

普通高中课程标准实验教科书

化学 ②

必修

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
化学课程教材研究开发中心



 人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

化 学 ②

必 修

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所
化学课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

化学2 必修

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
化学课程教材研究开发中心

*

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京新华印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 5.75 字数: 130 000

2006 年 5 月第 2 版 2006 年 6 月第 4 次印刷

ISBN 7-107-17861-X 定价: 9.30 元
G·10950 (课)

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

说 明

为了帮助教师理解和体会课程标准,更好地使用教科书,我们根据教育部制订的《普通高中化学课程标准(实验)》和人民教育出版社、课程教材研究所化学课程教材研究开发中心编著的《普通高中课程标准实验教科书 化学2(必修)》的内容和要求,结合高中化学教学实际,组织编写了本教师教学用书,供高中化学教师教学时参考。

全书按教科书的章节顺序编排,每章包括本章说明、教学建议和教学资源三个部分。

本章说明是按章编写的,包括教学目标、内容分析和课时建议。教学目标指出本章在知识与技能、过程与方法 and 情感态度与价值观等方面所要达到的教学目的;内容分析从地位和功能、内容的选择与呈现、教学深度以及内容结构等方面对全章内容做出分析;课时建议则是建议本章的教学课时。

教学建议是分节编写的,包括教学设计、活动建议、问题交流和习题参考。教学设计对各节的内容特点、知识结构、重点和难点等作了较详细的分析,并对教学设计思路、教学策略、教学方法等提出建议。活动建议是对科学探究、实验等学生活动提出具体的指导和建议。问题交流是对“学与问”、“思考与交流”等教科书中栏目所涉及的有关问题给予解答或提示。习题参考则是对各节后的习题给予解答或提示。

教学资源是按章编写的,主要编入一些与本章内容有关的教学资料、疑难问题解答,以及联系实际、新的科技信息和化学史等内容,以帮助教师更好地理解教科书,并在教学时参考。

参加本书编写工作的有:王晶、王作民、李桢、吴海建、孙琳琳、张晓娟、宋锐等。

本书的审定者:李文鼎、王晶。

责任编辑:吴海建。

图稿绘制:李宏庆、张傲冰。

本次修订审定者:王晶、冷燕平。

由于时间仓促,本书的内容难免有不妥之处,希望广大教师和教学研究人员提出意见和建议,以便修订改进。

人民教育出版社 课程教材研究所
化学课程教材研究开发中心

2006年4月

目 录

第一章 物质结构 元素周期律	1
本章说明	1
教学建议	
第一节 元素周期表	2
第二节 元素周期律	5
第三节 化学键	7
教学资源	9
第二章 化学反应与能量	15
本章说明	15
教学建议	
第一节 化学能与热能	18
第二节 化学能与电能	24
第三节 化学反应的速率和限度	32
教学资源	37
第三章 有机化合物	43
本章说明	43
教学建议	
第一节 最简单的有机化合物——甲烷	44
第二节 来自石油和煤的两种基本化工原料	47
第三节 生活中两种常见的有机物	49
第四节 基本营养物质	51
教学资源	52
第四章 化学与自然资源的开发利用	60
本章说明	60
教学建议	
第一节 开发利用金属矿物和海水资源	62
第二节 资源综合利用 环境保护	65
教学资源	70

第一章 物质结构 元素周期律



本章说明

一、教学目标

1. 能描述元素周期表的结构,知道金属、非金属在元素周期表中的位置。
2. 在初中有关原子结构知识的基础上,了解元素的原子核外电子排布。
3. 通过有关数据和实验事实,了解原子结构与元素性质之间的关系。知道核素和同位素的涵义;认识原子结构相似的一族元素在化学性质上表现出的相似性和递变性;认识元素周期律。
4. 认识化学键的涵义,通过实例了解离子键和共价键的形成。

二、内容分析

1. 地位和功能

物质结构和元素周期律是化学的重要理论知识,也是中学化学教学的重要内容。通过学习这部分知识,可以使学生对所学元素化合物等知识进行综合、归纳,从理论上进一步理解。同时,作为理论指导,也为学生继续学习化学打下基础。

这部分知识既是化学 2 (必修) 的内容,也是选修化学的基础。

2. 内容的选择与呈现

根据课程标准,有关物质结构和元素周期律的知识,在必修模块和选修模块中均有教学要求,作为必修模块中的内容,比较简单、基础,较系统的知识将在选修模块中安排。

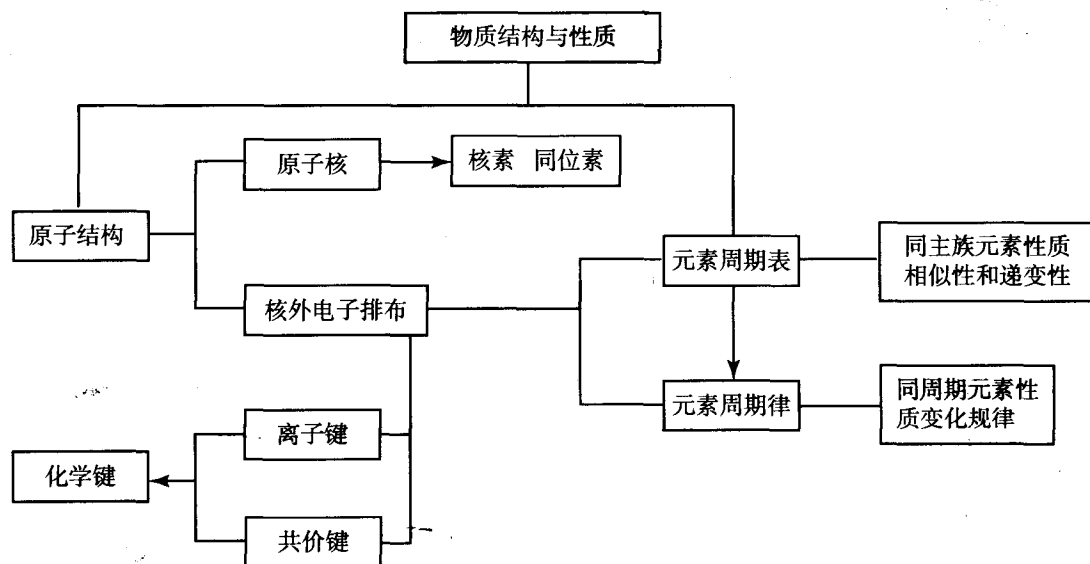
在初中化学的基础上,进一步介绍原子核外电子排布。教材没有具体介绍原子核外电子排布的规律,而是直接给出了 1~20 号元素原子核外电子的排布,让学生从中发现一些简单规律。较系统的知识将在选修模块中继续介绍。

教材将原子结构与元素性质的关系以及元素周期律作为重点内容。以碱金属元素和卤族元素为代表介绍同主族元素性质的相似性和递变性;以第三周期元素为代表介绍元素周期律。将元素性质、物质结构、元素周期表等内容结合起来,归纳总结有关的化学基本理论。

在初中化学的基础上,通过离子键和共价键的形成,以及离子化合物和共价化合物的比较,使学生认识化学键的涵义。

本章内容虽然是理论性知识,但教材结合元素化合物知识和化学史实来引入和解释,使理论知识与元素化合物知识相互融合,以利于学生理解和掌握。

3. 内容结构



本章以元素周期表和元素周期律为框架，先介绍元素周期表，再通过一些事实和实验归纳元素周期律。

第一节从化学史引入，直接呈现元素周期表的结构。在学生了解一些元素性质和原子结构示意图的基础上，以周期表的纵向结构为线索，以碱金属和卤族元素为代表，通过比较原子结构（电子层数，最外层电子数）的异同，突出最外层电子数的相同；并通过实验和事实来呈现同主族元素性质的相似性和递变性。帮助学生认识元素性质与原子核外电子的关系。在此基础上，提出元素性质与原子核的关系，并由此引出核素和同位素的有关知识。

第二节以周期表的横向结构为线索，先介绍原子核外电子排布，突出电子层数的不同和最外层电子数的递增关系，以第三周期元素为代表，归纳出元素周期律。

第三节在前两节的基础上介绍化学键。使学生进一步认识物质结构的知识，以及化合物的形成和化学反应的本质。

三、课时建议

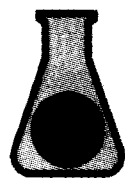
第一节	元素周期表	3 课时
第二节	元素周期律	3 课时
第三节	化学键	2 课时
复习和机动		2 课时

教学建议

第一节 元素周期表

一、教学设计

元素周期表是元素周期律的具体表现形式，是学习化学的重要工具。元素周期表在初中化学中已有简单介绍，学生已经知道了元素周期表的大体结构，并会用元素周期表查找常见元素的相



关信息,但对元素与原子结构的关系还没有更深的理解。因此,本节教学的主要目的在于帮助学生能够从原子结构的角度进一步认识元素周期表的实质,为学习元素周期律打下基础。

本节教学重点:元素周期表的结构;元素在元素周期表中的位置及其性质的递变规律。

本节教学难点:元素在元素周期表中的位置及其性质的递变规律。

为了落实重点、突破难点,教学设计时,应该充分发挥实验在化学教学中的作用,根据各学校和学生的实际情况,尽可能采用开放式和探究式的教学方法,充分发挥学生学习的主动性。

1. 关于元素周期表结构的教学设计(第1课时)

教学流程:

查找资料(关于元素周期表的发展史)→实践活动汇报→讲授元素周期表的结构→学生设计不同类型的元素周期表→小结。

说明:

实践活动(课前预习)——分小组查找关于元素周期表发展史的相关资料,制作成幻灯片或资料卡片等。

讲授——可采取制成Flash动画的形式,每一板块点击出现,增加周期表结构的动感,加深记忆。

课堂开放性训练——以小组为单位竞赛,从不同的角度设计多种类型的元素周期表(如从密度、放射性等角度)。

评价方式——成果以墙报形式展出,进行相互交流并评价。

2. 关于元素性质与原子结构关系的教学设计(第2课时)

教学流程:

提出问题→设计探究方案→理论探究(碱金属及卤素原子结构特点、规律)→实验探究(碱金属及卤族元素性质递变规律)→得出结论。

说明:

问题创设——(1)元素周期表中为什么把锂、钠、钾等元素编在一个族呢?它们的原子结构和性质有什么联系呢?

(2)元素的原子结构和元素的性质有什么关系呢?

有关碱金属及卤素的原子结构的资料以学案形式下发或课上以投影形式呈现。

理论探究——比较、归纳、抽象。

实验探究——事先可下发实验预习提纲,实验可设计成学生的分组实验,具体见活动建议。

3. 关于核素内容的教学设计(第3课时)

教学流程:

介绍前沿科学→提出问题→事例分析→得出概念→概念辨析→应用→课堂练习→开放性作业。

说明:

问题创设——考古($^{14}_6\text{C}$)、氢弹(^2_1H , ^3_1H)的制造等。

内容呈现——氢、碳、铀同位素资料卡片、幻灯。

方法手段——比较、类比、抽象。

评价反馈——多媒体呈现形成性练习题、同步测试等;

查阅同位素在能源、医疗、农业、考古等方面的应用,以读书报告会形式进行交流。

二、活动建议

【科学探究】

钾在空气中的燃烧实验可设计为学生分组实验，而钾与水的反应，钾块不要取太大，以免发生危险，此实验最好由教师在实物投影仪上演示。

【实验 1-1】

教材中此实验是分步进行的，饱和氯水会挥发出氯气造成污染。可尝试改进设计实验如下，操作方便，对比性强，现象明显，且无有毒气体逸出。

(1) 实验装置 (如图 1-1)。

(2) 实验操作：

① 向 U 形管中加入约 2 g 高锰酸钾粉末；取一根 5 mm × 150 mm 的玻璃管，插入橡皮塞中，在图 1-1 所示实验装置中的“4、5、6”处贴上滤纸小旗，分别滴 3 滴淀粉 KI 溶液、饱和 KI 溶液、NaBr 溶液 (从上到下)。另取一同样的玻璃管，两端各塞入一小团脱脂棉，在 1 和 2 处脱脂棉上分别滴入淀粉 KI 溶液和饱和 NaBr 溶液，并在两端分别接一乳胶管 (带夹子)；在 3 处装入吸有 NaOH 溶液的脱脂棉。按图 1-1 的装置连接。

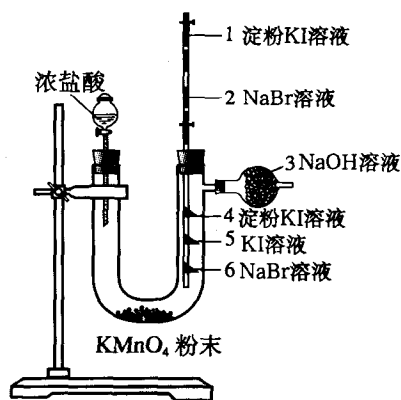


图 1-1 卤素间的置换反应

② 滴加浓盐酸，即可看到有黄绿色的氯气产生，与小旗接触后，由下至上依次出现：蓝色、紫黑色、红棕色。打开 1、2 处的夹子，当氯气恰好上升到 2 位置，保持一会儿即夹住 2 处，不使氯气上升。③ 取下上节玻璃管，在 2 处微微加热，即看到红棕色的溴上升到 1 处，此时有蓝色出现。

三、部分习题参考答案和提示

- (1) C (2) C
- (1) ${}^6_3\text{Li}$ 、 ${}^7_3\text{Li}$ (2) ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$ (3) ${}^{23}_{11}\text{Na}$ 、 ${}^{24}_{12}\text{Mg}$
- 可提示学生参考书后的元素周期表。可以指定一些元素，让不同小组的学生分别做。
- 可提示学生用列表的方法，同时培养学生查阅信息、整理归纳的能力。
- 可以在学生做完此题后，在班上进行交流。
- (1)

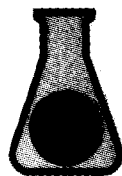
元素	甲	乙	丙	丁
原子序数	6	8	11	13
元素符号	C	O	Na	Al
周期	二	二	三	三
族	ⅣA	ⅥA	ⅠA	ⅢA

(2) 甲与乙： $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2$

乙与丙： $2\text{Na} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{O}_2$

乙与丁： $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Al}_2\text{O}_3$

7. 不可以，113 种元素并不等于只有 113 种原子，很多元素还存在着不同的核素，即有同位素存在，所以，原子的种类实际上多于 113 种



第二节 元素周期律

一、教学设计

元素周期律是对元素性质呈现周期性变化实质的揭示,通过本节的学习,可以使学生对以前学过的知识进行概括、综合,实现由感性认识上升到理性认识;同时,也会以此理论来指导后续学习,所以,学好元素周期律是十分重要的。

本节教学重点:元素周期律的涵义和实质;元素性质与原子结构的关系。

本节教学难点:元素性质与原子结构的关系。

元素周期律属于化学基础理论知识,基础理论教学应具有逻辑性,从课堂教学的结构上,应当体现出教材本身逻辑系统的要求;要重视理论推理,借助实验和事实分析,应用归纳法和演绎法,培养学生的逻辑思维能力。

基础理论的教学模式一般为:

提出课题→列出理论研究的要点→应用实验或资料,分析阐述以得出规律性结论→结合新的事实,检验、应用得出的结论。

根据教材的安排以及高一学生的实际情况,关于原子核外电子的排布,只要求学生熟悉1~20号元素原子核外电子的排布,并会应用即可。重点是元素周期律、元素周期表和元素周期律的应用,关于这部分内容的教学可采用问题探究教学模式组织教学过程。利用问题探究的形式组织学生活动。

教学过程:

分析教材表1-2数据→学生归纳1~20号元素的原子结构特点→思考与交流→得出原子核外电子排布的简单规律→提出新问题(如元素的金属性、非金属性是否随元素原子序数的变化而呈周期性变化呢?)→实验探究(钠、镁、铝元素化学性质的比较)→得出结论→资料卡片(硅、磷、硫、氯元素的性质事实)→思考与交流→概括出元素周期律→再结合周期表总结出元素性质、原子结构与周期表中元素位置的关系→应用。

说明:

实验探究——事先可下发实验预习提纲,可设计成学生的分组实验,具体设计参见“活动建议”。

理论探究—— $\left[\begin{array}{l} \text{Si、P、S、Cl 性质资料 (幻灯片、投影)。} \\ \text{比较、归纳、抽象。} \end{array} \right.$

开放性作业——小论文(如由元素周期表所想到的……)。

二、活动建议

【科学探究1】

1. 利用此问题复习上一节的知识,使学生进一步认识元素周期表和核外电子排布。
2. 让学生认真观察表格,讨论交流后填写。教师适当归纳、总结,并进一步提出问题。

【科学探究2】

1. 钠、镁、铝的性质实验,简单易做、现象比较明显且安全,可以设计为学生的分组实验,实验方案不作统一规定,要求各小组自行设计实验方案,然后全班进行交流评价,最后

综合总结出最佳方案，注意培养学生求异思维的能力。

钠与水反应的实验在化学1中已经做过，根据学校情况，在此也可以再做一次。

镁与水的反应，尽管反应较快，但产生氢气的量较少，且看不到产生的氢氧化镁，只能通过氢气的产生和酚酞指示剂的变色去认定氢氧化镁的存在，说服力不强。根据水溶液中KCl、NaCl有阻止氢氧化镁薄膜在镁上形成的作用，可将水改成食盐水进行实验。

实验步骤：取一段除去表面氧化膜的镁条，卷成螺旋状，插入盛有食盐水溶液的试管或烧瓶中，再将试管或烧瓶倒插在盛有食盐水的烧杯中，可以观察到镁持续不断地跟水反应，几分钟后，白色的氢氧化镁沉淀聚积在烧杯底部。

注意事项：镁条用量较多；所用食盐水可以用饱和食盐水稀释一倍获得。

可增加提问：铝与水是否反应。可结合实际，如为什么可以用铝制品作为炊具等。

2. 利用书上的表格。镁的反应现象也可以让学生自己填写。

3. 对于资料表中的内容，教师可适当讲解。

4. 由学生总结后，教师再进行归纳。

三、问题交流

【学与问】

通过元素周期表和元素周期律的教学，应帮助学生掌握以下要点：

1. 根据元素在周期表中的位置，预测其原子结构和性质，反过来根据元素的原子结构推测它在周期表中的位置。

2. 掌握同周期、同主族元素性质的递变规律。

3. 熟悉常见元素在周期表中的位置。

4. 指出金属性最强和非金属性最强元素的位置。

5. 推测未知元素的位置及性质。

四、部分习题参考答案和提示

1. (1) B (2) C

2. (1) $\text{Na} < \text{K}$ (2) $\text{Al} > \text{B}$ (3) $\text{Cl} > \text{P}$ (4) $\text{Cl} > \text{S}$ (5) $\text{O} > \text{S}$

3. (1) $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4$ (2) $\text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Ca}(\text{OH})_2$ (3) $\text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Al}(\text{OH})_3$

4. 银白色，与水剧烈反应，性质比钾和钠活泼

5. (1) $\text{Ba} > \text{Be}$

(2) Ba 也要密封保存

6. (1) X : C Y : O Z : Na W : Al

(2) 提示：根据质子数和原子最外层电子数。

(3) $2\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{CO}$ (燃烧不充分)

$\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2$ (燃烧充分)

$4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$

$2\text{Na} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{O}_2$

$2\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3$



* 7. (1) 7, 4

(2) 七周期、ⅣA

(3) 金属

第三节 化学键

一、教学设计

初中化学中介绍了离子的概念, 学生知道 Na^+ 和 Cl^- 由于静电作用结合成化合物 NaCl , 又知道物质是由原子、分子或离子构成的, 但并没有涉及到离子化合物、共价化合物以及化学键的概念。化学 2 中介绍有关化学键的内容, 目的是使学生进一步从结构的角度认识物质的构成, 从而揭示化学反应的实质。

本节教学重点: 离子键、共价键的概念; 离子化合物和共价化合物的概念; 化学键的概念; 化学反应的实质。

本节教学难点: 化学键的概念; 化学反应的实质。

本节教材涉及的化学基本概念较多, 内容抽象。根据高一学生的心理特点, 他们虽具有一定的理性思维能力, 但抽象思维能力较弱, 还是易于接受感性知识。因此, 本节课的教学, 应低起点, 小台阶, 充分利用现代化教学手段, 可进行多媒体辅助教学, 来突出重点, 突破难点。

1. 关于离子键的教学设计

教学流程:

提出问题→实验(钠与氯气的反应)→进行表征性抽象→再进行原理性抽象→得出结论(离子键的定义)→离子键的形成条件→离子键的实质→构成离子键的粒子的特点→离子化合物的概念→实例→反思与评价。

说明:

问题创设——(1) 分子、原子和离子是怎么构成物质的呢?

(2) 为什么物质的种类远远地多于元素的种类呢?

表征性抽象——通过钠与氯气反应产生白色固体的实验, 得出结论(生成氯化钠)。

原理性抽象——制作三维动画从微观的角度模拟氯化钠的形成, 化静为动, 变抽象为形象, 增强学生的感性认识, 降低难点, 得出离子键的概念。

反思与评价——利用 5 分钟左右的时间, 针对离子键概念的内涵和外延以及电子式的写法进行练习, 强化对概念的理解、应用及化学用语书写的规范性。

2. 关于共价键的教学设计

教学流程:

复习离子键及氢气与氯气的反应→提出新问题(氯化氢的形成原因)→原理性抽象→得出结论(共价键的定义)→共价键的形成条件→构成共价键的粒子的特点→共价键的实质→共价化合物的概念→共价键的种类(极性共价键和非极性共价键)→离子键和共价键的概念辨析→归纳总结出化学键的定义→化学反应的实质→教学评价。

说明:

教学手段——关于共价键形成过程的教学, 仍然可以采用多媒体制作动画的方式呈现。

教学方法——通过对离子键、共价键的比较，归纳抽象出化学键的概念。

教学评价——10分钟课堂测验反馈。

二、活动建议

【实验 1-2】

钠与氯气反应实验的改进建议及说明：

1. 可以将此实验改为演示。

作为演示实验可能有以下问题：

(1) 钠预先在空气中加热，会生成氧化物，可能影响钠在氯气中燃烧；(2) 预先收集的氯气在课堂演示时可能不够；(3) 实验过程中会产生少量污染。

2. 改进的装置（如图 1-2）。

3. 实验步骤：(1) 取黄豆大

的钠，用滤纸吸干表面的煤油放入玻璃管中，按图 1-2 所示安装好；(2) 慢慢滴入浓盐酸，立即剧烈反应产生氯气；(3) 先排气至管内有足够氯气时，加热钠，钠熔化并燃烧。

4. 实验现象：钠在氯气中剧烈燃烧，火焰呈黄色且有白烟，反应停止后，管壁上可观察到附着的白色固体。

5. 改进实验的优点：(1) 整个实验过程中氯气保持一定浓度和纯度，避免发生副反应；(2) 安全可靠，污染少。

6. 实验条件控制：(1) 高锰酸钾要研细；(2) 盐酸质量分数为 30%~34%。

三、问题交流

【思考与交流 1】

引导学生从原子核外电子排布了解原子结构，认识最外层电子与元素性质的关系。利用电子式表示，可以很清楚地看出分子的形成。

【思考与交流 2】

引导学生通过实例进行比较，教师指导进行归纳总结。

【学与问】

引导学生观察分析 Cl_2 、 HCl 的形成，用电子式表示水分子的形成过程。

说明：电子式可以形象直观地表示出原子最外层电子，并可以清楚地表示化合物的形成，利于学生理解。关于电子式的教学，可向学生说明：

1. 电子式中的电子数是指最外层电子数，而不是指核外电子总数；
2. 阳离子、阴离子电子式的区别；
3. 离子电子式中的电荷数与元素化合价表示方法的区别；
4. 表示离子键和共价键的电子式的区别；
5. “用电子式表示结构”和“用电子式表示分子的形成过程”是不同的，不要混淆。

四、部分习题参考答案和提示

1. (1) C (2) D

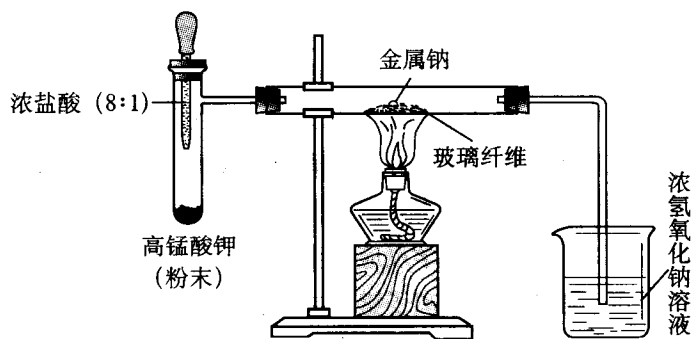
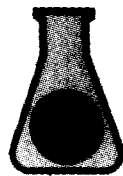
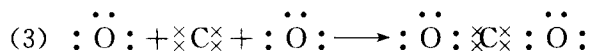
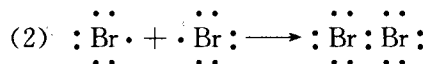
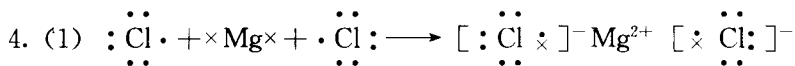


图 1-2 金属钠跟氯气的反应



2. 说明：重点区别在带相反电荷离子间的作用和原子间共用电子对的作用。

3. 稀有气体最外层电子已达到 2 个或 8 个电子的稳定结构



5. (1) 非极性键 (2) 非极性键 (3) 极性键 (4) 极性键 (5) 极性键

教学资源

1. 元素周期律和元素周期表的重要意义

元素周期律和周期表，揭示了元素之间的内在联系，反映了元素性质与它的原子结构的关系，在哲学、自然科学、生产实践各方面都有重要意义。

(1) 在哲学方面

元素周期律揭示了元素原子核电荷数递增引起元素性质发生周期性变化的事实，有力地论证了事物变化的量变引起质变的规律性。元素周期表是周期律的具体表现形式，它把元素纳入一个系统内，反映了元素间的内在联系，打破了曾经认为元素是互相孤立的形而上学观点。通过元素周期律和周期表的学习，可以加深对物质世界对立统一规律的认识。

(2) 在自然科学方面

周期表为发展物质结构理论提供了客观依据。原子的电子层结构与元素周期表有密切关系，周期表为发展过渡元素结构、镧系和锕系结构理论、甚至为指导新元素的合成、预测新元素的结构和性质都提供了线索。元素周期律和周期表在自然科学的许多领域，特别是化学、物理学、生物学、地球化学等方面，都是重要的工具。

(3) 在生产上的某些应用

由于在周期表中位置靠近的元素性质相似，这就启发人们在周期表中一定的区域内寻找新的物质。

① 农药多数是含 Cl、P、S、N、As 等元素的化合物。

② 半导体材料都是周期表里金属与非金属交界处的元素，如 Ge、Si、Ga、Se 等。

③ 催化剂的选择：人们在长期的生产实践中，已发现过渡元素对许多化学反应有良好的催化作用。进一步研究发现，这些元素的催化性能与它们原子的 d 轨道没有充满有密切关系。于是，人们努力在过渡元素（包括稀土元素）中寻找各种优良催化剂。例如，目前人们已能用铁、镍熔剂作催化剂，使石墨在高温和高压下转化为金刚石；石油化工方面，如石油的催化裂化、重整等反应，广泛采用过渡元素作催化剂，特别是近年来发现少量稀土元素能大大改善催化剂的性能。

④ 耐高温、耐腐蚀的特种合金材料的制取：在周期表里从ⅢB到ⅥB的过渡元素，如钛、钽、钼、钨、铬，具有耐高温、耐腐蚀等特点。它们是制作特种合金的优良材料，是制造火箭、导弹、宇宙飞船、飞机、坦克等的不可缺少的金属。

⑤ 矿物的寻找：地球上化学元素的分布与它们在元素周期表里的位置有密切的联系。科学实验发现如下规律：相对原子质量较小的元素在地壳中含量较多，相对原子质量较大的元素在地壳中含量较少；偶数原子序的元素较多，奇数原子序的元素较少。处于地球表面的元素多数呈现高价，处于岩石深处的元素多数呈现低价；碱金属一般是强烈的亲石元素，主要富集于岩石圈的最上部；熔点、离子半径、电负性大小相近的元素往往共生在一起，同处于一种矿石中。在岩浆演化过程中，电负性小的、离子半径较小的、熔点较高的元素和化合物往往首先析出，进入晶格，分布在地壳的外表面。

有的科学家把周期表中性质相似的元素分为十个区域，并认为同一区域元素往往是伴生矿，这对探矿具有指导意义。

2. 元素的金属性与非金属性与原子结构的关系

从化学的观点来看，金属原子易失电子而变成阳离子，非金属原子易跟电子结合而变成阴离子。元素的原子得失电子的能力显然与原子核对外层电子特别是最外层电子的引力有着十分密切的关系。原子核对外层电子吸引力的强弱主要与原子的核电荷数、原子半径和原子的电子层结构等有关。

我们常用电离能来表示原子失电子的难易，并用电子亲合能来表示原子与电子结合的难易。

从元素的一个最低能态的气态原子中去掉1个电子成为一价气态阳离子时所需消耗的能量叫该元素的第一电离能，从一价气态阳离子中再去掉1个电子所需消耗的能量叫第二电离能，单位常用电子伏(eV)。

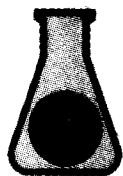
电离能的数据表明，同主族元素从上到下电离能减小，即越向下，元素越易失去电子。同周期元素从左到右，电离能增大。一般说来，元素的电离能数值越大，它的金属性越弱。

原子的电子亲合能是元素的一个气态原子获得1个电子成为一价气态阴离子时所放出的能量。电子亲合能越大，元素的原子就越容易跟电子结合。一般说来，元素的电子亲合能越大，它的非金属性越强。

元素的原子在化合物分子中把电子吸引向自己的本领叫做元素的电负性。元素的电负性与电离能和电子亲合能有一定的联系。我们可把电负性的数值作为元素金属性或非金属性的综合量度。金属的电负性较小，金属的电负性越小，它的活动性越强。非金属的电负性较大，非金属的电负性越大，它的活动性也越强。

同一周期中，各元素的原子核外电子层数相同，但从左到右，核电荷数依次增多，原子半径逐渐减小，电离能趋于增大，失电子越来越难，得电子能力逐渐增强，因此金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强。在短周期中这种递变很显著，但在长周期中，自左至右，元素的金属性减弱很慢。因为长周期中过渡元素增加的电子进入尚未填满的次外层，即填入d轨道(第六周期镧系元素电子进入倒数第三层，即填入f轨道)，所以在长周期的前半部各元素的原子中，最外层电子数不超过2个，由于这些元素的原子半径和电离能依次仅略有改变，因此金属性减弱很慢。在长周期的后半部分各元素的原子中，最外层上的电子数依次增加，因此金属性的减弱和非金属性的增强才变得显著。

在各主族内，从上到下，随原子序数的增加，虽然原子的核电荷数是增加了，但原子的电子层数也随着增多，原子半径也增大，内层电子的屏蔽效应也加大。由于这些原因，原子



核对外层电子的引力减弱,原子易失去电子,因而元素的金属性也增强。

3. 元素周期表的终点在哪里

1869年俄国化学家门捷列夫将当时已发现的63种元素列成元素周期表,并留下一些空格,预示着这些元素的存在。在元素周期表的指导下,人们“按图索骥”找出了这些元素。

元素种类到底是否有限?周期表有否终点?

20世纪30~40年代,人们发现了92号元素,就有人提出92号是否是周期表的最后一种元素。然而从1937年起,人们用人工合成法在近50年时间又合成出20多种元素,元素周期表的尾巴增长了。这时又有人预言,105号元素该是周期表的尽头了,其理由是核电荷越来越大,核内质子数也越来越大,质子间的排斥力将远远超过核子间作用力,导致它发生蜕变,然而不久,又陆续合成了106~109号元素。这些元素存在的时间很短,如107号元素半衰期只有 $2\mu\text{s}$,照此推算元素周期表是否到尽头了?

1969年起,理论物理学家从理论上探索“超重元素”存在的可能性,他们认为具有2, 8, 14, 28, 50, 82, 114, 126, 184等这些“幻数”的质子和中子,其原子核比较稳定,这就是说,随着原子序数的递增,其原子核不一定不稳定。因此在109号元素之后还能合成一大批元素,这样,第七周期32种元素将会被填满,第八周期也将填满(按理论计算,第八周期元素共50种,其中7种主族元素,1种惰性元素,10种过渡元素或副族元素,还有32种超铀系元素,列在元素周期表铀系元素的下方)。

然而理论的唯一检验标准是实践,能否不断合成新元素至今还是一个谜,科学家将上天(如到月球)入地(如海底)或反复在粒子加速器中进行实验,企图合成新元素,其结果将会如何,人们正拭目以待。

更为有趣的是,有些科学家还提出元素周期表可以向负方向发展,这是由于科学上发现了正电子、负质子(反质子),在其他星球上是否存在由这些反质子和正电子以及中子组成的反原子呢?这种观点若有一朝被实践证实,元素周期表当然可以出现核电荷数为负数的反元素,向负方向发展也就顺理成章了。

4. 化学键理论发展简介

化学键理论应该回答原子怎样形成分子(或晶体),以及分子为什么可以稳定存在等问题。历史上曾出现各种理论,从贝采里乌斯的二元学说起,到热拉尔的类型论、凯库勒和布特列洛夫的结构理论、维尔纳的配位理论、路易斯等的电子理论等,经过了一个多世纪的努力,终于逐渐形成现代的化学键理论。

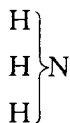
1812年,贝采里乌斯发表了二元学说。当时已知道水经电解后,氢气从负极析出,氧气从正极析出。他从电解现象中得到启发,认为每种化合物都是由电性相反的两部分组成。电解时,正的部分在负极析出,负的部分则在正极析出。例如,



它们靠正电性和负电性两部分以静电吸引结合而成稳定分子。二元学说较好地解释了无机化合物,而解释有机化合物则遇到了困难。

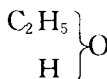
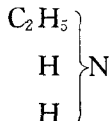
热拉尔完全抛弃了二元学说,提出类型论,他把化合物分为四类:

- (1) 氢类型 (2) 氯化氢类型 (3) 氨类型 (4) 水类型



这四个母体化合物中的氢被各种基团所取代,可得到各种各样的化合物。例如:

- (1) 乙烷 (2) 氯代乙烷 (3) 乙胺 (4) 乙醇



类型论只能总结实验结果,使有机化合物初步系统化,但没有预见性。

1857年,凯库勒提出碳是四价,并注意到碳的原子价不分正负,因而碳与碳原子可以结合形成链状。后来,凯库勒又提出在芳香族化合物里,碳具有环状结构,对于苯分子提出了凯库勒结构式,并指出原子间可以单键、双键和三键连接。凯库勒的理论对有机化学的发展起了很大的推动作用。

1861年,布特列洛夫提出了化学结构理论。他认为分子不是原子的简单堆积,而是原子按一定顺序排列的化学结合;这样结合起来的每个原子之间有复杂的化学力相互作用。这种化学力的分配叫做物质的化学结构,或称分子中原子间的相互作用。分子中原子间的相互作用包含相邻原子间直接的相互作用和不相邻原子间的间接相互作用。他还认为每一个分子只能有一个确定的结构,物质的化学性质决定于它的化学结构。

1893年,维尔纳提出了配位理论来解释络合物的结构。认为金属有两种原子价,即主价和副价,后者或称配位数。每一种金属有一定副价。主价必须由负离子来满足,而副价则可由负离子或中性分子来满足。副价有方向性,如副价为6时,指向正八面体的六个顶点。副价为4时有两种情况,可以指向正方形的四个角,或指向正四面体的四个顶点。

以上是19世纪发展起来的经典结构理论,它们是概括了大量化学事实而提出来的,又能解释许多事实,但限于当时的科学水平,对许多问题还搞不清楚。例如,分子中原子相互结合的本质是什么?副价是怎样产生的?非相邻原子之间的相互作用是怎样的?进入20世纪后,随着电子、放射性的发现,玻尔在普朗克的量子论和卢瑟福的原子模型基础上提出了原子结构理论,这些为创立化学键的电子理论打下了基础。

1914~1919年,路易斯等人创立和发展了电子理论。他们认为:①原子价可分为共价和电价,共价是由两个原子共有电子对而成,电价是靠正负离子的静电引力而成;②原子得失电子或共有电子,如果外层电子达到稀有气体的结构时最稳定(即所谓八隅律)。

用八隅律解释共价键的饱和性,有很多例外,而共价键的方向性,电子理论也不能解释。但是电子理论已经明确指出分子中原子间的相互作用是价电子和各原子核间的相互作用,原子间的一个化学键是一对电子。由于电子理论中引进的电子概念是静止的,还不能解释清楚共价键的本质问题。

1927年,海特勒和伦敦用量子力学处理氢分子获得成功,开创了现代的化学键理论。目前流行的化学键理论有电子配对理论(或称价键理论)、分子轨道理论以及配位场理论。价键理论认为,成键的电子只是价电子,而其他电子仍是在各自的原子周围运动。价键法与化学