

中等专业学校教材

物理化学例题与习题集

樊文清 编著



中国工业出版社

中等专业学校教材



物理化学例题与习题集

樊文涛 編著
刘义显 审閱

中国工业出版社

本书是为配合中等专业学校化工工艺及分析专业的物理化学教学而编写的，在内容安排及深广度方面则以中等专业学校物理化学教学大纲为依据。

全书共分气体，热力学基础，化学平衡，相平衡，溶液，电化学，吸附、胶团结构，化学动力学八章。在每一章中有理论概述，解题所必需的基本公式及各类型例题，最后留有习题供学生独立解题之用。

本书也可供中等专业学校其它有关专业师生参考。

物理化学例题与习题集

樊文涛 编著

刘义显 审阅

*

化学工业部图书编辑室编辑 (北京安定门外和平北路四号楼)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $3\frac{3}{4}$ ·字数73,000

1965年2月北京第一版·1965年2月北京第一次印刷

印数0001—6,160·定价(科四)0.40元

*

统一书号: K15165·3726(化工-342)

序 言

本书是为配合中等专业学校化工工艺及分析专业的“物理化学”教科书，以加强学生的課内外复习和练习，巩固所学的基本理論知識并培养解題和独立思考的能力而編写的。

本书由八章組成。在每一章中，首先是理論概述，其中包括解題所必需的基本公式；其次是各种类型例題的詳細解答；最后給学生留出独立解答的若干习题。由于篇幅关系，除附“重要元素原子量表”及“四位对数表”外，不另附其他数据表，选用其他数据时可以教科书中的有关数据为依据。

本书內容深广度的安排，是以中专物理化学教学大綱为依据的。少数較难习题都注以“*”号，以供教师留給部分学有余力的学生练习之用。

在編写本书过程中，天津化工学校的有关领导同志对本书的編写曾給予关怀和支持。化学工业部中专物理化学教材編审小組的所有同志們及本书的审閱人——刘义显同志等，对本书內容提过許多宝贵意見，这些意見絕大多数都为編者所采纳。在編写中还分別参考了大連化工学校和泸州化工专科学校寄来的两校自編的“物理化学习題集”。天津化工学校制图教研組高宝林同志为本书绘制了插图。对以上各位同志的帮助，編者在此表示衷心感謝。

限于編者水平，书中缺点和錯誤在所难免。希望各校师

IV

生在使用过程中，不断提出宝贵意见，以便在今后再版时修正。

樊文济

1964.3.

目 录

序 言

第一章 气体	1
§ 1-1 理想气体	1
§ 1-2 真实气体——范德华方程式	4
例题	4
习题	8
第二章 热力学基础	12
(一) 热力学第一定律	12
§ 2-1 热容	12
§ 2-2 热力学第一定律对理想气体的应用	13
§ 2-3 热力学第一定律对相变过程的应用	14
例题	15
习题	19
(二) 热化学	21
§ 2-4 化学反应之热效应	21
§ 2-5 基尔戈夫公式	22
例题	22
习题	27
第三章 化学平衡	30
§ 3-1 质量作用定律	30
§ 3-2 化学反应的等温方程式	33
§ 3-3 平衡常数与温度的关系	34
例题	35

VI

习题	44
第四章 相平衡	48
§ 4—1 相律	48
§ 4—2 单元体系两相平衡时温度与压强的关系	48
例题	50
习题	56
第五章 溶液	60
§ 5—1 溶液浓度的计算及相互换算	60
§ 5—2 亨利定律	61
§ 5—3 非挥发性非电解质溶质稀溶液的性质	62
§ 5—4 二元体系液相—气相的平衡及二元溶液的蒸馏	63
§ 5—5 分配定律与萃取	65
例题	65
习题	74
第六章 电化学	77
§ 6—1 法拉第定律	77
§ 6—2 电解质溶液的电导	77
§ 6—3 原电池的电动势	78
§ 6—4 极化。析出电势和超电势	81
例题	81
习题	87
第七章 吸附、胶团结构	90
§ 7—1 吸附	90
§ 7—2 胶团结构	91
例题	91
习题	94
第八章 化学动力学	95
§ 8—1 一级和二级反应的动力学公式	95
§ 8—2 反应速度与温度的关系。活化能	96

例題	97
习题	102
参考文献	105
附录	106

第一章 气 体

§ 1-1 理想气体

气体的状态由质量 (g)、体积 (v)、压强 (p)、温度 (T) 四个数量来表示。在理想气体的情况下, 这些量之間存在着简单的关系。

I. 波义耳定律

当 T 和 g 不变时,

$$pv = K_1 \quad (1-1)$$

或

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 \quad (1-2)$$

I. 給·呂薩克定律

1. 当 p 和 g 不变时,

$$\frac{v}{T} = K_2 \quad (1-3)$$

或

$$\frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2} \quad (1-4)$$

2. 当 v 和 g 不变时,

$$\frac{p}{T} = K_3 \quad (1-5)$$

或

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (1-6)$$

II. 理想气体状态方程式

設理想气体之克分子数为 n , 則有:

$$pv = nRT \quad (1-7)$$

式中 R 为气体常数，其数值与体积和压强之单位有关：

$$\begin{aligned} R &= 0.08206 \text{ 升} \cdot \text{大气压} / \text{克分子} \cdot \text{度} \\ &= 8.314 \times 10^7 \text{ 尔格} / \text{克分子} \cdot \text{度} \\ &= 1.987 \text{ 卡} / \text{克分子} \cdot \text{度} \end{aligned}$$

注意：在计算中 R 数值的选择必须使其单位与体积、压强之单位取得相应的一致。

又因
$$n = \frac{g}{M}$$

式中 M 为分子量。

所以，(1-7)式又可写为：

$$pv = \frac{g}{M} RT \quad (1-8)$$

或
$$M = \frac{gRT}{pv} \quad (1-9)$$

若设 d 为气体之密度，则由 (1-9) 式，得：

$$d = \frac{g}{v} = \frac{pM}{RT} \quad (1-10)$$

IV. 道尔顿分压定律

当温度一定时，

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_i \quad (1-11)$$

式中 p —— 混合气体的总压； p_i —— 某组份的分压。

由于各组份气体单独存在与混合气体之温度与体积相同，故有：

$$p_i = \frac{n_i RT}{v} \quad (1-12)$$

及

$$p = \frac{nRT}{v} \quad (1-13)$$

式中 n ——总克分子数； n_i ——某组份的克分子数。

(1-12) ÷ (1-13)，得：

$$\frac{p_i}{p} = \frac{n_i}{n} = x_i \text{ 或 } p_i = px_i \quad (1-14)$$

式中 x_i ——某个别气体之克分子分数。

V. 阿末加分体积定律

当温度一定时，

$$v = v_1 + v_2 + \dots + v_i \quad (1-15)$$

式中 v ——混合气体之总体积； v_i ——某组份的分体积。

显然，

$$v_i = \frac{n_i RT}{p} \quad (1-16)$$

和

$$v = \frac{nRT}{p} \quad (1-17)$$

将 (1-16) ÷ (1-17)，得：

$$\frac{v_i}{v} = \frac{n_i}{n} = x_i \text{ 或 } v_i = x_i v \quad (1-18)$$

VI. 气体分子运动基本方程式及其推论

1. 基本方程式

$$pv = \frac{1}{3} Nm\bar{u}^2 \quad (1-19)$$

式中 N ——气体的分子数； m ——分子质量； \bar{u} ——均方根速度。

2. 推论

气体分子平均动能 (e_K)：

$$e_K = \frac{3}{2}kT \quad (1-20)$$

式中 k (玻茨曼常数) = 1.38×10^{-16} 尔格/度。

气体克分子平均动能 (E_K):

$$E_K = \frac{3}{2}RT \quad (1-21)$$

§ 1-2 真实气体——范德华方程式

$$\left(p + \frac{n^2a}{v^2}\right)(v - nb) = nkT \quad (1-22)$$

式中 a , b 为范德华常数

例 題

1. 在 $t = 200^\circ\text{C}$ 和 $p = 750$ 毫米汞柱时, 0.716 克某种有机物蒸发后, 其体积为 242.6 毫升。試求該化合物之分子量。

解 利用理想气体状态方程式求解。

由題意知: $g = 0.716$ 克, $T = 473^\circ\text{K}$ 。

如果选择 $R = 0.082$ 升、大气压/克分子·度时, 則必須

是 $p = \frac{750}{760}$ 大气压; $v = 242.6/1000$ 升。

将以上数值代入 (1-9) 式, 得:

$$\begin{aligned} M &= \frac{gRT}{pv} \\ &= \frac{0.716 \times 0.082 \times 473}{\frac{750}{760} \times \frac{242.6}{1000}} = 116. \end{aligned}$$

2. 在 0°C 时 O_2 之密度为 1.43 克/升. 求此时 O_2 之压强.

解 由(1-10)式, 得:

$$p = \frac{dRT}{M}$$

$$= \frac{1.43 \times 0.082 \times 273}{32} = 1 \text{ 大气压.}$$

3. 試将在 127°C 和 2 大气压下的 20 升气体换算为标准状态下的容积.

解 在气体的参变数变化时较为方便的办法是将气体常数 R 消去, 而应用下式进行计算:

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_0 v_0}{T_0}$$

将题设各数值代入上式, 得:

$$v_0 = \frac{p_1 v_1 T_0}{p_0 T_1}$$

$$= \frac{2 \times 20 \times 273}{1 \times 400}$$

$$= 27.3 \text{ 升}$$

4. 将 $p=1$ 大气压, $v=2$ 升, $t=27^{\circ}\text{C}$ 的 O_2 与 $p=0.5$ 大气压, $v=2$ 升, $t=27^{\circ}\text{C}$ 的 N_2 混合.

(1) 二者混合后, $v_{\text{总}}=4$ 升, $t=27^{\circ}\text{C}$, 問 $p_{\text{总}}$ 为多少?

(2) 混合气体的 X_{O_2} 及 X_{N_2} 各为多少?

(3) X_{O_2} 与 X_{N_2} 之和为多少?

解 初学者解这种题目时最容易将 $1+0.5=p_{\text{总}}$, 这样算法不符合道尔顿分压定律的条件 (各组份气体单独存在的温度和体积与混合气体相同), 因而是错误的.

为了符合道尔顿分压定律之条件, 所以必须先利用波义

耳定律求各气体之分压。

(1) 求 $p_{\text{总}}$

先按波义耳定律求 p_{O_2} 及 p_{N_2}

$$p_{\text{O}_2} \times 4 = 1 \times 2 \quad p_{\text{O}_2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0.50 \text{ 大气压}$$

$$p_{\text{N}_2} \times 4 = 0.5 \times 2 \quad p_{\text{N}_2} = \frac{0.5 \times 2}{4} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ 大气压}$$

再按道尔顿分压定律求 $p_{\text{总}}$

$$p_{\text{总}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{N}_2} = 0.50 + 0.25 = 0.75 \text{ 大气压。}$$

(2) 求 X_{O_2} 及 X_{N_2}

按 (1-14) 式, 得

$$X_{\text{O}_2} = \frac{p_{\text{O}_2}}{p_{\text{总}}} = \frac{0.50}{0.75} = 0.67$$

$$X_{\text{N}_2} = \frac{p_{\text{N}_2}}{p_{\text{总}}} = \frac{0.25}{0.75} = 0.33$$

(3) 求 O_2 及 N_2 之克分子分数和

$$X_{\text{O}_2} + X_{\text{N}_2} = 0.67 + 0.33 = 1$$

5. 今有 CO_2 24 克与 SO_2 73 克的混合气体, 在 18°C 时占有 32.45 升的体积。试求: (1) X_{CO_2} 及 X_{SO_2} ; (2) $p_{\text{总}}$; (3) p_{CO_2} 及 p_{SO_2} 。

解 (1) 求 X_{CO_2} 及 X_{SO_2}

$$\therefore n_{\text{CO}_2} = \frac{24}{44} = 0.55 \text{ 克分子}$$

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{73}{64} = 1.14 \text{ 克分子}$$

$$\therefore X_{\text{CO}_2} = \frac{0.55}{0.55 + 1.14} = \frac{0.55}{1.69} = 0.33$$

$$X_{\text{SO}_2} = 1 - X_{\text{CO}_2} = 1 - 0.33 = 0.67$$

(2) 求混合气体的 $p_{\text{总}}$

利用 (1-13) 式, 得:

$$p_{\text{总}} = \frac{nRT}{v_{\text{总}}} \\ = \frac{(0.55 + 1.14) \times 0.082 \times 291}{32.45} = 1.28 \text{ 大气压}$$

(3) 求 p_{CO_2} 及 p_{SO_2}

按 (1-14) 式, 得

$$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{总}} X_{\text{CO}_2} \\ = 1.28 \times 0.33 \\ = 0.43 \text{ 大气压}$$

$$p_{\text{SO}_2} = p_{\text{总}} - p_{\text{CO}_2} = 1.28 - 0.43 = 0.85 \text{ 大气压}$$

6. 在 27°C 时 1 克分子氩的平均动能是多少? 又 1 个分子氩的平均动能是多少?

解 根据 (1-21) 式, 得氩的克分子平均动能为:

$$E_K = \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} \times 1.987 \times 300 = 894 \text{ 卡}$$

根据 (1-20) 式, 得氩的分子平均动能为:

$$e_K = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \times \frac{1.38 \times 10^{-16}}{10^7 \times 4.184} \times 300 = 1.48 \times 10^{-21} \text{ 卡}$$

7. 88 克 CO_2 封閉在 10 升容器中, 计算它在 27°C 时的压强:

(1) 由理想气体状态方程式计算;

(2) 由范德华方程式计算。

解 (1) 根据 (1-8) 式, 得:

$$p = \frac{\frac{88}{44} \times 0.082 \times 300}{10} = 4.9 \text{ 大气压}$$

(2) 查表知: $a = 3.592$; $b = 0.04267$

根据(1-22)式, 得:

$$p = \frac{nRT}{v-nb} - \frac{n^2a}{v^2}$$

$$= \frac{\frac{88}{44} \times 0.082 \times 300}{10 - \frac{88}{44} \times 0.04267} - \frac{\left(\frac{88}{44}\right)^2 \times 3.592}{10^2} = 4.8 \text{ 大气压}$$

习 题

1. 某气体盛于气缸中压强为 1 大气压, 体积为 10 升。若在温度不变的条件下, 将此气体体积压缩到 4 升。求此时气体的压强 (分别以大气压和毫米汞柱表示之)。

2. 在恒压下, 为了将烧瓶中 20°C 的空气赶出 $\frac{1}{5}$, 问需将烧瓶加热到多少温度?

3. 将气体 25°C 加热到 100°C , 如体积不变, 则压强增大几倍。

4. 波义耳定律的数学式为 $pv = K_1$, K_1 的因次是什么? 为什么? 研究在 0°C 时 1 克分子气体的 p 与 v 的关系, 此时 K_1 的数值为若干? 研究在 100°C 时 2 克分子气体的 p 与 v 的关系, 此时 K_1 的数值为若干?

5. 在标准状况下, 氧的密度为 1.43 克/升, 试计算以“升·大气压/克分子·度”来表示的 R 的数值。

6. 当温度为 22°C , 压强为 2 大气压时, 问在 50 升容器中能容纳 CO_2 若干克分子?

7. 在 110°C 与 760 毫米汞柱压强时, 求 46 克的 CHCl_3 蒸气所

占的体积为多少升？

8. 試确定：在溫度 22°C 和压强 1.5 大气压时，7 升氧气之质量。

*9. 在 30°C 和压强 755 毫米汞柱之下，用 H_2 使气球（直径为 10 米）膨大，計算需用多少仟克的 H_2 ？ 答：39.99 仟克。

10. 在 $t=100^{\circ}\text{C}$ 和 $p=760$ 毫米汞柱时，实验式为 C_1H_1 的物质其蒸气密度为 2.55 克/升。試求該化合物的分子量及其分子式。

11. 用維克多—梅耶法測苯的分子量时，实验得到下列各数据：

小玻璃泡的重量 a	2.0730 克
小玻璃泡及封入苯的重量 b	2.1656 克
苯的重量 $g=b-a$	0.0926 克
在量气管中收集气体之体积 v	28.4 毫升
室溫 t	13.2°C
气压計讀数 p	763.8 毫米汞柱
在量气管中水蒸气之压强 $p_{\text{H}_2\text{O}}$	11.2 毫米汞柱

試計算苯的分子量。

12. 求氮在 100°C ，800 毫米汞柱时的密度（以每升的克数来表示）。

13. 0°C ，1 大气压下：

(1) 气体的浓度如何（以克分子/升为单位）？

(2) 克分子体积为若干？

(3) 10 升中含有若干克分子，若干分子？

(4) 此气体若为 N_2 ，其密度为若干？

(5) 10 升中 N_2 应重若干？

14. 某飞船之气囊，其容积为 1000 立方米，今欲于 15°C ，75 厘米汞柱时，充貯氢气，問需氢重若干仟克？

15. 有橡皮球一个，当溫度是 20°C 时，装入 2 升空气后，压强为 780 毫米汞柱，若将此球放在水面下 10 米处（水的溫度为 4°C ），計算球内空气的体积。