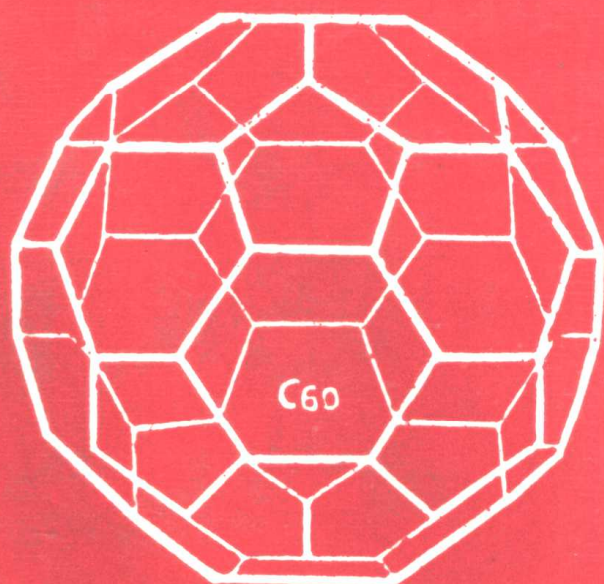




陈灏 苏小云 编

无机化学

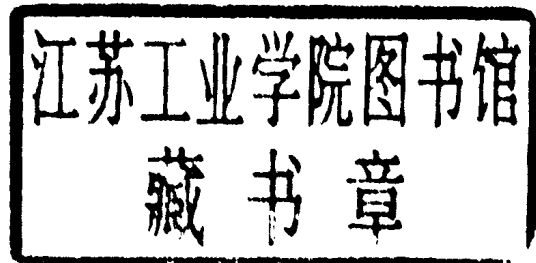
(上册)

中央广播电视大学出版社

无机化学

上册

陈 颢 苏小云 编



中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

无机化学

上册

陈 灏 苏小云 编

*

中央广播电视大学出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
北京 通县 联华 印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 插页 1 千字 448

1993 年 2 月第 1 版 1994 年 2 月第 2 次印刷

印数 9001—27000

定价 11.25 元

ISBN 7-304-00787-7/O·63

前 言

本书是为广播电视大学无机化学课程而编写的教材,包括电视讲授、实验、面授讨论等内容,也可供一般工科院校、职大、夜大、业大、函大及自学者选用或参考。

根据电大远距离教学的要求及多年教学实践中的体验,结合当前工科无机化学教学的实际,编写本书时,侧重考虑了以下几点:

1. 根据国家教委审定的“高等工程专科学校无机化学课程教学基本要求”,凡应在大一无机化学课程中讲授的内容,本书均予选入,以保证和全国同级院校的要求相一致。

2. 本书力求把握对大专层次的要求,对内容的取舍本着“必需”、“够用”为原则,既要注意教材的科学性、系统性,又要体现其实用性。同时还注意了教材内容起点与现行的高中化学教材的衔接关系。

3. 为了适应在职学习、脱产学习和高等教育自学考试的要求,编者力求使教材在文字叙述上简明流畅,深入浅出,通俗易懂,注重学习方法的指导,力求将学生要学习的内容和对学生学习方法的指导结合起来,以利于学生自学。

4. 根据教育部1978年关于“教材采用国际单位制的通知”精神。本书基本上采用了国际单位制。

本书共分三大部分(基本教材、实验教材、习题与讨论课教材),分上、下两册出版。上册内容为基本教材中的第一章至第九章,下册内容为基本教材中的第十章至第十四章、实验教材、习题与讨论课教材。参加本书编写工作的有:华东化工学院苏小云副教授(编写绪论、第六、七、八、十一、十二、十四章);中央广播电视大学陈灏副教授(编写第一、二、三、四、九、十章,习题与讨论课教材及部分实验教材);武汉市广播电视大学胡汉萍讲师(编写第十三章);中央广播电视大学刘宝廷讲师(编写第五章及部分实验教材);黑龙江广播电视大学张志生副教授(编写部分实验教材)。上册由陈灏、苏小云主编;下册由苏小云、陈灏主编。全书由陈灏、苏小云统稿。

参加审稿工作的有北京大学严宣申教授(主审)、武汉大学秦子斌教授、中国纺织大学郑利民教授、天津大学凌芝副教授。他们对书稿提出了许多宝贵意见,给编者以很大的帮助。最后由严宣申、凌芝定稿,陈灏也参加了定稿工作。

本书的编写,得到了中央广播电视大学的领导以及教务处、出版社的极大关怀和支持。天津大学庄公惠教授、东南大学俞华扬副教授、上海电视大学徐作元副教授对本书的编写提出了有益的建议。在此对以上各个方面的专家以及关心本书编写的同志致以深切的谢意。

限于我们的业务水平和认识水平,书中谬误和疏漏之处,恳请读者不吝赐教。

编 者

1992. 8

本书使用说明

基本教材

基本教材共14章,供电视授课及指导自学使用,也可供同教育层次学校无机化学课程教学使用。电视授课共63学时。各章由目的要求、学习指导、教学内容,本章小结、自我测验、练习题和参考资料等部分组成。

1. 目的要求 一般将每章的教学目的和要求分为了解、理解或熟悉、掌握或学会三个层次,便于学员按不同要求层次学习有关内容。

2. 学习指导 包括学时分配、学习方法指导等内容。每章中写明了电视授课、自学和复习作业的学时分配,明确指出自学的内容不作电视授课由学员通过阅读教材达到要求。复习及作业学时数供学员衡量自己学习水平时参考。其它同类教育层次学校使用本书作为教材时,可以电视授课(包括自学)学时数作为组织教学的参考学时。为发挥学员的学习主动性,每章都提出了学习方法的指导意见,以帮助学员了解在学习该章时应注意哪些问题,掌握该章的重点和难点,有目的的收看电视授课。课后再通过复习、自我测验和完成练习题来达到教学要求。

3. 教学内容

这部分是教材主体。主要根据“高等工程专科学校无机化学课程基本要求”编写。学员可在预习时先作粗读,做到了解本章内容和重点、难点所在,并提出疑点。在收看电视授课时分清主次。课后再作精读,加以消化。书中各章每一节后都列有若干复习思考题,可以帮助复习、整理和掌握该节的主要内容。书中带*号的内容,不要求同学掌握。

4. 本章小结 指出本章的主要内容。学员在学习过程中应逐渐学会自行归纳总结,并与之对照,从而认识本章所述内容框架,搞清有关基本概念、原理、计算方法、重要性质和反应等内容。

5. 自我测验题 主要采用是非题、填空题和选择题等题型,涉及计算的题目也不要求作具体推导。学员应在听课、复习的基础上自行检验,然后再与所附参考答案核对。用以检查自己对本章内容的理解和对教学基本要求达到的程度。

6. 练习题 分为A、B两组。A组为必做题。能独立完成A组题是教学的基本要求。B组题为选做题,层次稍高,在一定程度上是对综合运用所学知识能力的训练。指定选做一些B组题,可以帮助较好地达到教学要求。

7. 参考材料

各章附有参考材料,其内容为本章某些问题稍深一步的讨论,或是有关知识面的适当扩大。可以帮助学员开阔视野。这些材料供阅读参考,不作教学要求。

实验教材

本书实验教材部分共编入18个实验,分为测定实验、性质实验、制备和提纯实验三种类型。着重培养基本操作技能、正确观察、记录和处理实验结果的初步能力。实验教学由各地电大及实验站组织进行。同类型的实验可根据条件选做,但至少应做满12个实验,以保证达到课程教学要求。实验教学共36学时。其它同类教育层次的学生也可用此作为实验教材。

习题与讨论课教材

为了帮助学员更好地理解教学内容中一些重点和难点,达到教学要求,按本课程知识结构框架编写了面授辅导讨论教材,供各地电大及辅导站组织教学使用。这部分内容可以采取面授讲解、讨论课或习题课的形式进行。其它学校也可用来作为习题课、讨论课的参考内容。共分为九个单元:

1. 化学基本概念和定律、热化学
2. 化学反应速率和化学平衡
3. 电离平衡 沉淀溶解平衡
4. 氧化还原反应
5. 物质结构基础
6. 配位化合物
7. 非金属元素小结
8. 金属元素小结
9. 总复习综合练习

讲授这部分内容除充分使用教学计划中的9学时习题讨论课外,还可利用课外辅导时间进行。

目 录

第一篇 基本教材

绪论	(1)
第一章 化学的一些基本概念和定律	(3)
目的要求	(3)
学习指导	(3)
第一节 分子和原子	(3)
一、分子和原子	(3)
二、元素和同位素	(4)
三、元素的相对原子质量和物质的相对分子质量	(5)
复习思考题	(6)
第二节 物质的量	(6)
一、物质的量及其单位——摩尔	(6)
二、摩尔质量	(7)
三、物质的量分数和物质的量浓度	(8)
复习思考题	(9)
第三节 化学方程式	(9)
一、化学式和分子式	(9)
二、化学方程式	(10)
复习思考题	(10)
第四节 气体定律	(11)
一、理想气体方程式	(11)
二、混合气体的分压定律	(13)
复习思考题	(15)
本章小结	(15)
自我测验题	(16)
练习题	(17)
参考资料 分压定律的应用	(18)
第二章 热化学	(20)
目的要求	(20)
学习指导	(20)
第一节 反应热和反应焓变	(21)
复习思考题	(22)
第二节 热化学方程式	(22)
复习思考题	(23)

第三节 标准摩尔生成焓	(23)
复习思考题	(26)
第四节 化学反应焓变的计算	(26)
一、黑斯定律	(26)
二、化学反应焓变的计算	(27)
复习思考题	(30)
本章小结	(30)
自我测验题	(31)
练习题	(32)
参考资料 解决能源问题的途径	(33)
第三章 化学反应速率与化学平衡	(36)
目的要求	(36)
学习指导	(36)
第一节 化学反应速率	(36)
复习思考题	(38)
第二节 活化分子 活化能	(38)
一、有效碰撞与活化分子	(38)
二、反应的活化能	(39)
复习思考题	(40)
第三节 影响反应速率的因素	(40)
一、浓度对反应速率的影响	(40)
二、温度对反应速率的影响	(41)
三、催化剂对反应速率的影响	(42)
复习思考题	(43)
第四节 化学平衡	(44)
一、可逆反应	(44)
二、化学平衡的建立及特征	(44)
三、化学平衡常数	(45)
复习思考题	(49)
第五节 影响化学平衡的因素	(50)
一、浓度对化学平衡的影响	(50)
二、压力对化学平衡的影响	(53)
三、温度对化学平衡的影响	(54)
四、催化剂与化学平衡的关系	(55)
五、平衡移动原理	(55)
复习思考题	(56)
第六节 化学反应速率和化学平衡原理在生产中的应用	(57)
一、接触法制硫酸	(57)
二、合成氨的生产	(58)
三、氨氧化法制硝酸	(59)
复习思考题	(59)

本章小结	(59)
自我测验题	(60)
练习题	(62)
参考资料 温度对化学反应速率及化学平衡的影响	(64)
第四章 电离平衡 沉淀溶解平衡	(66)
目的要求	(66)
学习指导	(66)
第一节 弱电解质溶液中的电离平衡	(67)
一、弱电解质的特点	(67)
二、弱电解质溶液中的电离平衡	(67)
复习思考题	(74)
第二节 溶液的酸碱性	(75)
一、水的电离平衡和水的离子积	(75)
二、溶液的酸碱性和 pH 值	(76)
复习思考题	(78)
第三节 缓冲溶液	(79)
一、缓冲作用的产生及缓冲溶液 pH 值的计算	(79)
二、缓冲溶液的选择和配制	(81)
三、缓冲溶液的重要性	(82)
复习思考题	(83)
第四节 盐类的水解	(83)
一、盐类的水解和溶液的酸碱性	(83)
二、水解常数和水解度	(85)
复习思考题	(88)
第五节 沉淀和溶解平衡	(88)
一、难溶电解质的溶解度和溶度积	(89)
二、溶度积规则及其应用	(91)
三、沉淀反应的某些应用	(98)
复习思考题	(99)
本章小结	(100)
自我测验题	(101)
练习题	(103)
参考资料 酸碱理论简介	(105)
第五章 氧化还原反应	(110)
目的要求	(110)
学习指导	(110)
第一节 氧化与还原	(111)
一、氧化值	(111)
二、氧化还原反应方程式的配平	(112)
复习思考题	(116)
第二节 原电池	(116)

一、原电池	(116)
二、原电池的组成和表示方法	(117)
复习思考题	(119)
第三节 电极电势	(119)
一、电极电势的产生	(119)
二、标准电极电势	(120)
三、影响电极电势的因素	(122)
四、电极电势的应用	(124)
复习思考题	(131)
本章小结	(132)
自我测验题	(133)
练习题	(136)
参考资料 电极电势的应用	(138)
第六章 原子结构与元素周期系	(144)
目的要求	(144)
学习指导	(144)
第一节 原子核外电子的运动状态	(145)
一、原子光谱与原子能级	(145)
二、电子运动的波粒二象性	(147)
三、核外电子运动状态的描述	(149)
复习思考题	(152)
第二节 原子核外电子排布与元素周期系	(152)
一、多电子原子的能级	(152)
二、核外电子排布的规律	(153)
三、原子的电子层结构与元素周期系	(156)
复习思考题	(163)
第三节 原子结构与元素性质的关系	(163)
一、原子半径	(164)
二、原子半径变化的周期性	(164)
三、元素的金属性和非金属性	(165)
四、元素的氧化值	(170)
复习思考题	(171)
本章小结	(171)
自我测验题	(172)
练习题	(174)
参考资料 屏蔽效应与有效核电荷	(176)
第七章 化学键 分子结构 晶体	(178)
目的要求	(178)
学习指导	(178)
第一节 化学键的类型	(179)
一、离子键	(179)

二、共价键	(180)
三、金属键	(181)
复习思考题	(181)
第二节 共价键理论	(181)
一、价键理论	(182)
二、共价键的键参数	(185)
三、杂化轨道理论	(187)
复习思考题	(191)
第三节 分子间力和氢键	(192)
一、分子间力	(192)
二、氢键	(195)
复习思考题	(198)
第四节 晶体	(198)
一、晶体概述	(198)
二、晶体的基本类型	(200)
三、离子极化	(205)
复习思考题	(207)
本章小结	(207)
自我测验题	(208)
练习题	(210)
参考资料 金属键的本质——能带理论	(212)
第八章 配位化合物	(214)
目的要求	(214)
学习指导	(214)
第一节 配位化合物的基本概念	(215)
一、配合物的组成	(215)
二、配合物的命名	(218)
复习思考题	(219)
第二节 配合物结构的价键理论	(219)
一、配合物中的配位键	(219)
二、杂化轨道与配合物的空间构型及磁性	(220)
复习思考题	(224)
第三节 水溶液中的配位平衡	(225)
一、配位平衡常数	(225)
二、配位平衡的移动	(228)
复习思考题	(231)
第四节 螯合物	(232)
一、螯合物的结构特点	(232)
二、螯合物的特性	(233)
复习思考题	(234)
本章小结	(234)

自我测验题	(235)
练习题	(237)
参考资料 配合物的应用	(238)
第九章 非金属元素(一)	(241)
目的要求	(241)
学习指导	(241)
第一节 卤素	(243)
一、卤素单质	(244)
二、卤化氢和氢卤酸	(248)
三、卤化物	(251)
四、氯的含氧酸及其盐	(253)
*五、拟卤素	(258)
复习思考题	(258)
第二节 氧和臭氧 过氧化氢	(259)
一、氧	(259)
二、臭氧	(260)
三、过氧化氢	(261)
复习思考题	(264)
第三节 硫	(264)
一、硫的单质	(264)
二、硫化氢和硫化物	(266)
三、硫的氧化物	(269)
四、硫的含氧酸及其盐	(270)
复习思考题	(274)
本章小结	(274)
自我测验题	(275)
练习题	(277)
参考资料 含硫废气的污染与治理 硫酸的工业生产	(280)
练习题参考答案	(283)
附录一 中华人民共和国法定计量单位	(286)
附录二 基本物理常数	(288)
附录三 一些弱电解质的电离常数(25°C)	(289)
附录四 溶度积常数	(290)
附录五 标准电极电势(25°C)	(292)
附录六 配离子的不稳定常数	(297)
元素周期表	(301)

第一篇 基本教材

绪 论

化学是一门研究物质的组成、结构、性质、变化规律、以及变化过程中伴随的能量转化关系的科学。早在十九世纪就形成了近代化学的四大分支学科——无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。至今，我国和世界上许多国家的高等学校，仍为化学、化工等专业的学生开设这四门化学课作为传统的化学基础课。随着生产和科学技术的发展，人类对客观世界的认识不断深入，化学科学也不断发展、扩大，每个分支学科又形成多种相对独立的新学科。如无机化学就有普通元素化学、稀有元素化学、配合物化学、无机合成化学和生物无机化学等。由于各化学分支及其新学科之间、化学与其它学科的相互交叉、相互渗透，使得化学的研究和应用也愈来愈广泛。当前人类所面临的能源、粮食、环境、人口以及资源的开发和综合利用等重大问题，都直接或间接地与化学有着密切的关系。化学工业不仅在国民经济中占有重要地位，而且对于其它工、农业生产，尤其是高新技术的发展也起着重要的作用。同时，人类的物质文明和精神文明的提高也与化学及化工生产的发展紧密相关。今天人类的衣、食、住、行、医药卫生、文化生活等各方面都离不开化学及其产品的应用。因此，作为高等工程技术人才必须具备一定的化学基础知识。

无机化学是高等工科学校的化工、轻工、材料、冶金、环保等类专业的一门重要必修课，也是这些专业的第一门化学基础课。它是培养上述各类专业工程技术应用人才的知识结构和能力结构的重要组成部分。

无机化学课程包括理论教学和实验教学两个部分。理论教学的任务是使学生进一步获得化学反应的基本原理、物质结构的基础理论和元素化学的基本知识。化学反应基本原理和物质结构的基础理论要较为深入、系统、定量化地讨论化学的基本概念、化学反应中的能量变化、化学反应速度和化学平衡、电解质的电离平衡、氧化还原和电化学以及配合物的形式等方面的基本规律。还要从物质微观结构上认识原子核外电子的结构与元素性质的关系、化学键的形成、分子及晶体结构的基本类型与物质性质的关系。这些内容构成本书主体教材的前八章。元素化学的基本知识是无机化学的中心内容。它以元素周期系为基础，运用有关反应基本原理和物质结构基础理论，来认识并熟悉常见重要元素的单质和重要化合物的金属或非金属活泼性、酸碱性、溶解性、氧化还原性、配位性以及热稳定性等重要性质，了解它们的典型制备方法和用途，并进而了解元素化学的基本系统和规律。这些内容构成本书主体教材的后六章。

实验教学的任务是通过物质的性质、制备和提纯、测定等不同类型的实验，掌握无机化学实验的基本操作技能，培养正确的观察、记录、思考分析和处理实验结果的初步能力。同时

要逐步养成注意安全、节约、整洁和保护环境的良好实验习惯,不断树立严谨的学习态度和严肃的科学作风。

无机化学课程的理论和实验教学,都是在中学基础上的逐渐深化和提高,同时又为后继的化学基础课乃至有关专业课打下必要和扎实的基础。因此它具有承前启后的作用。通过无机化学课程的学习,要逐步培养分析和处理一般无机化学问题和进行实验操作的能力。还要逐步学会自学,即能通过自学一般无机化学书刊来获取新的知识。

在学习无机化学课程的过程中,应通过努力钻研,学会从大量的事实材料中进行归纳、总结并找出规律的方法,和从理性上发现问题、提出假设、建立概念和进行推导的方法。这两种方法(即归纳法和演绎法)是两种基本的科学方法。从方法论上不断提高,不仅在学习知识,更是立身社会、为祖国的社会主义四化建设多作贡献的有效保证。需要毕生不懈地努力进取。

第一章 化学的一些基本概念和定律

目的要求

1. 理解分子、原子、元素、同位素、相对原子质量、相对分子质量、化学式、分子式等概念的含义；
2. 学会用视察法配平一些非氧化还原反应方程式，并能根据化学方程式进行计算；
3. 掌握物质的量单位——摩尔的含义、摩尔质量、物质的量分数及物质的量浓度的定义；
4. 学会应用理想气体状态方程计算气体的质量、物质的量、体积和压力；
5. 掌握分压定律及有关计算。

学习指导

学习本章需8学时，其中电视授课为1学时，自学内容3学时，复习及完成练习题4学时。

本章共四节，第一节、第三节中大部分内容都是学习以后章节的预备知识，其中有些是对中学已有知识必要的重复与扩展，因此定为自学内容。第二节、第四节为电视授课内容。预习时，要注意思考以下几个问题：

1. 摩尔的含义是什么？
2. 理想气体状态方程中，摩尔气体常数 R 的常用值及单位是什么？
3. 混合气体分压定律的两种表达形式是什么？

化学基本概念和定律是在人们有了许多化学现象、化学事实等感性认识的基础上，经过分析、归纳、概括而得到的理性认识。在化工生产、科学实验中，经常要运用它们来讨论问题和进行化学计算。因此，重视并正确理解化学基本概念和定律十分重要。

第一节 分子 原子

一、分子和原子

世界是由物质构成的，物质在不停地运动变化。从宏观组成看，宇宙万物是由已发现的一百多种元素构成的；从微观结构来看，物质是由可以分割成具有质的差别的分子、原子以及“基本粒子”构成的。

(一) 分子

分子是保持物质化学性质的最小微粒。或者说，在保持物质化学性质不变的前提下，分子是物质分割的极限。

正确理解分子概念必须注意的是：(1)分子只保持物质的化学性质，而不保持物质的物理性

质。物质的物理性质、如熔点、沸点、密度、硬度等，只是由许许多多分子聚集在一起才能表现出来的。(2)分子是保持物质化学性质的最小微粒，但分子还能再分成为更小的微粒——原子。而原子已不再具有原物质的化学性质。例如，将一个氨分子分解成氢原子和氮原子，后两者的性质和氨已经完全不同。

(二) 原子

组成物质的分子尽管很小，但还可能分割为原子。化学反应就是说明分子可以再分的有力证据。例如，水进行电解可以得到氢气和氧气，说明一种物质分解为两种物质，在这个化学变化中，氢、氧原子间发生了新的组合，而氢、氧原子本身并没有转变成其它原子。因此，可以说原子是物质进行化学反应的基本微粒。

分子和原子虽然都是构成物质的微粒，但是它们有着本质的差别：分子是保持物质化学性质的最小微粒，它能独立存在，在化学反应中反应物的分子能变成生成物的分子。原子是进行化学反应的基本微粒，一般不能独立存在，在化学反应中一种原子不会变成另外的原子。需要指出，原子也不是构成物质的最小微粒，本世纪初发现，原子是由质子、中子、电子等更小的微粒所构成。可见分子、原子和其它“基本粒子”只是构成物质的不同层次的基本单元。

二、元素和同位素

(一) 元素

近代研究表明，原子是由带正电的原子核和核外带负电的电子组成。电子的质量很小^①，原子的大部分质量集中于原子核，由于核的体积很小，约为整个原子体积的 $10^{-12} \sim 10^{-15}$ ，因此，原子内具有较大的空间。

原子核是由带正电荷的质子和不带电荷而且质量与质子几乎相等^②的中子所组成。由于质子所带的电量与电子所带的电量相等而符号相反，所以原子核总是电正性的。原子核的核电荷数决定于核内质子电荷数，而质子的电量相对于电子的电量为 $+1$ ^③。因此，原子核的核电荷数等于原子核内质子数，也等于核外电子数，整个原子保持电中性。

元素是原子核中质子数(即核电荷数)相同的一类原子的总称。可见元素是以核电荷数为依据，而对原子进行分类的。例如，不论存在于单质或化合物中的氧原子，总称氧元素，因为它们的原子核中都含有8个质子，核电荷数都是8。金刚石(C)、二氧化碳(CO₂)中的碳，核电荷数都是6，因此它们都含有碳元素。

化学上每种元素常以一定的符号表示，称为元素符号。1860年召开的国际化学会议上规定：元素符号采用其拉丁文名称的第一个字母(大字)表示，若第一个字母与其它元素相同，则附加第二个或其后的一个字母(小写)表示。如氧(Oxygen)的元素符号为O、钛(Titanium)的元素符号为Ti、银(Argentum)的元素符号为Ag等。

①电子质量为 9.1095×10^{-31} 千克(kg)，约为氢原子质量的 $1/1836$ 。

②质子质量为 1.6726×10^{-27} 千克(kg)，中子质量为 1.6749×10^{-27} 千克(kg)，两者质量几乎相等。

③电子所带电量为 1.6022×10^{-19} 库仑(C)，质子所带电量亦为 1.6022×10^{-19} 库仑(C)。

(二) 同位素

科学实验表明,同种元素的原子核内所含的质子数是相同的,但中子数可能不同。例如,有一种碳原子的原子核里有6个质子和6个中子,它们的质量数(核内质子数与中子数之和)是12,这种具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子称为核素,该种碳原子称为碳-12或写为 ^{12}C 核素;另一种碳原子的原子核里有6个质子和7个中子,质量数为13,记为 ^{13}C 核素。

^{12}C 核素和 ^{13}C 核素,是质子数相同而中子数不同的同一种元素的不同原子,它们互称同位素。同种元素的不同核素,其质子数相同,在周期表中占有同一位置,这就是同位素的原意。

同位素中不具有放射性的称稳定同位素,具有放射性的,称为放射性同位素。许多元素都有同位素,例如,氢在自然界里有两种稳定同位素是 ^1H (氕音“撇”)和 ^2H (氘音“刀”)①,另一种同位素 ^3H (氚音“川”)为人造放射性同位素。碳有两种稳定同位素是 ^{12}C 和 ^{13}C ,另一种放射性同位素是 ^{14}C 。

三、元素的相对原子质量和物质的相对分子质量②

(一) 元素的相对原子质量

因为原子的绝对质量很小,例如 ^1H 原子的绝对质量为 $1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$, ^{12}C 原子的绝对质量为 $1.99 \times 10^{-26}\text{kg}$ 等,如果以千克作为原子的质量单位很不方便。国际原子量委员会已给原子的质量选择了一个适宜的衡量标准。现采用 ^{12}C 一个原子质量的 $1/12$ 作单位,称为“原子质量单位”,用 u 表示,即

$$\begin{aligned} 1u &= \text{一个}^{12}\text{C}\text{原子质量} \times 1/12 \\ &= 1.99 \times 10^{-26}\text{kg} \times 1/12 \\ &= 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}. \end{aligned}$$

^{12}C 的原子质量等于 $12u$ 。

由于大多数元素都含有同位素,所以元素的原子质量实际上是该元素包括各种同位素的平均的原子质量。现以碳元素为例加以说明。自然界中 ^{12}C 的丰度(原子百分比)为98.89%,原子质量为 $12.00u$; ^{13}C 的丰度为1.11%,原子质量为 $13.00u$,因此,碳元素的平均原子质量为:

$$\begin{aligned} &^{12}\text{C}\text{的原子质量} \times \text{丰度} + ^{13}\text{C}\text{的原子质量} \times \text{丰度} \\ &= 12.00u \times 98.89\% + 13.00u \times 1.11\% = 12.01u \end{aligned}$$

元素的相对原子质量是指该元素的平均原子质量与 ^{12}C 原子质量 $1/12$ 的比值。用符号 $A_r(\text{E})$ 表示, A 代表原子, r 代表相对, E 代表元素。

根据元素相对原子质量定义,碳元素相对原子质量为:

$$A_r(\text{C}) = \frac{\text{C的平均原子质量}}{^{12}\text{C}\text{的原子质量} \times 1/12} = \frac{12.01u}{12.00u \times 1/12} = 12.01$$

显而易见,“元素的相对原子质量”与“平均原子质量”在数值上虽然相等,但概念却不相同,平均原子质量有单位(u),元素的相对原子质量仅是一种相对比值,它是无量纲的。例如,氧的相

① 元素符号的左下角为质子数,左上角为质量数。

② 元素的相对原子质量,以前称为原子量;物质的相对分子质量以前称为分子量。