

图书在版编目(CIP)数据

工程化学 / 尹建军编著 . — 兰州 : 兰州大学出版社 ,

2005.8

ISBN 7-311-02657-1

I . 工 . . . II . 尹 . . . III . 工程化学—高等学校—教材 IV . TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 102315 号

工 程 化 学

尹建军 编著

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水南路 222 号 电话 8912613 邮编 730000

E-mail press@onbook.com.cn

<http://www.onbook.com.cn>

兰州大学出版社激光照排中心照排

兰州军区空军印刷厂印刷

开本 : 787×1092 1/16 印张 20.75

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

插页 :1 字数 379 千字 印数 :1~3000 册

ISBN7-311-02657-1/T·161 定价 23.80 元



为了使我国高等教育能够适应经济发展和社会进步的要求,教育部在20世纪90年代中期实施了“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”,高等院校非化学化工类专业的基础化学教学是其中的重要组成部分。

随着高等教育的迅速发展,我国高等教育已经由“精英教育”逐步转变为“大众教育”,各高校在学生来源及培养目标等方面存在着较大的差异,这必然导致教学基本要求的不同,教学内容的深度和广度也必然会有差别,使用的教材也就应该有所不同。目前我国已有数种非化学化工类专业基础化学教材出版,且各有特色,极大地促进了非化学化工类专业基础化学的教学改革。

在多年从事基础化学一线教学的基础上,充分汲取已有的改革成果、已出版相关教材的特色和长处、国内外优秀基础化学教材的编写方法,并结合我国普通“教学研究型”高等院校的培养目标和要求、生源、师资水平等具体情况,编写了本教材。其基本思路是:以化学学科的研究对象和基本内容为主线,着重学生基本科学素质的培养和知识结构的完善,结合化学及其现代基本研究方法在工程实践中的应用,按照“发现问题、提出问题并解决问题”的“探究模式”介绍化学的基础知识以及解决化学问题的基本思路和方法,并兼顾化学及其相关交叉学科的最新发展动向。其基本内容框架如下:

第一章 绪论(1学时)

第二章 物质的组成和结构(1学时)

第三章 物质的结构和性质(1学时)

第四章 化学反应的基本原理(1学时)

第五章 非氧化还原反应(1学时)

第六章 氧化还原反应(1学时)

第七章 现代化学的基本研究方法(1学时)

建议理论课1学时,做1学时的配套实验,共计2学时。若采用选

讲与自学相结合的方式进行教学,理论课的教学时数可以压缩到1/3学时。本教材可以用作计划学时为1/3学时的普通高等院校非化学化工类专业的基础化学教材,也可供教师和学生在学习时参考。

本教材在编写过程中得到了兰州理工大学石油化工学院多位教师的大力协助和支持,冯辉霞老师提供了第三章、第五章、第六章和第七章的部分编写素材,并和梁卫东、王玉春、王毅、陈娜丽、刘小育等老师一道提供了部分习题材料,进行了教材初稿的教学试用,提出了许多宝贵的意见,为本教材的最后成稿付出了辛勤的努力,在此表示衷心的感谢。同时还要感谢石油化工学院领导以及我的家人的理解、关心和支持。

由于编者知识水平和时间所限,难免会有不妥甚至错误之处,衷心希望各位读者和专家教授批评指正。

本教材附录中提供的“《工程化学》教学基本要求”可供各高校根据不同专业和不同学时数的需要在选择授课内容时参考。

编 者
冯 辉 霞

























第一章 绪论	(员)
异 理 化学的发展以及化学的研究对象和内容	(员)
异 理 化学与我们的生活和工作	(猿)
异 理 化学的基本研究方法	(源)
异 理 物理量及其运算	(苑)
异 理 基本概念	(苑)
异 理 对数中的物理量以及量值的计算	(员)
习题	(员)
第二章 物质的组成与结构	(员)
异 理 物质的聚集状态	(员)
异 理 固体、液体和气体的基本性质	(员)
异 理 气体状态方程与分压定律	(猿)
异 理 等离子体	(员)
异 理 物质的化学组成	(员)
异 理 混合物的化学组成	(员)
异 理 整比与非整比化合物	(员)
异 理 有机化合物和无机化合物	(员)
异 理 高分子化合物	(员)
异 理 配位化合物	(员)
异 理 原子结构与元素周期律	(员)
异 理 玻尔理论	(员)
异 理 现代原子结构理论	(员)
异 理 多电子原子核外电子的运动状态	(猿)
异 理 元素的原子结构和周期律	(猿)

分子结构与化学键理论	(158)
化学键	(158)
共价键理论	(158)
分子轨道理论基本要点	(158)
能带理论基本要点	(158)
习题	(158)
第三章 物质的结构和性质	(158)
物质的结构与物理性质	(158)
微观粒子之间的作用力与物质的聚集状态	(158)
固态物质的结构与性质	(158)
液态物质的结构与性质	(158)
物质的结构与化学性质	(158)
物质的结构与表面性质	(158)
固体对气体的吸附	(158)
固体对液体的吸附	(158)
固体对固体的吸附	(158)
表面活性剂	(158)
化学反应中的催化剂	(158)
材料化学概论	(158)
金属材料	(158)
无机非金属材料	(158)
高分子材料	(158)
复合材料	(158)
纳米材料	(158)
习题	(158)
第四章 化学反应的基本原理	(158)
热力学基本概念	(158)
系统与环境	(158)
系统的性质	(158)
状态与状态函数	(158)
热力学平衡态	(158)
过程与途径	(158)
热和功	(158)

异题 热化学与能量转化	(页)
异题 系统热力学能的变化——热力学第一定律	(页)
异题 热效应和焓变	(页)
异题 热化学	(页)
异题 化学反应的方向和限度	(页)
异题 自发过程的共同特征——热力学第二定律	(页)
异题 自发变化的驱动力	(页)
异题 标准摩尔反应吉布斯函数变的计算	(页)
异题 任意条件下摩尔反应吉布斯函数变的计算与化学平衡 ...	(页)
异题 化学动力学基础	(页)
异题 化学反应速率的表示方法	(页)
异题 化学反应的速率方程	(页)
异题 影响化学反应速率的因素	(页)
异题 基元反应的速率常数与平衡常数	(页)
习题	(页)
第五章 非氧化还原反应	(页)
异题 酸碱反应	(页)
异题 酸碱理论	(页)
异题 溶液浓度的计算	(页)
异题 沉淀溶解反应	(页)
异题 难溶盐的溶度积常数和溶解度	(页)
异题 溶度积规则及应用	(页)
异题 配合物的形成与离解反应	(页)
异题 环境化学概论	(页)
异题 大气环境化学	(页)
异题 水体质量与水资源	(页)
异题 固体废弃物	(页)
异题 生命与化学	(页)
习题	(页)
第六章 氧化还原反应	(页)
异题 原电池	(页)
异题 原电池的基本概念	(页)
异题 电极电势与原电池的电动势	(页)

异源	能斯特方程以及电极电势的应用	(圆)
异源	法拉第定律	(圆)
异源	能斯特方程	(圆)
异源	电极电势的应用	(圆)
异源	电解	(圆)
异源	电解与电解池	(圆)
异源	分解电压	(圆)
异源	电极的极化和超电势	(圆)
异源	电解的应用	(圆)
异源	金属材料的腐蚀及其防护	(圆)
异源	腐蚀的分类与腐蚀机理	(圆)
异源	材料的耐腐蚀性能	(圆)
异源	材料的保护	(圆)
异源	能源化学概论	(圆)
异源	煤	(圆)
异源	石油与天然气	(圆)
异源	核能	(圆)
异源	氢能	(圆)
异源	太阳能	(圆)
异源	化学电源	(圆)
	习题	(圆)
	第七章 现代化学的基本研究方法	(圆)
异源	常用的分离、富集和提纯方法	(圆)
异源	筛分、过滤与离心分离法	(圆)
异源	萃取分离法	(圆)
异源	蒸馏与精馏	(圆)
异源	重结晶	(圆)
异源	色谱分离法	(圆)
异源	现代分析测试方法	(圆)
异源	热分析法	(圆)
异源	光分析法	(圆)
异源	电分析法	(圆)
异源	质谱分析法	(圆)

异  象 色谱分析法	()
异  近 其它分析法	()
习题	()
主要参考文献	()
附录	()
I  《工程化学》教学基本要求	()
II  些重要的物理常数	()
III  物质的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成  数和标准摩尔熵	()
IV  见弱酸和弱碱的离解平衡常数	()
V  见难溶和微溶电解质的溶度积常数	()
VI  些常见配位化合物的稳定常数和不稳定常数	()
VII  益 时水溶液中常见电对的标准电极电位	()
元素周期表	

第一章 绪 论

人类的生命、生活和社会的进步、发展与化学有着不解之缘。钻木取火、烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器和铁器、火药的发明、高分子材料的制备、药物及其中间体的合成、功能材料的研究开发和化工产品的生产等等,都与化学密切相关。化学知识的广泛应用,极大地促进了社会生产力的发展,提高了人们的生活质量,成为人类文明与进步的标志之一。化学作为一门基础学科,对科学技术和社会生活的方方面面都有着巨大的影响。

§ 1.1 化学的发展以及化学的研究对象和内容

化学是在原子和分子的层次上研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的一门学科。是研究原子、分子层次范围内的物质结构和能量变化的科学,是物质科学的基础学科之一,化学是一门中心的、实用的、创造性的科学。伴随着人类社会的进步与发展,化学也从远古的萌芽时期逐渐发展到了比较系统完善的现代化学时期。在远古的工艺化学时期,人类的制陶、冶金、酿酒、染色等工艺,主要是在实践经验的直接启发下,经过长时间的摸索而逐渐掌握的,系统的化学知识还远没有形成,这是化学发展的萌芽阶段。从公元前 1500 年到公元 1650 年前后,是化学发展的炼丹术和医药化学时期,在皇宫、在教堂、在自己的家里和在深山老林中,炼丹术士和炼金术士们为了求得可使人长生不老的仙丹,或为了求得可使人荣华富贵的黄金,开始了最早的化学实验,掌握了许多物质的重要性质。在中国、阿拉伯、埃及和希腊等国都有不少记载和总结炼丹术的书籍,为化学的进一步发展准备了丰富的素材,后来,炼丹术、炼金术几经盛衰,使人们更多地看到了它荒唐的一面,而化学方法逐渐在医药和冶金方面发挥了作用。在欧洲文艺复兴时期,出版了一些有关化学的书籍,第一次有了“化学”这个名词,英语中的 chemistry 起源于 alchemy,即炼金术的意思,chemist 至今还保留着两个相关的含义,即化学家和药剂师,这可以说是化学脱胎于炼金术和制药业的文化遗迹。从 1650 年到 1775 年前后,是化学发展的燃素化学时期,随着炼丹炼金、医药和冶金等实践经验的积累,人们逐渐对已有的感性知识进行了归纳总结,提出了燃烧的燃素学说。认为可燃物质能够燃烧是因为它含有“燃素”,燃烧

的过程就是可燃物中的“燃素”放出的过程,可燃物放出“燃素”后就成为灰烬。1723年,德国哈雷大学的医学与药理学教授施塔尔出版了教科书《化学基础》,他继承并发展了他的老师贝歇尔有关燃烧现象的解释,形成了贯穿整个化学的完整而系统的理论,《化学基础》是燃素说的代表作。波义耳于1661年发表的《怀疑派化学家》指出:“化学的目的是认识物质的结构,而认识的方法是分析,即把物质分解成元素”,这成为了近代化学的基础。在1775年前后,拉瓦锡接受了波义耳的说法,根据定量化学实验的结论,提出了元素的概念和燃烧的氧化学说,道尔顿(J. Dalton)于1803年提出了原子学说,使化学进入了这个持续至今以原子理论为主线的近代定量化学时期。1860年康尼查罗(S. Cannizzaro)根据阿伏加德罗(A. Avogadro)假说理顺了当量和原子量的关系,改正了几乎全部的化学式和分子式,确立了原子-分子理论,简称原子理论,它指明:不同元素代表不同原子,分子是由原子在空间按一定方式或结构结合而成的,分子的结构直接决定其性能,分子进一步聚集成物体。从此,化学依据最基本的原子-分子理论而飞速发展。这一时期建立了不少的化学基本定律,发现了元素周期律,发展了有机结构理论等,所有这一切都为现代化学的发展奠定了坚实的基础。在20世纪初,量子理论的形成和发展解决了化学上许多悬而未决的重大问题,使物理学和化学产生了交叉。另一方面,化学又向生物学等领域渗透,使蛋白质和酶的结构等问题逐步得到解决。科学技术的飞速发展使各个学科相互渗透,产生了多个新兴的交叉学科,化学也进入了现代发展时期。

化学研究的对象是各种各样的物质。人类用肉眼能见到的和不能直接观察到的以原子或分子形态存在的物质,都是我们要了解和研究的对象。

随着科学技术的发展,人们已能通过先进的科学仪器观察一些物质的原子排列状况。1990年前后,美国等少数国家首先在 -269°C 的低温下移动了原子。1993年,中国科学院北京真空物理实验室的研究人员,在常温下以超高真空扫描隧道显微镜为手段,通过探针拨出硅晶体表面硅原子的方法,在硅晶体的表面形成了规整的“中国”两字的图形,经放大约180万倍后可在计算机屏幕上显示出来,这两个字的“笔画”实际宽度约2 nm,是目前已知最小的汉字。

现代化学主要包括无机化学、有机化学、分析化学和理论化学(含物理化学和结构化学)四个分支学科,一般称为四大化学。

无机化学的研究对象是单质和无机化合物;有机化学则专门研究有机化合物;分析化学是研究不同物质组成的分离鉴定和定量测定的学科,理论化学研究的重点是物质的结构和化学的定律、原理及理论等。化学各分支学科的界限是人为规定的,不仅相互之间有交叉,而且化学及其分支学科还和其它学科如生物学、医学、材料学、冶金学、建筑学、能源与环境科学等相互交叉,从而产生了许多

交叉学科,如金属有机化学、材料化学、生物化学、冶金物理化学、固体化学、材料腐蚀与防护化学、药物化学、土建化学、工业化学、纳米化学、食品化学、环境化学、水处理化学和能源化学等。作为一门基础学科,化学与科学技术的进步和社会的发展密切相关,是我们每个现代人知识结构中不可缺少的组成部分,生活在现代社会的每个人,尤其是工程技术人员都应该具备基本的化学素质和必要的化学基础知识。

§ 1.2 化学与我们的生活和工作

在我们的日常生活以及在能源、环境、材料、生命科学等各个方面,化学都直接或间接地起着无可替代的重要作用。

人们的衣、食、住、行、用等无不与化学元素及其所组成的千百万化合物相关。

建筑用的水泥、玻璃和油漆,日常生活用的肥皂、牙膏和化妆品,织物上色所用的合成染料,粮食生产中使用的化肥和农药,维持生命健康的维生素和药物,交通运输工具中金属部件上的油漆,制造汽车轮胎用的合成橡胶,发动机的燃油、润滑油及其添加剂,印刷所用的油墨,摄影胶片上涂用的感光化学品,彩电和电脑显示器中的荧光材料等等,都是化学制品。

菠菜营养丰富,有“蔬菜之王”之称,但也不宜食用过多。因为每百克菠菜含草酸约 300 mg,过多的草酸可以导致人体缺钙、缺铁等而影响健康。豆腐中一般含有较多的钙质,若与菠菜一起食用,可在人体内形成结石成分之一的草酸钙,因此做菜时最好不要把菠菜和豆腐一起烧。

在机械设计制造方面,也会经常碰到与化学相关的问题。例如,某大型企业设计的专用风机投入使用后,为企业创造了巨大的经济效益,但好景不长,由于腐蚀严重,他们不得不定期更换风机,不仅需要投入经费,更重要的是因此停产而造成了巨大的经济损失。风机使用寿命不长的关键原因是腐蚀,因此企业聘请了研究腐蚀问题的专家来解决问题,经过认真的调查研究和分析,他们发现了产生腐蚀的主要原因,其实很简单,就是由于进入风机的污染性气体温度过高,对专用风机的设计和安装稍加改进后就基本上解决了这一问题。又如,某大型化工企业的输料管道使用寿命不长,原因是在管道的转弯处容易发生穿孔而漏料,经分析研究发现,产生这一问题的原因主要有两个,一是管材对输送流体的耐腐蚀性能不够好,二是管道的结构设计上没有充分考虑到腐蚀的影响,企业通过改变管道材质和结构革新设计等,大大地延长了输料管道的使用寿命,为企业创造了可观的经济效益。

材料的研究开发、加工成型和使用过程都与化学密切相关。现代汽车工业、飞机制造业等在机械设备、机械零件加工成型以后,有许多时候需要进一步进行表面处理,例如磷化、涂装、发蓝等,都是化学工作者的任务。材料的化学组成是材料研究与应用的基本问题,在组成确定后,材料的组织结构是影响材料加工使用性能的核心因素,要深入研究原子堆积结构—分子聚集体高级结构—材料组织结构—理化性质—力学性质—材料性能之间的关系,更是离不开化学。

人类社会的发展与能源消费的增长是密切相关的,我们现在使用的能源主要来自化石燃料——煤、石油和天然气等,但化石燃料是一种不可再生、且储藏量有限的资源,而且在开采和燃烧过程中还会对自然环境造成严重污染。为了更好地解决能源问题,人们一方面在研究如何提高燃料的使用效率,另一方面在寻找新的替代能源。这些都离不开化学工作者的努力,例如,可以大大提高燃料能量利用效率的燃料化学电池的研究开发等。在新能源开发方面,化学家正在尝试制备光分解水制备氧气和氢气的高效催化剂,若能成功并可以投入实际应用,生活在地球上的人们将永远不用担心能源枯竭的危险。

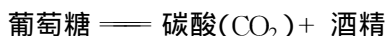
环境问题是当今世界各国都非常关注的问题。在世界人口不断增长、生产不断发展、人民生活质量不断提高的过程中,土地的沙漠化、水体污染造成的水资源危机、酸雨的形成、臭氧层的破坏和使用有毒化学品造成的污染等,使环境受到了不同程度的破坏。因此,环境保护已成为当今和未来全球性的重大课题之一,也是我国的一项基本国策。有专家提出,若利用太阳能使燃烧产物如 CO_2 、 H_2O 和 N_2 等重新组合成 CH_4 、 CH_3OH 和 NH_3 等的构想能够成为现实,那么,不仅可以消除大气污染,而且还可缓解能源危机。

人们关心的另一重要课题是如何保持人体健康和提高人们的生活质量。我们知道,用以保证人体健康的营养成分、治疗疾病所用的高效药物、各种元素对人体的生理作用、以及揭开生命奥秘等研究工作都离不开化学。

§ 1.3 化学的基本研究方法

拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743~1794年)出身于巴黎一个富裕的律师家庭,自幼受到良好的科学教育,对自然科学有着广泛而浓厚的兴趣,是近代化学的奠基者。他的第一篇化学论文是关于石膏成分的研究。他用硫酸和石灰合成了石膏,石膏被加热时放出了水蒸气,拉瓦锡用天平仔细测定了不同温度下石膏失去水蒸气的质量,然后认真分析总结,弄清了石膏的成分。从此,他的老师鲁伊勒就开始使用结晶水这个名词了。这次成功使拉瓦锡开始经常使用天平,并总结出了质量守恒定律,质量守恒定律成为他的信念,成为他进行定量实验、思维和

计算的基础。例如他曾经应用这一思想,把糖转变为酒精的发酵过程表示为下面的等式:



这正是现代化学方程式的雏形,用等号而不用箭头来表示变化过程,表明了他守恒的思想。拉瓦锡为了进一步阐明这种表达方式的深刻含义,又具体地写到:我可以设想,把参加发酵的物质和发酵后的生成物列成一个代数式,再假定方程式中的某一项是未知数,然后分别通过实验,或逐个算出它们的值,这样就可以用计算来检验我们的实验,再用实验来验证我们的计算。我经常卓有成效地用这种方法修正实验的初步结果,使我能够通过正确的途径重新进行实验,直到获得成功。

早在拉瓦锡出生之前,多才多艺的俄罗斯科学家罗蒙诺索夫就提出了质量守恒定律,他当时称之为“物质不灭定律”,其中含有更多的哲学意蕴。但由于“物质不灭定律”缺乏足够的实验根据,特别是当时俄罗斯的科技发展水平还很落后,造成西欧对沙俄的科学成果不够重视,“物质不灭定律”并没有得到广泛的认同。

1772年秋天的一天,拉瓦锡称量了一定质量的白磷使之燃烧,冷却后又称量了燃烧产物 P_2O_5 的质量,发现质量增加了!他又燃烧硫磺,同样发现燃烧产物的质量大于硫磺的质量。他想这一定是什么气体被白磷和硫磺吸收了,于是他又做了更细致的实验,将白磷放在水银面上,扣上一个钟罩,钟罩里留有一部分空气。加热水银到 40°C 时白磷就迅速燃烧,之后水银面上升。拉瓦锡描述道:这表明空气被部分消耗,剩下部分不能使白磷燃烧,并可使燃烧着的蜡烛熄灭,且给出了定量的结论:增加的质量和所消耗的约 $1/5$ 容积的空气质量相同。

燃素说认为燃烧是分解过程,燃烧产物应该比可燃物质量轻。而拉瓦锡实验的结果却是截然相反,他把实验结果写成论文交给法国科学院,从此他做了很多实验来证明燃素说的错误。在1773年2月,他在实验记录上写到:我所做的实验使物理和化学发生了根本的变化。他将“新化学”称为“反燃素化学”。

1774年,拉瓦锡做了焙烧锡和铅的实验。他将称量后的金属分别放入大小不等的曲颈瓶中,密封后再称量金属和瓶的质量,然后充分加热反应。冷却后再称量金属和瓶的质量,发现并没有变化。打开瓶口,有空气进入,这一次质量增加了,显然增加量是进入反应瓶的空气质量。他再次打开瓶口取出金属锻灰,发现了与金属相比,金属锻灰增加的质量正好和进入反应瓶的空气质量相同,这表明锻灰是金属与空气的化合物。拉瓦锡进一步想,如果设法从金属锻灰中直接分离出空气来,就更能说明问题。他曾经试图分解铁锻灰即铁锈,但实验没有成功。这年10月,普里斯特里访问巴黎,在欢迎宴会上他谈到“从红色沉淀

(HgO)和铅丹(Pb_3O_4)可得到脱燃素气” ,这使正在无奈中的拉瓦锡很受启发 ,同年 11 月 ,拉瓦锡加热红色的汞灰制得了氧气。为了进行更深入的研究 ,拉瓦锡在舍勒的启发下 ,甚至制造了火车头大小的加热装置。1775 年 ,拉瓦锡的实验中心已经从分解金属煅灰制取氧气转移到了对氧气性质的研究 ,他发现物质燃烧时增加的质量恰好是氧气减少的质量 ,以前认为可燃物燃烧时吸收了一部分空气 ,其实是吸收了空气中的氧气并与之化合 ,即氧化 ,这就是推翻了燃素说的氧化理论。与此同时 ,拉瓦锡还通过动物实验揭示了呼吸是氧气在动物体内与碳化合 ,生成二氧化碳的同时放出热来 ,和在实验室中燃烧有机物的情况完全一样 ,这就解答了体温的来源问题。空气中既然含有氧气 ,就应该含有其它气体 ,拉瓦锡将其称为“碳气” ,在研究了空气的组成后 ,他总结道 :不是全部空气都用来呼吸的 ,金属焙烧时 ,与金属化合的那部分空气是合乎卫生的 ,最适宜呼吸的 ,剩下的部分是一种“碳气” ,不能维持动物的呼吸 ,也不能助燃。他把燃烧与呼吸统一了起来 ,也结束了空气是一种纯净物质的错误见解。1777 年 ,拉瓦锡明确地讥讽和批判了燃素说 :化学家从燃素说只能得出模糊的要素 ,它十分不确定 ,因此可以用来任意地解释各种事物 ,有时这一要素是有质量的 ,有时又没有质量 ;有时它是自由之火 ,有时又说它与土素相化合成火 ;有时说它能通过容器壁的微孔 ,有时又说它不能透过 ;它能同时用来解释碱性和非碱性、透明性和非透明性、有颜色和无色 ,它真是只变色虫 ,每时每刻都在改变它的面貌。这年的 9 月 5 日 ,拉瓦锡向法国科学院提交了划时代的《燃烧概论》 ,系统地阐述了燃烧的氧化学说。这本书后来被翻译成多国语言 ,逐渐扫清了燃素说的影响 ,自此切断了化学与古代炼丹术的联系 ,揭掉了神秘和臆测的面纱 ,代之以科学的实验和定量的研究 ,使化学进入了近代定量化学时期。舍勒和普里斯特里先于拉瓦锡发现氧气 ,但由于他们思维不够广阔 ,更多地只是关心具体物质的性质 ,没有冲破燃素说的束缚而与真理擦肩而过 ,这是很遗憾的。

从拉瓦锡建立燃烧的氧化学说的过程我们可以知道 ,科学的态度和一丝不苟的精神是进行科学研究的前提 ,正确的方法和必要的研究手段是进行科学研究的基础 ,广阔的思维和善于归纳分析是进行科学研究的保证。化学的基本研究方法是 :发现或制备出物质并分离、提纯 ,用合适的方法确定物质的组成与结构 ,研究物质的性质、变化规律及其应用。

工程化学是从物质的化学组成、结构和性质出发 ,联系现代工程技术 ,如材料的研究开发、加工成型、表面处理 ,环境污染与保护 ,能源开发及利用 ,以及生命科学发展等所遇到的相关的化学问题 ,介绍工程技术人才完善自己的知识结构、提高自己的综合素质和强化自己的创新能力所必需的基本化学知识及化学思维方法。

在学习工程化学过程中,要始终把握着物质的组成—结构—性质—变化规律—应用这一主线,除了要掌握基本的化学概念、物理量的表示符号及其意义等,更要注意化学问题是怎样被提出并逐步加以解决的,要深刻体会并尽自己的能力去理解其中所蕴含的科学思维方法。必要的知识积累是十分重要的,但掌握获取知识的方法比获取知识本身更重要!

§ 1.4 物理量及其运算

化学是在原子和分子层次上研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的一门学科,它常用定量的公式描述物理量之间的关系,因此,必须正确掌握物理量的概念及其运算规则,这也是培养严谨科学态度的基本要求。

§ 1.4.1 基本概念

物理量简称为量,定义为现象、物体或物质的可以定性区别并定量确定的属性。例如:时间、长度、体积、温度等。

相互之间存在确定关系的一组物理量称为一种量制。在函数关系上彼此独立的物理量称为量制的基本量,由基本量的函数定义的量称为导出量。实际使用的有多种量制,如国际单位制(International System of Units)、工程量制、英制等。

国际单位制是1960年第十一届国际计量大会通过的一种单位制,它是世界上最先进、科学和实用的单位制,其国际代号SI取自法文LeSystème International d'Unités中的前两字的字头。国际单位制由7个基本单位、2个辅助单位和19个具有专门名称的导出单位所组成。所有单位都各有一个主单位,利用10进倍数和分数的16个词头组成SI单位的10进倍数单位和分数单位。这7个基本单位分别是:①长度单位:米(m);②质量单位:千克(kg);③时间单位:秒(s);④电流强度单位:安培(A);⑤热力学温度单位:开尔文(K);⑥物质的量单位:摩尔(mol);⑦发光强度单位:坎德拉(cd)。它们彼此独立,并有严格的定义。

基本单位

米:米等于光在真空中299 792 458分之一秒时间间隔内所经路径的长度(通过巴黎的地球子午线的四千万分之一)。

[第17届CGPM(1983)]

千克:千克是质量单位,等于国际千克原器的质量。国际千克原器是世界上目前所存的定义最早(1889年)、保存最严密的7个基本量中唯一的实物标准。

18世纪中叶,法国规定 1 dm^3 纯水在 4°C 时的质量为 1 kg ,并且用铂制作了标准千克原器,保存在法国档案局,因而称这个标准千克器为“档案千克”。1872年科学家们通过国际会议,决定以法国的档案千克为标准,用铂依合金制作标准千克的复制品,并选择了一个质量与“档案千克”最接近的作为国际千克原器,保存在巴黎国际计量局。1889年召开的第一届国际计量大会批准以这个国际千克原器作为质量标准,沿用至今。中国“国家千克基准”在1965年由国际计量局检定,并由伦敦的 Stanton 仪器公司加以调整,保存在北京中国计量科学院的质量标准库中。

[第一届 CGPM(1889)和第3届 CGPM(1901)]

秒 秒是金属原子铯-133基态的两个超精细能级之间跃迁所对应辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间。

安培 安培是电流的单位。在真空中,截面积可忽略的两根相距 1 m 的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 $2 \times 10^{-7} \text{ N}$,则每根导线中的电流为 1 A 。

[第8届 CGPM(1946),决议2;第9届 CGPM(1948)批准]

开尔文 热力学温度开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

[第13届 CGPM(1967),决议4。注1:第13届 CGPM(1967,决议3)还决定单位开尔文与符号 K 用于表示温度间隔或温度差;注2 除以开尔文表示的热力学温度(符号为 T)外,也使用按式 $t = T - T_0$ 所定义的摄氏温度(符号 t),其中 $T_0 = 273.15 \text{ K}$ 。单位“摄氏度”等于“开尔文”,但表示摄氏温度时,“摄氏度”是代替“开尔文”的一个专门名称。温度间隔或摄氏温度差可以表示为摄氏度,也可以表示为开尔文]

摩尔 摩尔是一个系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 0.012 kg 碳-12的原子数目相等。在使用摩尔时,基本单位应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合。

[第14届 CGPM(1971),决议3]

坎德拉 坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 $(1/683) \text{ W/Sr}$ 。

[第16届 CGPM(1979),决议3]

辅助单位

弧度 弧度是圆内两条半径间的平面角,这两条半径在圆周上截取的弧长与半径相等。

球面度 球面度是一个立体角,其顶点位于球心,而它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形面积。

在国际单位制中,所有的导出单位,当按一定的定义函数从基本单位或辅助单位导出时,其系数都是1,而且所有的SI单位在运算过程中的系数也都是1,从而使运算简化,这体现了国际单位的一贯性。国际单位制把科研、生产、文教、贸易及人民生活的各个方面所应用的计量单位统一在一个单位制中,有利于促进国际上的科学技术、文化教育与经济的交流,同时还具有简明、实用的突出优点,因而被许多国家所采用。我国法定计量单位的主体就是国际单位制。

量纲是表示一个物理量如何由基本量组合而成的式子,基本量的量纲为其自身,以其量符号的正体大写字母表示。SI量制中7个基本量的量纲符号分别为:L、M、T、I、Θ、N、J。导出量Q的量纲则以基本量的幂乘积表示,如Q的量纲可以表示为

$$\dim Q = L^{\alpha} \cdot M^{\beta} \cdot T^{\gamma}$$

其中 α 、 β 、 γ 等称为量纲指数; \dim 为量纲符号,例如密度 ρ 的量纲为 $\dim \rho = ML^{-3}$ 。若导出量Q的量纲表示式中基本量纲的指数均为零,则称Q是量纲为1的量(以前称为无量纲量),例如相对密度,质量分数等。

量纲的作用如下:

- 1) 可确定出同一物理量不同单位之间的换算关系;
- 2) 通过量纲分析可以确定表达式中比例系数的量纲和单位;
- 3) 利用量纲可以检验文字结果的正误。

单位是物理量计量单位的简称,表示计量单位的约定符号称为单位符号。给定量制中基本量的单位称基本单位,导出量的单位称导出单位。SI单位制中7个基本量的名称、单位名称和单位符号分别为:长度,米,m;质量,千克,kg;时间,秒,s;电流,安[培],A;热力学温度,开[尔文],K;物质的量,摩[尔],mol;发光强度,坎[德拉],cd。SI的导出单位有 $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$, $J = N \cdot m$ 等,上面提到的导出量Q的单位应是 $m^{\alpha} \cdot kg^{\beta} \cdot K^{\gamma}$ 。单位符号均为正体字母,除来源于人名的单位的第一个字母用大写外,其余均用小写。例如m是米的符号,N是牛顿的符号等。除SI单位外,我国在化学中常用的法定计量单位还有:时间:分(min),[小时](h),日(天)(d);体积:升(L或l);质量:吨(t);能量:电子伏特(eV)等。

由一个数乘以计量单位所表示的特定量的大小称为量值。量值独立于单位,亦即可用不同单位给出同一量值。设量Q的单位为[Q],其数值为{Q},则 $Q = \{Q\} \cdot [Q]$,{Q}称为量的数值,其大小与[Q]有关。例如:水在101 325 Pa、4℃时的密度 $\rho = 1.0 \text{ kg/dm}^3$,还可以表示为 $\rho = 1 \times 10^3 \text{ g/dm}^3$; $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 1.0 \text{ g/ml}$ 等。

量方程是指物理量之间的定量关系式。使用量方程进行计算时,其中的量