

CHEMISTRY

五年制高等职业教育试用教材

实用化学

教学参考书

《实用化学教学参考书》编写组 编



苏州大学出版社

五年制高等职业教育教材编审委员会

顾 问：周稽裘

主任委员：王兆明 常晓宝

副主任委员：戴 勇 殷冬生 睦 平

委 员：(以姓氏笔画为序)

王荣成	王淑芳	尤佳春	田万海	吉文林
李石熙	张天明	陈小玉	周大农	赵佩华
施肇基	姜渭强	袁望曦	徐建中	徐 鹏
谈兴华	黄仲英	韩亚平	谢煜山	

编者说明

本参考书是根据五年制高职《实用化学》教学大纲的内容和要求组织编写的,力求与《实用化学》教材内容相配套,供有关化学教师参考。

本书按《实用化学》教材分章编写,为使读者一目了然,首先,把教学基本内容、要求及课时分配,用表格形式汇总。知识要点的学习要求用了解、理解、掌握、应用四个层次加以区别;实验技能要点的学习要求用学会、掌握、熟练掌握三个层次以示区别。

第二,教材分析内容,主要阐明本章教材的编写特点,理论与应用互相穿插,学以致用;新旧知识点的衔接,承上启下;各知识点内在联系、网络图。并指出了每章教学的重点、难点和深广度。

第三,按教材内容分节说明教学目的要求,重点、难点。其中教学要求高度概括,条理清晰;教学重点要突出,并阐明其在化学学科及应用中的重要性;难点要突破,强调突破难点的具体手段(如比喻、演示实验、教具、实例等),并着重指出突破难点的关键,学生应该掌握些什么,最容易出现的错误是什么。对知识的深广度主要是把握降低难度、增加广度的原则。

其中教学建议的内容有对教材的简要分析,编排意图的说明,以便分段进行教学。教学环节中导入新课的手段极为重要,包含每一章导入、每一节导入,以至某一个问题的导入。若能举一个与人们息息相关的实例,做一个简明直观的实验,提出一个令人思绪万千的问题,就能把学生吸引住,调动其积极思维,激发其学习兴趣,从而达到较好的教学效果。

关于“实验”,主要提出每节演示实验与学生实验的成败关键,交代应注意的事项,凡增加的实验均有图示、操作规程、药品浓度与用量、现象与明确结论等。

考虑到有些教师寻找课外参考资料的困难,每节还附有一些“参考资料”,可供任课教师备课时参考。

对于每节的“习题”,重点在于分析,对较难的题目作些提示或说明,目的在于提高学生解题能力。每节习题均附有参考答案。

第四,针对各章讲解内容,每章附有测试试卷一份(约100分钟),命题紧扣教材内容,难易适度,试题覆盖面广,联系实际。一般知识点的分配比例为基本概念题占50%,一般性题占30%,应用题占20%。

该试卷可供任课教师根据各学校、各专业及学生的具体情况而选择使用,附上参考答案供阅卷参考。

编写本书的目的是要让教师把教学重点努力放到培养学生的各种能力上来。观察能力是基础,记忆能力是条件,思维能力是核心,创造能力是关键,自学能力是根本。因此,在抓好基础知识和基本技能的同时,启迪学生积极思维、指导他们掌握科学的学习方法,提高自学能力,培养辩证唯物主义观点和进行爱国主义教育。古人语:供人以鱼,只解一餐,教人以渔,终身受用。我国最早关于教育的论著《学记》指出“善学者师逸而功倍,不善学者师勤而功半”。教育家叶圣陶说:“教任何功课的最终目的在于达到不需要教,授学习方法。”就是这个道理。

本书与配套演示实验 VCD 光盘由东南大学化工系王淑芳任主编,江苏省南通农业学校龚向东、南京职业教育中心戚阳、江苏省句容农业学校唐迪任副主编。常州轻工业学校周大农任主审,南京职业教育中心魏大复、江苏省畜牧兽医学校张龙任副主审。

参加本书编审的人员(按姓氏笔画为序):王业根、朱凤娟、刘凤云、刘金权、李喜英、吴宝明、冷秀珠、张国泰、陈世耕、秦志高、曹国庆、龚向东。

参加演示实验 VCD 光盘制作的人员(按姓氏笔画为序):王和才、尹新、刘凤云、许颂安、李蓉、汪明银、沈春辉、张丽、陈香、陆一春、陆辉、郑义、夏红、黄媛玉、曹国庆、龚向东、蒋云霞、戴建峰。

本书从编写到出版得到了江苏省教育厅职业教育与社会教育处领导王兆明同志的关心,睦平同志对本书的内容及质量提出了重要意见,有关兄弟学校领导及苏州大学出版社对本书出版工作给予大力支持与帮助,责任编辑陆鼎一同志对本书的出版付出了辛勤的劳动,对此一一深表谢意。

编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请批评指正。

编 者

2001 年 5 月

目 录

第一章 原子结构 化学键	(1)
第一节 原子核 同位素	(3)
第二节 原子核外电子的排布	(7)
第三节 元素周期律 元素周期表	(12)
第四节 化学键和分子的极性	(17)
测试试卷	(22)
第二章 化学反应速率 化学平衡	(25)
第一节 溶液的浓度 摩尔	(27)
第二节 化学反应速率	(32)
第三节 化学平衡	(38)
测试试卷	(44)
第三章 电解质溶液	(46)
第一节 解离平衡	(48)
第二节 溶液中的离子反应 盐类水解	(54)
第三节 溶度积	(58)
第四节 胶体	(62)
第五节 配位化合物	(67)
第六节 原电池和电解池	(71)
测试试卷	(79)
第四章 有机化合物	(83)
第一节 有机化合物概述	(86)
第二节 烃	(88)
第三节 烃的衍生物	(96)
测试试卷	(105)
第五章 化学与材料	(109)
第一节 常见的金属材料	(111)
第二节 硅酸盐材料	(116)
第三节 有机高分子材料	(120)
第四节 复合材料 特殊材料	(126)
测试试卷	(130)
第六章 化学与能源	(133)
第一节 化石燃料	(135)
第二节 化学电源	(137)

第三节 其他能源·····	(138)
测试试卷·····	(142)
第七章 化学与营养 ·····	(143)
第一节 水和矿物质·····	(146)
第二节 糖类·····	(152)
第三节 蛋白质·····	(155)
第四节 油脂 维生素·····	(158)
测试试卷·····	(163)
第八章 化学与环境 ·····	(166)
第一节 人类与环境·····	(167)
第二节 大气污染与防治·····	(169)
第三节 水污染与防治·····	(172)
第四节 固体废物的处理和利用·····	(175)
测试试卷·····	(176)
附录：学习自测题(见《实用化学实验》)参考答案 ·····	(178)

第一章 原子结构 化学键

一、教学基本内容与要求及课时分配

章节内容	知识要点	学习要求				课时分配 (共 12 学时)
		了解	理解	掌握	应用	
第一节 原子核 同位素	1. 原子的组成			✓		1
	2. 同位素				✓	
第二节 原子核外电 子的排布	1. 电子云	✓				1~2
	2. 原子核外电子的运动状态		✓			
	3. 原子核外电子排布		✓			2
第三节 元素周期律 元素周期表	1. 元素周期律			✓		1
	2. 元素周期表,				✓	2
	3. 元素周期律和元素周期表的意义		✓			1
第四节 化学键和分 子的极性	1. 离子键			✓		1
	2. 共价键			✓		1
	3. 非极性分子和极性分子		✓			1
	4. 晶体结构	✓				1

注：加“*”内容为选教内容，下同。

实验名称	技能要点	学习要求			课时 分配
		学会	掌握	熟练掌握	
实验一 化学实验基本操作	1. 酒精灯的使用			✓	2
	2. 玻璃器皿的洗涤			✓	
	3. 药品的处理			✓	
	4. 加热的方法			✓	
	5. 常用仪器的认识和绘制	✓			
实验二 同周期、同主族元素性质 的比较	1. 试管基本操作			✓	2
	2. 观察能力			✓	
	3. 实验探索同周期、同主族元素性质递变规律		✓		

二、教材分析

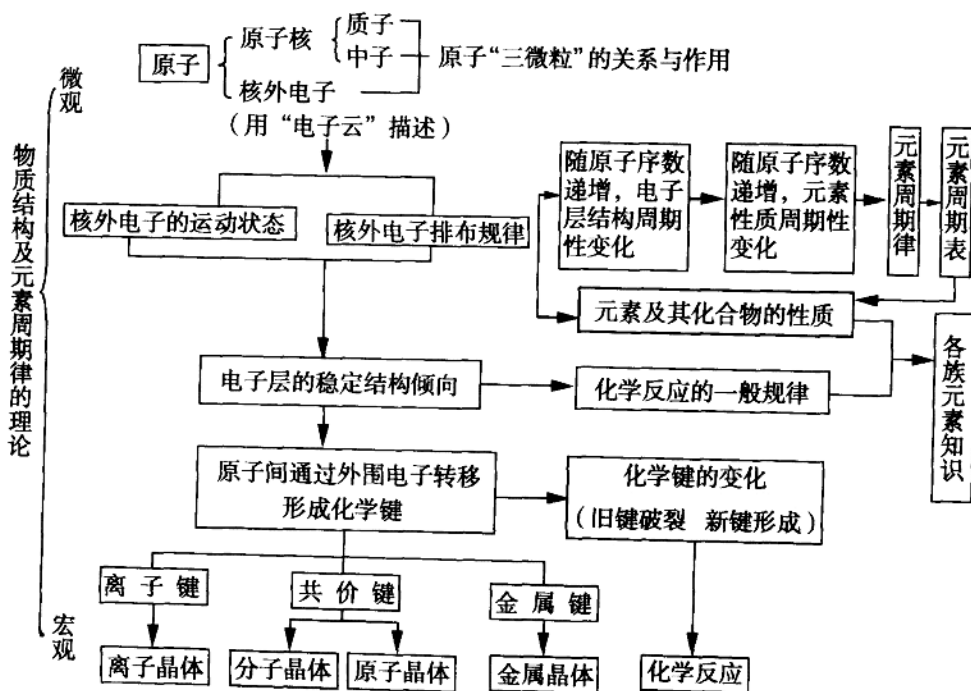
1. 新旧知识点衔接, 承上启下作用

本章教材包括原子结构、分子结构和元素周期律三部分内容。初中化学课已介绍过原子结构、分子形成的初步知识, 以及氧、氢、碳、铁等元素及其一些化合物的知识, 因而, 学生已初步具备了一定的有关原子结构、分子结构及元素、化合物的知识, 为学习本章打下了基础。本章有关元素周期律和分子结构知识的学习, 既有利于学生认识元素间的内在联系、物质的性质和化学反应的本质; 又可促使学生对以往学过的零乱的元素知识进行概括、归纳、综合, 实现由感性认识到理性认识的升华。本章内容安排在全教材的第一章, 其突出的优点是能使学生以原子结构、元素周期律为理论指导, 去探索研究以后将要学习的化学知识, 掌握打开化学知识宝库的“金钥匙”。

2. 各知识点的内在联系, 归纳总结

本章教材中, 元素周期律主要是在原子结构的基础上归纳得出的, 这样以原子结构知识作为研究元素周期律的理论基础, 能使学生深刻地理解元素周期律的实质, 而学生对元素周期律的学习又能进一步加深和巩固其对原子结构理论的认识、理解。分子结构的学习需要以原子结构知识为基础, 因此这部分内容安排在原子结构、元素周期律之后, 分子结构知识的学习有利于学生认识化学反应的本质和物质的性质。本章教材在介绍元素周期表的结构后, 安排了几个演示实验, 如将碱金属和卤素的有关知识巧妙地融合在实验中, 这样既提高了学生的学习兴趣, 又为元素周期律提供了事实证据, 证明了元素性质和原子结构的内在联系, 还能使学生获得有关元素及其化合物的知识, 可谓一举三得。

本章知识网络图:



网络图解

(1) 全力抓住宏观、微观关系

物质在不同条件下表现出来的性质都跟它们的微观结构有关。元素宏观性质的周期性变化,从微观上去考虑,正是元素原子的核外电子排布及原子半径的周期性变化的必然结果。在教学中,一定要讲清两个规律:

宏观上,元素的各项性质(例如:跟金属或非金属的作用、跟水的作用、元素的化合价、元素的最高价氧化物对应水化物的酸碱性等),随元素原子序数的递增发生周期性的变化,这体现在元素周期表中上下左右递变的关系。

微观上,元素原子的半径与核外最外层电子数也是随元素原子序数的递增发生周期性的变化。

把宏观、微观的规律联系起来,宏观性质是微观性质的表现,微观性质则是宏观性质的内因。这种生动的因果关系、辩证关系就是本章教学的核心。

(2) 突出原子结构的主线,抓住位置—结构—性质的相互关系

整个教学程序,应明确以下层次:

① 从原子结构开始,原子由质子、中子与核外电子组成,建立起“三微观”之间的关系,明确 $A=Z+N$, 以及 AZX 的关系,搞清元素、同位素的含义。

② 元素的化学性质与核外电子有关,而核外电子的运动状态可用“电子云”来形象性地表述,从“四个方面”描述,按“三个原理”排布电子。

③ 由于随元素原子序数的递增,原子最外电子层结构和原子半径出现周期性变化,引起了元素得失电子能力和主要化合价的周期性变化,从而产生了元素性质的周期性变化,形成了周期律。根据元素周期律排出了周期表。由此出现了周期表位置、原子结构和元素性质三者的紧密关系,即位置—结构—性质的关系。

由于电子排布出现最外电子层的“稳定结构倾向”,原子相互结合,形成化学键,能量降低,进入较稳定的系统。典型金属原子与典型非金属原子相遇,电子一得一失,分别形成了金属阳离子和非金属阴离子,靠静电作用形成了离子键而结合;非金属原子间通过共用电子对(电子云的重叠)形成共价键而结合成稳定的分子。

由以上鲜明的层次就可把物质结构、元素周期律、元素周期表及元素化合物的性质等知识串联起来,因此,要在位置—结构—性质三者相互联系上反复训练,在应用中去掌握理论,并使知识规律化。

3. 本章重点、难点

重点: 原子组成、化学键的基础知识;元素周期律的实质和元素周期表的结构;元素的单质及其化合物的性质递变规律。

难点: 核外电子的运动状态和排布规律;非极性分子和极性分子。

第一节 原子核 同位素

一、教学目的要求

1. 理解质量数(A)和 AZX 的含义,掌握构成原子的粒子间的关系。

2. 掌握同位素的概念。

二、教学重点、难点

重点：构成原子的各种粒子间的关系，同位素的概念。

难点：元素与同位素、质量数与相对原子质量等概念的理解。

三、教学建议

组织学生复习初中化学课本中有关原子的内容：原子的构成；原子的特点；原子核的构成；质子、中子、电子的质量与电性。以此为导线，导入新课，使这些知识成为新知识的生长点，温故而知新，使学生较为全面、系统地理解构成原子的粒子间的关系。

1. 关于原子组成的教学

培养和训练学生的科学思维，教学中抓住两条主线：“电性”与“质量”。电性方面：根据“原子不显电性”的特点，由质子、中子和电子的电性与电量，归纳出质子数、电子数之间的关系：

核内质子数 = 核电荷数 = 核外电子数

质量方面：原子质量很小，常用相对原子质量表示。质子、中子质量很小，而电子更小，约为质子质量的 $1/1836$ ，故可以忽略其质量，由此引出质量数的概念。

原子的质量 \approx 原子核的质量 = 质子的总质量 + 中子的总质量

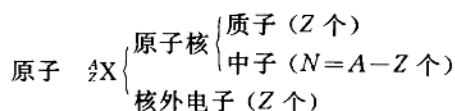
除以碳-12
原子质量
的 $1/12$ \downarrow (忽略电子质量) (质子质量 \times 质子数) (中子质量 \times 中子数)

相对原子质量 \approx $1.007 \times$ 质子数 (Z) + $1.008 \times$ 中子数 (N)

取整数 \downarrow

(近似相对原子质量) 质量数 $(A) =$ 质子数 $(Z) +$ 中子数 (N)

引出表示质量数、核电荷数、核内质子数、核外电子数关系的符号—— A_ZX 。并与学生一起归纳小结：



然后列表组织课堂练习，及时巩固认识“三微粒”关系，并对学生进行辩证对立统一观点教育。

A_ZX	核内质子数	核内中子数	核外电子数	质量数
${}^{35}_{17}\text{Cl}$				
	15	16		
	6			14
${}^1_1\text{H}$				
${}^2_1\text{H}$				
${}^3_1\text{H}$				

2. 关于同位素的教学

由上表中三种氢原子引出“同位素”的概念,使学生明确:

具有相同的质子数(同一种元素)——
不同的中子数——不同原子互称同位素

然后,组织阅读教材 p. 4 有关同位素应用的知识,激发学生学习化学的兴趣和积极性,培养学生理论联系实际的能力。

四、参考资料

1. 近代化学的奠基人——道尔顿(Dalton)。

约翰·道尔顿,英国化学家、物理学家和气象学家、近代化学原子论的创始人。1803年,他根据有关实验事实和基本质量定律提出了原子学说,其主要内容有下列三点:

① 一切物质都是由不能再分割、不能毁灭的最小微粒组成,这种微粒称为原子;

② 同种元素的原子,其形状、质量及性质都相同;不同元素的原子,其形状、质量及性质各不相同;

③ 两种元素的化合作用是一种原子与另一种原子形成化合物的分子。

由于受到当时客观条件的限制,道尔顿原子学说存在着明显的缺点和不足之处。例如他把原子看作组成物质的不可再分的最小质点,便与事实不符。原子不是构成物质的最小微粒。原子是由电子、质子、中子等更小的微粒构成的。随着科学技术的发展,已经发现三百多种比原子更小的微粒,目前统称为“基本粒子”。但原子是物质化学反应中不能再分的最小微粒。在化学反应中一种原子不能变为别的原子,只不过把组成反应物的原子拆开重新组成生成物罢了。尽管道尔顿的理论存在不少错误,然而他提出的原子概念能从微观物质结构角度去揭示宏观化学现象的本质,从而推动了化学的迅速发展,近代化学就是从道尔顿原子学说开始的。

2. 核素、同位素

核素:具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子称为核素。例如,原子核里有6个质子和6个中子的碳原子,它的质量数是12,称碳-12核素,或写成 ^{12}C 核素。除 ^{12}C 核素外,还存在 ^{13}C 核素。氧元素有三种核素: ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O 核素。具有多种核素的元素称为多核素元素,碳元素、氧元素都是多核素元素。天然存在的钠元素只有 ^{23}Na 一种核素,这样的元素称单一核素元素,自然界中有二十多种单一核素元素,如铍、氟、钠、铝、金、碘等。

同位素:质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称同位素。

3. 原子质量、平均原子质量、相对原子质量

同位素发现以后,人们认识到每种元素都有一定数目(一种或一种以上)的核素,某核素一个原子的质量称为核素的原子质量,简称原子质量。

原子质量除用千克表示外(数值很小,运算不便),一般还可以用原子质量单位u表示,规定一个 ^{12}C 核素原子质量的1/12为1u($1\text{u}=1.660565\times 10^{-27}\text{kg}$)。因此, ^{12}C 的原子质量为12u, ^{16}O 的原子质量为16u。由于大多数元素含有同位素,所以元素的原子质量实际上是该元素包括各种同位素在内的平均原子质量。

用质谱仪可以测定各核素的原子质量及其在自然界的丰度(元素的丰度是指化学元素在地球中的相对比率,常以原子百分含量表示),这样就可以算出元素的平均原子质量。如氧

元素有两种天然同位素,实验测得 ^{35}Cl 的原子质量为 34.969u ,丰度为 75.77% ; ^{37}Cl 的原子质量为 36.966u ,丰度为 24.23% ,因此,氯元素的平均原子质量为:

$$34.969\text{u} \times 75.77\% + 36.966\text{u} \times 24.23\% = 35.453\text{u}.$$

相对原子质量用符号 $A_r(\text{E})$ 表示, A 代表原子, r 表示相对, E 代表元素。根据相对原子质量的定义,某元素平均原子质量对 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ 之比,即为该元素的相对原子质量,所以:

$$A_r(\text{Cl}) = \frac{\text{氯元素的平均原子质量}}{^{12}\text{C} \text{的原子质量} \times \frac{1}{12}} = \frac{35.453\text{u}}{12\text{u} \times \frac{1}{12}} = 35.453$$

可见,相对原子质量和平均原子质量是两个有区别的概念,同一元素的相对原子质量和平均原子质量的数值相同,但平均原子质量有单位(u),而相对原子质量则是一个没有单位的相对量。

4. $^{235}_{92}\text{U}$ 是制造原子弹的材料和核反应堆的燃料

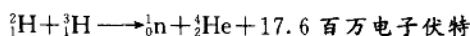
$^{235}_{92}\text{U}$ 被一个慢中子打击后,可以发生裂变,即分裂为大小相近的碎核,同时有两三个中子放射出来。



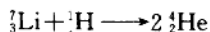
放出的快中子经过减速之后,又去轰击 $^{235}_{92}\text{U}$ 的原子核,于是发生了雪崩式的裂变,同时放出巨大的能量。这是 $^{235}_{92}\text{U}$ 作原子弹材料和核反应堆燃料的根据。实际上,铀-235的裂变过程非常复杂,分裂产物有35种元素(从 $_{30}\text{Zn}$ 到 $_{64}\text{Gd}$),放射性核有200种以上。

5. ^2_1H 、 ^3_1H 是制造氢弹的材料

原子弹是利用重核裂变释放出大量的能量,而氢弹则是利用轻核聚变,释放出更大的能量。氢弹里,一般先利用原子弹引爆,这时能产生几百万度的高温,但维持的时间只有百分之几秒。在这种高温条件下,能诱发氢弹里的氘和氚发生聚变:



但由于氚的价格极贵,自然界存量又极微,因而氢弹中只利用了少量的氚。利用氘氘聚变产生的高温,引起如下的核反应:



这些反应产生了 ^3_1H ,使氘氘聚变反应继续进行。所以氢弹的必要材料是原子弹爆炸装置(利用重核裂变)和热核材料:少量的液态和固态的氚化锂 ${}^6_3\text{Li} {}^3_1\text{H}$ 。

6. 原子的组成、结构模型记忆口诀

原子空洞洞,核小却很重,带着正电荷,位置在当中。

质子和中子,核里来相逢,电子绕核转,电子云形容。

若是同元素,质子数相同;若是同位素,质同中不同。

原子电中性,质、电数相同;离子论阴阳,质、电数不同。

五、习题参考答案

1. 表内外填空

6	6	7	11	27	12
6	6	7	11	27	12
12	14	14	23	60	24
6	8	7	12	33	12

质子数相同、中子数不同的原子,如 $^{12}_6\text{C}$ 、 $^{13}_6\text{C}$;可能是相同元素或不同元素的原子,如 $^{23}_{11}\text{Na}$ 、 $^{24}_{12}\text{Mg}$ 。
不同元素的原子,如 $^{12}_6\text{C}$ 、 $^{14}_7\text{N}$ 。

2. (1) \times (2) \times (3) \times 。

3. 38、52、38。

4. 选择题: (1) C, (2) D, (3) C。

第二节 原子核外电子的排布

一、教学目的要求

1. 初步了解核外电子的运动状态和电子云、电子层、电子亚层、电子云伸展方向、电子自旋、轨道等概念的涵义。

2. 通过对元素电离能的分析,认识核外电子由于能量不同而分层排布,培养分析、判断、归纳的能力。

3. 初步掌握原子核外电子排布的三个原理——泡利不相容原理、能量最低原理和洪特规则。

4. 能够根据上述三个原理和近似能级图,理解1~36号元素原子的核外电子排布情况。

二、教学重点、难点

重点: 核外电子的排布规律。

难点: 原子核外电子运动的特征、原子核外电子的排布规律。

三、教学建议

本节教材首先介绍了电子云的概念,然后从电子层、电子亚层和电子云的形状、电子云的伸展方向及电子的自旋等四个方面定性地描绘了电子的运动状态。由于核外电子运动具有特殊的规律性,教材中出现了很多抽象的概念,教师在讲授时要注意深入浅出,通俗易懂,尽量用形象而不失科学性的比喻,使抽象的概念具体化,尽可能采用幻灯、挂图、模型、电脑动画等进行直观教学。

1. 关于电子云的教学

巧用比喻、教具,给学生直观的展示,把想象实体化,培养学生的空间想象、抽象思维和分析推理等能力。

首先与学生一起讨论核外电子运动的特点: 质量极小、带负电; 运动空间小; 速度快、接

近光速。因此,核外电子的运动规律与宏观物体不同,它没有确定的轨道,我们不能测定或计算它在某一时刻所在的位置,也不能描绘它的运动轨迹。我们只能指出它在核外空间某处出现机会的多少。教师可用蜜蜂采蜜或飞蛾扑灯等比喻,或通过三维动画引出电子云的概念,也可以参照教材上给氢原子照相的方法引出氢原子的电子云示意图。在讲解照片叠印时,先根据教材上的图绘制一系列幻灯片,上课时将幻灯片逐张重叠放映出来。还可出示氢原子电子云示意图挂图,请同学观察该图呈什么形状?小黑点的分布有什么规律?电子在核外单位体积空间中出现机会的多少与离核远近有什么关系?以培养学生的抽象思维能力。在学生充分讨论的基础上,最后由教师作总结。并指明:氢原子电子云示意图中的小黑点并不代表一个电子,并不是所有的电子云都是球形的,电子云的形状、大小、方向都可能不同。

2. 关于原子核外电子的运动状态的教学

(1) 电子层 教学中不但要使学生认识核外电子是分层排布的,更要注意培养学生分析推理能力和逻辑思维的方法,通过对电离能数据的精辟分析、严密推理,有力论证这一结论。明确电子层数 n 是决定电子能量的主要因素, n 愈大,表示电子离核愈远,能量愈高。

(2) 电子亚层和电子云形状 在提出电子亚层概念时,首先要说明同一电子层中分成不同电子亚层的两条依据:同一电子层中电子的能量稍有差别;电子云的形状也不相同。建议通过放幻灯片和出示立体模型介绍 s 、 p 电子云的形状,并说明在同一电子层中,各亚层的能量按 s 、 p 、 d 、 f 的次序递增。建议采用列表的方法与学生一起归纳每一电子层里有多少电子亚层,并说明 $2s$ 、 $3p$ 、 $4d$ 等符号的涵义。

(3) 电子云的伸展方向 出示 s 、 p 电子云的模型(或放幻灯片),指出电子云不仅有确定的形状,而且有一定的伸展方向。并说明: p 电子云的伸展方向就是电子云对称轴的方向,也就是电子云密度最大(即电子出现的机会最多)的方向。为今后讲共价键的方向性作铺垫。教师在讲解轨道的涵义上不要引申,需向学生强调说明的是:轨道是指电子运动的空间范围,而不是宏观物体(如人造卫星)的运动轨道。可请学生自己推导各电子层的最多轨道数,并总结归纳出每个电子层可能有的最多轨道数为 n^2 个。

(4) 电子的自旋 简要说明电子的两种不同的自旋状态和表示方法。

3. 关于原子核外电子排布的教学

让学生在探索中自己去发现,学会科学的思维方法,教师适时点拨,因势利导,化繁为简。

(1) 泡利不相容原理 组织阅读教材中泡利不相容原理内容,然后教师浅显明白地告诉学生,就是每个轨道最多能容纳 2 个自旋方向相反的电子,引导学生总结出每一电子层中最多可容纳 $2n^2$ 个电子。

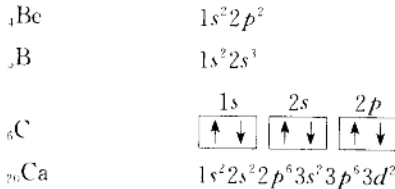
(2) 能量最低原理 教师可由水往低处流,看戏时观众自发地从前往后坐等生活常识引出能量最低原理和能级概念,并与学生一起分析能级的一般顺序。关于能级交错现象,教师只要稍作解释,如每个电子都受到其他电子对它的排斥作用,这就减弱了原子核对该电子的吸引力,使该电子的能量升高。当电子所处的电子层、电子亚层不同时,这种减弱作用也不相同,因此使多电子原子的电子所处的能级产生了交错现象。教师注意不要拓宽加深,引入屏蔽效应。最后根据近似能级图,要求学生确定电子排入轨道的顺序,并提醒学生要特别注意 $E_{4s} < E_{3d}$ 。

(3) 洪特规则 先请学生根据前面学过的两个原理将 ${}_{9}\text{F}$ 、 ${}_{11}\text{Na}$ 、 ${}_{6}\text{C}$ 的电子排入轨道中。

学生在排 ${}_6\text{C}$ 的电子时,必然会遇到问题(前两个原理无法解决),怎么办?教师就在学生探索问题的气氛中,因势利导引出洪特规则,并说明按洪特规则排布电子,可使原子的能量较低。

为巩固电子排布的三个原理,建议让学生在课内根据三个原理写出 $1\sim 36$ 号元素的电子排布式,具体可采用以下方式:将全班同学分成四组,每组写9种元素的排布式,然后在全班交流,并对照教材中的表1-5,学生会惊讶地发现他们写的 ${}_{24}\text{Cr}$ 、 ${}_{29}\text{Cu}$ 的电子排布式与教材不一致,由此引出洪特规则特例。巩固对概念、原理的认识和运用,并学会用发展的眼光看待事物。课内,教师还可以编一些错误的电子排布式或轨道表示式,组织学生辨认、改正。

例如:以下原子的电子排布式或轨道表示式是否正确?如不正确说明违反了哪一条原理?并改正。



关于核外电子排布规律的学习,教师要特别声明是“能量”起的作用,就如物体从高处能自动地往低处掉,能量高的系统能自发地放出能量,使体系稳定,这是宇宙间的一条普遍规律,而不是人为“意愿”或“安排”,使学生树立科学的观点。

4. 本节归纳小结

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|------|---|-------------|------|------------|--|--------------|----------|--|--------------|--------------|--|--|
| (1) 核外电子运动特征 | { | 波粒二象性、测不准原理
电子云 | | | | | | | | | | | | | |
| (2) 核外电子运动状态
(从四个方面同时描述) | { | <table style="border-collapse: collapse; margin-left: 10px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">电子层</td> <td style="padding-right: 5px;">n</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">1, 2, 3, ……</td> <td rowspan="4" style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px; vertical-align: middle;">} 轨道</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">电子亚层和电子云形状</td> <td style="padding-right: 5px;"></td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">(s, p, d, f)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">电子云的伸展方向</td> <td style="padding-right: 5px;"></td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">(1, 3, 5, 7)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">电子的自旋(顺、逆时针)</td> <td style="padding-right: 5px;"></td> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;"></td> </tr> </table> | 电子层 | n | 1, 2, 3, …… | } 轨道 | 电子亚层和电子云形状 | | (s, p, d, f) | 电子云的伸展方向 | | (1, 3, 5, 7) | 电子的自旋(顺、逆时针) | | |
| 电子层 | n | 1, 2, 3, …… | } 轨道 | | | | | | | | | | | | |
| 电子亚层和电子云形状 | | (s, p, d, f) | | | | | | | | | | | | | |
| 电子云的伸展方向 | | (1, 3, 5, 7) | | | | | | | | | | | | | |
| 电子的自旋(顺、逆时针) | | | | | | | | | | | | | | | |
| (3) 核外电子排布规律 | { | 泡利不相容原理
能量最低原理
洪特规则(及特例) | | | | | | | | | | | | | |

四、参考资料

1. 电子运动的波粒二象性和海森堡测不准原理

1924年,年轻的法国物理学家德布罗伊在光的波粒二象性启示下,大胆地提出了微观粒子(电子、原子等)应与光子一样具有波粒二象性,且服从下列关系式: $p = mv = h/\lambda$ 。式中 p 为光子的动量, m 为粒子的静止质量, v 为其运动速率, h 为普朗克常数, λ 为光的波长。德布罗伊的预言四年后为戴维森和革末的电子衍射实验所证实。

既然电子等微观粒子具有波粒二象性,那么能否像经典力学中确认宏观物体的运动状态一样,同时用位置和速度的物理量来准确地描述电子的运动状态?海森堡(Heisenberg)作出了否定的回答,他认为微观粒子的位置和动量之间应有以下的测不准关系:

$$\Delta x \cdot \Delta p \approx h \quad \Delta x \cdot m\Delta v = h$$

上式中, x 表示微观粒子在空间某一方向的位置坐标, Δx 为确定粒子位置的不准确量, Δp 为确定粒子动量的不准确量, Δv 为确定粒子运动速度的不准确量, m 为粒子的静止质量, h 为普朗克常数。由上式可知, 若 Δx 越小, 则 Δp 或 Δv 便越大。由于电子的质量很小 ($m = 9.11 \times 10^{-28} \text{g}$), 若假定电子运动的 $\Delta x = 10^{-9} \text{cm}$ (原子直径的数量级多在 10^{-8}cm 左右), 则由测不准关系式可算得:

$$\Delta v = \frac{h}{m \cdot \Delta x} = \frac{6.62 \times 10^{-27}}{9.11 \times 10^{-28}} = 7.27 \times 10^9 (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$$

我们知道, 电子的运动速度一般在 $10^6 \sim 10^8 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的范围内。上述速度的不准确量已经超过电子运动本身的速度。这说明: 在确定电子位置的同时, 其速度就测不准; 同样在确定电子速度的同时, 其位置就测不准; 要同时测准电子的位置和速度是不可能的。因此, 显然不能用具有确定轨迹的轨道来描述电子的运动。对电子的运动状态, 只能用统计的方法, 作出概率的描述和判断。1926年, 奥地利物理学家薛定谔根据电子等微粒二象性的特点建立了微粒运动所服从的基本方程, 即著名的薛定谔波动方程式。

2. 鲍林近似能级图

在多电子原子中, 原子轨道的能级除与主量子数 n (n 表示电子所处的电子层, n 值取 1、2、3……与 n 值对应的电子层符号为 K、L、M、N……) 有关外, 还与角量子数 l (l 可取自 $0 \sim n-1$ 之间的任何整数, l 的每一个取值相应一种电子亚层, $l=0, 1, 2, 3, \dots$ 分别表示 s, p, d, f 电子亚层) 有关。对于主量子数和角量子数都一定的每一个亚层为一个能级, 能级高低有如下规律:

- (1) l 相同时, n 越大, E 越高。如 $E_{1s} < E_{2s} < E_{3s} < \dots, E_{2p} < E_{3p} < E_{4p} < \dots$
- (2) n 相同时, l 越大, E 越高。如 $E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf}$
- (3) n 和 l 都不相同时, 轨道能级的变化比较复杂。 n 大、 l 小的能级可能低于 n 小而 l 大的能级。例如: $E_{4s} < E_{3d}$, 这时出现能级的交错。

根据光谱的实验结果, 鲍林总结出多电子原子中原子轨道能级高低的近似情况, 称为近似能级图 (见教材图 1-7)。鲍林的近似能级图基本上反映了多电子原子轨道能量的相对高低。根据该能级顺序填充电子, 所得到的电子排布情况与实验结果基本相符。但此近似能级图只能作为能级相对高低的定性判断, 没有定量意义, 对某些实验现象尚不能作出满意的解释。

我国化学家徐光宪根据大量光谱实验的数据, 总结归纳出了能级的相对高低与 n 和 l 关系为 $n+0.7l$ 的近似规律。式中 n 表示主量子数, l 表示角量子数, $(n+0.7l)$ 值越大, 能量越高。

最后必须指出, 鲍林近似能级图并不能说明原子失去电子的顺序。因为对于离子的外层电子来说, $(n+0.4l)$ 愈大, 则能级愈高。因此像第四周期过渡元素的原子, 如成为二价阳离子, 那么失去的是 $4s$ 轨道的 2 个电子, 二价阳离子的电子排布式为: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^X$ (X 是 1~10 的正整数)。

3. 钻穿效应和屏蔽效应

(1) 钻穿效应

由于电子运动的波动性, 离核较远的电子可钻到离核较近的空间, 从而靠近原子核。这种作用称为电子的钻穿效应。不同轨道上运动的电子其钻穿本领不同。一般说来, 钻穿本领

的相对大小是： $ns > np > nd > nf$ 。

(2) 屏蔽效应

在多电子原子体系中,电子不仅受到原子核的吸引力,同时也存在着电子间的相互排斥力,这种排斥力相当于抵消了一部分核电荷的作用,引起有效核电荷(即真正作用于某电子的核电荷)的降低,此作用称为屏蔽效应。对电子的主层来说,越靠近核的内层(即 n 越小),对外层电子的屏蔽作用越大,即屏蔽作用： $K > L > M > N$ ；对同一层的电子来说,由于钻穿本领不同,其屏蔽能力也不同,钻穿本领越强,则其向核靠拢越显著,屏蔽能力越强。这样同层电子屏蔽能力的相对大小为 $ns > np > nd > nf$ 。

根据电子的钻穿效应和屏蔽效应不难分析原子轨道出现能级交错现象。因为钻穿本领是 $ns > np > nd > nf$,导致屏蔽作用大小按同样顺序递减,即 $ns > np > nd > nf$,核对同层不同电子的吸引力依 ns, np, nd, nf 顺序而减弱。核对电子吸引力大的能级低,吸引力小的能级高,这样就出现 $E_{ns} < E_{np} < E_{nd} < E_{nf}$ 的能级分裂现象。另外,由于 ns 电子的钻穿本领大于 $(n-1)d$ 电子,使核对 ns 电子的吸引力比对 $(n-1)d$ 电子强,使 ns 电子能级降低较多,结果能级 $E_{ns} < E_{(n-1)d}$,这样就出现能级交错的现象。

4. 原子的最外层电子数为什么不超过 8 个? 次外层电子数为什么不超过 18 个?

由于能级交错的原因, $E_{nd} > E_{(n+1)s}$ 。当 ns 和 np 充满时(共 4 个轨道,最多容纳 8 个电子),多余电子不是填入 nd ,而是首先形成新电子层,填入 $(n+1)s$ 轨道中,因此最外层电子数不可能超过 8 个。

同理可以解释为什么次外层电子数不超过 18 个,若最外层是 n 层,次外层就是第 $(n-1)$ 层。由于 $E_{(n-1)f} > E_{(n-1)s} > E_{np}$,在第 $(n+1)$ 层出现前,次外层只有 $(n-1)s, (n-1)p, (n-1)d$ 上有电子,这三个亚层共有 9 个轨道,最多可容纳 18 个电子,因此次外层电子数不超过 18 个。

5. 亚铁盐溶液在空气中很容易被氧化而变质,为什么铁盐比亚铁盐稳定(Fe^{3+} 比 Fe^{2+} 稳定)?

^{26}Fe 的电子排布结构式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

Fe^{2+} 的电子结构式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

Fe^{3+} 的电子结构式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$

Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 比较, Fe^{3+} 的 $3d$ 轨道上电子排布为半充满(d^5),能量较低,因而 Fe^{3+} 比 Fe^{2+} 稳定。基于上述原因,实验室中亚铁盐溶液必须新配,并常在其中加入少量铁钉,以防止亚铁盐溶液的氧化变质。

五、习题参考答案

一、填空题

1. 一:1;1;2. 二: $p;3;6$. 三: $d;5;10$. 4. 电子云的伸展方向,2,相反. 5. 洪特规则.
6. 能量最低原理. 7. 泡利不相容原理. 8. 31. 9. $^{19}K: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$;
 $^{29}Cu: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$.

二、选择题

1. D, 2. C, 3. B.