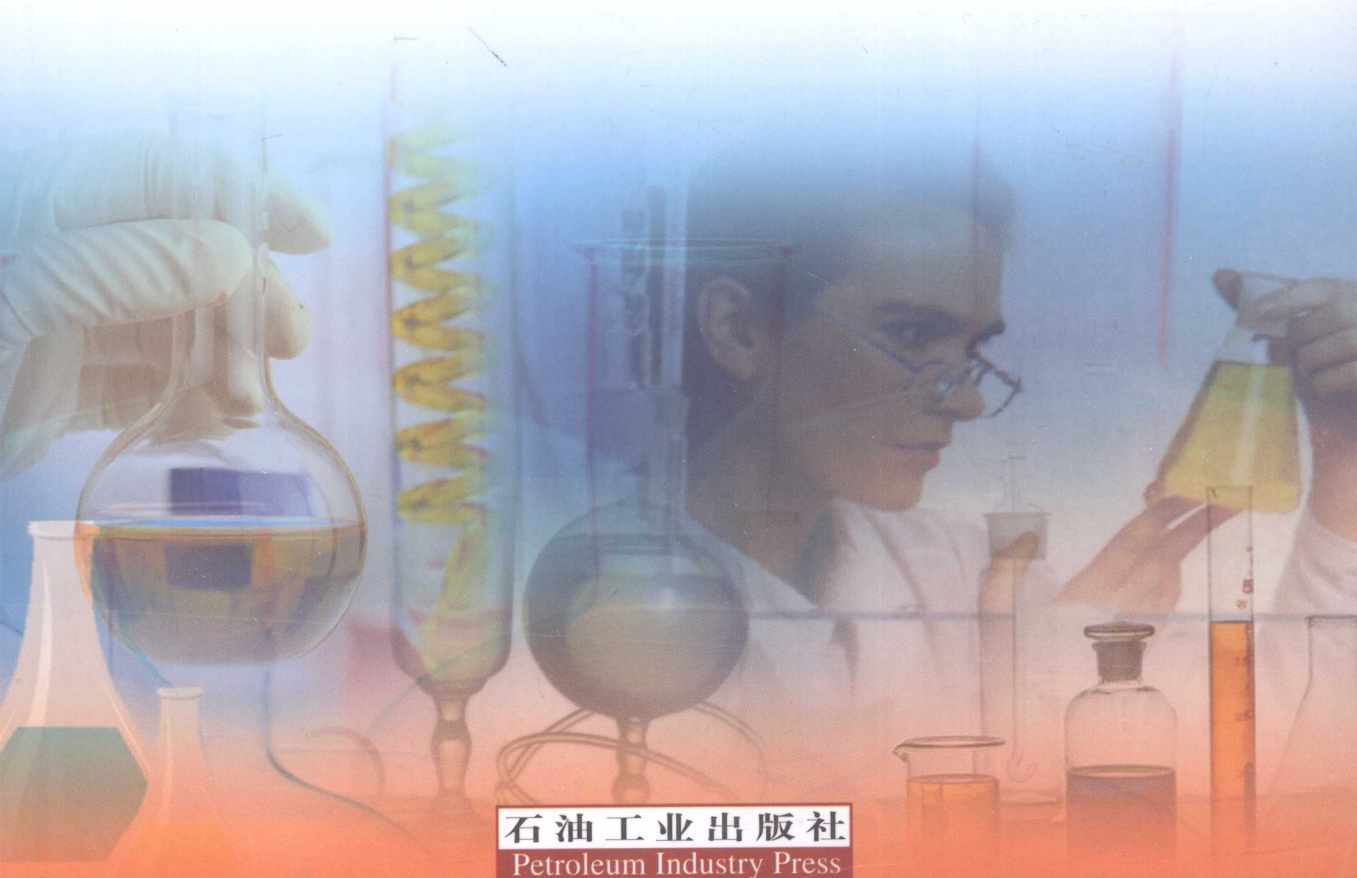




石油高职高专规划教材

无机化学

王艳玲 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高职高专规划教材

无机化学

王艳玲 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书突出高等职业教育的特点,在“必须,够用”的原则下,以培养职业核心能力为目标,吸收其他教材的先进思想和方法,并融入了多所职业学院一线教师的多年教学经验。全书共分10章,内容包括:物质的聚集状态、原子结构与元素周期律、分子结构与晶体类型、化学反应速率与化学平衡、酸碱盐、沉淀与溶解、氧化与还原、配位化合物、非金属元素及其化合物、金属元素及其化合物。

本书适用于高职高专化工类专业使用,也可供其他相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/王艳玲主编.

北京:石油工业出版社,2008.9

石油高职高专规划教材

ISBN 978-7-5021-6773-8

I. 无…

II. 王…

III. 无机化学-高等学校:技术学校-教材

IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 146962 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:中国石油报社印刷厂

2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:16.25 插页:1

字数:413千字

定价:25.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

21 世纪以来,以服务为宗旨、以就业为导向的高等职业教育越来越显著地表现出自身独有的特点和优势。本教材突出高等职业教育的特点,在“必须,够用”的原则下,以培养职业核心能力为目标,吸收其他教材的先进思想和方法,并融入了多所职业学院一线教师的多年教学经验。

本教材适用于高等职业教育化工类课程的教学,可作为石油化工生产技术、环境监测与治理、工业分析与检验、精细化工、食品工程等化工类及相关专业教材。本教材主要具有以下特点。

(1)基本理论满足化工类及相关专业的基本需要,努力降低难度,对复杂的化学理论简化处理,力求简明而适用。注重专业岗位特点,努力融进生产实践经验,所选例证均为典型的化工类工业化反应,充分体现高职教育特点。

(2)按认知规律合理设置章节的顺序和结构。注重与中学化学知识的衔接,内容由浅入深。每章首设有“学习目标”,章后设有“知识窗”、“本章小结”;针对重点难点,节后设有“练一练”;帮助学生自检,章末设有“自测题”,并配有参考答案。

(3)有关术语、量和单位均采用最新国家标准,力求先进性强。语言叙述简明扼要,通俗易懂。

本教材共分为 10 章,包括物质的聚集状态、原子结构与元素周期律、分子结构与晶体类型、化学反应速率与化学平衡、酸碱盐、沉淀与溶解、氧化与还原、配位化合物、非金属元素及其化合物、金属元素及其化合物。

本教材由大庆职业学院王艳玲任主编,天津工程职业技术学院吴淑文、辽河石油职业技术学院王丽红任副主编。王艳玲编写第 8 章、第 9 章、第 10 章和附录,吴淑文编写第 1 章、第 4 章、第 7 章,王丽红编写第 2 章、第 3 章,克拉玛依职业技术学院余新江编写第 5 章,天津石油职业技术学院肖文平编写第 6 章。此外,大庆一中王钧、大庆职业学院王雪峰、黑龙江民族职业学院金丽花参与了部分章节的编写。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者在使用本教材的过程中给予关注,并将意见、建议及时反馈给我们,以便修订时改进。

编 者
2008 年 5 月

目 录

第一章 物质的聚集状态	(1)
第一节 气体	(1)
第二节 液体	(6)
第三节 固体和等离子体	(7)
知识窗 临界温度	(9)
本章小结	(11)
自测题	(12)
第二章 原子结构与元素周期律	(14)
第一节 原子核外电子的运动状态	(14)
第二节 原子核外电子分布与元素周期律	(20)
第三节 元素性质的周期性变化	(24)
知识窗 物质的磁性	(28)
本章小结	(29)
自测题	(30)
第三章 分子结构与晶体类型	(33)
第一节 化学键	(33)
第二节 杂化轨道与分子空间构型	(39)
第三节 分子间力与氢键	(42)
第四节 晶体类型与离子极化	(47)
知识窗 分子筛	(51)
本章小结	(52)
自测题	(53)
第四章 化学反应速率与化学平衡	(56)
第一节 化学反应速率	(56)
第二节 化学平衡	(61)
第三节 影响化学平衡的因素	(67)
第四节 化学反应速率和化学平衡原理的综合应用	(70)
知识窗 照相术中的化学反应	(71)
本章小结	(73)
自测题	(74)

第五章 酸碱盐	(78)
第一节 酸碱质子理论	(78)
第二节 水的解离和溶液的 pH 值	(80)
第三节 弱酸弱碱的解离平衡	(83)
第四节 同离子效应和缓冲溶液	(86)
第五节 盐类的水解	(90)
知识窗 人体血液中的缓冲作用	(92)
本章小结	(94)
自测题	(95)
第六章 沉淀与溶解	(98)
第一节 沉淀溶解平衡	(98)
第二节 溶度积规则	(101)
知识窗 共沉淀	(107)
本章小结	(109)
自测题	(110)
第七章 氧化与还原	(113)
第一节 氧化与还原的基本概念	(113)
第二节 离子—电子法配平氧化还原反应方程式	(115)
第三节 原电池与电极电势	(117)
第四节 电极电势的应用	(122)
知识窗 电抛光	(125)
本章小结	(127)
自测题	(128)
第八章 配位化合物	(132)
第一节 配位化合物的基本概念及结构	(132)
第二节 配位平衡	(138)
第三节 配位化合物的应用	(143)
知识窗 外轨配合物和内轨配合物	(144)
本章小结	(145)
自测题	(146)
第九章 非金属元素及其化合物	(149)
第一节 元素的自然资源	(149)
第二节 非金属的性质	(151)
第三节 氢气与稀有气体	(152)

第四节	卤素及其化合物	(154)
第五节	氧、硫及其化合物	(161)
第六节	氮及其化合物	(168)
第七节	磷及其化合物	(173)
第八节	碳、硅、硼及其化合物	(177)
知识窗	漫谈玻璃家族	(182)
本章小结		(184)
自测题		(185)
第十章	金属元素及其化合物	(188)
第一节	金属的性质	(188)
第二节	碱金属与碱土金属	(191)
第三节	铝、锡、铅	(199)
第四节	铜副族元素	(205)
第五节	锌副族元素	(210)
第六节	铬及其化合物	(214)
第七节	锰及其化合物	(218)
第八节	铁及其化合物	(221)
知识窗	“第三金属”——钛	(224)
本章小结		(226)
自测题		(227)
附录		(230)
附录一	常见弱酸弱碱的解离常数(298.15K)	(230)
附录二	一些难溶化合物的溶度积(298.15K)	(231)
附录三	一些电极的标准电极电势(298.15K)	(233)
附录四	常见配离子的稳定常数(298.15K)	(237)
附录五	某些物质的商品名和俗名	(238)
参考答案		(240)
参考文献		(252)
元素周期表		

第一章 物质的聚集状态

学 习 目 标

1. 理解决定气体状态的几个物理量及关系,掌握理想气体状态方程及适用条件。能应用理想气体状态方程进行计算,表述气体的状态。
2. 理解气体分压和分体积的概念,掌握气体分压定律。能应用气体分压定律对混合气体各组分进行计算,分析各组分的状态。
3. 理解液体蒸气压的概念,掌握液体蒸气压与温度和沸点的关系。
4. 理解晶体和非晶体的区别及有关晶体的概念,了解等离子体,能解释晶体的有关特征。

第一节 气 体

物质总是以一定的聚集状态存在的,通常以气态、液态和固态三种状态存在,在特殊条件下,还有第四种状态,即等离子态。每种状态都各有其特征。

气体的特征是具有扩散性和可压缩性。将气体充入任何大小的容器中,气体都能充满整个容器,因此,气体没有一定的体积和形状。又因为气体分子间距离很大,对气体加压可使其体积缩小。

实验证明,气体的存在状态与四个物理量有关,即压力、体积、温度和物质的量。表达这四个物理量之间关系的方程式,就是气体状态方程。

一、理想气体状态方程

1. 理想气体

理想气体是一种假设的气体模型。理想气体特征是:气体分子间的距离很大,分子间没有作用力;每个气体分子本身只是一个几何质点,只占有位置,不占体积。

对于真实气体,分子间有作用力,分子本身有一定的体积。但在压力不太高(如不高于101.325kPa)和温度不太低(不低于0℃)的条件下,分子间的距离很大,气体体积远远超过气体分子本身的体积,因此,分子本身的体积和分子间作用力可忽略,可作为理想气体处理。这里我们讨论的气体,均视为理想气体。

2. 理想气体状态方程式

理想气体状态方程表达式为:

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

式中 p ——气体压力,Pa;

V ——气体体积, m^3 ;

n ——气体物质的量, mol ;

T ——气体的温度, K ;

R ——摩尔气体常数, 又称气体常数, $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 。

R 的数值与气体的种类无关, 也不随 p 、 V 、 n 、 T 的大小而改变, 可由实验测定或计算求得。在标准状况下 (273.15K , $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$), 1mol 气体占有的体积是 $22.414 \times 10^{-3} \text{m}^3$, 代入式 (1-1) 则得

$$R = \frac{pV}{nT} = \frac{1.01325 \times 10^5 \text{Pa} \times 22.414 \times 10^{-3} \text{m}^3}{1 \text{mol} \times 273.15 \text{K}} \\ = 8.314 \text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

理想气体状态方程表明, 当气体物质的量和温度一定时, 气体的体积与压力成反比; 当气体物质的量和压力一定时, 气体的体积与温度成正比; 当气体的压力和温度一定时, 气体的体积与物质的量成正比。

(1) 对物质的量一定的气体, 在不同条件 (p 、 T 不同) 下, 有:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$T_1 = T_2$ 时,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

(2) 对物质的量一定的气体, 在相同压力下, 有:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

(3) 对物质的量不同的气体, 在相同条件 (p 、 T 相同) 下, 有:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

即在相同温度和压力下, 气体的体积之比等于物质的量之比。

理想气体状态方程既适用于单一气体, 也适用于混合气体。

二、气体的分压定律

实际气体通常为混合气体, 组成混合气体的每一种气体, 称为该混合气体的组分气体。空气是混合气体, 其中的 O_2 、 N_2 、 CO_2 等均为空气的组分气体。

若某混合气体由 A、B、C 三种组分组成, 组分气体的物质的量分别为 $n(\text{A})$ 、 $n(\text{B})$ 、 $n(\text{C})$, 则混合气体总物质的量 $n_{\text{总}} = n(\text{A}) + n(\text{B}) + n(\text{C})$ 。某组分气体 i 的物质的量与混合气体的总物质的量之比, 称为该组分气体 i 的摩尔分数。

气体具有扩散性。在任何容器内的混合气体, 各组分之间不发生化学反应, 则每一种组分气体都会均匀地充满整个容器。任一组分气体对容器壁所产生的压力, 不受其他组分的影响, 与它单独占有整个容器时所产生的压力相同。也就是说, 某一定量气体在一定容积的容器中

产生的压力仅与温度有关。

1. 气体分压

一定温度下,混合气体中某组分气体 i 单独存在并占有与混合气体相同体积时所产生的压力,称为该组分气体的分压(p_i)。

例如,0℃时,容积为 22.4L 的容器内有 1mol 氧气,压力是 101.3kPa。向容器内充入 1mol 氮气,并保持容器体积、温度不变,则氧气的压力还是 101.3kPa,即氧气的分压是 101.3kPa。同理,氮气的分压也是 101.3kPa。可见,两种气体的总压是 202.6kPa。

2. 气体分压定律

1801 年英国科学家道尔顿(Dalton)由大量实验得出结论:混合气体的总压等于各组分气体的分压之和。这个结论就是道尔顿气体分压定律。若混合气体由 A、B、C 三种组分组成,则

$$p_{\text{总}} = p(\text{A}) + p(\text{B}) + p(\text{C}) \quad (1-2)$$

式中 $p_{\text{总}}$ ——混合气体的总压,Pa;

$p(\text{A}), p(\text{B}), p(\text{C})$ ——分别表示 A、B、C 三种组分气体的分压,Pa。

对体积为 V 的混合气体,则有

$$p_{\text{总}} V = n_{\text{总}} RT \quad (1-3)$$

对物质的量为 n_i 的组分气体 i ,则有

$$p_i V = n_i RT \quad (1-4)$$

将式(1-4)除以式(1-3)得分压定律的另一种表示方式

$$\frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-5, \text{a})$$

或

$$p_i = p_{\text{总}} \times \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-5, \text{b})$$

可见,混合气体中,各组分气体的分压与总压之比等于该组分气体的摩尔分数,或混合气体中各组分气体的分压等于总压乘以该组分气体的摩尔分数。

混合气体中某组分气体 i 的分压与总压之比,称为该组分气体 i 的压力分数。

例 1-1 常压 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 下,将 16g 氧气、4.4g 二氧化碳和 14g 氮气混合,求混合后各组分的气体分压。

解: 根据各组分的质量可得

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{16}{32} = 0.5 \text{mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{4.4}{44} = 0.1 \text{mol}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{14}{28} = 0.5 \text{mol}$$

$$n_{\text{总}} = n(\text{O}_2) + n(\text{CO}_2) + n(\text{N}_2) = 1.1 \text{mol}$$

根据 $p_i = p_{\text{总}} \times \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$, 得混合气体中各组分的分压分别为

$$p(\text{O}_2) = p_{\text{总}} \times \frac{n(\text{O}_2)}{n_{\text{总}}} = 1.01 \times 10^5 \times \frac{0.5}{1.1} = 4.6 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{CO}_2) = p_{\text{总}} \times \frac{n(\text{CO}_2)}{n_{\text{总}}} = 1.01 \times 10^5 \times \frac{0.1}{1.1} = 9.2 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$p(\text{N}_2) = p_{\text{总}} \times \frac{n(\text{N}_2)}{n_{\text{总}}} = 1.01 \times 10^5 \times \frac{0.5}{1.1} = 4.6 \times 10^4 \text{ Pa}$$

3. 气体分体积

一定温度下,混合气体中的某组分气体单独存在,并具有和混合气体相同压力时所占的体积,称为该组分气体的分体积(V_i)。

例如,标准状况下,某容器内有 1mol 氧气,体积为 22.4L。向容器中充入 1mol 氮气作恒压膨胀,总体积为 44.8L,总压还是 101.325kPa。则氧气和氮气的分体积均为 22.4L,两种气体的分体积之和等于混合气体总体积。

可见,混合气体的总体积等于各组分气体的分体积之和。若混合气体由 A、B、C 三种组分组成,则

$$V_{\text{总}} = V(\text{A}) + V(\text{B}) + V(\text{C}) \quad (1-6)$$

式中 $V_{\text{总}}$ ——混合气体的总体积, m^3 ;

$V(\text{A}), V(\text{B}), V(\text{C})$ ——分别表示 A、B、C 三种组分气体的分体积, m^3 。

对压力为 p 的混合气体,则有

$$pV_{\text{总}} = n_{\text{总}}RT \quad (1-7)$$

对物质的量为 n_i 的组分气体 i , 则有

$$pV_i = n_iRT \quad (1-8)$$

将式(1-8)除以式(1-7)得

$$\frac{V_i}{V_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-9, \text{a})$$

或

$$V_i = V_{\text{总}} \times \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-9, \text{b})$$

可见,混合气体中,各组分气体的分体积与总体积之比等于该组分气体的摩尔分数,或混合气体中各组分气体的分体积等于总体积乘以该组分气体的摩尔分数。

混合气体中某组分气体 i 的分体积与总体积之比,称为该组分气体 i 的体积分数。

由式(1-5)与式(1-9)得

$$\frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{V_i}{V_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} \quad (1-10)$$

可见,混合气体中,各组分气体的压力分数、体积分数与摩尔分数均相等。

需注意,当组分气体占有与混合气体相同的总体积时,具有分压力;当组分气体具有与混合气体相同的总压力时,占有分体积。即当用气体分压时,必须用总体积;当用气体分体积时,必须用总压。

分压定律广泛应用于混合气体的有关计算。

例 1-2 一定温度下,将体积为 3.0L、压力为 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的氧气和体积为 4.0L、压力为 $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的氮气,充入体积为 6.0L 的真空容器中,求:

(1) 混合气体中各组分气体的分压及总压;

(2) 混合气体中各组分气体的分体积。

解: (1) 设混合前氧气的压力为 p_1 、体积为 V_1 ,混合后氧气的分压为 $p(\text{O}_2)$;混合前氮气的压力为 p_2 、体积为 V_2 ,混合后氮气的分压为 $p(\text{N}_2)$ 。

一定温度下,混合前后氧气和氮气的物质的量不变。根据理想气体状态方程

$$n(\text{O}_2) = \frac{p_1 V_1}{RT} = \frac{p(\text{O}_2) V_{\text{总}}}{RT}$$

即

$$p_1 V_1 = p(\text{O}_2) V_{\text{总}}$$

$$\text{则氧气的分压 } p(\text{O}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_{\text{总}}} = \frac{2 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{同理,氮气的分压 } p(\text{N}_2) = \frac{p_2 V_2}{V_{\text{总}}} \times \frac{3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{总}} = p(\text{O}_2) + p(\text{N}_2) = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 设混合后氧气的分体积为 $V(\text{O}_2)$,氮气的分体积为 $V(\text{N}_2)$ 。

混合后, $\frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{V_i}{V_{\text{总}}}$, 得

$$V(\text{O}_2) = \frac{p(\text{O}_2) V_{\text{总}}}{p_{\text{总}}} = \frac{1 \times 10^5 \times 6 \times 10^{-3}}{3 \times 10^5} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V(\text{N}_2) = \frac{p(\text{N}_2) V_{\text{总}}}{p_{\text{总}}} = \frac{2 \times 10^5 \times 6 \times 10^{-3}}{3 \times 10^5} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

例 1-3 在 25°C 和 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下,实验室用锌与稀硫酸反应制备氢气,若用去 3.25g 锌,能得到干燥的氢气多少升? 若用排水取气法收集,能得到氢气多少升? (此温度下水的饱和蒸气压 3.17 kPa 。)

解: 由反应 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 得, 3.25g 锌能得到氢气的物质的量 $n(\text{H}_2)$ 为

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = \frac{3.25}{65} = 0.05 \text{ mol}$$

干燥氢气的体积为

$$V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2) RT}{p} = \frac{0.05 \times 8.314 \times 298}{1 \times 10^5} = 1.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

用排水法收集的气体,为氢气和水蒸气的混合气体,总压是 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$,水蒸气的分压是

3. 17kPa, 则 $p(\text{H}_2) = 1 \times 10^5 - 3.17 \times 10^3 = 9.683 \times 10^4 \text{Pa}$ 。

$$V_{\text{总}} = \frac{n(\text{H}_2)RT}{p(\text{H}_2)} = \frac{0.05 \times 8.314 \times 298}{9.683 \times 10^4} = 1.28 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

练一练

1. 根据理想气体状态方程, 试推导气体摩尔质量和密度的公式及单位。
2. 一氮气瓶体积为 0.024m^3 , 在 25°C 时的压力为 $1.5 \times 10^3 \text{kPa}$, 求瓶中氮气的质量是多少?
3. 在 25°C 和 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 条件下, 将 CO 、 H_2 、 N_2 三种气体充入 1.0L 的容器中, 经测定各气体所占的体积分数: CO 为 60.0% , H_2 为 10.0% , N_2 为 30.0% 。求混合气体中: (1) 各组分气体的分压; (2) 各组分气体的物质的量。

第二节 液 体

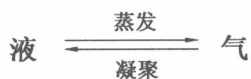
液体与气体、固体的性质差别很大, 其根本原因是液体分子既不像气体分子那样呈自由运动状态, 又不像固体那样有规则的排列。液体的特征是具有流动性, 有一定的体积而无一定的形状, 不易压缩。

物质的三种状态中以气体的性质最为简单, 固体次之, 液体最为复杂。目前人们对液体的认识还不够完善。这里只讨论液体的蒸气压和沸点, 至于液体的其他性质将在相关的领域学习。

一、液体的蒸气压

在液体中, 虽然分子之间的较强作用力把它们束缚在液体之内, 但总有一部分能量较大的分子, 能克服分子间引力而逃逸出液面成为气体分子, 这一过程叫液体的蒸发。一定温度下, 蒸发以恒定速率进行。在敞口容器中, 液体分子不断从周围吸收热量, 蒸发可以一直进行下去。但在密闭容器中, 液体在蒸发的同时, 一部分蒸气分子因碰撞液面而重新进入液体, 这一过程叫液体的凝聚。

实际上蒸发和凝聚过程是同时进行的。只是刚开始时, 液体的蒸发速率大于蒸气的凝聚速率, 但随着液体的蒸发, 液面上方蒸气分子越来越多, 其凝聚速率也将逐渐增大。在一定温度下, 液体的蒸发速率等于蒸气的凝聚速率, 即单位时间内, 逃逸出液面变为气体的分子数等于返回液面变为液体的分子数, 此时气、液量不再变化, 蒸发与凝聚达动态平衡, 此状态叫气—液平衡状态。



当达到气—液平衡状态时, 液面上方的蒸气量最大, 称为饱和蒸气。饱和蒸气所具有的压力叫液体的饱和蒸气压, 简称蒸气压。

蒸气压是液体重要特征之一, 通常表征液体在一定温度下蒸发的程度。液体蒸气压的大小, 与液体的性质和温度有关, 而与液体的量和液面上方空间的大小无关。

同一温度下, 不同液体的蒸气压不同。例如, 20°C 时水的蒸气压是 2.34kPa , 乙醇的蒸气

压是 5.83kPa, 乙醚的蒸气压是 58.7kPa。温度相同, 蒸气压越大, 说明该液体的蒸发性能越好, 即越易挥发; 蒸气压越小, 该液体的蒸发性能越差, 即越难挥发。图 1-1 表示几种液体物质的蒸气压与温度的关系。

同一物质在不同温度下, 蒸气压不同。液体蒸气压随着温度的升高而增大。如水的蒸气压, 0℃ 时为 0.610kPa, 50℃ 时为 12.3kPa, 100℃ 时为 101.325kPa。

二、液体的沸点

同一液体的蒸气压随着温度的升高而增大。这是因为, 随着温度的升高, 液体分子能量增大, 原来的气—液平衡状态被破坏, 不断有更多的液体分子变成蒸气分子, 液面上的蒸气量不断增加, 故饱和蒸气压增大。当液体的饱和蒸气压等于外界大气压时, 液体开始沸腾, 沸腾时的温度称为沸点。

如在 100℃ 时, 水的蒸气压为 101.325kPa, 正好等于外界大气压, 水开始沸腾, 水的沸点就是 100℃。通常将外界压力等于 101.325kPa 时的沸点, 叫正常沸点。由图 1-1 可得, 乙醇的正常沸点是 78.4℃, 乙酸的正常沸点是 118.5℃。

可见, 液体的沸点是随着外界压力而改变的。在海拔较高的地区, 外界大气压小于 101.325kPa, 因而水的沸点小于 100℃。如用真空泵将水面上的压力减小到 3.24kPa, 水在 25℃ 就开始沸腾了。工业上利用这一性质, 将正常沸点较高的不易分离的物质, 在减压装置中进行蒸馏, 以达到分离或提纯的目的, 如石油炼制工业中的减压蒸馏。

练一练

1. 什么是液体蒸气压? 其大小与哪些因素有关?
2. 试述液体蒸气压与沸点的关系?

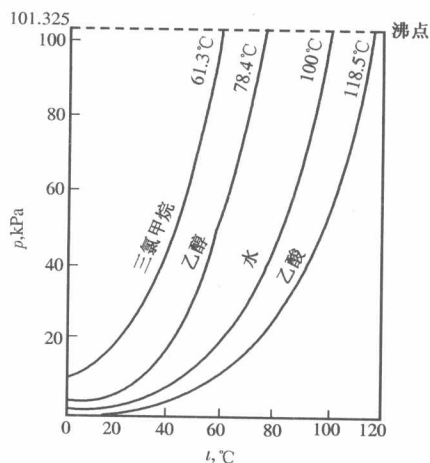
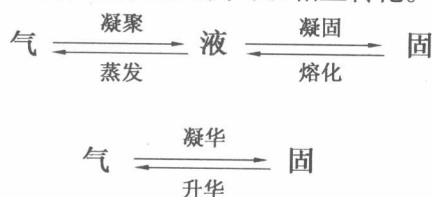


图 1-1 液体的蒸气压与温度关系

第三节 固体和等离子体

一、固体

固体具有一定体积、一定形状及一定程度的刚性。物质的三种聚集状态从结构上看, 就是粒子(原子、分子和离子)之间的距离大小不同。按气体、液体、固体的顺序, 粒子间距离逐渐减小, 粒子间引力逐渐增大。三种聚集状态之间可以相互转化。



大多数的固体受热可以熔化变成液体,但也有少数的固体不经过液体直接变成气体。相反的过程也可以进行。固体与液体一样,也有饱和蒸气压,并随着温度的升高而增大。

1. 晶体与非晶体

固体包括晶体和非晶体(无定形体)两类。

晶体是组成物质的粒子(原子、离子或分子)按照一定的规律性在空间排列,形成的具有一定规则几何外形的固体。自然界中绝大多数固体都是晶体,只有极少数固体是非晶体。与非晶体相比,晶体有许多的特性。

1) 晶体有一定规则的几何外形

晶体都有一定规则的几何外形,非晶体没有。例如,食盐晶体为立方体形,明矾为八面体,石英晶体为六角柱体,方解石为棱面体。而玻璃、橡胶、塑料、石蜡、沥青、松香等是非晶体,没有固定的几何外形。

2) 晶体有固定的熔点

在一定压力下加热,晶体从熔化开始,一直到全部熔化以前温度始终不会改变,即熔点温度固定。非晶体加热到一定的温度后开始软化,从软化到全部熔化,要经过一段温度范围,即非晶体没有固定的熔点。

3) 晶体具有各向异性

晶体的某些物理性质在晶体的不同方向上表现出显著的差异,包括导电性、传热性、光学性质、力学性质等。如石墨晶体是层状结构,沿层方向易滑动,导电能力是垂直层方向的1万多倍。而非晶体同气体、液体一样,各向同性。

4) 晶体有特定的对称性

晶体有特定的对称性,而非晶体没有。

2. 晶体的内部结构

晶体和非晶体性质上的差异,反映了其内部结构的差异。应用X射线研究表明,晶体是由在空间有规律排列的微观粒子(原子、离子或分子)组成。晶体中的粒子按一定的方式有规律的重复出现,有明显的周期性。

为便于研究和描述晶体的结构,将晶体中的粒子抽象为几何中的点,无数个点在空间按一定的规律重复排列而形成的空间结构,称为晶格,如图1-2(a)所示。而晶体中的粒子所占据的点称为晶格结点。

晶格中最小的重复单位,即能体现晶格一切特征的最小单元称为晶胞,如图1-2(b)所示。晶胞在三维空间中无限重复就形成了晶格。

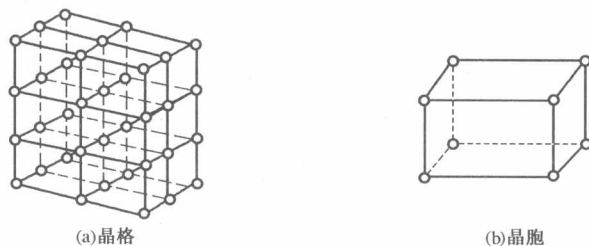


图1-2 晶格与晶胞

二、等离子体

当气态物质从外界获得足够高的能量,如强热、辐射、放电等,气体分子分解为原子,原子发生电离。当电离所产生的带电粒子的密度达到一定数值时,气体的性质就会发生根本性的改变,这时的气体已处于等离子态,称为等离子体。等离子体实际上是高度电离的气体。等离子体由带电离子、电子和中性粒子组成。在等离子体中,带正电荷的粒子与带负电荷的粒子所带的电荷总数相等。常把等离子态称为物质的第四种状态。

等离子体具有一些类似于气体的性质,但与普通气体有着本质的区别。从整体上看,等离子体是电中性的,但它是由带电粒子所组成的,故是一种导电体。作为一个带电的粒子体系,等离子体的行为受磁场的影响和支配。

在宇宙空间,等离子体是物质存在的普遍形式。太阳就是一个灼热的等离子体火球。在距地球表面 80km 以上的高空,由于受强烈的太阳辐射作用,大部分气体分子发生电离,形成等离子体,称电离层。电离层能反射无线电波,使无线电通信得以实现。在我们的周围也存在等离子体,如霓虹灯管、荧光灯管和电弧中都有等离子体,它们是通过放电产生的。通过辉光放电所产生的等离子体常称为低温等离子体,用电弧放电产生的等离子体称为高温等离子体。

目前,对等离子体的研究在不断深入。等离子体技术已广泛应用于冶金、机械制造、电子技术及新型材料合成等领域。例如,利用高温等离子体切割金属、喷镀、焊接及熔炼金属;利用氮的等离子体,人们获得了许多氮化物新材料。一门新兴的化学分支学科——等离子体化学已经形成,并得到快速发展。

根据天文学分析,宇宙中还存在超固态和中子态物质,其密度极大,超固态物质的密度可达 10^{15} g/cm^3 ,中子态物质的密度可达 10^{19} g/cm^3 。这种现象无法用现有的分子、原子理论解释,为物质结构理论提出了新的课题。

练一练

与非晶体比较,晶体有哪些特性? 试举例说明。

知识窗 临界温度

任何气体的液化,都必须在降低温度或同时增加压强的条件下才能实现。这是因为降低温度可以减小液体的饱和蒸气压,而加压则可以减小气体分子间的距离,有利于增大分子间的引力。因此,当降低温度或同时加压到一定程度时,气体就液化了。

使气体液化的两个条件,即降温和加压,是否需要同时具备呢? 早在 19 世纪中叶,包括法拉第在内的许多科学家在这方面做了大量的研究工作,发现了一个有趣而且有很高科学价值的现象:要加压使 CO_2 液化,必须使它的温度等于或低于 31.1°C ,高于 31.1°C 时,无论怎样加压,都不能使它液化。

大量实验表明,单纯采用降温的方法可以使气体液化,但是单纯采用加压的方法不一定能使气体液化,必须首先把温度降低到一定的数值,然后加足够的压力方可实现气体的液化。这个在加压下使气体液化所需要的最高温度,称为临界温度。

每种物质都有一个临界温度。要使气态物质液化,首先要设法达到它的临界温度。临界

温度较高的物质,容易液化;临界温度很低的物质,较难液化。

例如,水蒸气的临界温度为 374℃,远比常温高,因此,平常水蒸气极易冷却成水。其他物质的临界温度见表 1-1。临界温度高于或接近室温的物质,如氨、二氧化碳等,在常温下很容易被压缩成液体。但临界温度很低的物质,如氧、氮、氢、氦等,极不容易液化,其中氦的临界温度为 -268℃。要使这些气体液化,必须具备一定的超低温技术和设备,使它们达到各自的临界温度以下,然后再用加压的方法使其液化。

表 1-1 常见物质的临界温度

物质	临界温度,℃	物质	临界温度,℃
氦	-267.9	氯化氢	51.5
氢	-240	氨	132
氮	-147	氯	144
氧	-118.8	乙醚	194
甲烷	-83	乙醇	243
二氧化碳	31.1	水	374