filled into a vacuum vessel of 200cm³ to make the pressure be 101.325kPa, the measured mass of mixed gas is 0.3897g. Calculate the mole fraction and partial pressure of two components of mixed.

【参考答案】

设 A 为乙烷, B 为丁烷。

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101325Pa \times 200cm^3 \times 10^{-6}}{8.314J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \times (273.15 + 20)K} = 0.008315mol$$

$$M = \frac{m}{n} = y_A M_A + y_B M_B = \frac{0.3897g}{0.008315mol} = 46.867g \cdot mol^{-1} = 30.0694y_A + 58.123y_B \quad (1)$$

$$y_A + y_B = 1 \quad (2)$$

联立方程(1)与方程(2)求解得 $y_B = 0.599$, $y_A = 0.401$

$$p_A = y_A p = 0.401 \times 101.325kPa = 40.63kPa$$

$$p_B = y_B p = 0.599 \times 101.325kPa = 60.69kPa$$

【1-8】 氯乙烯、氯化氢及乙烯构成的混合气体中, 各组分的摩尔分数分别为 0.89、0.09 和 0.02。于恒定压力 101.325kPa 条件下, 用水吸收掉其中的氯化氢, 所得混合气体中增加了分压力为 2.670kPa 的水蒸气。试求洗涤后的混合气体中 C_2H_3Cl 及 C_2H_4 的分压力。

In the gas mixture of C_2H_3Cl , HCl , and C_2H_4 , the mole fraction of each component is 0.89, 0.09, and 0.02 respectively. At constant pressure of 101.325kPa, HCl is absorbed by water, then steam of partial pressure of 2.67kPa is increased in the gas mixture. Calculate the partial pressure of C_2H_3Cl and C_2H_4 in gas mixture after being washed.

【参考答案】

洗涤后的总压为 101.325kPa, 所以有

$$p_{C_2H_3Cl} + p_{C_2H_4} = 101.325kPa - 2.670kPa = 98.655kPa \quad (1)$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}}/p_{\text{C}_2\text{H}_4} = y_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}}/y_{\text{C}_2\text{H}_4} = n_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}}/n_{\text{C}_2\text{H}_4} = 0.89/0.02 \quad (2)$$

联立式(1)与式(2)求解得

$$p_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}} = 96.49 \text{ kPa}; p_{\text{C}_2\text{H}_4} = 2.168 \text{ kPa}$$

【1-9】 今有 0°C 、 40530 Pa 的氮气体, 分别用理想气体状态方程及范德华方程计算其摩尔体积。其实验值为 $70.3 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(氮气的范德华气体常数如下: $a = 1.408 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 0.3913 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$)

Calculate molar volume of N_2 using the state equation of the perfect gas and the van der Waals equation, the corresponding temperature is 0°C , pressure is 40530 Pa . Given that the experimental value of $V_m(\text{N}_2)$ is $70.3 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$. (Vander Waals constant: $a = 1.408 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 0.3913 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$)

【参考答案】

用理想气体状态方程计算如下:

$$V_m = RT/p = \frac{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}}{40530 \text{ Pa}} = 56.031 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

将范德华方程整理成

$$V_m^3 - (b + RT/p)V_m^2 + (a/p)V_m - ab/p = 0 \quad (1)$$

$$a = 1.408 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}, b = 0.3913 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

这些数据代入式(1), 可整理得

$$\begin{aligned} & [V_m^3 / (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})] - 0.9516 \times 10^{-4} [V_m / (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})]^2 + \\ & 3.0 \times 10^{-9} [V_m / (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})] - 1.0 \times 10^{-13} = 0 \end{aligned}$$

解此三次方程得

$$V_m = 73.1 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

【1-10】 A quantity of N_2 gas originally held at 4.60 atm pressure in a 1.00 L container at 26°C is transferred to a 10.0 L container at 20°C . A quantity of O_2 gas originally at 3.50 atm and 26°C in a 5.00 L container is transferred to this same container. What is the total pressure in the new container?

【参考答案】

略

第二章 热力学第一定律

(The first law of thermodynamics)

一、内容概要及同步例题

1. 系统和环境(System and surroundings)

系统：热力学研究的对象。(The part of the universe under study in thermodynamics.)

环境：是系统以外与之相联系的真实世界。(The part of the universe that can interact with the system.)

系统分三类：

(1) 敞开系统(Open system)：系统与环境之间既有能量交换又有物质交换。(The system in which matter and energy can be transferred between the system and its surroundings.)

(2) 封闭系统(Closed system)：系统与环境之间无物质交换有能量交换。(The system in which matter cannot but energy can be transferred between the system and its surroundings.)

(3) 隔离系统(Isolated system)：系统与环境之间既无能量交换又无物质交换。(The system in which matter and energy cannot be transferred between the system and its surroundings.)

2. 系统的性质(Properties of system)

(1) 广度性质(Extensive property)：与系统中所含物质的量有关，有加和性。(Dependent on the amount of material present, having additive property.)如 n, V, U, H 。

(2) 强度性质(Intensive property)：与系统中所含物质的量无关，无加和性。(Independent of the amount of material present, no additive property.)如 p, T 。

3. 状态和状态函数(State and state function)

(1) 系统的状态(State of system)：系统宏观性质总和决定了系统的状态。(The sum of all macroscopic properties determines the state of system.)

(2) 状态函数(State function)：宏观性质也称为系统的状态函数。(Every macroscopic property is called state function of system.)

状态函数的特点(Features of state function)：

① 对于一定量纯物质组成的均相系统，系统的任意宏观性质是另外两个独立的宏观性质的函数， $Z=f(x, y)$ 。[For a homogeneous system with a given constant composition, an arbitrary macroscopic property of system is function of two other self-governed macroscopic properties, that is, $Z=f(x, y)$.]

② 状态函数的改变量只决定于系统的始态和终态，而与变化的过程或途径无关。即状态函数的改变量=系统终态的函数值-系统始态的函数值。[State function changing value is dependent of initial state and final state. That is, $\Delta(\text{state function})=\text{the final value}-\text{the initial value}$.]

③ 体系状态和宏观性质之间是单值函数，可进行全微分，即系统状态的微小变化所引起的状态函数的变化，可用全微分表示。(Exact differential can be used in dealing with state function.)如 dT, dU, dV, dp 等。

If $Z=f(x, y)$, the exact differential is:

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y dx + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x dy$$

4. 热力学平衡态 (Equilibrium state of thermodynamics)

系统在一定环境条件下, 经足够长的时间, 其各部分可观测到的宏观性质都不随时间而变, 然后将系统与环境隔离, 其各部分可观测到的宏观性质仍保持不变, 此时系统所处的状态叫热力学平衡态。(All observed macroscopic properties of system do not change with time after a long chase in a given surroundings condition, then, the system is isolated, all macroscopic properties of system still do not change with time. The state of system in this moment is called equilibrium state of thermodynamics.)

热力学平衡态应同时有:

- ① 热平衡 (Heat equilibrium);
- ② 力平衡 (Force equilibrium);
- ③ 相平衡 (Phase equilibrium);
- ④ 化学平衡 (Chemical equilibrium)。

5. 过程与途径 (Process and path)

(1) 过程 (Process): 在一定环境条件下, 系统由始态变化到终态的经过。(System change from initial state to final state in a given surroundings condition.)

(2) 途径 (Path): 系统由始态变化到终态所经历的过程的总和。(The sum of processes going from initial state to final state.)

系统的变化过程分为:

- ① 单纯 p, V, T 变化过程 (Simple p, V, T change process);
- ② 相变化过程 (Phase transformation process);
- ③ 化学变化过程 (Chemical change process)。

6. 热 (Heat)

(1) 定义 (Definition)

热 (Heat): 由于系统与环境之间温度差的存在而引起的能量传递形式。(The energy transfer between system and surrounding due to a temperature difference.) 用符号 Q 表示。 Q 不是状态函数, 不能以全微分表示, 微小变化过程的热, 用 δQ 表示, 不能用 dQ 。

系统从环境吸热: $Q>0$ (Heat has been transferred to the system; $Q>0$)

系统向环境放热: $Q<0$ (Heat has flowed out of the system; $Q<0$)

(2) 恒容热 (The heat at constant volume) 和恒压热 (The heat at constant pressure)

恒容热等于系统热力学能的改变 $Q_V = \Delta U$ ($dV=0, W'=0$, 封闭系统)

恒压热等于系统焓的改变 $Q_p = \Delta H$ ($dp=0, W'=0$, 封闭系统)

7. 功 (Work)

(1) 定义 (Definition)

功 (Work): 系统与环境间由于压力差或其他机电“力”的存在引起的能量传递形式。(The energy transfer between system and surrounding due to a macroscopic force acting through a distance.) 用符号 W 表示。 W 不是状态函数, 不能以全微分表示, 微小变化过程的功, 用 δW 表示, 不能用 dW 。

环境对系统做功: $W>0$ (Work has been done on the system; $W>0$)

系统对环境做功: $W<0$ (Work has been done by the system on the surroundings; $W<0$)

(2) 功的分类: 体积功 (Volume work) W 和非体积功 (Non-volume work) W'

(3) 体积功的计算 (Calculation of W)

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} p_{su} dV$$

8. 热力学能 (Thermodynamic energy)

系统内部能量的总和 (Internal energy, the total energy possessed by a system except integral kinetic energy and potential energy.)。以 U 表示, 具有能量单位: J 或 kJ。它具有广度性质 (It have extensive property.), 是系统的状态函数 (It is state function of system.)。

对于一个组成及质量一定的均匀系统来说, 只要确定两个独立的性质后, 状态就随之确定, 热力学能也确定。若选用 T 、 V 为独立变量, 则内能是 T 、 V 的函数。 $U=f(T, V)$ 。

9. 热力学第一定律 (First law of thermodynamics)

(1) 语言表述 (Statement)

封闭系统中, 能量可以从一种形式转化为另一种形式, 或者从一个物体传递给另一个物体, 但不能凭空产生, 也不能自行消失。 (The energy of a closed system is converted from one form to another or flows from one part of nature to another, but is neither created nor destroyed in any process.)

(2) 数学表达式 (Mathematical expression)

$$\Delta U = Q + W$$

上式适用于封闭系统 (Closed system)。

(3) Essence (实质): 能量守恒 (Energy conservation)

10. 焓 (Enthalpy)

(1) 定义 (Definition)

$$H \stackrel{\text{def}}{=} U + pV$$

H 具有能量单位: J 或 kJ; 它具有广度性质 (It has extensive property.); 是系统的状态函数 (It is state function of system.); 焓没有明确的物理意义 (Enthalpy has no definite physical significance.); 由于内能的绝对值无法测知, 焓的绝对值也不能确定 (Absolute value can't be known.)。

(2) 焓变的计算 (Calculation of ΔH)

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$$

式中, $\Delta(pV)$ 为 pV 乘积的增量, 只有在恒压下 $\Delta(pV) = p(V_2 - V_1)$, 在数值上等于体积功。

11. 热容 (Heat capacity)

(1) 定义: 系统在给定条件及 $W'=0$, 无相变化, 无化学变化, 升高单位温度时所吸收的热。 (Heat absorbed by the system while raising unit temperature and having no phase transition, no chemical change and $W'=0$.)

① 定压热容 (Heat capacity at constant pressure)

$$C_p(T) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\delta Q_p}{dT}$$

② 定容热容 (Heat capacity at constant volume)