

韩玉墀 王慧伦 张振坤 主编

化工工人技术培训读本

第二版



HUAGONG
JISHU PEIXUN DU

IGREN



化学工业出版社

化工工人技术培训读本

(第二版)

韩玉墀 王慧伦 张振坤 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书在 1996 年出版的《化工工人技术培训读本》的基础上进行了较大修改、补充,共包括四篇十四章。主要内容有化工生产概述,重要无机化合物,重要有机化合物,高分子化合物基础,化工生产分析基础,化工生产中的热过程,固体物料、液体物料、气体物料的基本操作,化学计算基础知识,常用化工电器设备,化工生产控制,化工机械基础,化工设备的使用和维护,化工生产管理、安全与环保,化工劳动安全卫生等。

本书通俗易懂,深入浅出,针对化工工人的特点,实用性强。可作为化工、石油化工、轻工、冶金、医药等行业的工人培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工工人技术培训读本/韩玉墀,王慧伦,张振坤
主编. —2 版. —北京:化学工业出版社,2014.3
ISBN 978-7-122-19581-4

I. ①化… II. ①韩…②王…③张… III. ①化学工业-技术培训-教材 IV. ①TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013931 号

责任编辑:袁海燕 陈 丽
责任校对:蒋 宇

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 431 千字 2014 年 5 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00 元

版权所有 违者必究

再 版 前 言

本书是在 1996 年出版的《化工工人技术培训读本》的基础上进行修改补充后再版的。

本书保留上版图书的主要框架和结构编排，主旨是力图根据国家规定的技术等级之标准的要求，为化工操作工人提供较全面的化工生产基本操作、工艺基础知识、仪表控制、设备使用维护以及安全防护等知识，以进一步提高化工工人的专业技术知识和应变能力。

这次修订主要包括以下内容。

(1) 删除了原第一章中与生产操作联系不多的物质化学结构部分。

(2) 重新编排了第二篇化工单元操作部分，按生产目的不同，将各单元操作进行了归类，增强读者对化工单元操作的认识。

(3) 删去了操作工人接触不多的分析化验部分和设备零件图的知识，增加了化工厂中常见的工艺流程图知识的介绍。

(4) 为适应现阶段计算机在生产中的广泛应用，在第三篇大篇幅增加了常见的显示仪表、控制仪表和集散控制系统 DCS 的知识。

本书的修订工作第一章至第三章由韩玉墀编写；第四章至第九章由王慧伦、李鸿翔、张振坤编写；第十章由张振坤编写，第十一、十二章由陈北辰编写，第十三、十四章由齐林祥、蔡志民编写。附录由张振坤编写。全书由张振坤整理定稿。在编写过程中刘建中、杨梅、史东瑜、邴波、张恩泽、朱波、任宝忠、邴涛等也参与了编写修改工作，并提出宝贵意见，在此表示感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2013 年 12 月

目 录

第一篇 化工生产基础知识	1
--------------------	---

第一章 化学基本常识

第一节 化学基本概念	1
一、物质	1
二、物质的变化和性质	1
三、物质的组成	2
四、原子量、分子量和摩尔	3
第二节 溶液	5
练习题一	8

第二章 无机化合物基础

第一节 无机化合物的分类	9
一、氧化物	9
二、碱	9
三、酸	9
四、两性氢氧化物	10
五、盐	10
六、无机物分类	10
第二节 重要的无机化学反应	11
一、化合反应	11
二、分解反应	11
三、置换反应	11
四、复分解反应	11
五、氧化还原反应	11
第三节 氢、氧和水	14
一、氢	14
二、氧	14
三、水	15
第四节 氯、氯化氢和盐酸	16
一、氯气	16
二、氯化氢和盐酸	17
第五节 硫、硫化氢和硫酸	18
一、硫	18
二、硫化氢	19
三、硫酸	19
第六节 氨和硝酸	21
一、氨	21

二、硝酸	23
第七节 碳和硅及其化合物	24
一、碳和碳的氧化物	24
二、硅及其重要化合物	25
第八节 烧碱和纯碱	26
一、烧碱	26
二、纯碱	27
第九节 几种重要金属元素	29
一、钠	29
二、钙	30
三、铝	31
四、铁	32
五、铜	33
六、钛	33
第十节 无机化肥	33
一、氮肥	33
二、磷肥	35
三、钾肥	36
四、复合肥料	37
练习题二	37

第三章 有机化合物基础

第一节 有机化合物概述	38
一、有机化合物的特性	38
二、有机化合物的分类	38
三、有机化合物的结构	39
第二节 基本有机化学反应	39
一、氧化和还原反应	39
二、氢化和脱氢反应	40
三、水合和脱水反应	41
四、水解反应	41
五、卤化、硝化和磺化反应	41
六、胺化和酯化反应	43
七、烷基化和脱烷基化反应	43
第三节 石油及天然气	44
一、石油的蒸馏	44
二、石油烃的加工反应	45

三、天然气	46
第四节 碳一系统	46
一、甲烷的加工反应	46
二、合成气的加工反应	47
第五节 乙烯系统	49
一、乙烯	49
二、乙醇	50
三、乙醛	51
四、醋酸	53
五、醋酸乙烯	53
六、氯乙烯	54
七、环氧乙烷	55
八、乙二醇	55
第六节 丙烯系统	56
一、丙烯	56
二、丙酮	56
三、丙烯腈	58
四、丙烯酸及其酯类	58
五、环氧丙烷	59
六、丁醇和辛醇	59
第七节 二烯烃	60
一、丁二烯	60
二、异戊二烯	61
第八节 芳烃	61
一、苯、甲苯、二甲苯	61
二、苯酚	63
三、苯胺	64
四、氯苯	64

五、硝基苯和硝基甲苯	65
六、苯甲酸	66
七、苯酚	66
八、对苯二甲酸	66
第九节 乙炔	67
一、乙炔	67
二、乙炔的重要反应	67
三、乙炔的用途	68
第十节 煤化工简介	69
一、煤的干馏	69
二、煤的气化	69
三、煤的加氢	69
四、电石的生产	70
练习题三	70

第四章 高分子化合物基础

第一节 高分子化学的基本概念	71
第二节 重要的高分子化学反应	73
一、高分子化合物的合成方法	73
二、聚合反应的实施方法	74
三、缩聚反应的实施方法	76
第三节 重要的高分子化合物	77
一、塑料	77
二、合成纤维	78
三、合成橡胶	79
练习题四	81

第二篇 化工生产单元操作	82
--------------------	----

第五章 化工物料的输送

第一节 液体的输送	82
一、液体输送原理	82
二、流体阻力计算	90
三、液体输送机械	94
第二节 化工管路	99
练习题五	105

一、换热器的分类	115
二、常用换热器介绍	116
第三节 冷冻及深冷	121
一、冷冻的基本原理	121
二、多级压缩冷冻循环	126
三、冷冻剂及载冷体	128
四、冷冻的主要设备	130
五、深度冷冻	130
练习题六	132

第六章 化工生产中的热过程

第一节 传热的基本原理	106
一、传热的三种基本方式	106
二、间壁式换热器的传热	109
三、提高传热速率的途径	114
第二节 化工生产的传热设备	115

第七章 非均相物料的分离

第一节 沉降分离	134
一、重力沉降法	134
二、离心沉降法	135
第二节 过滤	135

一、基本概念	135	四、影响干燥速率的因素	169
二、过滤设备	137	五、干燥设备	170
三、离心分离法	138	第二节 溶液蒸发	171
练习题七	142	一、基本概念	171
第八章 均相混合物的分离		二、多效蒸发与流程	173
第一节 溶液蒸馏	143	三、蒸发设备	174
一、蒸馏基本概念	143	第三节 溶液结晶	177
二、蒸馏原理	144	一、结晶原理	177
三、精馏	146	二、结晶方法及设备	179
第二节 气体吸收	149	练习题九	181
一、基本概念	149	第十章 化工工艺基础	
二、吸收原理	150	第一节 化学计算基础	182
三、影响吸收操作的因素	152	一、分子式及其应用	182
四、解吸	154	二、化学方程式及其应用	182
第三节 分离设备	154	三、摩尔质量及摩尔体积	184
一、板式塔	154	第二节 重要化工参数的计算	185
二、填料塔	157	一、浓度计算	185
第四节 溶液萃取	159	二、溶液的配制	186
一、萃取原理	160	三、溶解度的计算	186
二、萃取操作流程	160	第三节 基本工艺计算	187
三、影响萃取的主要因素	161	一、物料衡算	187
四、萃取设备	162	二、热量衡算	188
练习题八	163	三、生产技术经济指标的计算	188
第九章 物料的去湿与精制		第四节 化工工艺流程图	189
第一节 固体物料的干燥	164	一、工艺方案流程图	189
一、物料去湿	164	二、物料流程图	189
二、干燥过程的实质和必要条件	164	三、工艺管道及仪表流程图	189
三、干燥原理	165	练习题十	195
第三篇 化工生产控制及计算机控制系统			
			196

第十一章 化工生产控制		第十二章 控制仪表与计算机控制系统	
第一节 化工基本参数的测量	196	第一节 控制仪表	214
一、概述	196	一、DDZ-III 控制仪表	214
二、压力测量	196	二、KMM 可编程调节器	216
三、流量测量	199	第二节 集散控制系统 (DCS)	219
四、液位测量	202	一、集散系统的基本概念	219
五、温度测量	204	二、集散系统的硬件配置	220
第二节 几种常见显示仪表	207	三、集散系统的功能	221
一、自动平衡显示仪表	208	四、集散系统与现场仪表的连接	223
二、数字显示仪表	211	练习题十二	224
练习题十一	213		

第四篇 化工生产设备维护与安全	225
第十三章 化工设备的使用与维护	
第一节 流体输送设备的使用与维护	225
一、往复泵的使用与维护	225
二、离心泵的使用与维护	226
三、往复式压缩机的使用与维护	227
四、离心式压缩机的使用与维护	228
五、通风机的使用与维护	229
第二节 过滤设备的使用与维护	230
一、转鼓真空过滤机的使用与维护	230
二、离心机的使用与维护	231
三、板框压滤机的使用与维护	232
第三节 换热器的使用与维护	233
一、列管式换热器的使用与维护	233
二、板式换热器的使用与维护	234
第四节 化工设备的腐蚀与防护	235
一、金属的腐蚀	235
二、设备的防腐蚀	235
练习题十三	236
第十四章 化工生产安全	
第一节 化工生产的危险性	237
一、易燃、易爆和有毒、有腐蚀性的物质多	237
二、高温、高压设备多	237
三、工艺复杂,操作要求严格	237
四、三废多,污染严重	237
五、事故多,损失重大	237
第二节 人身安全	237
一、人身防护	237
二、机械设备的防护	239
三、物资储运安全注意事项	239
四、厂内交通安全	239
第三节 防火防爆	240
一、燃烧	240
二、爆炸	241
三、火灾爆炸事故的特点	241
四、化工生产中火灾、爆炸的危险性	241
五、预防化工生产中火灾、爆炸的基本措施	242
六、限制化工生产中火灾、爆炸事故蔓延的措施	244
第四节 防尘防毒	245
一、尘毒物质分类	246
二、尘毒物质危害人体的主要因素	246
三、防治尘毒的主要措施	247
四、个人的尘毒防护	248
第五节 电气安全	250
一、化工生产对电气的要求	250
二、人身防护	250
三、防触电的措施	251
四、触电急救	252
五、静电危害	253
练习题十四	254
附录	255

第一篇 化工生产基础知识

第一章 化学基本常识

第一节 化学基本概念

一、物质

1. 物质

化学研究的对象是物质。物质是作用于我们感觉器官而引起人们感觉的东西，它占有一定空间和具有质量。物质大的可以用肉眼看见，小的肉眼看不见的有原子、电子、光子等。物质有不同的存在形式。

物质以不同的形式在不停止地运动着。地球在运转、机器在转动；岩石在风化而变成黏土；空气流动而形成了风；植物吸收二氧化碳进行光合作用而结出丰硕的果实；食品在人体内经过复杂的变化使人得以生活和工作；石油经过加工可以生产出各种重要的产品。所以说，有物质存在，必然有物质运动。

2. 能量

物质的变化和运动，总是伴随着各种能量的变换。水加热产生的高压蒸汽可以带动蒸汽机使火车运行；高位的水可以推动水轮机使发电机发电；电又可以使马达运转带动机器工作；汽油在汽缸内燃烧可以使汽车行驶；炸药的强烈反应产生的气体可以筑路开矿。

能量可以由一种形式转换成另一种形式，位能可以转化成动能、机械能、电能；而电能也可变成机械能和动能；物质化学反应时的化学能也可以变成动能、机械能和电能。这些能量的转换，都是物质不同的运动形式。各种能量都具有做功的本领。能量可以用不同的形式表现出来。所以说，能量可以定义为做功的本领。

3. 物质的质量和能量守恒定律

在科学高度发展的今天。很多实验和生产的事实告诉我们，化学反应过程中，只是由一些物质变化成为另一些物质，但是变化前后物质的量是相等的。这就是物质守恒定律。

同样可以证明在能量转化过程中，能量只能相互转化，而不能自生自灭，只能从一种形式转化成另一种形式。这就是能量守恒定律。

二、物质的变化和性质

1. 物理变化和物理性质

物质的变化是多种多样的。例如水加热变成水蒸气，而水蒸气冷凝又变成水；木材加工制成家具；钢锭轧成钢筋。这些变化只改变了物质的外部状态和形状，而没有改变物质的组成，更没有新物质产生，这种变化叫做物理变化。物质在物理变化时所表现出来的性质叫做物理性质。如状态、颜色、气味、密度、沸点、熔点等，都是物质的物理性质。

2. 化学变化和化学性质

物质的另一种变化，不仅物质的外形有了改变，物质本身的组成也发生了变化，产生了

新的物质。例如炭在空气中燃烧产生了二氧化碳；铁在潮湿空气中生锈变成了铁锈；石灰石煅烧成了生石灰。这些变化都有新物质的产生。由一物质生成新物质的变化叫做化学变化。物质在化学变化时所表现出来的性质叫做化学性质。如化合、分解、氧化和还原等。

物理变化和化学变化是物质的两种不同的变化，但在许多情况下它们又常是在一起发生的。例如点燃蜡烛时。固态的蜡受热熔化，这是物理变化；同时它燃烧变成水蒸气和二氧化碳，又是化学变化。一般说来，物质发生物理变化时，不一定有化学变化，但发生化学变化时，一定有物理变化发生。

三、物质的组成

1. 分子

自然界的一切东西，都是由物质组成的，那么物质又是由什么组成的呢？

把一滴水不断地分割，它将会变得越来越小。分割到最后，这滴水将变成一个单一的个体，不但我们肉眼看不见它，甚至在最好的显微镜下也看不见。但它还是水，仍保持着水的各种化学性质。而若进一步分割，它就将不再是水了。将失去水的所有化学性质。这种保持某物质一切化学性质的最小粒子叫做该物质的分子。分子有以下特点。

(1) 分子很小 一滴水里大约就有十五万亿个水分子。分子虽然很小，但是也有质量。例如一个氧分子的质量约为 $5.314 \times 10^{-23} \text{ g}$ 。

(2) 分子在不断地运动 例如：湿衣服晒干是水分子运动到空气中的缘故；我们在日常生活中所嗅到的气味也是分子运动的结果。分子的运动速度同温度有关系，温度越高，分子运动的速度就越快。

(3) 分子之间有间隔 一般物体的热胀冷缩现象就证明了这一点。当温度升高时分子间的间隔增大，物体体积膨胀；当温度降低时分子间的间隔变小，物体体积缩小。一般物质三态（气态、液态、固态）的变化，主要是分子间的间隔大小发生变化而造成的。

2. 原子

把水通上电流，水就分解成氢气和氧气。把食盐水通上电流，食盐水就分解放出氢气和氯气。我们知道，水是由水分子组成的，食盐水是由氯化钠分子和水分子组成的，但通上电流后为什么会有氢气、氧气和氯气产生呢？

首先可以肯定上面的两个反应过程是化学变化，因为有新的分子生成。另外也可以看出水分子和氯化钠分子是可以再分的。它们在化学变化中，又分解出更小的微粒、氢微粒、氧微粒和氯微粒。而这些更小的微粒又重新组合成氢分子、氧分子和氯分子。

物质在化学变化过程中，原来的物质分子分解成更小的微粒，再经过重新组合，变成新物质的分子。我们把这些物质在化学变化中的最小微粒叫原子。原子有以下特点。

(1) 原子很小 原子虽然很小，但是也有质量。例如一个碳原子的质量为 $1.993 \times 10^{-23} \text{ g}$ 。

(2) 原子在不断运动着 化学反应就是原子运动的一种形式。在化学反应中，分子可以分成为原子，原子又可以重新组合成为新的分子。

(3) 原子是具有复杂结构的微粒 原子是由原子中心带正电的原子核和核外带负电的电子组成的，每一个电子带有一个单位的负电荷。氢原子的结构如图 1-1 所示意。原子核带的正电荷数与核外电子带的负电荷数相等，所以原子不显电性。但原子在一定的条件下，可得到或失去电子，成为带有电荷的原子。这种带有电荷的原

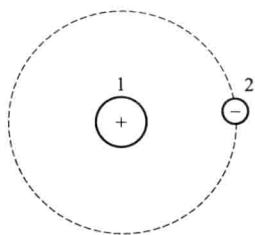


图 1-1 氢原子结构示意图

1—原子核；2—电子

子叫离子。失去电子的原子带正电，叫阳离子；得到电子的原子带负电，叫阴离子。

物质的分子、原子和离子等微粒统称为物质的结构微粒。原子核由质子和中子组成。质子和中子的质量很相近 ($1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$)，相当于 1 个碳原子的质量的 $1/12$ 。质子带一个单位正电荷。中子不显电性。电子质量很小 ($9.11 \times 10^{-28} \text{ g}$)，为质子和中子质量的 $1/1840$ ，与原子核的质量相比可以忽略不计。所以原子的质量主要集中在原子核上。我们把质子、中子和电子等统称为物质的基本粒子。这些粒子之间的关系如下：

原子的质量数 = 原子核内的质子数 + 原子核内的中子数

原子核电荷数 = 原子核内质子数 = 原子核外电子数

这些粒子的代表符号：

质子 ${}_1^1\text{H}$ 中子 ${}_0^1\text{n}$ 电子 e

3. 元素

元素是具有相同核电荷数的同一类原子的总称。

元素和原子是两个不同的概念。元素只代表原子的种类，不涉及该类原子的具体数量；而讲原子时，可以指明原子的数量。例如氧分子可以说是由氧元素组成；也可以说是由两个氧原子组成。水分子可以说是由氢、氧两种元素组成；也可以说是由两个氢原子和一个氧原子组成。但不能说由两个氢元素和一个氧元素组成。

自然界的一切物质，都是由元素组成。有的组成比较简单，如氧气由氧元素组成，金属铁由铁元素组成，这种由同一种元素组成的物质叫做单质。单质又可以分为金属单质，如铁、铜、铝等，非金属单质，如氧气、氢气、硫、碳等。组成金属单质的元素叫金属元素，组成非金属单质的元素叫非金属元素。但大多数物质的组成是比较复杂的，如氨是由氢和氮两种元素组成；聚氯乙烯是由碳、氢和氯三种元素组成，这种由不同种元素组成的物质叫做化合物。

采用一定的符号来表示各种元素，这种符号叫做元素符号。元素符号除表示一种元素外，还表示这种元素的一个原子。

常见的一些元素的名称和符号见表 1-1。

表 1-1 常用的元素表

元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量
氢	H	1	钠	Na	23	铈	Sb	122
氮	N	14	镁	Mg	24	钡	Ba	137
氧	O	16	铝	Al	27	锡	Sn	119
氟	F	19	钾	K	39	钨	W	184
氯	Cl	35.5	钙	Ca	40	金	Au	197
溴	Br	80	铬	Cr	52	汞	Hg	200
碳	C	12	锰	Mn	55	铅	Pb	207
硅	Si	28	铁	Fe	56	铂	Pt	195
磷	P	31	铜	Cu	63.5	镭	Ra	226
硫	S	32	锌	Zn	65	钍	Th	232
碘	I	127	银	Ag	108	铀	U	238

四、原子量、分子量和摩尔

1. 原子量

原子具有质量。如果用克做单位来表示质量时，一个氧原子的质量是 $2.657 \times 10^{-23} \text{ g}$ 。一个氢原子的质量是 $0.1661 \times 10^{-23} \text{ g}$ 。

在实际应用时,往往不需要知道原子的绝对质量,而只需要知道原子的相对质量。为此指定一种原子,以它作为不同原子的原子量相互比较的标准。在化学里规定:把 ^{12}C 的原子量定为12,任一元素的原子量是该元素的原子相对于 ^{12}C 碳原子的质量。

2. 分子量

分子量是组成分子的所有原子的原子量总和。所以分子量也是一个相对质量。

一般由分子式就可计算出物质分子的分子量。

(1) 单质分子量 一般金属、固体非金属和稀有气体,都是由一个原子组成一个分子,所以它们的分子量等于原子量。例如:

Cu (铜)原子量=63.5 分子量=63.5

C (碳)原子量=12 分子量=12

He (氦)原子量=4 分子量=4

另外一些气体和液体非金属,都是由两个或两个以上的原子组成一个分子,所以它们的分子量等于所有原子的原子量之和。例如:

O_2 (氧气)原子量=16 分子量= $16 \times 2 = 32$ N_2 (氮气)原子量=14 分子量= $14 \times 2 = 28$

O_3 (臭氧)原子量=16 分子量= $16 \times 3 = 48$ Br_2 (溴气)原子量=80 分子量= $80 \times 2 = 160$

(2) 化合物分子量 化合物分子量等于组成化合物的各个原子的原子量之和。例如:

CO_2 (二氧化碳)分子量= $12 + 16 \times 2 = 44$

H_2SO_4 (硫酸)分子量= $1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$

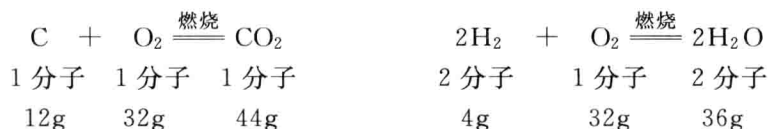
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (氢氧化钙)分子量= $40 + (16 + 1) \times 2 = 74$

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (尿素)分子量= $12 + 16 \times (14 + 1 \times 2) \times 2 = 60$

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (明矾)分子量= $39 + 27 + (32 + 16 \times 4) \times 2 + 5 \times (1 \times 2 + 16) = 348$

3. 摩尔

物质之间的化学反应,都是按照一定数量的原子或分子的比例来进行的。例如:



一个碳分子(即一个碳原子)的质量为 $1.994 \times 10^{-23} \text{g}$ 。12g 碳含有碳分子数:

$$\frac{12}{1.994 \times 10^{-23}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个}$$

一个二氧化碳分子(即一个碳原子和两个氧原子)的质量为 $1.994 \times 10^{-23} + 2 \times 2.657 \times 10^{-23} = 7.308 \times 10^{-23} \text{g}$, 44g 二氧化碳含有二氧化碳的分子数是:

$$\frac{44}{7.308 \times 10^{-23}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个}$$

同样可以计算出:

4g 的氢中含有 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氢分子

32g 的氧中含有 $1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧分子

36g 的水中含有 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个水分子

由此可知物质间进行化学反应时,都是以 6.02×10^{23} 个分子的倍数进行反应。

6.02×10^{23} 这个数值被叫做阿佛伽德罗常数,以 N 表示。

任何物质中,只要含有 6.02×10^{23} 个微粒(分子、原子、离子、电子等),这种物质的量叫做1摩尔。摩尔是化学上一个常用的基本物质的量的单位,它是以微粒数量表示物质的

量。摩尔以 mol 表示。根据摩尔定义可以知道：

4g 氢含有 $2N$ 氢分子，故 1mol 氢气 = 2g；32g 氧含有 $1N$ 氧分子，故 1mol 氧气 = 32g；36g 水含有 $2N$ 水分子，故 1mol 水 = 18g；12g 碳含有 $1N$ 碳分子，故 1mol 碳 = 12g；44g 二氧化碳含有 $1N$ 二氧化碳分子，故 1mol 二氧化碳 = 44g。

由此可以得出， 1mol 分子的质量，用“g”做单位时，在数值上等于它的分子量。

同理可以推广到原子， 1mol 原子的质量，用“g”做单位时，在数值上等于它的原子量。例如： 1mol 原子的碳；质量为 12g； 1mol 原子的硫；质量为 32g； 1mol 原子的铁；质量为 56g。

1mol 物质的质量叫做摩尔质量。单位为 g/mol（克/摩尔）或 kg/mol（千克/摩尔）。

$$\text{物质的摩尔数}(\text{mol}) = \frac{\text{物质的质量}(\text{g})}{\text{物质的摩尔质量}(\text{g/mol})}$$

$$\text{物质的质量} = \text{物质摩尔质量}(\text{克/摩尔}) \times \text{物质摩尔数}(\text{mol})$$

第二节 溶 液

1. 溶液的定义

自然界中纯净物质极少，绝大多数物质都是混合物，而混合物中最重要的一种是溶液。一种（或几种）物质分散到另一种物质里，形成均匀的、稳定的混合物叫做溶液。被溶解的物质叫做溶质。能溶解其他物质的物质叫溶剂。溶质可以是固体、液体和气体。固体、气体溶于液体时，固体、气体叫溶质，液体是溶剂。两种液体互相溶解时，习惯上把量多的一种叫溶剂，量少的一种叫溶质。用水做溶剂的溶液叫水溶液。用酒精做溶剂的溶液叫酒精溶液。通常所说溶液如不加说明时，一般指的是水溶液。

2. 溶液的分类

（1）按物质的聚集状态可把溶液分为三类：即气态溶液（气体混合物）、液态溶液和固态溶液（如合金）。本章重点讨论液态溶液。

（2）按液态溶液的导电性能可把液态溶液分为两类：即电解质溶液和非电解质溶液。

（3）按液态溶液的形成过程又可分为三类：即固体溶于液体中的溶液，气体溶于液体中的溶液和液体溶于液体中的溶液。

3. 物质的溶解过程

溶质溶解于溶剂中，常常有温度和体积的变化。例如当硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 或硝酸钾 (KNO_3) 溶于水中时，溶液的温度会明显下降，而当浓硫酸 (H_2SO_4) 或固体氢氧化钠 (NaOH) 溶于水中时，则溶液的温度会明显上升。又如将等体积的水和酒精混合时，得到溶液的体积比原来两液体体积之和略小。这就说明物质的溶解，并不是溶质和溶剂之间的机械混合。

物质在溶解的时候，首先是溶质分子在水分子的作用下，克服溶质分子间的相互吸引力，以分子状态和离子状态扩散到水中去，这是一个物理过程，需要吸收热量。与此同时，溶质分子在不断地运动，又和水分子相互吸引形成水合分子（或水合离子）并放出热量。整个溶解过程，有热量、体积或颜色的变化。因此说溶解不是单纯的物理过程，也不是单纯的化学过程，而是一种复杂的物理化学过程。如果放出的热量多于吸收的热量，则溶液温度就升高；反之，溶液的温度则下降。溶液和混合物、化合物的区别，见表 1-2。

表 1-2 溶液、混合物和化合物的比较表

比较项目 \ 物类	混合物	溶 液	化合物
形成过程	物理过程	既包括物理过程,又包括化学过程	化学过程
组成	不固定	大多数物质溶解有一定限度,组成不固定	固定
状态	不均匀	均匀	均匀

4. 饱和溶液

固体在溶解过程中,进入溶剂中的溶质分子或离子,也可能被溶质表面吸引而回到固体表面上来,或在溶液中互相碰撞重新聚集成固体颗粒,即重新从溶剂中析出,这种过程叫做结晶。在一定温度下,单位时间内溶质溶解的量和结晶的量相等时,即溶解速度等于结晶速度。这时未溶解的溶质和已溶解溶质之间达到的平衡状态,叫做溶解平衡,溶解平衡是一个动态平衡。

在一定温度下达到溶解平衡的溶液,叫做饱和溶液。在一定温度下,还能继续溶解溶质的溶液,叫做不饱和溶液。

如果气体溶于液体中,在一定温度下溶解气体的分子数和从溶液中跑出来的气体分子数相等时,这时气体也达到了溶解平衡,这时的溶液也叫做气体的饱和溶液。

5. 饱和蒸气压

(1) 饱和蒸气压的定义 任何液体,其表面分子都有脱离液体表面而飞到空间去的倾向,即汽化。同时所产生的空间分子,由于不停地运动也有形成液体的倾向,即液化。汽化和液化是同时进行的两个相反的过程。在一定温度下当飞到空间去的分子数与形成液体的分子数相等时,即蒸气和液体的相对量不再发生变化,这时蒸气和液体间建立了动态平衡。此时液体上方的蒸气压力即为该液体在该温度下的饱和蒸气压,有时简称蒸气压。

(2) 饱和蒸气压与温度的关系

① 同一温度,不同液体,饱和蒸气压不同。如在 100°C 时,水为 101.325kPa 、苯为 179.19kPa 、甲苯为 74.08kPa 。

② 同一液体,不同温度,饱和蒸气压也不同。如:水在 20°C 时为 2.33kPa , 30°C 时为 4.23kPa 。

不同液体在不同温度时的饱和蒸气压,可查阅有关的物理化学手册。

6. 溶解度

(1) 溶解度的定义 由于各种物质在不同的溶剂中的溶解能力是不同的,通常是把一定温度和压力下,物质在一定量的溶剂中,达到溶解平衡时所溶解的量,叫做溶解度。某种物质的溶解度也就是在一定温度和压力下,饱和溶液中所含溶质的量。

对固体和液体的溶解度,是指在一定温度下,溶质在 100g 溶剂中达到溶解平衡时所溶解的克数。如 NaCl 在 20°C 时水中的溶解度为 35.8g ,即 NaCl 在 20°C 时 100g 水中最大溶解能力为 35.8g 。

对气体的溶解度是指在一定温度和压力下,一体积溶剂中所能溶解的气体体积数(要换算成标准状况时的体积数)。如氧气在 0°C 、 101.325kPa 下在水中的溶解度为 $0.0489\text{L}/1\text{L}$ 水,即在 0°C 、 101.325kPa , 1L 水中最多能溶解氧气为 0.0489L 。但仍有时用 100g 溶剂中溶解气体的克数表示。

自然界没有绝对不能溶解的物质,在常温下,根据溶解度的大小把固体物质分为:

- ①易溶物质:溶解度在 10g 以上的物质。②可溶物质:溶解度在 $1\sim 10\text{g}$ 之间的物质。
③微溶物质:溶解度在 1g 以下的物质。④难溶物质:溶解度在 0.01g 以下的物质。

(2) 影响溶解度的因素

① 溶质和溶剂的性质 溶质在溶剂里的溶解度，首先由溶质和溶剂的本性决定。

同一溶剂中，不同溶质的溶解度不同。如在 20°C 时 NaCl 在水中的溶解度为 35.8g ，而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ （熟石灰）在水中的溶解度为 0.165g ，这是由于不同溶质具有不同的结构而造成溶解度上的差异。

不同溶剂中，同一溶质的溶解度也不同。如衣服上的油污不容易被水洗去，但容易被汽油洗去，这说明油污在汽油中的溶解度比在水中大。又如碘 (I_2) 在四氯化碳里的溶解度比水中的溶解度大 85 倍。这是不同溶剂分子与溶质之间相互作用力的差异所造成的。大量的实验事实告诉我们，物质容易溶解在与它结构相似的溶剂里。极性物质容易溶于极性溶剂里；非极性物质，容易溶于非极性溶剂里。

② 温度对溶解度的影响 温度对溶解度的影响可分为两种情况。

(i) 固体物质的溶解度，大多数都随温度的升高而增加，如图 1-2 中 KNO_3 。也有少数物质的溶解度受温度影响不大，如 NaCl 。但有个别物质的溶解度随温度的升高而减小，如图 1-3 中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

(ii) 气体物质的溶解度，一般随温度的升高而减少。如氧气在水中的溶解度见表 1-3。

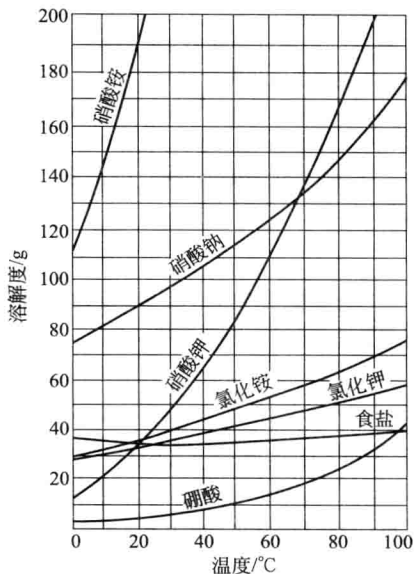


图 1-2 硝酸钾、食盐等物质的溶解度曲线图

表 1-3 不同温度下氧气在水中的溶解度 (1atm)

温度/ $^{\circ}\text{C}$	0	20	40	60	80
溶解度/(g/100g H_2O)	0.00694	0.00443	0.00311	0.00221	0.00135

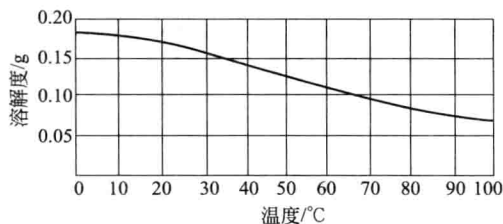


图 1-3 熟石灰溶解度曲线图

③ 压力对溶解度的影响 压力对固体物质的溶解度没有显著的影响。但气体的溶解度一般则随压力的增加成正比例的关系增大。如汽水是加压下使二氧化碳溶解于水的液体。当把瓶盖打开时，由于压力减小，大量二氧化碳冲出泡沫。氨气在 0°C 时，不同压力下水中的溶解度见表 1-4。

表 1-4 0° 时氨气在水中的溶解度

压力/kPa	13.3	66.5	133	199.5
溶解度/(g/100g H_2O)	28.0	69.2	116.2	165.6

(3) 溶解度的计算

① 固体溶解度的计算

例 1-1 将 20°C 时 50g 硝酸钾的饱和溶液蒸干，得到硝酸钾固体 12g 。求硝酸钾在 20°C 时的溶解度。

解：溶解度是指在 100g 水中所溶解硝酸钾的克数。依题意可知 50g 溶液中有水为 $50 - 12 = 38\text{g}$ ，即 38g 水可溶解 12g 硝酸钾。

设 100g 水中溶解硝酸钾 $x\text{g}$ ，则

$$38 : 12 = 100 : x$$

$$x = \frac{12 \times 100}{38} = 31.6 \text{ g}$$

例 1-2 已知 80℃ 时 KCl 的溶解度是 51g。问：（1）在 80℃ 时，100g 饱和溶液中溶解了多少克 KCl？（2）在 80℃ 时，溶解 100 克 KCl 至少需要多少水？

解：（1）80℃ 时 KCl 的溶解度为 51g，即 100g 水中溶解的 KCl 为 51g，所以这时饱和溶液的总质量（包括 H₂O 和 KCl）为：100+51=151g

设 100 克饱和溶液中溶解了 KCl x g，

则

$$151 : 51 = 100 : x$$

$$x = \frac{51 \times 100}{151} = 33.8 \text{ g}$$

（2）由题意知 80℃ 时，溶解 51g KCl 的饱和溶液需用水 100g。

设溶解 100g KCl 时需用水 y g。

则

$$51 : 100 = 100 : y$$

$$y = \frac{100 \times 100}{51} = 196 \text{ g}$$

② 气体溶解度的计算

例 1-3 在 0℃、1 大气压下，氢气在 1L 水中溶解 0.00198g，问在 0℃、3 大气压下氢气在 100mL 水中溶解多少克？

解：气体的溶解度与压力成正比，在 0℃、3 大气压下，氢气在 1L 水中溶解量：

$$0.00198 \times 3 = 0.00594 \text{ g}$$

所以在 0℃、3 大气压下，氢气在 100mL 水中溶解量为：

$$0.00594 \times \frac{100}{1000} = 0.000594 \text{ g}$$

练习题一

1. 指出下列现象哪些是物理变化？哪些是化学变化？

（1）矿石的粉碎； （2）产品的去水干燥；

（3）钢锭轧成钢材； （4）CO₂ 用水吸收；

（5）氯气的干燥； （6）溶液的精馏；

（7）NaOH 溶液的蒸发； （8）染料的过筛；

（9）溶液的结晶； （10）石油的裂解。

2. 求下列物质的摩尔数：（1）1.1g 氢原子；（2）80g 钙；（3）16g 硫；（4）64g NaOH；（5）17.6g CO₂；（6）0.1g H₂；（7）36.5g HCl；（8）49g H₂SO₄；（9）53g Na₂CO₃；（10）71g 氯气。

3. 什么是溶液，溶液的分类有几种？

4. 什么是饱和溶液，饱和蒸气压？

5. 什么是溶解度，影响溶解度的因素？

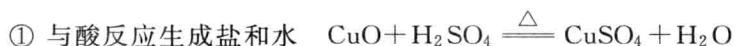
第二章 无机化合物基础

第一节 无机化合物的分类

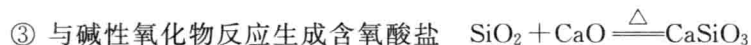
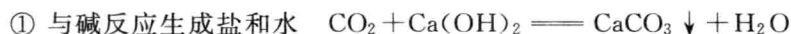
一、氧化物

由氧和另一种元素组成的化合物叫做氧化物。

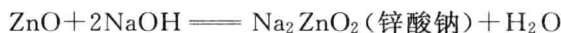
(1) 碱性氧化物 凡能和酸反应，生成盐和水的氧化物叫做碱性氧化物如 Na_2O 、 CuO 等。它们有如下性质。



(2) 酸性氧化物（又称酸酐） 凡能和碱反应生成盐和水的氧化物叫做酸性氧化物，如 CO_2 、 SO_2 等。它们有如下性质。



(3) 两性氧化物 既能和酸反应生成盐和水，又能和碱反应生成盐和水的氧化物叫做两性氧化物。如 ZnO 、 Al_2O_3 等。



除以上三种氧化物外，还有一种氧化物如 CO 、 NO 等，它们和酸、碱和水不起反应。这类氧化物叫做不成盐氧化物或惰性氧化物。

二、碱

通常在水溶液中电离生成的阴离子全部是氢氧根离子 (OH^-) 的化合物叫做碱。如 NaOH 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等。它们具有如下性质。

(1) 碱溶液遇酸碱指示剂，使红色石蕊试纸变蓝，无色酚酞变红，甲基橙由橙变黄。



(4) 与盐反应生成新碱新盐



三、酸

通常在水溶液中电离所生成的阳离子全部是氢离子 (H^+ ，实际为水合氢离子 H_3O^+)