



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专专业基础课教材系列

无机化学

陈建华 马春玉 主编



科学出版社
www.sciencep.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专专业基础课教材系列

无机化学

陈建华 马春玉 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共包括十章，包括基本化学理论、元素化学和实验技术三部分内容。基本化学理论中删掉了复杂的计算和一些较深的理论知识，加强了与中学教材的衔接及与后续课程的联系；元素化学只介绍一些常见且重要元素的单质及其化合物的性质和用途；实验注重基本操作和技能训练。

本书可作为高职高专院校化学化工类、轻化工类及相关专业的无机化学课程教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/陈建华, 马春玉主编. —北京: 科学出版社, 2009

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高职高专专业基础课教材系列)

ISBN 978-7-03-023975-4

I. 无… II. ①陈…②马 III. 无机化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016078 号

责任编辑: 沈力匀 / 责任校对: 赵 燕

责任印制: 吕春珉 / 封面制作: 李 亮

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencecp.com>

装 订 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009 年 2 月第一次印刷 印张: 18 1/4

印数: 1—4 000 字数: 433 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换 (环伟))

销售电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

本书编写人员

主 编 陈建华 马春玉

副主编 李文典 马晓宇 梁永利

主 审 吴永平

参 编 李光耀 卢 俊 肖陆飞 胡智强 王 骞

施先义 李民君

前 言

本书是根据国家高等职业教育人才培养要求的精神编写而成的适合高职院校使用的教材,全书体现以下特点:在思想水平上,注重教材的思想性与职业导向性;在科学水平上,注重教材的知识正确性与内容先进性;在教学水平上,注重教材的教学适应性、内容的实用性、结构的合理性与使用的灵活性;在图文水平上,注重内容的可读性与规范性。

无机化学是高等职业院校有关专业的基础课之一,为使學生能较好地掌握无机化学的基本理论、基本技能,培养学生分析问题、解决问题的能力,以及为学习后继课程及今后工作奠定基础,我们在编写过程中本着“够用、实用、适用”的原则,精选理论内容,以基础知识和基础理论为主,力求做到少而精、简明扼要、深入浅出循序渐进,理论联系实际,以适合高等职业院校的教学需要。在知识点上突出“宽、浅、新、用”,即知识面宽、浅显易懂、突出新知识、注重实用性,力求做到教师易教,学生易学。同时为更好地与中学化学知识衔接,某些知识进行了重复,这样既能体现知识的延续性,同时又能起到温故知新的作用。全书内容上分基本化学理论、元素化学和实验技术三部分内容。在基本化学理论上删掉了复杂的计算和一些较深的理论知识,在元素化学部分删掉了不常用的元素和化合物知识,重点介绍每一族元素中的常见元素,其他元素根据其应用性只做简单介绍。在实验的编排上注重基本操作和技能训练,以提高学生实践动手能力,具有较强的可读性、启发性和适用性。

本书由包头轻工职业技术学院、滁州职业技术学院、包头师范学院、济源职业技术学院、漯河职业技术学院和河池职业学院从事多年教学工作的老师共同编写而成。由陈建华(包头轻工职业技术学院)和马春玉(济源职业技术学院)担任主编工作,吴永平老师担任主审工作。李文典(漯河职业技术学院)、马晓宇(包头轻工职业技术学院)、梁永利(包头轻工职业技术学院)担任副主编工作。参编人员有李光耀(包头轻工职业技术学院)、卢俊(包头轻工职业技术学院)、肖陆飞(滁州职业技术学院)、胡智强(包头轻工职业技术学院)、王骞(包头师范学院)、施先义(河池职业学院)。其中陈建华编写第1、2章及附录,李光耀、梁永利、马春玉编写第3、4、8章,马晓宇编写第6章,肖陆飞、李文典编写第5、7章,王骞、胡智强编写第9章,卢俊、施先义、李民君编写实验。全书由陈建华统稿。

由于时间仓促和编者的水平有限,错误在所难免,欢迎各位同行和广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 物质及其变化	1
1.1 气体	1
1.1.1 气体的概述	1
1.1.2 理想气体状态方程式	1
1.1.3 理想气体分压定律	2
1.2 溶液	3
1.2.1 分散体系	3
1.2.2 溶液浓度的表示方法	4
1.2.3 有关溶液浓度的计算	5
1.3 胶体	6
1.3.1 胶体分散体系的分类	6
1.3.2 溶胶的性质	6
1.3.3 胶团的结构	8
1.3.4 溶胶的聚沉和稳定性	9
1.3.5 高分子溶液	9
1.4 化学反应的能量变化	10
1.4.1 化学反应的热效应	10
1.4.2 热化学方程式	11
1.4.3 化学反应的反应热计算	12
习题	13
第 2 章 化学反应速率和化学平衡	15
2.1 化学反应速率	15
2.1.1 化学反应速率定义及表示方法	15
2.1.2 化学反应速率理论简介	16
2.1.3 影响化学反应速率的因素	18
2.2 化学平衡	21
2.2.1 可逆反应与化学平衡	21
2.2.2 平衡常数	23
2.2.3 平衡常数与平衡转化率	26
2.3 化学平衡的移动	27
2.3.1 影响化学平衡移动的因素	28
2.3.2 平衡移动原理—— <i>Le Chatelier</i> 原理	32
2.3.3 化学平衡与反应速率原理的综合应用	32

习题	33
第3章 电解质溶液和离解平衡	37
3.1 弱电解质的离解平衡	37
3.1.1 一元弱酸、弱碱的离解平衡与离解平衡常数	37
3.1.2 多元弱酸的离解平衡	40
3.2 水的离解和溶液的 pH	41
3.2.1 水的离解平衡	41
3.2.2 溶液的酸碱性和 pH	42
3.2.3 酸碱指示剂	43
3.3 缓冲溶液	44
3.3.1 同离子效应和盐效应	44
3.3.2 缓冲溶液及缓冲作用原理	45
3.3.3 缓冲溶液 pH 的计算	46
3.3.4 缓冲范围和缓冲能力	48
3.3.5 缓冲溶液的应用	48
3.4 盐类的水解	49
3.4.1 盐的水解与水解常数	49
3.4.2 影响水解平衡移动的因素	52
3.5 难溶电解质的沉淀-溶解平衡	53
3.5.1 沉淀-溶解平衡-溶度积	54
3.5.2 溶度积与溶解度的关系	54
3.5.3 溶度积规则及其应用	56
习题	58
第4章 氧化还原反应和电化学基础	60
4.1 氧化还原反应的基本概念	60
4.1.1 氧化数	60
4.1.2 氧化与还原、氧化剂和还原剂	61
4.1.3 氧化还原电对	62
4.1.4 氧化还原反应方程式的配平	63
4.2 电极电势	65
4.2.1 原电池	65
4.2.2 电极电势	66
4.2.3 影响电极电势的因素	70
4.3 电极电势的应用	73
4.3.1 判断氧化剂和还原剂的相对强弱	73
4.3.2 判断氧化还原反应进行的方向	74
4.3.3 确定氧化还原反应进行的程度	74
4.3.4 元素电势图及其应用	75
习题	75

第 5 章 原子结构与元素周期律	78
5.1 原子核外电子的运动状态	78
5.1.1 核外电子的波粒二象性	78
5.1.2 波函数和原子轨道	79
5.1.3 几率密度与电子云	81
5.1.4 四个量子数	82
5.2 原子核外电子的排布与元素周期性	84
5.2.1 多电子原子轨道的能级	84
5.2.2 原子核外电子排布的原则	86
5.2.3 原子核外电子排布与元素周期律	88
5.3 元素性质的周期性	94
5.3.1 原子半径	94
5.3.2 电离能	96
5.3.3 电子亲和能	97
5.3.4 元素的电负性	98
习题	99
第 6 章 配位化合物	102
6.1 配位化合物的基本概念	102
6.1.1 配位化合物的定义、组成、类型	102
6.1.2 配合物的命名	105
6.2 配位化合物的结构	106
6.2.1 配位化合物中的配位键	106
6.2.2 配位化合物的空间构型	106
6.2.3 内轨型配合物与外轨型配合物	109
6.3 配合物在水溶液中的稳定性	110
6.3.1 配位平衡和离解平衡	110
6.3.2 配合物的稳定常数与不稳定常数	110
6.3.3 配合物稳定常数的应用	112
6.3.4 配位平衡的移动	113
习题	116
第 7 章 分子结构与晶体结构	119
7.1 离子键	119
7.1.1 离子键的形成	119
7.1.2 离子键的特点	120
7.1.3 离子的结构特征	120
7.2 共价键	122
7.2.1 共价键的本质	122
7.2.2 共价键的特点	123
7.2.3 共价键的类型	124

7.2.4 键参数	125
7.3 杂化轨道理论与分子的空间结构	128
7.3.1 杂化与杂化轨道的概念	128
7.3.2 杂化轨道的类型	129
7.3.3 等性杂化与不等性杂化	132
7.4 分子间力和氢键	132
7.4.1 分子的极性	133
7.4.2 分子的极化	134
7.4.3 分子间作用力	135
7.4.4 氢键	137
7.5 晶体的基本类型	139
7.5.1 晶体的特征与类型	139
7.5.2 离子晶体	140
7.5.3 原子晶体	142
7.5.4 分子晶体	143
7.5.5 金属键与金属晶体	143
习题	144
第8章 重要的金属元素及其化合物	147
8.1 碱金属和碱土金属	147
8.1.1 碱金属和碱土金属的通性	147
8.1.2 碱金属和碱土金属的单质	149
8.1.3 碱金属和碱土金属的氧化物和氢氧化物	151
8.1.4 碱金属和碱土金属的盐类	155
8.2 铝、锡、铅、砷、锑、铋及其化合物	159
8.2.1 铝及其化合物	159
8.2.2 锡、铅及其化合物	163
8.2.3 砷、锑、铋及其化合物	166
8.3 铜族和锌族元素	169
8.3.1 过渡元素通性	169
8.3.2 铜族元素	171
8.3.3 锌族元素	177
8.4 钛、铬、锰、铁、钴、镍	181
8.4.1 钛及其化合物	182
8.4.2 铬及其化合物	183
8.4.3 锰及其化合物	186
8.4.4 铁、钴、镍	189
习题	195

第9章 重要的非金属元素及其化合物	198
9.1 卤素	198
9.1.1 卤素通性	198
9.1.2 卤素单质	199
9.1.3 卤化氢和氢卤酸	202
9.1.4 卤素的含氧酸及其盐	203
9.2 氧、硫、氮、磷、砷、碳、硅、硼	206
9.2.1 氧、硫及其化合物	206
9.2.2 氮、磷及其化合物	217
9.2.3 碳、硅及其化合物	228
9.2.4 硼及其化合物	234
习题	235
第10章 无机化学实验	239
10.1 无机化学实验基本知识	239
10.1.1 无机化学实验课的目的和学习方法	239
10.1.2 预习报告和实验报告	240
10.1.3 实验室安全守则	240
10.1.4 实验室意外事故的处理	241
10.1.5 无机化学实验常用仪器介绍	242
10.2 无机化学实验	244
10.2.1 玻璃仪器的认领、洗涤和干燥	244
10.2.2 化学反应速率和化学平衡	247
10.2.3 氧化还原反应与电化学	249
10.2.4 配位化合物的生成和性质	252
10.2.5 锡、铅、铋、铊	254
10.2.6 铜、银、锌、镉、汞	256
10.2.7 铬、锰、铁、钴、镍	259
10.2.8 氮、磷、硅、硼	262
10.2.9 氧、硫、卤素	265
附录	268
附表1 弱酸、弱碱在水中的离解常数 (25℃)	268
附表2 溶度积常数 (298.15K)	269
附表3 标准电极电势 (298.15K)	271
附表4 配离子的稳定常数 (298.15K)	275
附表5 常见酸、碱水溶液的相对密度与其质量分数	276
附表6 国际相对原子质量表 (IUPAC 2001 年)	278
附表7 元素周期表	279
主要参考文献	280

第 1 章

物质及其变化

1.1 气 体

通常物质是由大量分子聚集而成。物质的聚集状态一般有 4 种，即气态、液态、固态和离子态等。物质的聚集状态，是由物质本身性质和温度、压强等外界条件决定的，当条件改变时，物质可以从一种聚集状态转变成另一种聚集状态。在常温、常压下，物质主要以气态、液态和固态 3 种状态存在。

1.1.1 气体的概述

气体分子很小，分子间距离很大，分子都在无规则地不停运动，彼此间相互作用很小，所以，气体可以无限膨胀充满整个容器空间，同时也容易被压缩，不同气体可以以任意比例相互混合，因此，扩散性、压缩性和掺混性是气体的基本特征。

气体所处的状态或状态变化，与气体的体积、温度、压力有关。它们之间存在着一定的关系，能够反映气体温度、压力、体积三者之间的关系式，称为气体状态方程式。

1.1.2 理想气体状态方程式

在温度较高、压力较低时，气体的压力、温度、体积之间存在如下关系式，
即
$$pV = nRT \quad (1-1)$$

式中： p ——气体压力，SI 制单位为 Pa（帕斯卡）；

V ——气体体积，SI 制单位为 m^3 （立方米）；

n ——气体物质的量，SI 制单位为 mol（摩尔）；

R ——摩尔气体常数，与气体种类无关。在标准状况下，当 $n = 1\text{mol}$ ， $T = 273.15\text{K}$ ， $p = 101325\text{Pa}$ ， $V = 22.414\text{L}$ 时，则可计算出 R 为 $8.314\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ；

T ——气体的温度，SI 制单位为 K（开尔文）。

SI 制单位即指国际单位制单位。

实验证明，压力越低，温度越高，气体越能符合这个关系式。我们把在任何压力、任何温度下都能严格服从上式的气体称为理想气体，把上式称为理想气体状态方程式。

实际上理想气体是不存在的，它是气体在压力很低时的一种极限情况，此时气体分

子间的距离很大, 分子间的作用力可以忽略不计。引入理想气体, 一方面它能反映气体在低压下的性质, 另一方面理想气体的 p 、 V 、 T 之间的关系比较简单, 我们可以把它作为一个参照标准, 通过适当修正, 便可用于真实气体的研究。

【例 1-1】 在容积为 50.0L 的真空钢瓶内充入氮气, 在温度为 25℃ 时, 测得瓶内气体的压力为 15.2MPa, 试计算钢瓶内氮气的质量。

解 已知 $V=50.0\text{L}=0.050\text{m}^3$, $T=(273.15+25)\text{K}=298.15\text{K}$, $p=15.2\text{MPa}=15.2\times 10^6\text{Pa}$ 。

根据 $pV=nRT$, 则

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{15.2 \times 10^6 \text{Pa} \times 0.050 \text{m}^3}{8.314 \text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 298.15 \text{K}} = 306.6 \text{mol}$$

因为 氮气的摩尔质量 $M_{\text{N}_2} = 28.0 \text{g/mol}$

所以 氮气的质量为

$$m = nM = 306.6 \text{mol} \times 28.0 \text{g/mol} = 8.60 \times 10^3 \text{g} = 8.60 \text{kg}$$

1.1.3 理想气体分压定律

在科学实验和生产实践中, 常常会遇到由几种气体组成的混合物, 如空气就是一种气体混合物。若气体分子相互间不发生化学反应, 在高温、低压下, 可将混合气体视为理想气体混合物。1801 年道尔顿 (Dalton) 指出混合气体中总压力等于各组分的分压力之和, 这就是理想气体分压定律。分压力是指混合气体中每一种组分单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。Dalton 分压定律, 其数学表达式为

$$p_{\text{总}} = p_1 + p_2 + \cdots + p_B = \sum_{i=1}^B p_i \quad (1-2)$$

式中: $p_{\text{总}}$ ——混合气体的总压;

$p_1, p_2, \cdots, p_B$ ——各组分气体的分压。

根据理想气体状态方程式, 若以 $n_{\text{总}}$ 表示混合气体中各组分气体的物质的量之和, 即 $n_{\text{总}} = n_1 + n_2 + \cdots + n_B$, 以 n_i 表示 i 组分气体的物质的量, p_i 表示 i 组分气体的分压, 在温度为 T , 混合气体的体积为 V 时, 则

$$p_{\text{总}} V = n_{\text{总}} RT \quad p_i V = n_i RT$$

根据式 (1-2), 则

$$p_{\text{总}} = \frac{n_1 RT}{V} + \frac{n_2 RT}{V} + \cdots + \frac{n_B RT}{V}$$

若以混合气体中任一组分的分压除以混合气体的总压, 则得到

$$\frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

令 $\frac{n_i}{n_{\text{总}}} = x_i$ x_i 为混合气体中 i 组分气体的摩尔分数

则 $p_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} p_{\text{总}} = x_i p_{\text{总}} \quad (1-3)$

式(1-3)表明,混合气体中某组分气体的分压等于该组分的摩尔分数与总压的乘积。这是道尔顿分压定律的又一种表示方式。

【例 1-2】 在实验室中用排水集气法收集制取的氢气。在温度为 23℃,室内气压为 100.5kPa 下,收集了 370.0mL 的湿氢气,试求:(1)该气体中氢气的分压;(2)收集到的氢气的质量是多少?

解 (1) 排水集气法收集气体时,通常将所收集气体中的水蒸气看作饱和蒸汽。由化学手册中查出 23℃下,水的饱和蒸汽压 $p_{\text{H}_2\text{O}}=2.800\text{kPa}$ 。根据气体分压定律:

$$p_{\text{总}} = p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{H}_2}$$

$$\text{则 } p_{\text{H}_2} = p_{\text{总}} - p_{\text{H}_2\text{O}} = 100.5\text{kPa} - 2.800\text{kPa} = 97.70\text{kPa}$$

(2) 已知氢气的摩尔质量 $M_{\text{H}_2} = 2.02\text{g/mol}$,

$$\text{根据 } pV = nRT = \frac{m}{M}RT$$

则收集到的氢气的质量为

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{97.70 \times 10^3 \text{Pa} \times 370 \times 10^{-6} \text{m}^3 \times 2.02 \text{g/mol}}{8.314 \text{J/(K} \cdot \text{mol)} \times (273.15 + 23) \text{K}} = 0.030 \text{g}$$

1.2 溶 液

1.2.1 分散体系

把一种或几种物质分散在另一种物质中的体系,称为分散体系。其中,被分散的物质称为分散质(或分散相),另一种起分散作用的物质称为分散介质(或分散剂)。根据分散质的颗粒大小,将分散体系分为 3 类:分子分散体系即溶液,胶体分散体系和粗分散体系,它们的特点和性质见表 1-1。

表 1-1 分散体系按分散质颗粒大小分类

分散体系 \ 性质	分散质颗粒大小	性 质	实 例
分子分散体系	0.1~1nm	能透过滤纸和半透膜,在水中扩散快,普通显微镜和超显微镜下均看不见	工业酒精、生理盐水、蔗糖溶液
胶体分散体系	1~100nm	能透过滤纸,不能透过半透膜,在水中不扩散,普通显微镜下看不见,但超显微镜下可以看见	金溶胶、铁溶胶、氢氧化铁溶胶
粗分散体系	>100nm	不能透过滤纸和半透膜,不扩散,一般显微镜下可以看见	混浊泥水、牛奶、豆浆

溶液是一种物质以分子、原子或离子状态分散于另一种物质中所形成的均匀而稳定的体系,分散相颗粒大小一般小于 1nm,通常也将溶液称为真溶液。它包括气态溶液、固态溶液和液态溶液。如空气是气态溶液,锌-汞合金和铜镍合金是固态溶液。通常所说的溶液是指液态溶液。液态溶液包括气-液、固-液和液-液溶液 3 种类型。在气-液和

固-液溶液中液体为溶剂，气体和固体为溶质。在液-液体系中，通常将含量多的组分作为溶剂，含量少的液体作为溶质。通常所说的溶液指的是液态溶液，水是最常用的溶剂，如不特殊说明，本书讨论的溶液均指水溶液。

胶体分散体系中分散相颗粒大小在 $1\sim 100\text{nm}$ ，它又可以分成溶胶和高分子溶液。溶胶指的是被分散物质为分子或粒子的集合体，如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶、 AgI 溶胶等，它具有多相性、高度分散性和热力学不稳定性的特点，溶胶的各种性质都与溶胶的特点有关；高分子溶液指的是被分散物质为聚合物分子或生物大分子，如聚乙烯醇溶液、明胶等，它是稳定的、高度分散的均相体系。

粗分散体系分散相颗粒大于 100nm ，由于它们与胶体有许多共同的特性，故也可与胶体分散体系一起研究。

1.2.2 溶液浓度的表示方法

溶液的性质与溶液的组成有关，在研究溶液时，常常要指出溶液的浓度，即指出溶质和溶剂的相对含量。溶液浓度的表示方法有很多，常用的有以下几种：

1. 物质的量浓度 c

单位体积溶液中所含溶质的物质的量，称为该溶液的物质的量浓度。通常以符号 c 表示，单位 mol/L （摩尔/升）。用公式表示为

$$c = \frac{n}{V}$$

式中： n ——溶质的物质的量，单位为 mol ；

V ——溶液的体积，单位为 L 。

例如：1L 硫酸溶液中含 1mol (98g) 硫酸，则硫酸溶液的物质的量的浓度为 1mol/L 。

2. 质量分数 ω_B

溶质的质量与溶液的质量之比，称为溶液的质量分数，用 ω_B 表示，通常用百分数表示。

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \times 100\%$$

式中： m_B ——溶质的质量，单位为 g ；

m ——溶液的质量，单位为 g 。

3. 质量浓度 ρ_B

单位体积溶液中所含溶质的质量称为该溶液的质量浓度，用 ρ_B 表示，单位为 kg/m^3 、 g/L 或 mg/L 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

式中： m_B ——溶质的质量，单位为 kg、g 或 mg；

V ——溶液的体积，单位为 m^3 或 L。

1.2.3 有关溶液浓度的计算

1. 溶质的质量、物质的量和溶液物质的量浓度之间的换算

【例 1-3】 在 200mL 稀盐酸溶液中，含有 0.75gHCl，计算该溶液的物质的量浓度。

解 已知 HCl 的摩尔质量为 $M_{\text{HCl}} = 36.5\text{g/mol}$ ，盐酸溶液的体积 $V = 200\text{mL} = 0.200\text{L}$ ，0.75gHCl 的物质的量为

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0.75\text{g}}{36.5\text{g/mol}} = 0.02\text{mol}$$

根据 $c = \frac{n}{V}$ 则该盐酸溶液的物质的量浓度为

$$c = \frac{0.02\text{mol}}{0.200\text{L}} = 0.1\text{mol/L}$$

【例 1-4】 配制 250mL 0.1mol/LNaOH 溶液，需要多少克 NaOH 固体？

解 已知 NaOH 溶液 $c = 0.1\text{mol/L}$ ， $V = 250\text{mL} = 0.250\text{L}$

因为 $c = \frac{n}{V}$

所以 NaOH 的物质的量为

$$n = cV = 0.1\text{mol/L} \times 0.250\text{L} = 0.0250\text{mol}$$

又 $n = \frac{m}{M}$

已知 NaOH 的摩尔质量 $M_{\text{NaOH}} = 40.0\text{g/mol}$

则 需要 NaOH 的质量为

$$m = nM = 0.0250\text{mol} \times 40.0\text{g/mol} = 1.0\text{g}$$

2. 溶液浓度的换算

市售的许多液体试剂常常只标明密度和质量分数，如盐酸密度为 1.19，含量为 37%；硫酸密度为 1.84，含量为 98%等。而在实际工作中，往往要用到物质的量浓度，因而就需要进行浓度的相互换算。

【例 1-5】 已知质量分数为 10%的盐酸溶液，密度为 1.047g/cm^3 ，试计算盐酸溶液的物质的量浓度。

解 已知 HCl 的摩尔质量 $M = 36.5\text{g/mol}$ ，盐酸溶液的密度 $d = 1.047\text{g/cm}^3$ ， $\omega_B = 10\%$ ，则 1L 盐酸溶液中所含 HCl 的质量为

$$\begin{aligned} m &= V \times d \times \omega_B \\ &= 1000\text{mL} \times 1.047\text{g/cm}^3 \times 10\% = 104.7\text{g} \end{aligned}$$

于是 1L 盐酸溶液中 HCl 的物质的量为

$$n = \frac{m}{M} = \frac{104.7\text{g}}{36.5\text{g/mol}} = 2.868\text{mol}$$

1.3 胶 体

胶体在自然界普遍存在，它在生产和科学技术上起着重要的作用。如石油、冶金、化工、印染、造纸、印刷、食品、橡胶、肥皂等工业，以及吸附剂、润滑剂、催化剂、感光材料和塑料的生产，在一定程度上都涉及和用到有关胶体分散体系的知识。

1.3.1 胶体分散体系的分类

胶体分散体系按分散介质的聚集状态分类，可分为气溶胶、液溶胶和固溶胶。其中以液溶胶最常见，又以固体分散在液体中特别是水中的液溶胶最重要，液溶胶简称为溶胶。见表 1-2。

表 1-2 胶体分散体系与粗分散体系按聚集状态分类

分散介质	分散相	名 称	实 例
气	液	气溶胶	雾、油烟
	固		粉尘、烟
固	气	固溶胶	浮石、泡沫塑料、泡沫金属
	液		珍珠
	固		红玉玻璃、有色玻璃
液	气	泡沫	肥皂泡沫、奶酪
	液	乳状液	牛奶、人造黄油、含水原油
	固	溶胶、悬浮体、软膏	金溶胶、泥浆、牙膏、油墨

胶体分散体系还可根据分散相粒子的不同，分为亲液溶胶和憎液溶胶。高分子溶液为亲液溶胶，其中胶体粒子为单个大分子，分散相和分散介质之间亲和力强，没有明显的界面，为均相、热力学稳定体系，如蛋白质、淀粉等水溶液。通常所说的溶胶为憎液溶胶，其中胶体粒子为多个原子或分子的聚集体，分散相和分散介质之间亲和力弱，有明显的界面，溶剂化程度低，为多相、热力学不稳定体系，这也是溶胶的基本特征。

1.3.2 溶胶的性质

1. 溶胶的光学性质——丁达尔现象

在暗室里将一束聚集的强光射入溶胶时，从光束的垂直方向观察，可以看到溶胶中显出一混浊发亮的圆锥体光柱，这种现象称为丁达尔现象（图 1-1）或丁达尔效应。

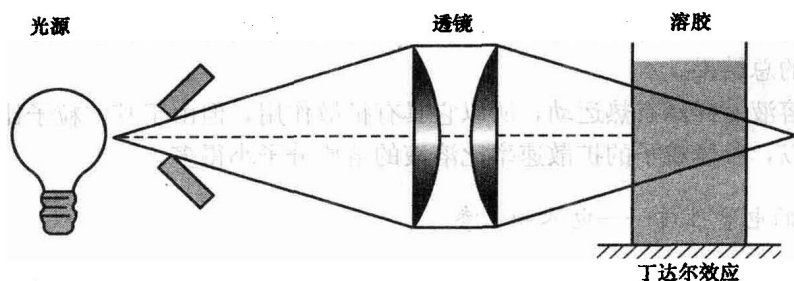


图 1-1 丁达尔现象

丁达尔效应的产生,是由于溶胶粒子对光的散射形成的。当光照射到分散相颗粒时,如果颗粒大于入射光波长,则光照到粒子表面发生反射作用;若颗粒小于入射光波长,则光波就绕过粒子向各个方向传播,从而发生散射作用。溶胶中分散相颗粒大小在 $1\sim 100\text{nm}$ 之间,可见光的波长范围在 $400\sim 700\text{nm}$,故可见光通过溶胶时发生散射现象,通过粒子粗大的悬浊液时发生反射作用,而溶液中粒子($0.1\sim 1\text{nm}$)太小,光的散射作用极弱,所以光线通过溶液时基本上发生的是透射作用。研究表明,高分子溶液也可发生丁达尔效应,但是强度十分微弱。因此,借助丁达尔效应,可以区分溶液、溶胶和高分子溶液。溶液无丁达尔效应,高分子溶液的丁达尔效应微弱,溶胶的丁达尔效应强烈。

2. 溶胶的动力学性质——布朗运动

溶胶中的粒子时刻以不同的方向、不同的速率做无规则的运动,即发生布朗运动(图 1-2),这是溶胶重要的动力学性质。之所以产生布朗运动是由于粒子周围分散剂分子的热运动,不断地撞击胶体粒子引起的。由于粒子很小,受到来自不同方向、不同速率的分散剂分子的撞击不能完全抵消,所以粒子就不停地做无规则运动。

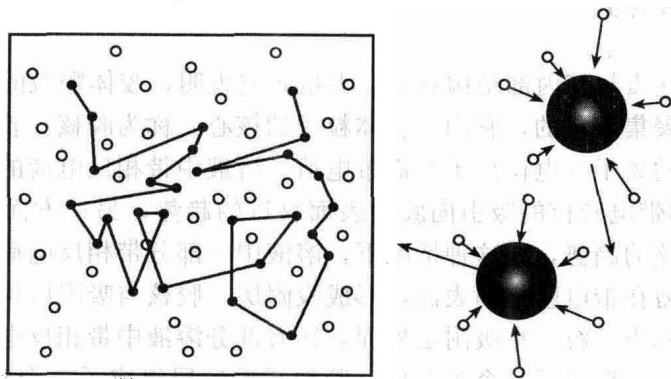


图 1-2 布朗运动

布朗运动的速率与粒子的大小、温度及液体黏度有关。粒子越小、溶胶温度越高、液体黏度越小,则布朗运动速率越快。