

ENGINEERING CHEMISTRY

(第3版)

工 程 化 学

● 陈林根 编著



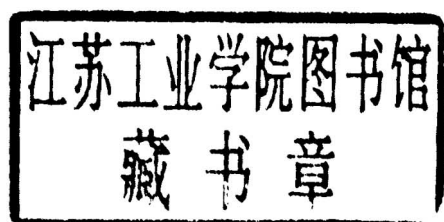
浙江大学出版社

高等学校教学用书

工 程 化 学

(第 3 版)

陈林根 编著



浙江大学出版社

高等学校教学用书
工 程 化 学
(第 3 版)

陈林根 编著
责任编辑 陈晓嘉

* * *

浙江大学出版社出版
(杭州玉古路 20 号 邮政编码 310027)
浙江大学出版社计算机中心电脑排版
杭州富阳何云印刷厂印刷
浙江省新华书店经销

* * *

850×1168 32 开 10.125 印张 插页 1 270 千字

1994 年 8 月第 3 版 1998 年 8 月第 11 次印刷

印数: 56501—61500

ISBN 7-308-00156-3/O · 031 定价: 10.50 元

出版说明

实践证明,工程化学教材是对普通化学教材进行改革的一种成功尝试。

本书基本保持了1988年第1版原有的体系和特色,即仍以现代化学基本理论为经,以现代化学原理在工程技术实际中的应用为纬的教材体系;保持了着重基础,着重知识结构,突出实际应用,突出用能量关系来阐明化学现象的教材内容;保持了深入浅出,便于教师选择和发挥及便于学生接受和理解的编写方法。

本书对第1版的某些章节内容、习题等作了必要的调整、充实和增删。例如将第一章中有关高分子的内容归并到第五章中介绍;突出了表面科学和材料表面加工的论述;对抽象、难于理解概念的考查,增设了填充、选择等练习题型。此外,增加了 C_{60} 的内容,这也是目前基础课教材所没有的。

在怎样突出基础;怎样使大学工科基础化学教学和中学化学教学相衔接;怎样处理科学性、系统性与通俗性,主科与副科,化学与工程技术学科之间的关系等问题上下了较大功夫。在名词和单位制的选用上,尽量使用了1991年“全国自然科学名词审定委员会”公布的化学名词和“全国量和单位标准化技术委员会”会议通过的计量单位和符号。所谓“尽量”就是考虑到工程化学作为基础课,其基本概念应力求简单、明了、实用,例如在符号的选用上,标准摩尔吉布斯函数变 ΔG_m° 、标准摩尔焓变 ΔS_m° 和标准摩尔焓变 ΔH_m° 统指并包括了 ΔG_m° 、 ΔS_m° 和 ΔH_m° 等;例如在单位的选用上,电子伏特eV仍保留在教材中,这一方面是由于“eV”比“J”在目前情况下使用更普遍,另一方面也是为了使学生明白书中p51~52所述“标准”的真正意义。

为便于学生自学和教师备课,本书不仅在文字表述上反复斟酌,而且在书后附有教学参考。教学参考既可供教师备课和学生预习用,又可供检测和复习用。书中小字部分或习题中“*”内容可由任课教师根据学时数决定是否讲授。

参加第2版编写的有陈林根(执笔,浙江大学)、赵家修(太原重型机械学院)、平磊(中国计量学院)等。在编写过程中,吸收了1990年6月、1992年8月参加首届和第二届“工程化学教学教材研讨会”的教师及使用过第1版的教师们的意见,特别是上海工业大学的程佩珞先生又审阅了全部初稿,浙江大学的周实民、蔡训织先生等也对初稿的部分内容提出了不少宝贵意见。李锦明(浙江嘉善化肥厂)、阎卫东(浙江大学)做了不少工作。西安交通大学等的教改经验对本书的启示和影响也很大。金松寿、陈世元、韩世钧、李博达、俞庆森、李明馨、陈克、周实民、李乾顺、刘希英、宋心琦、曹庭礼、华彤文等先生对本书给予了不同形式的指教和帮助。浙江大学、浙江大学化学系及浙江大学教务处等有关领导和国家教委高教司、全国高教教材建设研究会和《教学与教材研究》,化学教育研究中心和《大学化学》的有关老师,在再版过程中给予了极大支持和有力鞭策。全国二十多所院校、数万名的同学在试教过程中给予了密切合作,在此一并感谢。

由于改革创新,更由于水平有限,难免还有错误、不足之处,敬请各位读者批评指正。

1994年8月

第1 版前言

工程化学是对普通化学在教学内容和教学方法上进行改革的一种尝试。化学教学对于我国工科大学生来说,是必不可少的。一名现代工程师,如果在其知识结构中缺乏现代化学知识及其理论,就会对在工作中出现的极普通的化学现象只知其然而不知其所以然,甚至束手无策,表现出能力上的畸形。但是,化学和其它学科一样,有着自己的广度和深度,对于工科大学生来说,要在有限的时间内掌握其全部内容及其细节是不可能的,也是没有必要的,因此很多内容,特别是结构部分只作定性阐述。

知识结构的建立在于教学。我国的中学毕业生已经入了化学的门,而且大学一开始就分系、分专业,因此对于大学非化学、化工和非冶金专业的化学教学,不能只泛泛地“打化学基础”。当然也不能以“典型产品带教学”,狭窄地结合专业,而应当在中学化学的基础上适当加深和拓宽实用知识及理论,并使化学与工程技术之间在应用上尽可能紧密地结合起来,使工科大学生在未来的实际工作中对遇到的化学问题能初步地知其所以然,并有一些解决的办法。

实际工作中究竟会遇到哪些化学问题?自1984年以来,对机械、电器、仪表、给排水等行业的工厂及其工程技术人员有目的地进行了调查。调查结果表明:这些行业的工程师经常会遇到材料的选择和使用、材料的保护和加工、环境污染及其控制、能源的利用和开发等一系列问题。它们既是工程技术学科的问题,又是化学学科的问题,彼此之间迫切需要一座桥梁。

在普通化学的基础上,参考了物理化学、结构化学、高分子化学、环境化学、材料学等有关书刊内容及 Introduction to Modern Chem-

istry 中对有关内容的阐述方法,并结合多年教学实践、下厂实践中的体会进行了《工程化学》教材的编著和试教。

工程化学以现代化学的基本理论为经,以在工程技术中的应用为纬,把两个方面的内容穿插编织在一起。全书有三个明显的特点:

(1)突出了实际应用。用较多篇幅讨论了与金属腐蚀速率有关的问题,并增添了润滑、表面活性剂、电解加工、化学热处理、化学铣切等方面的内容。

(2)突出介绍了应用广泛的高分子材料、复合材料。不仅介绍了它们的种类、性质,还介绍了对它们的保护和改性。

(3)突出应用能量关系来阐明化学现象。这样能使学生了解化学变化的本质。

工程化学内容涉及面较广,便于不同专业选择;叙述较简明,便于教师发挥,讲授时可避免照本宣读之弊;要求较明确,以思考和练习的形式提出;深浅度弹性较大,便于不同层次使用。

工程化学教学已先后在浙江大学的电机、机械、化工(机)、热物理四个系八个专业进行了六轮试教,效果良好。讲授学时数为42~50学时。

在本教材编著过程中,得到了浙江大学 李博达、沈之荃、李明馨、陈世元、俞庆森教授、刘德秀、宋宗篪、樊邦棠、刘湘兰副教授的很多帮助;杭州大学金松寿教授审阅了全部书稿并给予具体指教。在工程化学教学试验过程中,得到了忻永和、蔡训织、包亦毅、徐红老师的真诚合作。在此谨表感谢。

由于时间仓促和编著者水平有限,错误之处难免,敬请各位读者批评指正。

作 者

1988年4月

绪 论

一、工科学生和工程化学

机械、电气、仪表、建筑等专业的工科大学生(以下简称工科学生)将来既不搞化学研究,又不搞化工生产,为什么还要继续接受化学教育?有必要吗?实践证明是有必要的。在人类征服自然的进程中,化学领域历来就是十分宽广的,与各门科学技术有着千丝万缕的联系;而随着当代科学技术的飞跃发展,化学必将更广泛、更深入地向各个科学技术领域渗透,相互交叉,相互促进。一位合格的、更不用说怀有开拓创新精神的工程师,必须具备相应的化学素养,否则就难以面向未来。

我们作过大量的调查研究,从工程实际中了解到工科学生在今后的工作中,一般都会遇到材料的选择和使用、材料的保护和加工、信息传递和控制、环境污染及其防止、能源的利用和开发等一系列问题。这些问题都涉及化学知识,而且有一定的深度和广度。

中学化学是化学基础的基础,完成了中学化学的学习,只能说是刚刚入了化学的门。一般的工科学生,他们还很难全面深入地用化学观点和化学知识来认识和解决在将来实际工作中遇到的上述几个方面的一些具体问题。例如:钢铁等金属制件在什么样的条件下容易锈蚀?为什么容易锈蚀?应该怎样来防锈?塑料等高分子为什么会老化?如何防止老化?腐蚀和老化完全是坏事吗?我们是否可以利用,如何将坏事转化,为人类服务?怎样使用和开发表面处理技术?对不同的需要,怎样选择和使用各种表面活性剂?怎样应用化学原理来控制污染物的产生及消除污染物的危害?怎样利用化学反应原理来提

高能源的使用效益？怎样开发能源的使用范围？光、颜色、电等信息传递中的重要现象与物质结构和化学反应有什么关系？……类似的问题还可罗列很多。

总之，我们有必要在中学化学基础上加深和拓宽实用的化学理论和知识，使之和工程实际尽可能地紧密结合起来，使自己在将来的实际工作中对遇到的化学问题能不仅知其然而且知其所以然，并初步掌握一些解决问题的方法。

当然，学习和运用知识是个渐进过程，不能脱离实际和操之过急。化学的知识点很多，知识面很广，理解掌握它们需要时间和实践。工程实际中的各种工艺技术专业性强，要深刻理解和切实掌握，也需要实践、认识、再实践。有些工科学生求知欲望很强，对每一个化学问题都希望追根究底，面面俱到，点滴不漏，其精神可嘉。但是，他们毕竟不是专门从事化学研究和化工生产的，过高的要求是不可能也是没必要的。而且工科类包括了很多专业，各专业又会碰到许多十分具体的化学问题，在有限的教学时间内，涉及太多的工艺技术中的所有化学问题不仅是不可能和不必要的，而且很可能会削弱基础，重蹈“典型产品带教学”的覆辙。工科学生学习化学的侧重面应该放在理解和掌握基本原理及应用上，特别是应该学会用化学观点来思考和指导解决未来工作上的一些问题。

“工程化学”以现代化学的基本理论为经，以在工程技术中的应用为纬，把两个方面的内容穿插编织在一起，它始终以工科学生在将来工作中可能遇到的化学问题为出发点和归结点，并且突出化学基础，强调工程实际应用中共同的、普遍的化学问题。工程化学是工程技术学科和化学学科之间的桥梁，是工程技术学科各专业共同的基础化学，是一般工科学生知识结构体系中不可缺少的一块基石。

二、物质的层次

世界是由物质组成的，物质是客观存在的东西，它是未来工程师的实际工作对象，也是化学研究的对象。化学以它自己特有的观点来

研究和认识物质。物质可分为若干层次,目前大家公认的为三个层次:微观、宏观和宇观,其中每个层次又可有若干亚层次。1989年,我国科学家钱学森建议再加两个物质层次,即渺观和胀观。五个物质层次的情况如表 0.1 所示。

表 0.1 有关物质层次的一些情况

层 次	典型尺度/m	过渡尺度/m	实 例	理 论
?	?	?	?	?
胀 观	10^{40}	3×10^{30} 3×10^{11} 3×10^{-8} 3×10^{-27}	?	?
宇 观	10^{21}		银河星系 太 阳 系 太 篮 球 场 大 分 子 基本粒子	广义相对论
宏 观	10^2			牛顿力学
微 观	10^{-17}			量子力学
渺 观	10^{-36}		?	超 弦(?)
?	?	?	?	?

人类认识世界、认识物质,总是从自己直接感知开始,并借助于仪器和辩证思维不断扩展、深化。物质在不断运动之中,运动就是变化,物质的运动一般用能量来度量。各层次的物质运动都有相应于其特点的理论,人类对物质运动的认识没有完结,因此理论的发展也不会终极。微观物质的运动规律不能用牛顿力学来解释,量子力学成功地解释了微观物质的运动规律,然而当过渡到渺观层次时,适用于它的是正在发展的“超弦”理论。人类首先认识的是宏观物质,牛顿力学是人类认识物质运动早期的基础;对宇观和微观层次的物质的认识是人类认识物质的扩大和深化,广义相对论和量子力学是研究这两个层次而出现的理论,是牛顿力学的发展和深化。

化学研究的内容涉及宏观和微观两个层次交界处的一些亚层次物质。它主要是从分子、原子的水平上来研究物质的化学运动;而电

子和电子运动在其中起了关键性的作用。

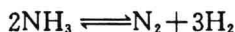
“电子”这个概念最早是由英国科学家斯托尼 Stoney G. J 提出的。他研究了法拉第电解定律后于 1874 年指出：电以不连续的单元形式存在，并且这些单元与原子相联系。1891 年，他建议用“电子”一词作为他假定的电的单元名称。1897 年，英国科学家汤姆逊(Thomson J. J)用实验证实了电子的存在。现在公认：电子的质量为 $9.18 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，为 H 原子质量的 $1/1837$ ；电子很小，其半径尚未精确测定，远小于 $1 \times 10^{-15} \text{m}$ ；电子运动产生电磁场；电子的空间形状还无法确定。电子的发现为人类认识物质结构揭开了历史性的一幕，化学理论由此开始了新的飞跃发展。可以说，电子的运动和变化是工程化学讨论物质结构和化学变化的一条主线。

三、系统和环境

任何物质总是和它周围的其它物质相联系着。为研究方便，我们设想把被研究的对象和周围的物质区分开来，把被研究的对象称为系统，与系统有关的周围物质则称为环境。系统和环境间若可进行物质和能量的交换，那么该系统称为敞开系统；若仅有能量交换而不能进行物质交换的系统称为封闭系统；若能量和物质都不能交换的系统则称为孤立系统。

系统的选择和确定是根据研究问题的需要来定的。它可大可小，包括的物质可多可少。例如，把两块不同的金属片（如 Fe 和 Ag）用低熔合金经过充满惰性气体 N_2 、还原性气体 H_2 （由 NH_3 分解）的烧结炉中烧结后，粘结在一起，如图 0.1 所示。

如果我们仅讨论整个烧结工艺过程中的有关问题，就可把烧结炉作为一个系统，它包括两块金属片、低熔合金和气体介质；如果我们单纯讨论烧结件，即烧结后制件的某些问题，就只要把烧结件当作一个系统；如果仅讨论气体介质（ N_2 、 H_2 ）的获得，则可把 N_2 、 H_2 和 NH_3 作为一个系统，即把反应



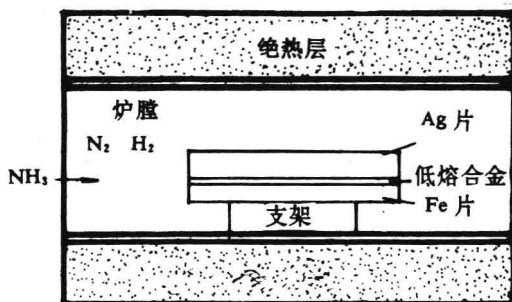


图 0.1 烧结炉示意图

作为一个系统。有化学反应发生的系统常被称为化学反应系统。

环境的确定随系统而异。一般环境科学中所指的环境，泛指以人类为中心的整个生物圈周围的所有物质，涉及内容十分广泛。工程化学涉及的环境一般仅仅是与工程技术有关的一些化学反应系统周围的一些物质，比如大气和溶液。

从物质层次角度上看，一般化学反应系统和环境常涉及分子、原子两个亚层次，有时可能还有电子和光子等亚层次物质。

四、聚集状态和相

聚集是自然界中的一种物理现象，聚集状态是物质的一种存在形式。它们决定于分子、原子(涉及电子)的相互作用。

人们首先认识的是固(符号 s)、液(符号 l)、气(符号 g)三种物质聚集状态。如果以地球作为系统来说，固、液、气三态是物质的基本聚集状态。但若把宇宙作为系统，那么被称为等离子态的聚集状态则是物质存在的主要形式。等离子态是怎样形成的呢？

众所周知，固态获得能量变成液态，液态再获得能量变成气态。如果我们继续用高温或电磁场等向气体提供能量，气体分子的化学键也会被破坏，变成原子或自由基。自由基是带有未成对电子的分子碎片。原子或自由基中的电子再进一步从原子或自由基中脱离出来

成为自由电子,而原子或自由基则因失去了电子成为正离子;电子也可能直接从分子上脱离出来成为自由电子并使分子成为正离子。不管哪种情况,这时,气体已变成了由自由电子、正离子以及未解离、未电离的分子或原子和自由基等粒子组成的混合体。虽然它宏观上仍几乎保持电中性,但已经不是原来的气态了。这种包含足够多的、电荷数目近于相等的自由电子和正离子与中性粒子所形成的混合状态已经成了一种新的物质聚集状态,即等离子态。这种混合体称为等离子体。

一旦降低温度或降低电磁场强度,物质的这种状态就被破坏,电子和正离子又重新结合,释放出巨大能量。这种能量在工程技术上可用来加工、焊接和冶炼金属,等离子射流喷涂为制取复合材料开辟了广阔途径。太阳表面的氢等离子体、地球上空的电离层等,都蕴藏着巨大的能量。

分散是与聚集相反的物理现象。系统中任何分布均匀、物理性质和化学性质均相同的部分称为相。相与相之间有明确的界面隔开。例如将铜片和锌片同时插入盛稀硫酸的烧杯中组成伏打电池,如果不计气体,则原电池为三相:两个电极是两个固相,稀硫酸溶液是一个液相。如果包括气体,则原电池为四相。

一个相可以由某一纯物质组成,例如纯水由 H_2O 组成,纯氧由 O_2 组成;也可以由几种在宏观上认为是互不发生反应的物质混合组成,例如空气由 O_2 、 N_2 、 CO_2 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 等组成,工业酒精由 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 和 H_2O 等组成。它们混合均匀,所以都只有一相,称为均匀(单相)系统。有时虽都是液态,例如一个试管中盛有乙醚和水,但它们属于两个不同的液相;同样, AgCl 和 Ag_2CrO_4 沉淀,虽都是固态,但它们属于两个不同的固相。这些称为非均相或多相系统。所以相的数目与聚集状态的数目并不一定对应。

五、物质的量及化学计算问题

认识或研究一个系统,不但要注意系统中有哪些物质、是什么聚

集状态、有几相,而且还要注意物质的量有多少。

与宏观物体的计量不同,微观粒子的计量用“物质的量”表示,符号记为 n , 其单位为 mol (摩尔)。1 mol 的任一物质中所含的结构微粒数与 0.012 kg 碳 (^{12}C) 的原子数目即阿伏伽德罗 (Avogadro) 常数 (N_A) 相等。目前 N_A 的精确数值为 6.022045×10^{23} 。在使用“物质的量”这一概念时,必须指明其基本单元,它可以是原子、分子、离子、原子团、电子、光子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合。这里说的特定组合,可以是 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 、 $(\frac{1}{5}\text{MnO}_4^-)$ 等,因此说 1 mol H、1 mol H_2 、1 mol $(\frac{1}{5}\text{MnO}_4^-)$ 都是严格正确和十分明确的。相反,我们说“1 摩尔氢或 1 摩尔高锰酸钾的物质的量”就不明确了。因此,当具体使用“物质的量”时,必须用该物质或物质的特定组合的化学式指明基本单元。

1 摩尔物质微粒所具有的质量称为摩尔质量,它的符号记为 M 。 M 的单位为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。使用时还应指明物质结构微粒单元,比如 $M_{\text{H}} = 1.008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{H}_2} = 2.016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。1 摩尔某元素原子的质量在数值上等于元素的相对原子质量,1 摩尔某物质分子的质量在数值上等于它的相对分子质量。

某确定系统物质的总质量 m 是可测的,1 摩尔某物质单元的质量 M 可以从相对原子质量表直接查得或通过简单计算而得,因此系统中物质的量 n 与物质的总质量 m 及 1 摩尔物质的质量 M 间的关系是:

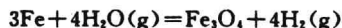
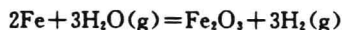
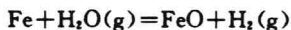
$$n = m/M \quad (0.1)$$

在中学化学课中,我们已经学习过很多化学计算,工程化学中还将有一些化学计算。这些化学计算,不仅可以帮助我们了解、明确和理解化学在工程技术中的应用原理,训练我们的思维,而且还可帮助我们树立经济观念。例如, MgCO_3 、 CaCO_3 、 BaCO_3 都可以在太阳能或某种余热的利用中作为化学贮能物质(详见 § 2.1)。为某种需要选择哪种物质合适,就需要通过化学计算。所以在学习工程化学时,还

必须重视化学定量计算训练。

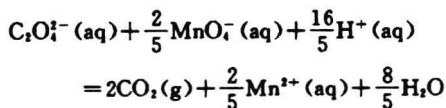
思考和练习

- 0.1 工科学生为什么要学习工程化学,工程化学的特点是什么?
- 0.2 简述下列概念的含义:物质的层次、微粒、系统、环境、聚集状态、等离子态、相、摩尔、物质的量、1 摩尔物质的质量。
- 0.3 化学研究涉及怎样的物质层次? 化学理论及其应用有没有终极?
- 0.4 举例说明物质的层次、系统和环境等的划分和确定不是绝对的,而是相对的。
- 0.5 “等离子态由正离子和负离子组成”这句话对吗? 为什么?
- 0.6 物质的量与物质的质量这两个概念有什么区别? 摩尔质量与物质的质量及物质的量之间的关系是什么?
- 0.7 相和聚集状态有哪些联系和区别? 举例说明之。
- 0.8 把实验室内一只盛有水和冰,但没有盖子的瓶子作为一个系统来研究,那么,该系统称为什么系统? 它可与环境交换些什么? 若盖上盖子密封,则情况又将怎样? 这个系统称为什么系统? 若将这个瓶子用绝对隔热(实际是不可能的)的石棉布包裹,情况又如何? 这个系统称为什么系统? 如果把整个实验室作为一个孤立系统,此时需要什么要求?
- 0.9 在 0°C 时,一只烧杯中盛有水,水面上浮着两块冰,问水和冰组成的系统中有几相? 如果撒上一把食盐,并设法使其全部溶解,保持系统的温度仍维持在 0°C 不变(此时冰点下降),将有什么现象发生,此时系统为几相? 如果再加入一些 AgNO_3 溶液,又有什么现象发生,此时系统为几相? 如果又加入一些 CCl_4 将产生什么现象,此时系统又为几相?
- 0.10 高温水蒸气对钢铁的化学腐蚀特别严重。其反应如下:



试问,若把上述三个反应作为一个系统来研究,这个系统中共有几种聚集状态? 几个相? 用化学符号表示出系统内各物质所属的聚集状态和相。

- 0.11 已知某盐酸溶液共重 216.5g,其中 H_2O 为 180g,求所含 HCl 物质的量。
- 0.12 已知化学反应方程式是



试问：(1)反应中 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\frac{2}{5}\text{MnO}_4^{-}$ 、 $\frac{16}{5}\text{H}^{+}$ 等各“物质的量”的改变是否相同？

(2) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 MnO_4^{-} 、 H^{+} 等各“物质的量”的改变是否相同？

(3)如果 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 离子的浓度 $c_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} = 0.16\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的酸性溶液 25mL 和 MnO_4^{-} 离子的浓度 $c_{\text{MnO}_4^{-}} = 0.08\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的酸性溶液 20mL 完全反应， $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 离子和 MnO_4^{-} 离子的“物质的量”的改变 $\Delta n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 和 $\Delta n(\text{MnO}_4^{-})$ 各为多少？

目 录

绪 论	(I)
一、工科学生和工程化学	(I)
二、物质的层次	(II)
三、系统和环境	(IV)
四、聚集状态和相	(V)
五、物质的量及化学计算问题	(VI)
思考和练习	(VII)
第一章 物质结构	(1)
§ 1.1 电子运动状态的描述	(1)
一、电子的运动特性	(1)
二、电子运动状态的描述	(3)
思考和练习	(8)
§ 1.2 原子中的电子分布和元素周期律	(9)
一、元素的电子组态和原子的电子分布式	(9)
二、有效核电荷和同周期元素的金属性强弱	(11)
三、元素的外层电子组态和周期表的分区、分族概述	(13)
思考和练习	(14)
§ 1.3 分子中的电子运动和化学键、分子间力	(15)
一、共价键的形成	(15)
二、共价键的类型和化学键的种类	(20)
三、杂化轨道和分子的空间构型	(23)
四、分子间力和氢键	(26)
思考和练习	(28)