

小学教育专业教材

大学化学

DAXUE HUAXUE

◎ 陈超球 主编



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

06
110

小学教育专业教材

大学化学

DAXUE HUAXUE

◎ 陈超球 主编

撰稿人：李若华 李丽琳
吴庆轩 范建春
陆建华 陈超球

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大学化学 / 陈超球主编. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2001. 9

小学教育专业教材: 试用

ISBN 7-5633-3359-2

I. 大… II. 陈… III. 化学—师范大学—教材
IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 067360 号

广西师范大学出版社出版发行

(桂林市育才路 15 号 邮政编码: 541004)
网址: <http://www.bbtpress.com.cn>

出版人: 萧启明

全国新华书店经销

广西师范大学出版社印刷厂印刷

(广西桂林市临桂县金山路 168 号 邮政编码: 541100)

开本: 890 mm × 1 240 mm 1/32

印张: 17.875 字数: 540 千字

2002 年 8 月第 2 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 701 ~ 8 200 定价: 22.50 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

再版说明

ZAIBAN SHUOMING

由广西壮族自治区教育厅组织区内专家自行开发的广西小学教育专业(专科)教材,按照“广西小学教育专业(专科)教材开发总体设计”的部署,于2001年秋季完成了四大类共计19门课程教材的编写出版,

这19门课程教材分别是:

通识课教材:《应用哲学方法论》、《科学技术与社会》、《中国文化概论》、《大学语文》;

文科方向专修课教材:《中国文学》、《中国古代文学作品选》、《外国文学作品选析》、《古代汉语》、《文学理论基础》、《名著选读》、《高等数学》;

理科方向专修课教材:《高等数学》、《初等数论》、《数学方法论》、《大学化学》;

教育科学课程教材:《教育原理》、《教育科学研究方法》、《课程与教学》、《发展心理学》。

这19门课程教材编写出版以后,在我区17所开办小教大专班的中师学校投入使用,至今整整使用了一年。其间,在广西小学教育专业建设专家指导委员会及广西小教大专课题组的领导和组织下,由钟海青教授带队到部分学校对这套教材的编写质量和使用状况进行了专题



调查研究,广泛征求师生们的意见,形成了进一步修订并完善教材的思路.在此基础上,召开了小教大专专家指导委员会全体成员和教材主编专题会议,认真研究教材修订和再版的问题.会上,调查组向各位主编通报了师生们对各科教材的使用意见,并提出了修订教材的基本思路.各位主编针对教材使用的信息进行了热烈的讨论,明确了各自修订教材的思路和任务,表示要在吸纳师生意见的基础上进一步解放思想,开拓创新,结合我区小教大专的实际,开发出更能满足广大师生需要,具有广西特色的专用教材.经过半年多的努力,根据“总体设计,分步实施,改革完善,推广应用”的教材建设总目标,教材的修订版终于问世了.这一次教材修订不仅是主编和作者的智慧的再挖掘,而且是各承担小教大专教育的中师学校的广大师生共同参与、努力的结果.对此,我们表示衷心的感谢!

本次修订在加强教材使用对象的针对性(如我区小教大专教育及教育对象的现实基础、我区民族地区的文化特点等)、学生学习的实践性和“与时俱进”的时代性等方面作出了较大的努力.此外,经过修订,教材的科学性和可读性也明显提高.尽管如此,由于我们的科学认识水平和编写能力有限,本套教材仍然会有许多不足之处.我们真诚地希望广大教师和学生在使用该套教材的过程中继续向我们提出宝贵的意见,也希望有关专家不吝赐教.

广西小学教育专业教材编写委员会
2002年7月



第一篇 基础化学

第一章 物质的状态	1
第一节 气体	1
第二节 液体	8
第三节 固体	12
第二章 溶液	17
第一节 溶液及其组成的表示方法	17
第二节 溶解度与分配定律	21
第三节 非电解质稀溶液的依数性	23
第四节 胶体溶液	30
第三章 化学反应速率	40
第一节 化学反应速率的概念	40
第二节 反应速率理论	45
第三节 影响反应速率的因素	47
第四章 化学平衡	58
第一节 化学平衡和平衡常数	58
第二节 化学平衡的移动	66

第三节	化工生产的一般原理	71
第五章	化学热力学基础	76
第一节	基本概念	76
第二节	热力学第一定律	78
第六章	电离平衡与沉淀-溶解平衡	88
第一节	水溶液的酸碱性	88
第二节	弱电解质的电离平衡	92
第三节	沉淀-溶解平衡	107
第七章	氧化还原反应 电化学	118
第一节	氧化还原反应的基本概念	118
第二节	电化学	124
第三节	电解	135
第八章	物质结构	147
第一节	原子结构与元素周期律	147
第二节	分子结构	164
第三节	晶体结构	173
第九章	配位化合物	182
第一节	配合物的基本概念	182
第二节	配合物的价键理论	188
第三节	几类重要的配合物	191
第四节	配离子在溶液中的稳定性和配位平衡	196
第十章	非金属元素及其化合物	207
第一节	非金属元素概述	207
第二节	氢 氢化物	210
第三节	卤族元素	213
第四节	氧和硫及其化合物	220
第五节	氮和磷	236



第六节	碳和硅	249
第十一章	金属元素及其化合物	265
第一节	金属概论	265
第二节	主族金属元素	271
第三节	过渡元素通论	277
第四节	钛与钒	280
第五节	铬与锰	283
第六节	铁 钴 镍	290
第七节	铜与银	296
第八节	锌与汞	302
第九节	稀土元素	308
第十二章	烃	317
第一节	有机化合物的分类和特点	317
第二节	烷烃	320
第三节	烯烃	324
第四节	炔烃和二烯烃	329
第五节	芳香烃	335
第六节	石油	340
第十三章	烃的衍生物	347
第一节	卤代烃	347
第二节	醇 酚 醚	352
第三节	醛和酮	360
第四节	羧酸及其衍生物	366
第五节	含氮化合物	377



* 第二篇 应用化学

第一章 生命化学基础	384
第一节 糖	385
第二节 蛋白质	389
第三节 核酸	394
第四节 维生素	397
第五节 人体中的化学元素	400
第二章 化学与环境	405
第一节 大气的污染与防治	407
第二节 水体的污染与防治	411
第三节 保护土壤	418
第三章 化学与能源	424
第一节 关于能源的若干问题	424
第二节 化石燃料	427
第三节 核能	431
第四节 未来的清洁能源	435
第四章 化学与材料	444
第一节 化学与材料的关系 材料的分类	444
第二节 金属材料	445
第三节 无机非金属材料	449
第四节 合成高分子材料	453
第五节 复合材料	466
第五章 化学与农业	470
第一节 植物必需的营养元素	470
第二节 化学与肥料	474



第三节	化学与农药	483
第四节	农副产品的化学加工	489

第三篇 化学实验

第一章	化学实验的要求	494
第一节	明确实验目的	494
第二节	掌握实验方法	495
第三节	遵守实验规则	496
第四节	注意实验安全	497
第二章	化学实验基本操作	498
第一节	化学实验常用仪器	498
第二节	化学实验的基本操作	505
第三章	化学实验内容	517
第一节	基本操作训练实验	517
第二节	元素性质实验	525
第三节	趣味化学实验	530
第四节	综合设计实验	541
参考文献		544
附录		546
后记		558



第一篇 基础化学

JICHU HUAXUE

第一章 物质的状态

在常温、常压下,物质通常有三种聚集状态存在,即气态、液态和固态,在特殊的条件下,还可以等离子态存在。物质的每种聚集状态都有各自的特点。在科学实验和生产实践中使用物质时,各种聚集状态的物质都会用到。因此,我们应了解每种聚集状态的特点,以便更好地使用物质。

第一节 气 体

气态物质通常称气体,一般是由分子组成的。由于气体的分子与分子之间的作用力小,分子的运动很自由,分子易于向各个方向扩散,因此,气体能够完全充满任何形状和任何体积的容器。在常温、常压下,气体分子本身的体积比气体所占的体积小得多(例如,在 0°C 和 101.325 kPa 压强下,气体分子本身的体积仅约为气体所占体积的几百分之一到千分之一),所以气体容易被压缩而减小体积。气体的分子在



不断的运动中互相碰撞或碰撞其他物体,在一次碰撞和另一次碰撞之间作直线运动,碰撞后变更方向,继续运动。气体的许许多多分子碰撞容器壁或其他物体,表现为气体的压强。

一、大气

大气和空气两词并无实质性差别。一般对于室内和特指某个地方供生物生存的气体,习惯上称为空气,而对于大区域或全球性的气流,常称为大气。通常把随地球引力旋转的大气层叫大气圈。

地球上大气的总质量约为 $5.0 \times 10^{18} \sim 5.5 \times 10^{18}$ kg,为地球质量的百万分之一,厚度大约为 1 000 km。其中,人们赖以生存的空气,主要指海平面以上 12 km 范围内的那一部分大气,尤其是 2 km 内的大气。

大气是多种气体的混合物,有着复杂的组成。大气的组成可分为恒定的、可变的和不定三部分。

恒定部分中有氧气(占 20.95%,体积分数,下同)、氮气(占 78.08%)、氩(占 0.93%)以及微量的氦、氖、氪、氙、氡等稀有气体。在距地球表面 100 km 高度范围内的任何地方,它们的组成可视为恒定不变。

可变部分中有二氧化碳(0.02% ~ 0.04%)以及水蒸气(1% ~ 3%),它们在空气中的含量随地区、气象、季节等因素和人类生产、生活活动的影响而变化。

不定部分中包括 CH_4 、 NO 、 NO_2 、 SO_2 、 NH_3 、 O_3 和尘埃等,来自人类的活动和大自然的变化(如天体运动、地球板块的漂移、火山爆发、地震、海啸、森林火灾等)。例如,烧煤产生硫氧化物,汽车尾气产生的气体,火山爆发产生的尘埃、硫化氢、硫氧化物等,它们是造成污染的主要来源。表 1-1-1 列出海平面附近干燥空气的组成。



表 1-1-1 海平面附近干燥空气的组成

气体成分	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	Ne	He	CH ₄	Kr
体积分数 /%	78.08	20.95	9.34×10^{-1}	3.14×10^{-2}	1.818×10^{-3}	5.24×10^{-4}	2×10^{-4}	1.14×10^{-4}
气体成分	N ₂ O	CO	H ₂	Xe	SO ₂	O ₃	NO ₂	NH ₃
体积分数 /%	2.5×10^{-5}	1×10^{-5}	5×10^{-5}	8.7×10^{-5}	0.2×10^{-6}	4×10^{-6}	2×10^{-6}	0.6×10^{-6}

大气的组成决定大气的特性,由于地球引力和其他星球的作用,随着垂直距离的不同,大气的密度、温度、气压等物理性质和化学组成以及运动规律也随之变化。例如,随着海拔高度的变化,平均大气压也在改变,如表 1-1-2。

表 1-1-2 平均大气压随高度的变化

高度/km	0	1	2	3	4	20	50	100
压强/kPa	101.325	89.5	79.1	69.9	54.0	5.5	0.05	0.000 9

为了研究方便,将大气按离地面的高度分成对流层、平流层(同温层)、中间层(过渡层)、热层和逸散层,如图 1-1-1 所示。

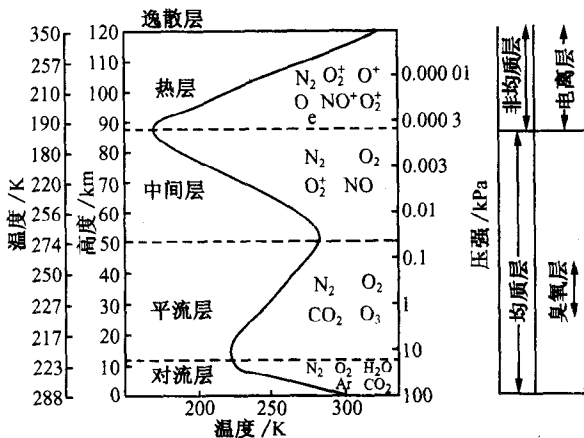


图 1-1-1 大气圈的结构

(1) 对流层。对流层位于大气圈下部,平均厚度约 12 km,约占大气总质量的 75% 以上,水蒸气约占 90%,其特点是温度随高度的增加而降低,在对流层内会产生雨、雪、云、雾、霜、雹、露等一系列气象现象。这一层的大气对人类影响最大,通常所谓空气污染就是指这一层大气的污染,尤其是厚度为 2 km 内的大气。

(2) 平流层。对流层之上是平流层,距地面 12 ~ 50 km,其中 15 ~ 35 km 内有一厚度约为 20 km 的臭氧层。当太阳光射到地球上时,光线中的紫外线被臭氧层吸收,地球上的生物正是在这样一个天然屏障的保护下才得以生存和繁衍。但是,这层天然屏障正面临着被破坏的危险。在平流层,温度随高度的增加而升高。平流层的空气稀薄,水蒸气和尘埃的含量极微。

(3) 中间层。距地面 50 ~ 88 km 的区域称为中间层。该层空气稀薄,臭氧浓度减少,气温又随高度的增加而下降。

(4) 热层。距地面 88 ~ 120 km 的区域称为热层。这层离地面最远,直接受太阳光照射,层中温度随高度的增加而升高。在热层中,大气在太阳紫外线和宇宙射线作用下发生电离,大气分子(主要是氮分子、氧分子)部分变成离子,故又称为电离层或热离子层。它能把无线电波反射回地面,这对远距离通讯极为重要。

(5) 逸散层。电离层上部是逸散层。大气极为稀薄,是大气圈过渡到星际空间的中间层。

大气下是地壳(岩石、水和浮土所组成)的表层,人类和其他生物就生活在岩石圈、水圈、大气圈的环境中。

二、理想气体与实际气体

如果有这样一种气体,其分子本身无体积或本身的体积可以忽略不计,气体分子之间没有相互作用力,那么这样的气体称为理想气体。事实上,一切气体分子本身都占有一定的体积,而且分子间存在相互作用力(这种作用力随着分子间距离的缩小而迅速增大),所以理想气体只不过是一种设想,是实际气体的一种极限情况。研究理想气体是为了把问题简化,有时在对理想气体认识的基础上进行必要的修正可用



于实际气体。因此,理想气体的概念对于研究实际气体是十分有用的。当气体的压强很小,气体的体积大大超过气体分子本身的体积时,分子本身的体积可以忽略不计;当气体分子与分子之间的距离较大时,分子与分子之间的相互吸引力与气体分子本身的能量相比,亦可以忽略不计。因此,这种情况下的实际气体可看成理想气体。实验证明,低压、高温下的实际气体的性质非常接近于理想气体。通常,把常温和常压下的空气、氧气、氮气、氢气等近似看作理想气体。

三、理想气体定律

1. 理想气体状态方程式

对于一定物质的量的理想气体,温度、压强和体积之间存在如下的关系:

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

式中, n 为气体物质的量; R 为气体常数; V 是气体的体积; T 是气体热力学温度; p 为气体压强。上式中各物理量的单位与 R 的数值见表 1-1-3。

表 1-1-3 各物理量的单位与 R 的值

物理量	p	V	T	n	R ①
单位	Pa	m ³	K	mol	8.314 Pa·m ³ ·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
	kPa	L	K	mol	8.314 kPa·L·mol ⁻¹ ·K ⁻¹ 或 8.314 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹

① 实验测知,1 mol 气体在标准状况下的体积为 0.022 414 m³,则 R 值可求出:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{pV}{nT} \\
 &= \frac{101\,325\text{ Pa} \times 0.022\,414\text{ m}^3}{1\text{ mol} \times 273.15\text{ K}} \\
 &= 8.314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\
 &= 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}
 \end{aligned}$$

因为 1 Pa 为 1 N 力作用在 1 m² 面积上所产生的压强(Pa = N/m²),而 1 J 为 1 N 力作用在物体上使之移动 1 m 距离所做的功(J = N·m),所以:

$$\text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \text{m}^3 = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$$

实际计算时, R 常用值为 8.314 J·mol⁻¹·K⁻¹。



理想气体状态方程式也可表示为另一种形式:

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad (1-2)$$

式中 m 为气体的质量; M 为气体的摩尔质量。

【例 1-1-1】 当温度为 15°C , 压强为 $2.53 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 在 200 L 的容器中能容纳的氢气的物质的量和氢气的质量各是多少?

解: 由 (1-1) 式得:

$$\begin{aligned} n &= \frac{pV}{RT} = \frac{2.53 \times 10^5 \text{ Pa} \times 0.200 \text{ m}^3}{8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 288.15 \text{ K}} \\ &= 21.1 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$m = 21.1 \text{ mol} \times 2.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 42.2 \text{ g}$$

答: 能容纳 21.1 mol 氢气, 氢气的质量为 42.2 g 。

理想气体状态方程式, 概括了下列特殊情况下的气体运动的规律:

(1) 当压强不变时, 体积 V 与热力学温度 T 成正比, 这就是盖·吕萨克 (Gay-Lussac) 定律。

(2) 当热力学温度 T 不变时, $pV = \text{常数}$, 这就是波意耳 (Boyle) 定律。

(3) 当体积不变时, 压强 p 与热力学温度 T 成正比, 这就是查理 (Charles) 定律。

(4) 当压强 p 和热力学温度 T 都不变时, 气体的体积仅决定于物质的量, 与气体性质无关, 这就是阿伏加德罗 (Avogadro) 定律。

2. 理想气体的分压定律

气体反应是一个在混合气体的体系中发生的反应, 因此, 必须研究混合气体中各种气体的行为。

混合气体中某一组分气体的分压是指该组分气体对容器器壁所施加的压强。它等于该气体在与混合气体处于相同温度下时, 单独占有整个容积时产生的压强。

道尔顿 (John Dalton) 分压定律指出: 气体能以任何比例相互混合, 此时各种气体都对器壁施以压强, 在低压下, 混合气体的总压强 (p_T) 等



于各组分的压强(p_i)之和:

$$p_T = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots = \sum_i p_i \quad (1-3)$$

又因为 $p_1 V = n_1 RT, p_2 V = n_2 RT \cdots$

$$\text{所以 } p_T V = (p_1 + p_2 + p_3 + \cdots) V = (n_1 + n_2 + n_3 + \cdots) RT$$

$$\text{即 } p_T V = n_T RT \quad (1-4)$$

$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + \cdots = n_{\text{总}}$, 由上式可得:

$$\frac{p_1}{p_T} = \frac{n_1}{n_T}, \frac{p_2}{p_T} = \frac{n_2}{n_T} \dots$$

令 $\frac{n_i}{n_T} = x_i$, x_i 称为物质的量分数。则:

$$p_i = x_i p_T \quad (1-5)$$

式(1-5)表示某组分的分压与该组分的物质的量分数成正比。

混合气体中某组分气体的分体积是指混合气体中任一气体在与混合气体处于相同温度下, 保持与混合气体总压强相同时所占有的体积。混合气体的总体积(V_T)等于各组分气体的分体积(V_i)的代数和:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots = \sum_i V_i \quad (1-6)$$

$$\text{同样可得 } V_i = x_i V_T \quad (1-7)$$

由式(1-5)和(1-7)可得:

$$\frac{p_i}{p_T} = \frac{V_i}{V_T} \quad (1-8)$$

由式(1-5)和(1-8)可得:

$$p_i = \frac{n_i}{n_T} \cdot p_T = \frac{V_i}{V_T} \cdot p_T$$

可见, 某组分的分压与该组分的体积分数成正比。

上面所述的分压定律是道尔顿在 1807 年提出来的, 所以也称为道尔顿分压定律。

【例 1-1-2】 在 5.0 L 的容器中盛有 1 g H_2 及 24 g O_2 , 求 47℃ 时, H_2

