

# 说 明

本书是《普通高中教科书 化学 必修 第二册》的教师用书。编写本书的目的在于帮助教师认识高中化学必修课程的功能定位和教科书的风格特点；掌握教科书所反映的学生发展、社会发展和学科发展对普通高中化学教学在基础性、时代性、选择性方面的具体要求；熟悉所倡导的积极主动的多样化学习方式和科学有效的学习策略；了解所坚持的遵循科学教育规律培养学生的创新精神和实践能力、进一步提高他们的化学学科核心素养的编写原则。

本书按《普通高中教科书 化学 必修 第二册》的章节顺序编写。

每章包括：

**本章教材对《课程标准》有关要求的体现** 介绍教科书每章对应的《课程标准》的内容主题，阐述每章对应的化学学科核心素养发展目标。

**本章教材内容构成** 介绍教科书每章的体系结构、编排特点，便于教师整体性把握每章的内容框架。

**本章教学安排** 给出每章教学时间安排建议，以及学生必做实验和“微项目”教学安排建议，便于教师提前规划每章的教学。

**本章各节教材分析** 包括各节教学目标、教材设计思路、教材解读与教学建议、习题答案与习题分析、教学问题讨论与教学资源拓展、教学设计等。

**微项目** 包括微项目的设计意图、本体分析、实施建议、实施案例等，使教师能够全面认识微项目，了解微项目实施的各种方案以及实施的具体情况，为教师自己的实施提供了重要的参考资料。

**本章自我评价** 给出章习题的编码、答案、典型习题分析，旨在引导教师更好地利用教材中的习题，改进习题教学，提高学生解决问题的能力。

每节包括：

**教学目标** 给出每节教学所应达到的具体教学目标。

**教材设计思路** 介绍每节教材的核心知识、主要思路与内容框架。

**教材解读与教学建议** 对经过缩微处理的每页教材内容，在边白处做必要的注释和说明，并给出这一页教材内容的具体教学建议。

**习题答案与习题分析** 给出每节教材的习题编码、习题答案和典型习题分析。

**教学问题讨论与教学资源拓展** 针对每节教材使用及其教学中可能遇到的问题进行分析解答，并联系教材内容提供相关的拓展的教学资源，为教师的教学提供参考。

**教学设计** 给出每节教材中相关内容的教学设计，包括设计说明、教学及评价目标、教学过程、教学反思等。

本书的编写以现代教育理论和先进的教学理念为指导，吸收了大量教育教学改革的最新成果，内容丰富、实用，设计科学、新颖，不仅对教材体系、教学内容做了详尽的分析，提出了具体的教学建议，而且给教师在教学中发挥创造性留有充分的空间。

本套书的总主编为王磊、陈光巨、曹居东，本书主编为支瑶、刘宗寅。本书第1章核心编者有支瑶、李景昭、刘传友、杨明国、卜庆军、高建伟；第2章核心编者有支瑶、盛连蔚、傅兴春、江合佩、苏文焯、王明浩；第3章核心编者有陈颖、李勇、孙红保、杜光翠、鞠秀芳、丁五洲、王成任、王海勤、武丹。第1、2章由支瑶统稿，第3章由陈颖统稿。

本书的编写得到各方面的关心和指导。刘宗寅编审付出了艰辛的劳动。实验区教研人员和一线骨干教师也提供了宝贵的意见和建议。在此，向他们表示诚挚的谢意！

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大教师 and 教学研究人员提出宝贵意见，以便使其不断完善。

北京师范大学基础教育化学教材编写委员会

2019年11月



# 目 录

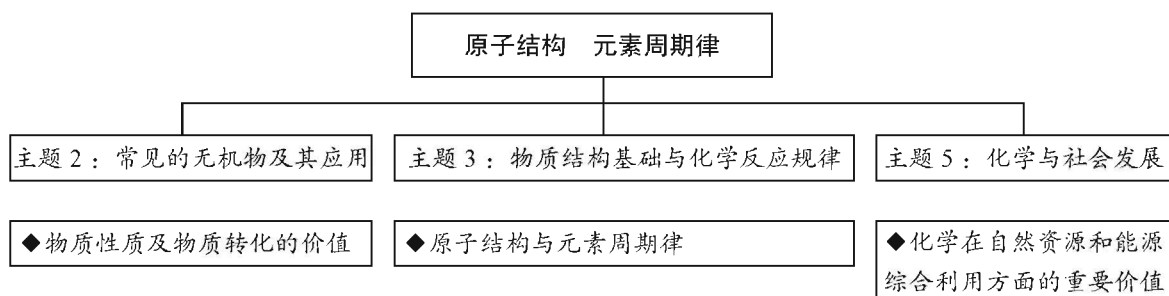
第1章 原子结构 元素周期律·····	1
第1节 原子结构与元素性质 ·····	7
第2节 元素周期律和元素周期表 ·····	29
第3节 元素周期表的应用 ·····	50
微项目 海带提碘与海水提溴——体验元素性质递变规律的实际应用 ·····	70
本章自我评价 ·····	78
第2章 化学键 化学反应规律·····	86
第1节 化学键与物质构成 ·····	92
第2节 化学反应与能量转化 ·····	110
第3节 化学反应的快慢和限度 ·····	131
微项目 研究车用燃料及安全气囊——利用化学反应解决实际问题 ·····	153
本章自我评价 ·····	161
第3章 简单的有机化合物·····	168
第1节 认识有机化合物 ·····	173
第2节 从化石燃料中获取有机化合物 ·····	200
第3节 饮食中的有机化合物 ·····	233
微项目 自制米酒——体验我国传统酿造工艺的魅力 ·····	263
本章自我评价 ·····	278

# 第 1 章 原子结构 元素周期律

## 一、本章教材对《课程标准》有关要求的体现

### （一）所对应的《课程标准》的有关主题

本章内容直接对应《课程标准》“课程内容”中“必修课程”部分的“主题3：物质结构基础与化学反应规律”，并与“主题2：常见的无机物及其应用”“主题5：化学与社会发展”相关联，具体对应关系如下图所示。



#### 1. 对于“主题3：物质结构基础与化学反应规律”

本章各节对应“3.1 原子结构与元素周期律”：认识原子结构、元素性质与元素在元素周期表中位置的关系。知道元素、核素的含义，了解原子核外电子的排布。结合有关数据和实验事实认识原子结构、元素性质呈周期性变化的规律，建构元素周期律。知道元素周期表的结构，以第3周期的钠、镁、铝、硅、硫、氯，以及碱金属和卤族元素为例，了解同周期和同主族元素性质的递变规律。体会元素周期律（表）在学习元素化合物知识与科学研究中的重要作用。

#### 2. 对于“主题2：常见的无机物及其应用”

本章第3节、微项目与“2.6 物质性质及物质转化的价值”相关联：结合实例认识金属、非金属及其化合物的多样性，了解通过化学反应可以探索物质性质、实现物质转化，认识物质及其转化在自然资源综合利用和环境保护中的重要价值。





### 3. 对于“主题5：化学与社会发展”

本章微项目与“5.3 化学在自然资源和能源综合利用方面的重要价值”相关联：以海水、金属矿物、煤、石油等的开发利用为例，了解依据物质性质及其变化综合利用资源和能源的方法。

#### （二）所对应的学科核心素养发展目标

本章教学主要促进学生“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”化学学科核心素养的发展。具体说明如下：

“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养的发展重点表现为：深化对原子结构的认识，建立原子结构与元素性质、元素性质与物质性质之间的关系；在此基础上，能从物质的微观结构说明某些同类物质的共性和不同类物质性质的差异及其原因，能解释某些同类的不同物质性质变化的规律。

“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的发展重点表现为：构建“位”“构”“性”关系认识模型，并发展对元素及其化合物化学性质的认识模型，从“各类物质的一般性质—氧化性和还原性”二维模型发展到“各类物质的一般性质—氧化性和还原性—相似性和递变性”三维模型。

“科学探究与创新意识”化学学科核心素养的发展重点表现为：形成实验探究元素性质递变规律、比较物质性质的思路方法，发展物质分离提纯实验的设计与实施能力，提高基于理论进行预测、提出假设的能力和基于实验事实概括、推理得出结论的能力。

具体能力目标如下：

- ◆ 能画出1~20号元素的原子结构示意图。能用原子结构知识解释元素性质及其递变规律，并能结合实验及事实进行说明。
- ◆ 能利用元素在元素周期表中的位置和原子结构特征，分析、预测、比较元素及其化合物的性质。
- ◆ 能结合有关资料说明元素周期表对合成新物质、寻找新材料的指导作用。
- ◆ 能列举化学科学发展的重要事件，说明其对推动社会发展的贡献，能说出其中的创新点。
- ◆ 具有较强的问题意识，能提出化学探究问题，能做出预测和假设。能依据实验目的和假设，设计解决简单问题的实验方案，能对实验方案进行评价。能观察并如实记录实验现象和数据，进行分析和推理，得出合理的结论。
- ◆ 能从化学的角度分析从资源到产品的转化途径，能对资源的开发利用进行评价。

## 二、本章教材内容构成

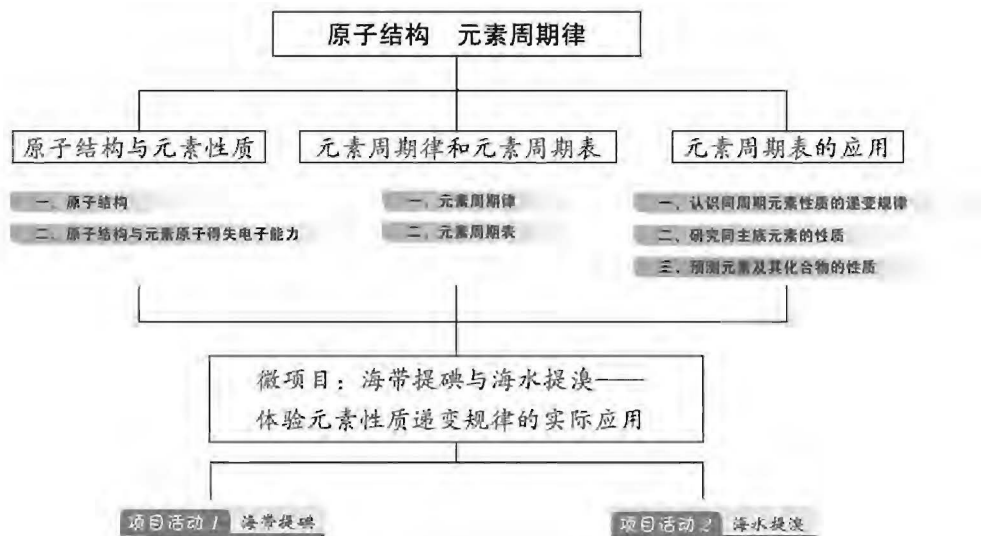
### （一）体系结构

本章是在初中化学和高中化学必修课程第一册相关内容学习的基础上，借助原子结构的知识，引导学生探究影响元素性质的内在因素，并从寻找“元素性质递变规律”的视角对元素化合物知识



进行概括、整合，使学生对元素化合物性质的认识开始由感性走向理性。本章还借助元素周期表，向学生展示了丰富多彩的元素世界，进一步拓展了学生关于元素化合物的知识视野。

本章教材包括三节和一个“微项目”：《第1节 原子结构与元素性质》《第2节 元素周期律和元素周期表》《第3节 元素周期表的应用》和《微项目 海带提碘与海水提溴——体验元素性质递变规律的实际应用》。首先，在学生已有知识经验的基础上，引导学生进一步深入认识原子的结构，并利用原子结构的知识预测、解释某些元素的某些性质，建立对原子结构与元素原子得失电子能力之间关系的认识模型；然后，引导学生探索元素性质（原子半径和元素的化合价）与原子结构之间的关系，归纳出元素周期律，同时初步形成建构变量关系模型的思路——确定变量及变量之间的关系；最后，在掌握元素周期律的基础上，引导学生发现元素周期表中元素的排布规律，认识元素周期表的结构，认识同周期元素性质的递变规律，研究同主族元素的性质，预测陌生元素化合物的性质。“微项目”则通过海带提碘与海水提溴流程的设计与分析，引导学生应用元素性质递变规律解决实际问题，进一步体会元素性质递变规律的应用价值。



## （二）编排特点

本章教材内容呈现了“位置—结构—性质”认识模型的建构、发展与应用的全过程，体现了学习内容逐级建构的特点。

### 1. 逐级建构“位置—结构—性质”认识模型，发展学生的“模型认知与证据推理”化学学科核心素养

建构“位置—结构—性质”认识模型是本章教材内容的核心，是“模型认知与证据推理”化学学科核心素养在本章的具体体现，也是本章学习的重点和难点。为了有效发展学生的“模型认知与证据推理”化学学科核心素养，突破重点和难点，本章教材采用“逐级建构”的思路组织内容、设计活动，具体见下表。



教材位置	核心活动	认识模型建构及发展
第1节 二、原子结构与元素原子得失电子能力	活动·探究：比较钠、镁、钾元素原子的失电子能力	建立原子结构与元素原子得失电子能力的关联： 
第2节 一、元素周期律	活动·探究：元素周期律初探	建立原子结构与元素性质、元素在周期表中的位置的关联： 
第3节 一、认识同周期元素性质的递变规律	活动·探究：第3周期元素原子得失电子能力的比较	建立原子结构—元素性质—物质性质（递变性）的关联
第3节 二、研究同主族元素的性质	交流·研讨：以ⅠA族金属元素和ⅦA族元素为例，推测同主族元素性质的相似性和递变性 活动·探究：探究卤族元素性质的相似性和递变性	建立原子结构—元素性质—物质性质（相似性、递变性）的关联
第3节 三、预测元素及其化合物的性质	交流·研讨：预测硅及其化合物的性质	建立原子结构—元素在周期表的位置—元素性质—物质性质的整体认识模型

2. 基于“位置—结构—性质”认识模型应用元素周期律、元素周期表研究、预测元素及其化合物性质，体现元素周期律表的应用价值，发展学生的“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养

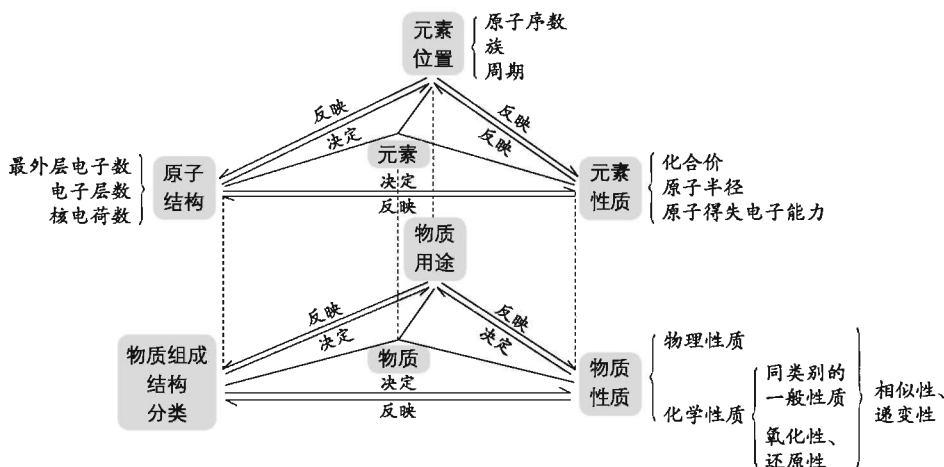
“位置—结构—性质”认识模型是理解元素周期律、认识元素周期表、预测元素化合物性质，以及发展学生的“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养的重要思维工具。本章教材在编写过程中，从发现元素周期律到理解元素周期律，始终通过问题引领学生基于认识模型进行分析推理，基于原子结构预测、推测元素性质，并寻找相应的宏观证据（物质性质）为其推测提供证据，促使学生建立宏观与微观之间的联系，发展学生的“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养。例如，在研究同主族元素的性质的“交流·研讨”活动中，教材设计了如下问题：“元素周期表中，同



主族元素原子的核外电子排布有什么特点？”“请你以ⅠA族金属元素和ⅦA族元素为例，推测同主族元素性质的相似性和递变性。”“尝试利用学过的元素及其化合物的知识为你的推测寻找证据。”利用这三个问题，引导学生从对原子结构的微观认识发展到对元素性质的宏观认识，再从所学的元素化合物知识中为推理寻找证据。

### 3. 从元素性质到物质性质，将“价一类”二维认识模型发展为三维认识模型，深化学生对元素化合物知识的认识

原子结构与元素周期律是在必修课程模块主题2基础上对元素化合物认识的进一步提升，使学生的认识工具从“价一类”二维认识模型发展到三维认识模型（下图）。为了发展学生对元素化合物知识的认识，教材编写了“预测元素及其化合物的性质”，并在核心活动“预测硅及其化合物的化学性质”的基础上，提出了认识元素及其化合物的基本视角，明确提出可以从元素在元素周期表中的位置、原子结构、元素的性质这三个角度认识元素，从物质类别、元素化合价、元素在元素周期表中的位置这三个角度认识含某元素的物质的化学性质。此外，在“微项目”中，通过海带提碘和海水提溴所用氧化剂的选择和对利用不同的方法制取氯、溴、碘单质的原因的分析，进一步引导学生建立原子结构—元素位置—元素性质—物质性质—物质用途之间的关联，促成他们对元素化合物的三维认识模型的建构。



### 4. 从具体任务的完成到分析问题思路的提炼，注重发展学生的科学思维

教材中不仅通过多样化的活动引导学生逐级建构“结构—位置—性质”认识模型，还关注学生建构认识模型的通用性思路。例如，通过“活动·探究”栏目对元素周期律进行初探之后，利用“方法·导引”栏目提出建构变量关系模型的思路，引导学生迁移应用所探究的内容。

## 三、本章教学安排

### （一）课时安排建议

本章计划共用10个课时，具体分配如下：



章 节	教学时间
第1节 原子结构与元素性质	2 课时
第2节 元素周期律和元素周期表	2 课时
第3节 元素周期表的应用	3 课时
“微项目”及本章复习	3 课时

## （二）实验和“微项目”教学安排

按照《课程标准》规定，本章学生必做实验为“同周期、同主族元素性质的递变”实验。教材将该实验分散编排在第3节的“认识同周期元素的性质递变规律”和“研究同主族元素的性质”两部分内容中。建议将该学生必做实验与探究活动融合在一起，在新授课中组织学生完成分组实验，即引导学生经历“理论预测—方案设计与交流—实验实施—结论获得与反思讨论”的全过程，而非孤立地进行实验，以充分发挥学生必做实验的教学功能，促进学生的“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的落实。

“微项目”教学：“海带提碘与海水提溴——体验元素性质递变规律的实际应用”的教学可以有两种实施方案：①在本章末组织教学，以此为载体，开展“元素周期律的应用”的教学，同时完成对本章的复习任务；②与第3节“研究同主族元素的性质”内容整合，将“探究卤族元素性质的相似性和递变性”拓展开来，以寻找适合的氧化剂为核心任务展开教学。不论采用哪种实施方案，都要关注本微项目的双重价值的实现：①应用“结构—位置—性质”认识模型解决实际问题；②提炼、概括物质分离和提纯的基本思路。







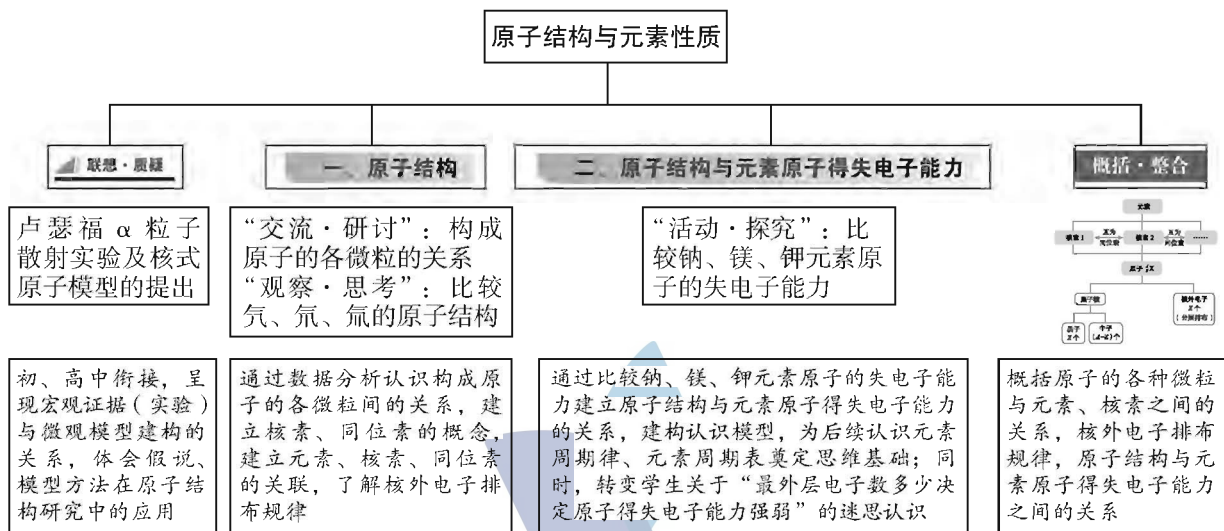
## ●● 第1节 原子结构与元素性质 ●●

### 一、教学目标

1. 认识原子核的结构，懂得质量数和 ${}_Z^AX$ 的含义，掌握构成原子的微粒间的关系；知道元素、核素、同位素的含义。
2. 了解原子核外电子的排布规律，能画出1~20号元素的原子结构示意图；了解原子的最外层电子排布与元素的原子得失电子能力和化合价的关系。
3. 通过原子结构与元素原子得失电子能力的讨论，初步建立“原子结构—元素性质”认识模型，体会元素性质与物质性质的关联。
4. 通过对构成原子的微粒间的关系和氢元素核素等问题的探讨，培养分析、处理数据的能力，尝试运用比较、归纳等方法对信息进行加工。
5. 通过人类探索原子结构的历史了解假说、模型等科学研究方法和科学研究的历程，培养科学态度和科学精神。
6. 通过对《未来的能源——核聚变能》的阅读关注与化学有关的热点问题，形成可持续发展的思想。

### 二、教材设计思路

#### (一) 体系结构





## （二）编写思路

学生在初中化学课程的学习中已经知道原子是由原子核和核外电子构成的，但是不知道原子核是由什么构成的以及电子在原子核外是怎样运动、怎样排布的。学生在高中化学教材必修第一册第3章中学习了许多元素化合物的知识，但是不知道元素的性质与原子结构有什么关系。本节将在学生已有经验的基础上，继续引导学生深入探讨原子核的结构以及核外电子的排布规律，并利用原子结构的知识分析某些元素的有关性质、预测陌生元素的化学性质，帮助建立原子的结构与元素原子得失电子能力之间的关系，促进学生“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养的发展；通过实验事实验证，引导学生体会物质性质与元素性质之间的关系，促进学生“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的发展；通过人们对原子结构认识的发展过程，向学生渗透说明假说、模型等科学研究方法及其作用。





### 三、教材解读与教学建议

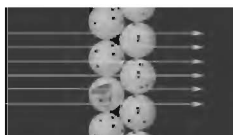
#### 教材解读

## 第1节 原子结构与元素性质

原子是构成物质的一种基本微粒，物质的组成、结构和性质都与原子结构密切相关。那么，原子的内部结构是怎样的？原子结构与元素性质又有着怎样的关系呢？

#### 联想·质疑

英国物理学家卢瑟福(E. Rutherford)在 $\alpha$ 粒子散射实验(图1-1-1)的基础上，经过理论分析和计算，提出了核式原子模型：原子由原子核和核外电子构成，原子核带正电荷，位于原子的中心；电子带负电荷，在原子核周围空间做高速运动(图1-1-2)。



实验前，根据“葡萄干布丁”原子模型进行的预测



图1-1-1 卢瑟福实验示意图



实验结果：绝大多数 $\alpha$ 粒子通过，少数 $\alpha$ 粒子偏转，个别 $\alpha$ 粒子被反弹

卢瑟福通过实验和理论分析构建的核式原子模型，形象地描述了原子结构。那么，原子核的内部结构是怎样的，电子在核外空间的运动状态又是怎样的？人们对原子结构认识的不断深入，对认识元素性质有哪些帮助？



图1-1-2 卢瑟福核式原子模型

### 一、原子结构

#### 1. 原子核 核素

原子由原子核和核外电子构成，而原子核由更小的微粒——质子和中子构成。

2

借助卢瑟福的实验帮助学生复习原子构成的初步知识，同时引发学生对原子核的构成和核外电子运动状态的思考，提出本节教材的两个核心问题。

初中化学教材中已在正文或阅读材料中提及本部分知识，所以在此进行简化处理。对此部分内容，教师在教学过程中可以根据学生情况灵活处理。

#### 教学建议

1. 本节教材所涉及内容是假说、模型这两种科学研究方法的典型案例，建议教师在教学过程中注意引导学生认识这两种科学研究方法及其在化学研究中的作用。

2. “联想·质疑”栏目具有引出本节核心知识和科学研究方法(模型、假说)教学的双重功能，因此，建议教师在教学过程中进行如下处理：先组织学生根据已有经验对原子的结构进行想象，再借助电脑动画或其他手段重现卢瑟福实验，引导学生根据实验现象提出原子结构模型，并鼓励学生就原子结构的相关问题提出质疑。在引出本节核心问题的同时，要注意引导学生初步了解假说、模型方法在科学研究中的应用。





## 教材解读

列表展示电子、质子、中子的相关数据，引导学生自己对这些数据进行处理，从中找出构成原子的微粒间的关系及质量数与相对原子质量的关系，这有利于突破教学难点。



## 交流·研讨

根据表1-1-1中所列数据讨论：

1. 在原子中，质子数、核电荷数和核外电子数之间存在着怎样的关系？为什么？
2. 原子的质量主要由哪些微粒决定？
3. 如果忽略电子的质量，质子、中子的相对质量分别取其近似整数值，那么，原子的相对质量在数值上与原子核内的质子数和中子数有什么关系？

表1-1-1 电子、质子和中子的基本数据

微粒	电子	质子	中子
质量/kg	$9.109 \times 10^{-31}$	$1.673 \times 10^{-27}$	$1.675 \times 10^{-27}$
相对质量	0.000 548 4	1.007	1.008
电量/C	$1.602 \times 10^{-19}$	$1.602 \times 10^{-19}$	0
电荷	-1	+1	0

质子带正电荷，中子不带电，质子和中子依靠一种特殊的力——核力结合在一起。对于一个原子来说：

$$\text{核电荷数} = \text{质子数} = \text{核外电子数}$$

电子的质量很小，相对于质子和中子的质量，可以忽略不计，因此原子的质量几乎全部集中在原子核上；也就是说，原子的质量可以看作原子核中质子的质量和中子的质量之和。人们将原子核中质子数和中子数之和称为质量数（mass number）。

$$\text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N) = \text{质量数}(A)$$

一般用符号  ${}_Z^AX$  表示一个质量数为  $A$ 、质子数为  $Z$  的原子，那么，构成原子的有关微粒之间的关系可表示为：

$$\text{原子 } {}_Z^AX \begin{cases} \text{原子核} \begin{cases} \text{质子 } Z \text{ 个} \\ \text{中子 } (A-Z) \text{ 个} \end{cases} \\ \text{核外电子 } Z \text{ 个} \end{cases}$$

## 教学建议

1. 通过高中化学教材必修第一册的学习，学生已初步学会如何利用数据获取有用信息，因此，在进行“构成原子的微粒间的关系”这部分内容的教学时，建议教师组织学生充分利用所给数据并结合已有知识展开讨论，引导学生在对数据的分析、处理的过程中获得新知识。

2. 必要时可以将质子、中子相对质量的求算方法和原子相对质量的求算方法以小资料的形式给出。

3. 建议补充关于原子和阴、阳离子的质子数、中子数、质量数、核电荷数、核外电子数之间数量关系的练习。





## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 观察·思考

## 比较氕、氘、氚的原子结构

科学家发现有三种氢原子：氕(piē)、氘(dǎo)、氚(chuān)。这三种氢原子中质子、中子和电子的数量关系如图1-1-3所示。



图1-1-3 氕、氘、氚原子中质子、中子和电子的数量关系示意图

## 思考

1. 氕、氘、氚的原子结构有何异同？如何用符号表示这三种氢原子？
2. 氕、氘、氚属于同一种元素吗？

人们把具有相同数目的质子和相同数目的中子的一类原子称为核素(nuclide)。氢元素有氕、氘、氚三种核素，分别用 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 和 ${}^3\text{H}$ 表示。在天然元素中，许多元素都具有多种核素，如碳元素有三种核素( ${}^{12}\text{C}$ 、 ${}^{13}\text{C}$ 、 ${}^{14}\text{C}$ )、氧元素有三种核素( ${}^{16}\text{O}$ 、 ${}^{17}\text{O}$ 、 ${}^{18}\text{O}$ )、铀元素有三种核素( ${}^{234}\text{U}$ 、 ${}^{235}\text{U}$ 、 ${}^{238}\text{U}$ )、氯元素有两种核素( ${}^{35}\text{Cl}$ 、 ${}^{37}\text{Cl}$ )等；有些元素则只有一种核素，如氟( ${}^{19}\text{F}$ )、钠( ${}^{23}\text{Na}$ )等。

## 资料在线

## 元素的相对原子质量

元素的相对原子质量是其各种核素的相对原子质量分别与各种核素在自然界里的丰度(某种核素在这种元素的所有天然核素中所占的比例)的乘积之和。例如，氯元素有两种核素： ${}^{35}\text{Cl}$ ，相对原子质量为34.97，其丰度为75.77%； ${}^{37}\text{Cl}$ ，相对原子质量为36.97，其丰度为24.23%。因此，氯元素的相对原子质量为 $34.97 \times 75.77\% + 36.97 \times 24.23\% \approx 35.45$ 。

质子数相同而中子数不同的同一种元素的不同核素互为同位素(isotope)。例如， ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 互为同位素，其中 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 可用于制造氢弹； ${}^{234}\text{U}$ 、 ${}^{235}\text{U}$ 、 ${}^{238}\text{U}$ 互为同位素，其中 ${}^{235}\text{U}$ 是核反应堆的燃料。

同位素分为稳定同位素和放射性同位素两种。放射性同位素最常见的应用是进行同位素示踪和用作放射源。例如，追踪植物中放射性 ${}^{32}\text{P}$ 发出的射线，能够确定磷在植物中的作用部位；应用放射性同位素发出的射线，可以进行金属制品探伤、人体疾病诊断和肿瘤治疗等。

4

## 教学建议

1. 教师在利用图1-1-3进行教学时，要向学生指明观察的重点，即氕、氘、氚原子中的质子、中子、电子之间的数目关系，避免学生错误地认为原子的真实结构如图所示。
2. 教师在进行“观察·思考”栏目的教学时，也可以用原子符号 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 代替图1-1-3，作为学生进行思考、讨论的依据。
3. 在进行“元素、核素、同位素”的教学时，建议教师通过具体实例引导学生理解三者之间的关系。例如， ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 是三种不同的核素，它们互为同位素，它们都属于氢元素。
4. 建议补充介绍一些放射性核素的具体应用，增加学生的感性认识。要注意将核素、同位素、元素的辨识及对核素中微粒之间关系的分析与其应用结合起来。

图1-1-3只是人们为了形象地展示原子中质子、中子、电子的数量关系而提出的一种图示表征方法，并不是原子的真实结构。

对于天然存在的某种元素，不论是处于游离态还是处于化合态，各种核素在自然界里的丰度一般不变。

只需要学生了解某元素相对原子质量是该元素的各种核素相对原子质量的平均值即可，不要求计算。



## 教材解读

引导学生关注新能源开发、利用过程中的热点问题，树立可持续发展的观念。此外，可以介绍核技术应用的另一重要领域——同辐产业。同辐技术是同位素与辐射技术的简称，是基于原子核科学的基础知识、粒子加速和射线产生的原理和方法，利用放射性同位素和电离辐射产生电离射线的特性，而广泛应用于国民经济各个领域的一种技术。



## 化学与技术

## 未来的能源——核聚变能

核聚变是将轻原子核融合成较重原子核的核反应，它所产生的能量比核裂变反应产生的能量大得多。例如，1 g 氘 ( ${}^2_1\text{H}$ ) 全部聚变为氦所放出的热能可使  $4 \times 10^8$  g 冰变成水蒸气。另外，核聚变的污染轻，不会产生放射性垃圾。但是，要想利用核聚变帮助人类长久地解决能源问题，必须使核聚变产生的能量均匀地释放出来，也就是要实现受控核聚变。目前，实现受控核聚变遇到的最大技术障碍是难以将核燃料加热到几千万至上亿摄氏度的高温。现在，科学家正在探索在室温下实现受控核聚变的可能性。



图1-1-4 核聚变反应控制室

## 2. 核外电子排布

物质在化学反应中的表现与组成该物质的元素的原子结构有着密切的联系，其中核外电子扮演着非常重要的角色。

电子在原子内有着“广阔”的运动空间。

现代物质结构理论认为，在含有多个电子的原子里，能量低的电子通常在离核较近的区域内运动，能量高的电子通常在离核较远的区域内运动。为了研究问题的方便，科学家认为电子是在原子核外离核由近及远、能量由低到高的不同电子层上分层排布的。通常将能量最低、离核最近的电子层称为第一电子层，能量稍高、离核稍远的电子层称为第二电子层……由内向外依次类推，共有7个电子层。这些电子层由内向外可依次用K、L、M、N、O、P、Q表示。每个电子层最多能容纳  $2n^2$  ( $n$  代表电子层数) 个电子，而最外层所能容纳的电子则不超过8个（第一层为最外层时不超过2个）。

人们常用原子结构示意图来简明地表示电子在原子核外的分层排布情况。图1-1-5给出了核电荷数为1~20的元素的原子结构示意图。

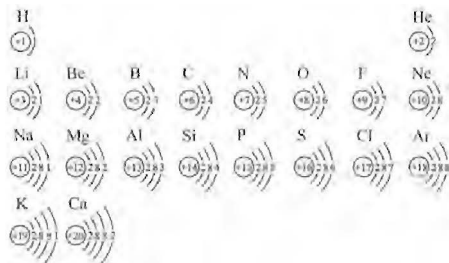


图1-1-5 核电荷数为1~20的元素的原子结构示意图

## 教学建议

1. 核外电子运动的教学可以与第6页的“拓展·视野”栏目结合起来，引导学生阅读材料，查阅、补充相关资料，了解一个多世纪以来科学家是如何研究核外电子的运动状态的，从而使学生会假说和模型在科学研究中不可替代的作用，并鼓励学生尝试使用假说和模型这两种科学研究方法探索物质构成的奥秘。

2. 本部分教学的重点是对原子的核外电子排布规律的掌握和运用，关于能量最低原理，只需学生了解“电子是按能量高低在核外由近及远分层排布的”即可，不宜深入探讨。

3. 要求学生画1~20号元素的原子结构示意图，会用结构示意图表示阴、阳离子。



## 教材解读

玻尔模型提出了电子在原子核外是分层排布的,但并没有解决各层能容纳多少个电子这一问题,因此教师在向学生展示玻尔原子模型的示意图时,应注意选择符合真实情况的图示。

关于电子云模型的相关内容,将在选择性必修2《物质结构与性质》模块中详细介绍。

## 教学建议

1. 本页正文主要涉及两部分内容:一是元素原子得失电子能力与最外层电子的关系,

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

元素的性质与原子的最外层电子数密切相关。例如,稀有气体元素原子最外层电子数为8(氦原子除外,它的最外层只有2个电子),原子结构稳定,原子既不容易获得电子也不容易失去电子;金属元素原子最外层电子数一般小于4,原子较易失去电子形成阳离子;非金属元素原子最外层电子数一般大于或等于4,原子较易获得电子形成阴离子。

化合价是元素的一种重要性质。元素的化合价与原子的电子层结构,特别是最外层电子数有关。例如,稀有气体元素原子的电子层已达到稳定结构,元素通常表现为0价;钠原子的最外层只有1个电子,原子容易失去1个电子形成 $\text{Na}^+$ 而达到稳定结构,因此钠元素在化合物中呈+1价;氯原子的最外层有7个电子,原子容易获得1个电子形成 $\text{Cl}^-$ 而达到稳定结构,因此氯元素在氯化钠、氯化镁等氯化物中呈-1价。

## 拓展视野

## 认识核外电子的运动

电子极其微小,即使使用最先进的扫描隧道显微镜(STM),也只能观察到原子,而观察不到比原子小得多的电子。一个多世纪以来,科学家主要采用原子光谱和建立模型的方法对核外电子的运动进行研究。其中,玻尔原子模型和电子云模型对人们认识核外电子的运动起到了极大的促进作用。

**玻尔原子模型** 1913年,玻尔在核式原子模型的基础上提出了新的原子模型:核外电子处在一定的轨道上绕核运行,在不同轨道上运动的电子具有不同的能量且能量是量子化的(即不是连续的);当电子从一个轨道跃迁到另一个轨道时,会辐射或吸收一定的能量;等等。现代物质结构理论保留了玻尔原子模型合理部分,并在此基础上进一步发展。

**电子云模型** 宏观物体的运动都有一定的轨迹,如人造卫星按一定的轨道围绕地球运行,而在原子核外运动的电子并不遵循宏观物体的运动规律。人们不可能同时准确地测定电子在某一时刻所处的位置和运动速度,也不能描画出它们的运动轨迹,而只能描述电子在原子核外空间某处单位体积内出现的概率大小。为了形象地表示电子在原子核外空间运动的这一特征,人们常用单位体积内小点的疏密程度来表示电子在原子核外空间某处单位体积内出现概率的大小。这种形象地描述电子在原子核外空间某处单位体积内出现概率大小的模型称为“电子云模型”。



图1-1-6 丹麦科学家 玻尔  
(N. Bohr, 1885—1962)



图1-1-7 氢原子的“电子云模型”

## 二、原子结构与元素原子得失电子能力

随着对原子结构认识的不断深入,人们对原子结构与元素原子得失电子能力之间关系的认识也越来越深刻。

6

二是元素化合价与原子最外层电子数的关系。编写这部分内容的目的有二:一是引导教师和学生关注原子结构与元素性质的关系,利用原子结构的知识对元素的某些性质进行合理解释,如为什么在化合物中钠元素、镁元素分别为+1价、+2价,为什么钠原子、镁原子在化学反应中均易失去电子;二是进行初、高中化学学习的过渡与衔接。

2. 教师在进行“原子结构与元素性质”的教学时,可以引导学生结合学过的元素化合物知识展开讨论,从中找出规律。但是,由于影响元素性质的因素比较复杂,因此在教学过程中不要将某些提法绝对化,在选择问题时也要注意其合理性,特别要注意准确定位原子最外层电子数与其原子得失电子能力的关系——最外层电子数决定了元素原子得失电子的趋势而非得失电子的能力,避免学生形成迷思认识。





## 教材解读

本部分内容是本次教材修订的新增内容，是建构“位置—结构—性质”认识模型的起点，是发展学生“模型认知与证据推理”“宏观辨识与微观探析”化学学科核心素养的关键环节之一。实践证明，确定构成原子的各微粒与原子得失电子能力的关系是学生认识“结构—性质”之间关系的难点。本部分教材选择Na、Mg、K三种元素为研究对象，减少了教学内容，聚焦了关注点，兼顾了同周期、同主族元素原子结构的特点，有利于突破教学难点。经教学实践检验，这样处理效果良好。

## 教学建议：

1. 从总体教学策略上，建议教师通过三个层次的活动设计外显模型建构的过程：第一个层次的活动是探查学生的原有认识，可以请学生在纸上写出决定元素原子得失电子能力的有关因素，并以Na、Mg、K元素原子失电子能力比较为例进行分析；第二个层次的活动是结合实验、数据等事实检验学生的分析情况，并在此基础上修正原子结构与元素性质的关系模型；第三个层次的活动是利用修正后的模型分析比较硫、氯两种元素原子得电子能力的强弱。

2. 在具体教学过程中，教师要特别注意转变学生的迷思认识——最外层电子数的多少决定元素原子得失电子能力强弱。为此，教师可以将Na、Mg、K三种元素拆分成两组，分别预测其失电子的能力。实践表明，先分析Na、K，再比较Na、Mg更有利于转变学生的迷思认识。



## 活动·探究

## 比较钠、镁、钾元素原子的失电子能力

基于对原子结构与元素原子失电子能力之间关系的认识，完成下列活动。

1. 预测钠、镁两种元素原子失电子能力的强弱，并从原子结构的角度说明理由。

2. 预测钠、钾两种元素原子失电子能力的强弱，并从原子结构的角度说明理由。

【实验1】用小刀切下一小块金属钠，用滤纸吸干表面的煤油，放入盛有水并滴加有几滴酚酞溶液的烧杯中，立即盖上表面皿；取一小段镁条，用砂纸除去表面的氧化膜，放入盛有等量水并滴加有几滴酚酞溶液的另一只烧杯中，立即盖上表面皿。分别观察现象。

【实验2】取两只烧杯，向其中加入等量的水并加入几滴酚酞溶液。用小刀分别切下大小相似的一小块金属钠和一小块金属钾，用滤纸吸干表面的煤油，同时将金属钠和金属钾分别放入上述两只烧杯中，立即盖上表面皿，观察现象。

## 实验记录

实验现象	实验结论

## 方法导引

通过单质与水（或酸）的反应比较元素原子失电子能力

在多数情况下，可以通过比较元素的单质与水（或酸）反应置换出氢气的难易程度来判断元素原子失电子能力的强弱。

## 思考

1. 你对以上两组元素原子失电子能力强弱的预测正确吗？你从原子结构的角度对它们失电子能力强弱的解释是否合理？哪些证据支持了你的预测和解释？

2. 通过前面的学习，你已经可以从质子数、中子数、核电荷数、核外电子数、最外层电子数、电子层数等方面描述原子的结构了，它们是否会影响元素原子失电子能力的强弱？如果会，如何影响？如果不会，说明理由。

3. 请根据以上讨论来分析说明硫、氯两元素中哪种元素原子的得电子能力强。

4. 如何用图示的方式描述原子结构对元素原子得失电子能力的影响？

元素原子得失电子的能力与原子的最外层电子数、核电荷数和电子层数均有关系。在如图1-1-5所示的核电荷数为1~20的元素（除原子已达到稳定结构的He、Ne、Ar三种元素外）中，若原子的电子层数相同，则核电荷数越大，最外层电子离核越近，原子越难失电子、越容易得电子；若原子的最外层电子数相同，则电子层数越多，最外层电子离核越远，原子越容易失电子、越难得电子。

通常所说的元素的金属性、非金属性分别与元素原子的失电子能力和得电子能力相对应。

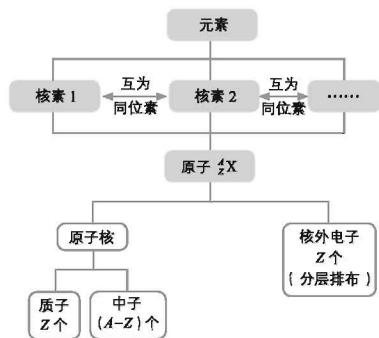


## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 概括·整合

1. 请用图示的方法描述构成原子的各种微粒与元素、核素之间的关系, 以及元素、核素与同位素之间的关系, 示例如下:



2. 概括核外电子排布的规律。

3. 说明原子结构与元素原子得失电子能力之间的关系。

建议由学生独立完成问题1、3的模型建构, 并通过对作品作品的比较和生生评价来完善学生所建构的模型。

## 练习与活动

## 学习·理解

1. 原子的表示。

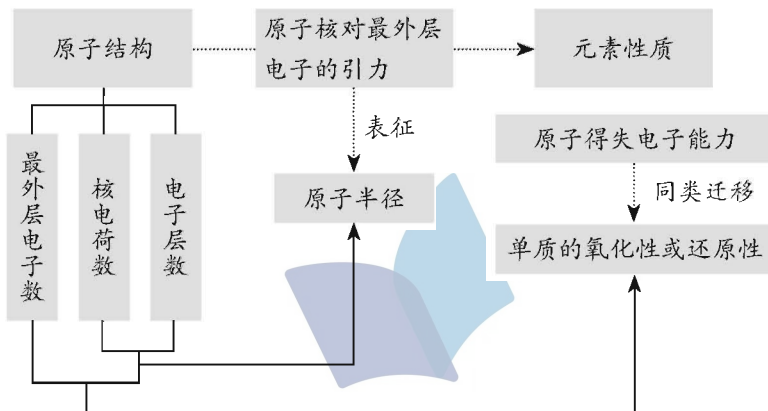
(1) 通常用  ${}^A_ZX$  表示一个原子, 其中  $A$  表示\_\_\_\_\_,  $Z$  表示\_\_\_\_\_。

(2) 补全下表。

微粒符号	质子数	中子数	质量数	核外电子数
${}^{12}_6\text{C}$				
	8	8		
${}^{16}_8\text{O}$				

教学建议:

对于原子结构与元素原子得失电子能力之间关系的模型表征可参考下图。





## 四、习题答案与习题分析

## (一) 习题编码

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
A1 辨识记忆	能说出构成原子的微粒的种类、质量、电性、在原子内部的位置及核外电子排布规则；能用语言或图示描述质子数、中子数、质量数、核外电子数之间的关系（不涉及性质）；能辨识原子符号（ ${}^A_Z\text{X}$ ），能画出 1 ~ 20 号元素的原子、离子的结构示意图	1, 2, 3
A3 说明论证	能利用原子结构说明元素性质的相似性和递变性（如碱金属和卤族元素）	4
B1 分析解释	能利用原子结构分析解释陌生元素的性质（如碱土金属和氧族元素）	6
B2 推论预测	能根据信息推测陌生元素的原子结构，能根据元素原子核外电子排布特征推测或比较典型陌生元素及其性质，能判断陌生元素的种类、核素的种类、同位素	5, 7

## (二) 习题答案

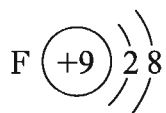
## 【学习·理解】

1. (1) 质量数 质子数

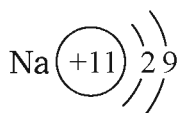
(2)

微粒符号	质子数	中子数	质量数	核外电子数
	6	6	12	6
${}^{16}_8\text{O}$			16	8
	8	10	18	8

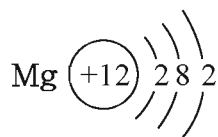
2.



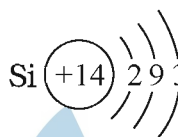
错误，原子呈电中性，核外电子数等于核内质子数，因此氟原子 L 层电子数应为 7



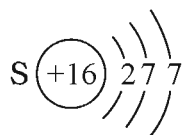
错误，每层电子层最多容纳  $2n^2$ ，因此钠原子核外应该有 K、L、M 三个电子层，电子数分别为 2、8、1



正确



错误，每层电子层最多容纳  $2n^2$ ，因此硅原子核外电子 L 层电子数应为 8，M 层电子数应为 4



错误，电子是在原子核外离核由近及远、能量由低到高的不同电子层上分层排布的，因此硫原子的 L 层电子数应为 8，M 层电子数应为 6



3. 氧原子 ( $O$ ) 钠离子 ( $Na^+$ ) 氯原子 ( $Cl$ ) 氯离子 ( $Cl^-$ )

4. 利用原子结构的知识论证: 镁原子和铝原子的电子层数相同, 镁原子的核电荷数小于铝原子的核电荷数, 镁原子半径大于铝原子半径, 镁原子核吸引电子的能力小, 更容易失去最外层电子, 即镁元素原子的失电子能力强于铝元素原子。

利用实验事实论证: 取一小段镁条和铝条, 用砂纸除去表面的氧化膜, 分别放入盛有等体积、等浓度的盐酸的两只烧杯中, 镁条与盐酸反应的剧烈程度大于铝条与盐酸反应的剧烈程度, 则证明镁元素原子的失电子能力强于铝元素原子。

### 【应用·实践】

5. (1) 222 86 136

(2) +86 2 8 18 8

(3) D 氯原子最外层有 8 个电子, 已经达到稳定结构

(4) AB 质子数 质子数和中子数

6. (1)  $O < F$  氧原子和氟原子的电子层数相同, 氧原子核电荷数小于氟原子核电荷数, 最外层电子离核更远, 氧原子更难得到电子, 即氧元素原子的得电子能力弱于氟元素原子。

(2)  $O > S$  氧原子的最外层电子数与硫原子的相同, 但其电子层数小于硫原子的电子层数, 最外层电子离核更近, 氧原子更容易得到电子, 即氧元素原子的得电子能力强于硫元素原子。

7. (1) 钠更容易与氯气反应。钠原子和铝原子的核外电子层数相同, 钠原子的核电荷数小于铝原子的核电荷数, 最外层电子离核更远, 钠原子的失电子能力比铝强, 所以钠更容易与氯气反应。

(2) 1 ~ 20 号元素原子中, 金属元素原子易失电子, 生成金属阳离子, 且最高正化合价在数值上等于最外层电子数; 稀有气体原子的核外电子排布已达到稳定结构, 既不容易获得电子又不容易失去电子, 通常表现为 0 价; 其他非金属元素原子的最外层电子数一般大于等于 4, 最低化合价在数值上等于最外层电子数减去 8, 最高化合价在数值上等于最外层电子数。

### (三) 典型习题分析

比较下列两组元素原子得电子能力的强弱, 并从原子结构的角度进行论证。

(1)  $O$  和  $F$

(2)  $O$  和  $S$

### 习题目标

从原子结构的角度比较元素原子得电子能力的强弱, 加深对原子结构与元素性质之间的关系理解, 以提升说明论证、分析比较、推论预测的能力; 通过本题练习, 能从元素层面和原子水平上认识物质的组成、结构、性质和变化, 形成“结构决定性质”的学科观念, 发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”等化学学科核心素养。

具体的练习目标包括: 了解原子核外电子排布规律, 以及原子的最外层电子排布与元素原子得失电子能力的关系。

### 情境载体

本题以教材“原子结构与元素原子得失电子能力”中的“活动·探究”栏目内容为基础, 通





过练习加深对非金属元素(O与F, O与S)原子结构与得电子能力之间关系的理解。对于这两组元素的对比分析, 需要结合信息自主调用由原子的结构推断原子得电子能力的方法等。

### 问题任务

本题需要利用原子结构与得失电子之间的关系解决实际问题, 属于提升分析解释、推论预测能力水平方面的习题。在解答本题时, 首先要从电子层数和核电荷数两个角度分析氧和氟、氧和硫两组元素的原子结构特点, 并进一步分析哪个因素是决定元素原子得电子能力强弱的主要因素, 即不仅要有比较元素性质的视角, 还要有用原子结构进行分析解释的视角。

### 学科思维

第(1)题: 首先需要分析氧、氟两种元素的原子结构特点, 即核外电子层数相同, 核电荷数氧小于氟。核电荷数越大, 最外层电子离核越近, 原子越容易得电子, 因此氟原子的得电子能力比氧原子强。

第(2)题: 首先需要分析氧、硫两种元素的原子结构特点, 即最外层电子数相同, 电子层数氧原子小于硫原子。电子层数越少, 最外层电子离核越近, 原子越容易得电子, 因此氧原子的得电子能力比硫原子强。

本题要求运用元素原子结构与元素性质之间的关系来分析、解决不同元素原子得电子能力的强弱比较问题。在练习中, 利用元素原子结构与元素性质之间的关系对物质及其变化的本质进一步抽象, 可以更好地建构和形成“结构决定性质”的化学学科核心观念。

### 易错分析

学生存在一些迷思认识, 如认为原子的相对原子质量小, 原子半径就小, 原子得电子能力强, 错误地推论氧原子的得电子能力强于氟原子; 认为得电子数的多少决定得电子能力的强弱, 即达8电子稳定结构需要得电子数多的原子, 得电子能力强。另外, 未掌握原子结构与得失电子能力的关系, 未建立相应的认识模型, 缺少切入角度, 找不到解题思路, 也是发生错解的原因。

### 变式题例

比较下列两组元素原子失电子能力的强弱, 并从原子结构的角度进行论证。

(1) K 和 Ca

(2) Mg 和 Ca

参考答案:

(1)  $K > Ca$  钾原子和钙原子的电子层数相同, 钾原子核电荷数小于钙原子, 最外层电子离核较远, 更容易失去电子, 即钾原子的失电子能力强于钙原子。

(2)  $Mg < Ca$  钙原子的最外层电子数与镁原子的相同, 但其电子层数大于镁原子的电子层数, 最外层电子离核较远, 更容易失去电子, 即钙原子的失电子能力强于镁原子。

请利用原子结构的知识回答下列问题。

(1) 预测: 金属钠和金属铝哪一种更容易与氯气反应? 为什么?

(2) 元素的化合价与原子的电子层结构, 特别是最外层电子数有关。请尝试概括核电荷数为1~20的元素的化合价与元素原子最外层电子数之间的关系。



### 习题目标

从原子结构的角度比较元素原子得电子能力的强弱、建立原子结构与元素化合价的关联,加深对原子结构与元素性质之间关系的理解,提升概括关联、推论预测的能力;通过本题的练习,能从元素和原子水平认识物质的组成、结构、性质和变化,形成“结构决定性质”的学科观念,发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”化学学科核心素养。

具体的练习目标包括:能画出1~20号元素的原子结构示意图,能用原子结构解释元素性质及其递变规律,并能结合实验及事实进行说明;能利用元素在元素周期表中的位置和原子结构,分析、预测、比较元素及其化合物的性质,提升概括关联、推论预测的能力。

### 情境载体

第(1)题以教材“原子结构与元素原子得失电子能力”中的“活动·探究”栏目内容为基础,通过练习加深对1~20号元素的原子结构与得失电子能力、反应难易程度、化合价之间关系的理解;基于“原子结构与元素性质”认识模型,经历比较说明、推论预测等思维过程去解决问题,并进行概括关联与学习迁移。

### 问题任务

第(1)题:需要分析金属元素原子结构与失电子能力、反应难易程度之间的关系,属于提升推论预测能力水平方面的习题。在解答本小题时,首先要分析钠、铝的原子结构特点,据此判断元素原子失电子能力的强弱,并结合实验事实进行说明,分析、预测、比较元素及其化合物的性质,提升从原子结构角度分析预测元素及物质性质的能力。

第(2)题:需要分析1~20号元素的原子结构与化合价之间的关系,属于概括关联水平提升方面的习题。在解决本小题时,首先要列出1~20号元素原子的最外层电子数与元素的主要化合价,并概括二者之间的关系。通过该过程,提升概括关联能力,并通过对最外层电子数与主要化合价之间关系的表征把握“结构决定性质”的学科观念。

### 学科思维

第(1)题:首先需要分析钠、铝两种元素的原子结构特点,即原子核外电子层数相同,核电荷数钠原子小于铝原子。核电荷数越小,最外层电子离核越远,原子越容易失去电子,钠原子的失电子能力比铝原子强,故钠比铝更容易与氯气发生反应。

第(2)题:首先需要查阅资料或者画出有关元素的原子结构示意图,对应标明各元素的常见化合价,并分析概括原子最外层电子数与元素主要化合价之间的关系。

本题要求以原子结构为基础,从原子核外电子排布的特点出发,进一步探究元素性质与原子结构之间的关系,为下一阶段学习元素周期律奠定基础。本题中,第(1)题是从学科本原对物质及其变化的认识过程的一种概括,利用元素原子结构与元素性质的关系,对物质及其变化的本质和其认识过程进一步抽象,以建构和形成“结构决定性质”的化学学科核心观念;第(2)题是从学科本原出发对元素“构”“性”两者之间的关系进一步概括,得出“结构决定性质,性质反映结构”这一化学学科的统摄性观念,这一观念是“宏观辨识与微观探析”等化学学科核心素养的体现。

### 易错分析

第(1)题:学生存在一些迷思认识,如认为原子的相对原子质量大,原子半径就大,原子失电子能力就强,错误地推论铝原子的失电子能力强于钠原子;认为原子失电子数的多少决定失电子



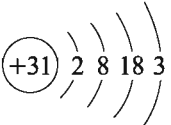
能力的强弱,即达到 8 电子稳定结构需要失电子数多的原子,失电子能力强。另外,未掌握原子结构与得失电子能力的关系,未建立相应的认识模型,缺少切入角度,找不到解题思路,也是产生错解的原因。

第(2)题:学生对化学术语含义理解不准确,如出现非金属元素正化合价等于最外层电子数、非金属元素负化合价等于  $8 - \text{最外层电子数}$  等错误描述,不能准确说出最高化合价和最低化合价。

### 变式题例

请利用原子结构的知识回答下列问题。

(1) 预测:氯气与硫哪一种更容易与铝反应?请说明理由。

(2) 已知镓(Ga)元素的原子结构示意图为  ,请分析镓的主要化合价。

参考答案:

(1) 氯原子和硫原子的电子层数相同,氯原子的核电荷数大于硫原子的核电荷数,最外层电子离核更近,更容易得到电子,即氯元素原子的得电子能力强于硫元素的原子,因此氯气更容易与铝反应。

(2) 0、+3 价。

## 五、教学问题讨论与教学资源拓展

### 1. 人类对物质结构认识的发展简史

从古代到现代,人们对物质结构的认识,特别是对原子的认识,经历着不断深化、完善的漫长历史过程。这个过程至今还未结束,人们对这一问题的研究还在不断地发展中。

早在公元前,古人就对“宇宙是由什么东西构成的”“宇宙是连续的,还是不连续的”这两个问题提出了不同的看法。

公元前 450 年以前,希腊哲学家德谟克里特继承留基伯的思想最先提出“原子论”,认为宇宙万物都是由最微小、坚硬、不可入、不可分割的物质粒子所构成的。他将这种粒子称作原子,认为宇宙万物间的千差万别都是由组成它的原子在数目、形状和排列上的不同所导致的。

同一时期,我国春秋战国时代,一些著名的思想家如惠施、墨子等,也都从不同角度提出了物质含有不能再分的最小单位的观点,但当时这种观点主要是哲学家的一种朴素的、唯物的直觉想象,是一种哲学臆想。

中国从战国到秦汉转入炼丹术时期。公元 7 ~ 9 世纪,炼丹术由中国传播到阿拉伯,促进了那里炼金术的发展。公元 11、12 世纪,炼金术又由阿拉伯传到欧洲。这样,经过了一段很长的历史时期,人们对物质结构的研究并没有得到新的发展,而是随着生产和科技的发展,人们的注意力又转到冶金、酿酒、染色和玻璃等跟手工业生产有关的实用化学方面的研究上。一直到公元 17 世纪末、18 世纪初,德国化学家斯塔耳提出了明确的燃素学说,他认为火是由无数细小而活泼的微粒构成的物质实体。这种由火微粒构成的火元素就是“燃素”。燃素说提出之后,人们的注意力又重新回到了对物质结构的研究上。

燃素学说虽未能正确解释燃烧现象,但结束了炼金术对化学的统治。



1777年,法国化学家拉瓦锡发现了氧气,使人们对燃烧现象有了科学的解释,从而彻底推翻了统治化学界100余年的燃素学说。

19世纪,尤其是19世纪后期,科学的发展和一些重大发现,促使人们对物质结构尤其是对原子结构的认识有了很大的进展。

1803年,英国科学家道尔顿发表原子学说,其主要内容为:

(1) 一切元素都是由不能再分割的、不能毁灭的微粒组成的,这种微粒称为原子。

(2) 同一种元素的原子,其质量、性质都相同。不同元素的原子,其质量、性质都不相同。

(3) 两种不同元素的化合物,是一种元素的一定数目的原子与另一种元素的一定数目的原子形成的复杂原子(按现代说法应为分子)。

1860年,意大利化学家康尼查罗在卡尔斯鲁厄国际化学家代表大会上散发了他论证分子学说的小册子。

从道尔顿到康尼查罗,经历了50多年的时间,终于形成了比较完整的原子—分子论,其主要内容为:

(1) 一切物质都是由分子组成的,而分子是由原子组成的。分子是物质能够独立存在,且保持物质化学性质的最小微粒。原子是构成分子的更小微粒,是物质进行化学反应的基本粒子,一般不能独立存在。

(2) 同种原子化学性质相同,质量相同。不同原子化学性质和质量都不相同。

(3) 单质分子由同种原子组成,化合物分子由不同种原子组成。分子的质量等于组成它的原子质量的总和。

(4) 分子和原子都在不断地运动着。

1889年,英国物理学家汤姆孙提出原子“浸入模型”,即电子浸入“均匀分布的正电性球体”的原子模型,修正了道尔顿的原子不可分的说法。

1911年,英国物理学家卢瑟福提出“核式原子模型”,认为原子中的正电荷并不是“均匀分布的”,而是密集在一个很小的、坚实的、叫作原子核的区域内。电子围绕着它做高速运动,原子中的电子数等于核的正电荷数。

1923年,丹麦物理学家玻尔提出“行星式原子模型”,说明了原子的电子层结构,认为原子的核外电子是在固定轨道上绕核运动的。

1926年,奥地利物理学家薛定谔提出原子“波动力学模型”,认为电子是围绕着原子核的三维波。

同时期,法国物理学家约里奥·居里夫妇证实了中子的存在。1932年5月苏联物理学家伊凡宁柯提出“质子、中子学说”,认为中子和质子一起存在于原子核中。至此,人类对物质结构才有了比较科学的认识。

## 2. 实验与原子结构研究

(1) X射线·放射性·电子

19世纪末,在对阴极射线本性的研究中,德国物理学家伦琴于1895年意外地发现了穿透力极强的X射线。X射线的发现,导致了放射性的发现。1896年初,法国物理学家贝克勒尔在研究产生X射线的原因时,发现了天然铀的放射性现象。放射性的发现揭示了原子内部的复杂性。





1897年,英国物理学家汤姆孙从阴极射线能被电场、磁场偏转这一特性出发,利用电场和磁场的联合偏转作用测定了这种负电微粒的荷质比。实验表明,无论是改变放电管中的气体,还是改变阴极材料,阴极射线微粒的荷质比不变,这说明它是各种原子的一个共同组成部分。后来汤姆孙采纳了爱尔兰物理学家斯通尼的提议,把这种带负电荷的微粒定名为“电子”。从而彻底否定了自道尔顿以来,认为原子是组成一切物质不可分割的基元的传统观念。

### (2) $\alpha$ 粒子散射实验和卢瑟福的原子模型

1904年,汤姆孙设想原子是一个带电的球,正电性的物质均匀地分布在原子内部整个空间,电子嵌在那里就像葡萄干嵌在果子面包里似的。然而,英国物理学家卢瑟福通过著名的 $\alpha$ 粒子对金箔的散射实验,推翻了汤姆孙的观点,证实了正电荷集中在原子中心即原子核上,而原子内部的绝大部分空间都是空荡荡的。1911年,卢瑟福正式提出了“核式原子模型”。

### (3) 光谱实验与量子力学模型

1913年,丹麦物理学家玻尔将卢瑟福的原子模型与量子论大胆而巧妙地结合起来,提出著名的玻尔原子结构模型,成功地解释了氢原子定态结构和氢原子光谱线系,在原子结构理论上取得了重大突破。

19世纪初,由于光谱分析仪的出现和发展,科学家对天体和地球上许多物质的光谱进行了大量研究,积累了丰富的实验资料,并力图从中寻找谱线的分布规律。玻尔用自己的理论对氢原子中处于各定态的电子的轨道半径和能量进行了详细的计算,所得的结果完全符合光谱分析所得的数据,使长期一直无法解释的经验公式从本质上得到阐明。玻尔理论的成功,在科学界引起了很大的震动,大大推进了原子论的发展。

为了解释氢原子光谱的精细结构,1915年德国物理学家索末菲发展了玻尔理论,提出了角量子数和磁量子数的概念。

## 3. 核外电子排布规律

核外电子排布遵循泡利不相容原理、能量最低原理和洪特规则。

科学实验发现,在一个原子中两个电子的电子层、电子亚层、轨道的空间伸展方向和自旋状态完全相同是不可能的。这个原理叫作泡利不相容原理。根据这个原理,可以知道每一轨道中只能容纳2个自旋状态不同的电子,并可进一步推算出每个电子层中最多可容纳的电子数为 $2n^2$ 。

能量最低原理是指在不违背泡利不相容原理的前提下,核外电子总是尽先占有能量最低的轨道,只有当能量最低的轨道占满后,电子才依次进入能量较高的轨道,也就是电子排布尽可能地使体系能量最低。

洪特规则是在等价轨道(相同电子层、电子亚层上的各个轨道)上排布的电子将尽可能分占不同的轨道,且自旋状态相同。后来量子力学证明,电子这样排布可使能量最低,所以洪特规则可以包括在能

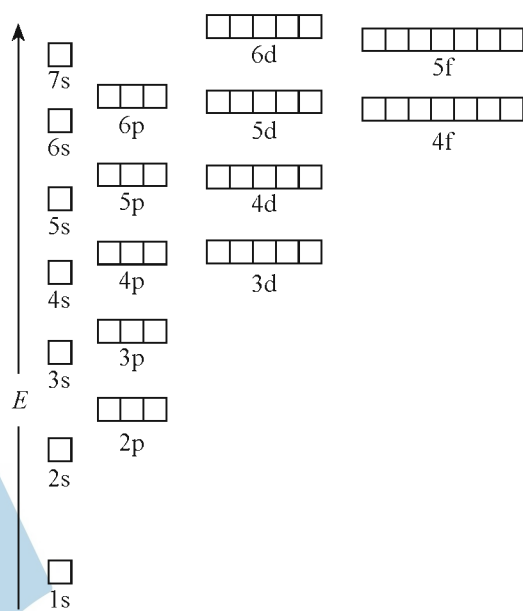


图 1-1-1 多电子原子电子所处的能级示意图



量最低原理中,作为能量最低原理的一个补充。

在同一个原子中,离核越近、 $n$  越小的电子层能量越低。在同一电子层中,各亚层的能量按  $s$ 、 $p$ 、 $d$ 、 $f$  的次序增高。因此,  $E_{1s} < E_{2s} < E_{3s} \cdots \cdots$ ;  $E_{4s} < E_{4p} < E_{4d} \cdots \cdots$ 。

在多电子原子中,各个电子之间存在相互作用,研究某个外层电子运动状态时,必须同时考虑到核及其他电子对它的作用。由于其他电子的存在,往往减弱了原子核对外层电子的作用力,从而使多电子原子的电子能级产生交错现象。

#### 4. 同辐技术

近十余年,是中国的核技术应用行业发展最快的时期。作为核技术应用重要组成部分的同辐产业,近几年也一直保持着持续快速发展的态势。同辐技术是同位素与辐射技术的简称,是基于原子核科学的基础知识、粒子加速和射线产生的原理和方法,利用放射性同位素和电离辐射产生电离射线的特性,而广泛应用于国民经济各个领域中的一种技术。

例如,作为一种新的灭菌保鲜技术,辐照已成为当代科技兴农的重要手段。依靠铯-137、钴-60 等对 DNA 的作用,通过用电离辐射( $\gamma$  射线、X 射线、电子束)与物质相互作用产生物理、化学和生物效应,可对粮、蔬、果、肉、调味品、药品等进行灭菌。可见,辐照能消除危害全球人类健康的食源性疾病,使食物更安全,延长食品的货架期。目前全国已有 28 个省、市、自治区的 200 多个单位,分别对 200 多种食品进行了辐照保鲜、杀虫灭菌、改善品质方面的研究。世界上已有 60 多个国家批准了 300 多种食品的辐照技术的应用。数据显示,全球辐照食品年直接处理量近 70 万吨,我国约占 1/3,居世界第一位。

除了食品加工,同辐技术还在医学、农业、工业、环保、公共安全等领域被广泛应用。



图 1-1-2 辐射食品标志

#### 5. 假说与模型

模型方法在古代就开始应用了,那时除应用物质模型外,已开始应用思想模型作为科学思维的工具。在近代科学的产生和发展中,模型方法曾经发挥了重要作用。自 19 世纪初原子—分子学说创立以来,思想模型在化学中的应用越来越广泛。在化学的各分支学科中,化学家巧妙地构建了大量的模型,有力地促进了化学理论的发展,而化学理论的发展也包含着不同类型的化学模型的演化和更替。现代化学成了各种化学模型荟萃之地,模型方法是化学中一种十分重要的科学认识方法。

在自然科学研究中,对客观对象进行了一定的观察实验和对所获得的科学事实进行初步的概括之后,通常要利用想象、抽象、类比等方法,建立一个适当的模型来反映和代替客观对象,并通过研究这个模型来揭示客观对象的形态、特征和本质。这样的方法就是模型方法。被反映和代替的客观对象称为模型的原型。

物质模型和思想模型都是认识世界的重要手段。人们在制作任何一个物质模型之前,首先要在头脑中对它进行想象、论证并作出计算设计,也就是先要构建一个相应的思想模型。思想模型是以思想映像的形式由研究者在思维中形成的,存在于他们的头脑中,并由他们进行着思想的操作、变革和思想实验。



化学模型中常见的主要有结构化学中的模型、化学热力学中的模型和化学动力学中的模型。

结构化学中的模型主要用来反映、再现物质的化学结构。物质化学结构的基本内容包括两个方面：一是分子或晶体内的粒子（原子、离子、分子）在空间中的分布；二是这些粒子之间的相互作用，特别是原子（或离子）之间的强烈的相互作用，即化学键。这两个方面是密切联系的，因为粒子在空间中的分布是由粒子间的吸引或排斥作用决定的，而粒子间的作用力又随它们在空间的距离而改变。这种模型表现直观、真实，可以帮助人们加深对概念的理解和研究。

从科学方法论的意义上来说，所谓假说，可以理解为对于事物、现象及其本质、规律或原因的某种推测性的说明方式。原则上，科学中任何需要经受检验的陈述都可以称为假说，化学假说也不例外。由于假说是根据一定的事实材料和理论知识，对研究对象未知性质和规律的一种推测，所以它既包括已知知识，又包括据此而推测得到的未知知识。就这个意义来说，假说具有科学性和假定性相结合的特点。在化学史上曾经有许多著名的假说，如燃素假说、道尔顿的原子假说、阿伏加德罗的分子假说、门捷列夫的元素周期律的假说等。

在对假说进行实践和逻辑的验证以后，假说就成了理论。假说是在认识运动过程中转化为化学理论的；化学假说与理论两者在把化学知识体系化的发展过程中，彼此既紧密相连又彼此相互渗透。化学理论发展本身也得借助化学假说。

#### 6. 中国科学家对原子结构研究的贡献——张青莲测定元素相对原子质量

化学元素的相对原子质量是重要的自然常数。两个世纪以来，标准相对原子质量的确定皆为欧美国所贡献。我国科学院院士张青莲教授，是我国同位素化学的奠基人，为相对原子质量的测定作出了卓越贡献。他于1983年当选为国际原子量委员会委员。从1990年代初以来，他带领一个科研小组采用质谱法，精密地测定了铟（In）的相对原子质量（114.818），被国际原子量委员会于1991年8月汉堡会议上确定为新的标准相对原子质量。这是国际上第一次采用我国所测定的相对原子质量数据作为标准，标志着我国相对原子质量的精确测定已经达到了国际先进水平。

1993年8月，国际原子量委员会再次确认张青莲主持并测定的铈的相对原子质量（121.760）为标准相对原子质量。至2005年，他主持测定的铟、铈、铈、铈、铈、铈、铈、铈、铈、铈等十种元素的相对原子质量新值，被国际原子量委员会采用为国际新标准。

#### 参考资料

- [1] 朱玲，安哲主编. 中学科普——高中化学版[M]. 哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，2003.
- [2][英] J·R·柏廷顿著. 化学简史[M]. 胡作玄译. 桂林：广西师范大学出版社，2003.

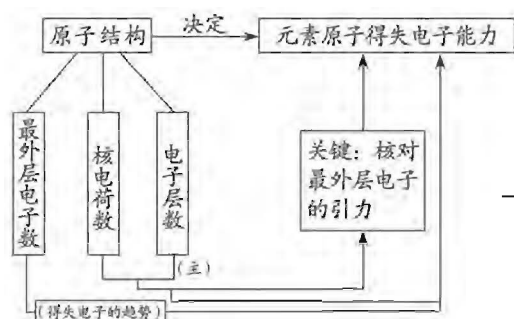
## 六、教学设计

以下为本节“第1课时 原子结构与元素原子得失电子能力”的教学设计。

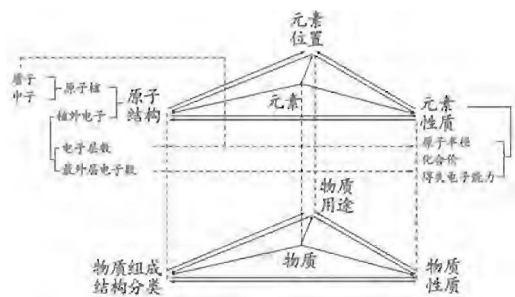
#### 【设计意图】

本课时设计的主要目的是打开原子结构，寻找结构中各要素与元素原子得失电子能力的逻辑关系。





第1课时的模型



后续课时的元素周期律单元教学整体模型

本课时采用小组分工合作的学习方式，课前告知白板的功能及使用须知；课堂采取由问题出发进而师生对话，思路外显并提炼转化为模型，从实证出发完善模型等教学策略。

教学重点、难点：学生自主建立原子结构与元素原子得失电子能力的关系；学生自主从原子结构（多要素）角度论证元素原子得失电子能力的比较。

### 【教学及评价目标】

1. 自主建立并学会应用原子结构与元素原子得失电子能力的关系模型，明确得失电子能力的关键是核对最外层电子的引力。
2. 从原子结构角度（多要素）在理论上论证元素原子得失电子能力的比较，通过方法引导获取实验和理论证据来证实预测猜想，以思维外显（白板呈现）的方式逐步建构并完善关系模型。
3. 初步体验先理论分析再判据证明的化学原理知识学习的一般方法，培养分析问题、解决问题的能力 and 团队合作精神。
4. 通过建构原子结构与元素原子得失电子能力关系模型的活动，诊断并发展学生建构“构—性”认识模型的水平；通过从原子结构角度比较、解释 Cl、Br 和 Cl、S 原子得电子能力强弱的任务，诊断并发展学生利用“位—构”认识模型分析解释、推论预测、解决问题的能力。

### 【教学过程】

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图（学生能力发展）
环节一	任务一 【小组讨论】原子结构中哪些要素会影响原子得失电子能力？为什么？	【寻找要素】原子结构的哪些要素会影响原子得失电子能力？为什么？举例论证你的观点。	小组讨论，并把讨论结果用黑笔写在白板上。 (最外层电子数、质子数、电子层数)	【初次建立认知模型—寻找要素】通过探查学生原有认知，发现学生一致认为最外层电子数决定原子的得失电子能力（本节课学生的障碍点），也有部分学生写出其他的要素如质子数、电子层数，但缺乏逻辑推理。这也暴露了模型推理过程中大部分学生都是运用已有知识积累进行简单判断，没有逻辑推理。





(续表)

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)
环节二	<p>任务二</p> <p>【预测】比较 Na、K 两种元素原子失电子能力的强弱，从原子结构角度说明理由。</p>	<p>比较 Na、K 两种元素原子失电子能力的强弱，从原子结构角度说明理由。</p> <p>预设：引导学生想到核对最外层电子的吸引，想不全没关系，讨论后做第一个轮次的交流，不指望答对，只是希望学生经过这个交流把所有的决定失电子能力强弱的想法都表达出来。</p> <p>出现矛盾以实验来验证。</p> <p>【资料】在多数情况下，可以通过比较元素的单质跟水（或酸）反应的难易程度来反映元素原子失电子能力的强弱。</p> <p>【视频】Na、K 与水反应实验。</p> <p>现实课堂中仍有部分学生疑惑，教师进一步解释（可用 wifi 穿墙信号大小类比）。</p> <p>（板书）</p>	<p>组内讨论 2 分钟，形成系统语言来进行表述。</p> <p>学生的反馈结果大致体现两个方向。</p> <p>【板书：电子层数 ↑ 引力 ↓ K 易失；核电荷数 ↑ 引力 ↑ Na 易失】</p> <p>【第一次修正模型】根据实验现象（视频）和理论推理，用蓝笔完善原子结构与原子得失电子能力的关系。</p> <p>限时 2 分钟让学生主动寻找主次关系，并完整说明解释任务二。</p> <p>（预设：电子层数和核电荷数在博弈时，电子层数为主，核电荷数次之）</p>	<p>【初步建立要素间的关联】</p> <p>1. 推理得出决定原子得失电子能力的关键因素是核对最外层电子的引力，核对最外层电子的引力受核电荷数、电子层数的共同影响。</p> <p>2. 通过论证、博弈并实验，厘清当核电荷数、电子层数对得失电子能力影响结果不一致时，以电子层数的影响为主，并做简单解释。（确定要素影响关系及其主次顺序）</p>
环节三	<p>任务三</p> <p>【讨论】从原子结构角度解释实验现象（Na、Mg 与水的反应），并说明理由。</p>	<p>【讨论】观看这样一组实验（操作：取相同量的水于烧杯中并滴加酚酞溶液，取适量钠和镁条同时加入水中，请观察现象），请大家从原子结构角度解释实验现象（Na、Mg 与水的反应），并说明理由。</p> <p>给出反例：H 原子最外层有 1 个电子，Pb 原子最外层有 4 个电子，但 Pb 比 H 易失电子。</p> <p>进一步解释：要研究因果关系必须控制单一变量。引入科学家的研究成果：第一电离能。</p>	<p>小组讨论 2 分钟。</p> <p>通过课前诊断预料到学生会说 Na 最外层电子数少，易失电子。</p>	<p>【调整要素间的关联】</p> <p>1. 扭转学生的错误认识。最外层电子数不直接决定得失电子能力，只能决定趋势（即得或失）。</p>



(续表)

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)												
环节三		<p>【资料】通常用第一电离能(即基态的气态原子失去最外层的一个电子所需能量)表示原子失去电子的难易程度。第一电离能越大,说明核对最外层电子的引力越强,越不易失电子。</p> <table><tr><td>元素</td><td>Na</td><td>Mg</td><td>Al</td></tr><tr><td>电离能 (<math>10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}</math>)</td><td>4.96</td><td>7.38</td><td>5.77</td></tr><tr><td><math>I_1</math></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	元素	Na	Mg	Al	电离能 ( $10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	4.96	7.38	5.77	$I_1$				<p>【表述任务】电子层数相同时,核电荷数越大,核对外层电子的引力越大,所以失电子能力减弱。</p>	<p>2. 强化核对外层电子的引力决定得失电子能力,核对外层电子的引力受核电荷数、电子层数的影响(模型的基础表达)。</p>
元素	Na	Mg	Al													
电离能 ( $10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	4.96	7.38	5.77													
$I_1$																
环节四	<p>任务四</p> <p>【表征】用图示法完善原子结构与原子得失电子能力之间的关系。</p>	<p>用图示法完善原子结构与原子得失电子能力之间的关系。</p> <p>提示:小组分工合作,寻找代表解说、分享。</p>	<p>【小组任务】用红笔呈现在白板上,限时3分钟。</p> <p>代表解说、分享。</p> <p>整体论述原子结构与原子失电子能力之间的关系。</p>	<p>【内化模型——完整外显并表述要素间的关联】学生体会认识模型建构的过程。</p>												
环节五	<p>任务五</p> <p>【迁移应用】独立分析原子结构与原子得电子能力之间的关系,并举出事实论证。</p>	<p>【总结】影响原子得失电子能力的关键是核对最外层电子的引力,核对最外层电子的吸引是由原子结构中的电子层数和核电荷数决定的。最外层电子数只是决定了是否得失,即得失电子的趋势。三个要素综合起来影响得失电子能力。</p> <p>【教师在黑板上落实连线关系】</p>	<p>运用课堂上的思维和方法课下独立完成原子结构与原子得电子能力之间关系的分析任务。</p> <p>1. 比较Cl、Br两种元素原子得电子能力的强弱,从原子结构角度进行解释,并列举实验事实进行论证。</p> <p>2. 比较Cl、S两种元素原子得电子能力的强弱,从原子结构角度进行解释,并列举实验事实进行论证。</p>	<p>【拓展迁移——应用内化模型】课下独立完成应用核心知识解决非金属元素得电子能力的比较问题,同样经历证据推理(理论论证、实验事实)的完整探究过程,达到逻辑关系清晰、表达准确、知识全面的效果。</p>												



### 【教学反思】

原子结构单元教学的主要目的就是充分利用学习进阶的水平划分让学生逐步分阶段地建立并学会应用整体单元模型。第1课时作为开端，学生完全缺失这种能力，故在上课前一周进行学情诊断（即前测），备课时采取以学生为主体的分阶段留白教学的方式逐层拆解本节课的研究任务（任务一至任务四），帮助学生迈入概念原理教学。

本章教学的本质是关于宏观性质的微观解释（原子结构与元素性质之间的关系模型）。为了解决问题的思路更清晰、更有条理，使复杂的问题简单化，必须采用模型建构的方式。建模过程的一般思路为提出本源性问题来寻找本质差异→逐级打开要素→通过关系推理确定各要素的影响地位→修正、调整并表征出关系模型。该建模思想不仅仅是本课时的主要脉络，也是后期模型生长和完善的基础。

要实现模型生成及内化，就必须处处“留白”，给予学生更多、更合适的问题和空间进行描绘。现实课堂上完整建模过程的外显（理论预测、寻找证据、白板呈现），让学生不再是常规地记住知识结论，而是大胆说出深层的逻辑关系，强化他们的化学学科思维。比如，贯穿整个课堂的师生对话形式：★你是怎么想到的？（角度、判据）★你能说出你的思维路径吗？

作业的选择方面要本着拓展迁移的需求，不是课堂内容的简单应用，而是更高要求的课堂内容的延伸；不仅关注知识，更加关注知识的功能价值（学生认识的发展、学科能力的提升、实际问题的解决等），实现从个别到一般的迁移。由于受课堂时间的局限，为了最大限度地给予学生“留白”又不降低课堂目标，故用课堂所有时间来处理原子结构和原子失电子能力之间的关系，被拆开而留下的原子结构和原子得电子能力之间的关系以任务五的形式在课下由学生独立分析完成，从而使每个学生都能完整地体会到认识模型建构的过程，而且在课下独立完成应用核心知识解决非金属元素得电子能力的比较问题，同样经历证据推理（理论论证、实验事实）的完整探究过程。任务的延伸可以培养学生的探究精神和能力，且能使学生多方面内化通过第1课时的学习所建构的模型，达到逻辑关系清晰、表达准确、知识全面的效果。

学生作为发展主体的化学课堂，可以采用推测、讨论交流、图示外显、论述表达、纠偏确认、白板生成等新颖的课堂教学策略，其中基于思维角度的解释说明和推理论证方法的形成（全面性）是核心。在这样的表达过程中，学生思维的有序性明显增强，这正是我们所预期的学生的思维成长，而且他们对更多的元素性质有了求知欲，也为后续教学的开展做了铺垫。

教学设计者：北京市第三十五中学 苏晓晓





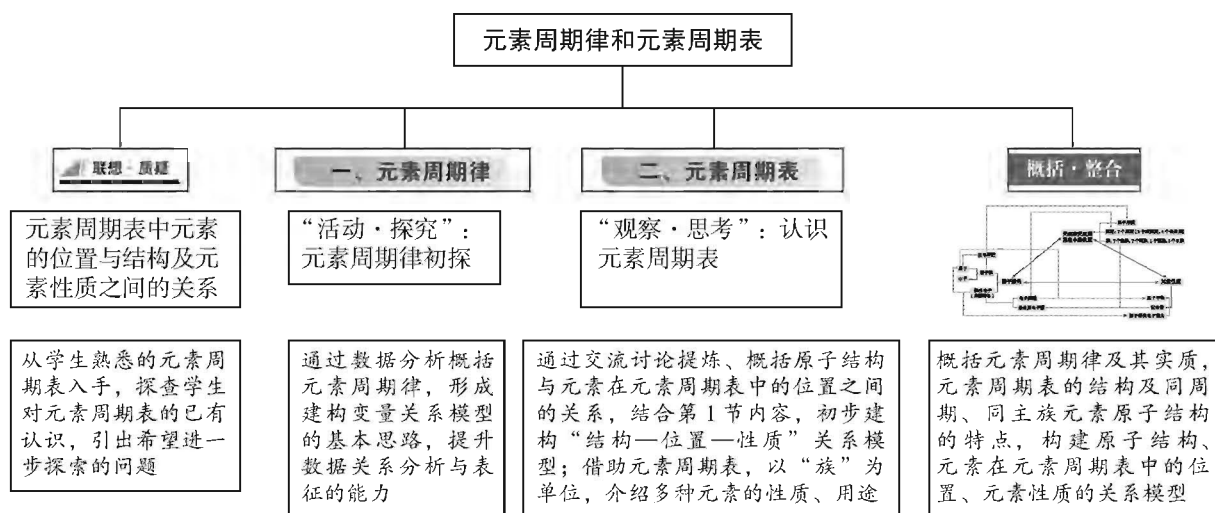
## ●● 第2节 元素周期律和元素周期表 ●●

### 一、教学目标

1. 了解元素原子核外电子排布、原子半径、主要化合价的周期性变化，认识元素周期律。
2. 认识元素周期表的结构以及周期、族等概念，理解原子结构与元素在元素周期表中的位置之间的关系。
3. 知道ⅡA族、ⅤA族和过渡金属元素的某些性质和用途。
4. 通过对元素周期律的初探，学会利用各种图表（直方图、折线图）处理数据，提高分析、处理数据的能力，形成建构变量关系模型的基本思路。
5. 通过化学史知识——对元素周期律的认识和各种元素周期表的介绍，认识到人类对客观事物的认识是随着社会和科学的发展不断深入的。

### 二、教材设计思路

#### （一）体系结构



#### （二）编写思路

到目前为止，学生已经学习了氯、硫、氮、钠等元素的单质及其化合物的性质，并初步掌握了有关原子结构的知识；同时，学生在前面的学习中也已经使用过元素周期表。此时，引导学生探索



元素性质（原子半径和元素的化合价）和原子结构之间的关系，从而归纳出元素周期律，符合学生的学习心理和认知规律。元素周期表是元素周期律的具体表现形式。在掌握元素周期律的基础上学习元素周期表，有利于学生了解元素周期表的结构，认识元素周期表中元素的排布规律，加深对元素周期律的理解。因此，本节内容分为元素周期律和元素周期表两个部分。

在元素周期律部分，设计了“活动·探究”栏目，内容为“元素周期律初探”，引导学生在活动中认识元素周期律，同时形成建构变量关系模型的基本思路。在元素周期表部分，介绍了元素周期表的结构后，借助元素周期表，以“族”为单位介绍一些常见元素。这样做，一方面可以丰富学生对元素的认识；另一方面可以引导学生在今后的学习中关注元素性质之间的联系与区别，并将其作为今后学习的指导。







### 三、教材解读与教学建议

#### 教材解读

## 第2节 元素周期律和元素周期表

物质世界尽管丰富多彩、变化无穷，但物质都是由元素组成的。人类在长期的生产活动和科学实验中，逐渐认识了元素之间的内在联系和元素性质变化的规律性，并以一定的方式将它们表示出来。

#### 联想·质疑

目前，已经发现的元素有110多种。在元素周期表中，元素是有序排列的。你是否想过：元素为什么会按照这样的顺序在元素周期表中排列？它们之间存在着什么关系？人们是怎样描述这种关系的？

图1-2-1 元素周期表

初中化学和高中化学教科书必修第一册中曾经出现过元素周期表，但学生对元素周期表的认知只停留在表层了解和简单应用（如查某元素的相对原子质量）的水平。本节利用元素周期表创设情境，提出问题，激发学生对其进行深入探究的欲望。

#### 教学建议

1. 建议教师以“联想·质疑”中提供的素材为核心引入本节的教学，并要求学生仔细观察元素周期表，记录所提取的信息，交流对所提取的信息的理解，提出希望进一步了解、探索的问题。

2. “原子序数”概念虽然在正文“一、元素周期律”部分正式提出，但学生在初中化学中对元素周期表、原子序数已有初步的认知，因此“原子序数”的教学可以与“联想·质疑”栏目内容的教学结合起来，让学生通过观察元素周期表发现其中的每种元素都有一个序号，然后结合原子结构的知识找到原子序数、质子数和核外电子数之间的数量关系。

3. 本节教材内容属于化学基本理论范畴，缺少直观、形象的实验，比较枯燥。建议教师在教学过程中一方面充分利用教材资源，组织学生展开交流讨论，增强启发性；另一方面通过查阅资料等活动，引导学生接受化学史方面的教育，开阔学生的视野。



## 教材解读

单个原子的半径是无法测定的，而在单质或化合物中，原子之间总是以化学键结合的（稀有气体元素原子除外），因此原子半径通常以两个原子的原子核之间的距离来衡量。原子半径的大小跟原子之间以哪种键结合有关。一般来说，原子半径是指共价半径（单质分子中两个原子以共价单键结合时原子核间距的一半）或金属半径（金属晶格中金属原子的核间距的一半）。非金属元素还有另一种原子半径，叫作范德华半径（不同分子中两原子的核间距的一半）。



## 一、元素周期律

**原子序数**（atomic number）是元素在元素周期表中的序号，其数值等于该元素原子核内的质子数。研究原子序数为1~18的元素，可以帮助我们认识元素之间的内在联系和元素性质的变化规律。

## 活动·探究

## 元素周期律初探

1. 下表所列的是部分元素的有关信息，请将表中所缺内容补充完整。

元素符号	元素名称	原子序数	核电荷数	电子层数	原子最外层电子数	原子半径/nm	相对原子质量	最高化合价和最低化合价（常见）
H						0.030	1.008	+1
He						—	4.003	0
Li						0.152	6.941	+1
Be						0.111	9.012	+2
B						0.086	10.81	+3
C						0.077	12.01	+4, -4
N						0.070	14.01	+5, -3
O						0.066	16.00	-2
F						0.064	19.00	-1
Ne						—	20.18	0
Na						0.186	22.99	+1
Mg						0.160	24.31	+2
Al						0.143	26.98	+3
Si						0.117	28.09	+4, -4
P						0.110	30.97	+5, -3
S						0.106	32.06	+6, -2
Cl						0.099	35.45	+7, -1
Ar						—	39.95	0

2. 请运用作图的方法对表中的各项内容进行比较、分析，寻找其中的规律。

3. 如何描述你发现的规律？

## 教学建议

1. 1~18号元素的元素符号、名称、原子结构示意图是学生必须掌握的内容，因此可以让学生独立完成表格中前四项内容，并将其作为对学生上一节课学习情况的检测。

2. 根据不同的标度和测量方法，原子半径的定义不同，常见的有轨道半径、范德华半径（也称范氏半径）、共价半径、金属半径等。同一原子依据不同定义得到的原子半径差别可能很大，所以比较不同原子的相对大小时，取用的数据来源必须一致。对于教材中的表格，应向学生做简要说明，以免引起学生误解。①在一般的资料里，金属元素原子有金属半径或共价半径的数据，非金属元素原子有共价半径和范德华半径的数据，而稀有气体元素原子只有范德华半径的数据。不同种类原子的原子半径数据没有比较的价值，尤其是范德华半径与共价半径或金属半径数据差别很大，所以表中没有提供稀有气体元素的原子半径数据。②表中给出的是元素的最高化合价和最低化合价，某些元素还有许多其他常见价态。



## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 方法导引

## 如何构建变量关系模型

研究变量之间的关系和变化规律时,可以借鉴数学中研究函数的思路,寻找自变量和因变量的关系,具体包括:

1. 确定自变量。本活动中,以原子序数为自变量。
2. 选取因变量,寻找自变量和因变量之间的关系。
3. 选择表达形式,确定用何种形式呈现变化规律。人们常常借助柱状图或折线图来表示自变量与因变量之间的关系。
4. 描述规律,表达自变量和因变量之间的关系。例如,可用“随着温度的升高,硝酸钾的溶解度增大”来描述温度与硝酸钾的溶解度之间的关系,其中,温度是自变量,硝酸钾的溶解度是因变量。

通过探究可以发现,随着原子序数的递增,元素原子的最外层电子数、原子半径、元素的化合价等均呈现周期性变化。

在大量科学研究的基础上,人们归纳出一条规律:元素的性质随着元素原子序数的递增而呈周期性变化,这个规律叫作元素周期律(periodic law of elements)。元素性质的周期性变化是元素原子核外电子排布周期性变化的必然结果。

元素周期律的发现是19世纪化学科学的重要成就之一,它大大加深了人们对物质世界的认识,指导着人们开展诸如预测元素及其化合物的性质、寻找或合成具有特殊性质的新物质等科学研究工作。元素周期律有力地推动着现代科学技术的发展。

## 拓展视野

## 人类对元素周期律的认识

人类对元素周期律的认识经历了一个漫长的过程。

自道尔顿(J. Dalton)提出原子论和原子量(现称相对原子质量)概念之后,测定各种元素原子量的工作进展迅速。到19世纪中叶,人们已经获得了60多种元素的原子量数据。以此为基础,科学家开始研究原子量与元素性质之间的关系。俄国科学家门捷列夫和德国科学家迈尔(J. Meyer)等根据原子量的大小对元素进行分类排列时,发现元素性质随着原子量的递增呈现明显的周期性变化。这就是人们对元素周期律的早期认识。

后来,英国物理学家莫塞莱(H. Moseley)应用X射线测定了原子核所带正电荷的数目,指出元素原子的核电荷数是元素的根本特征,原子序数是根据元素原子的核电荷数确定的。这样,元素周期律的确立就有了更科学的基础。

直到20世纪30年代,科学家弄清了各元素原子的核外电子排布之后,才实现了对元素周期律实质的认识。现在人们已经知道,元素在元素周期表中的位置与原子的核外电子排布密切相关。



图1-2-2 俄国科学家 门捷列夫  
(D. Mendeleev, 1834—1907)

模型认知的核心在于建构对认识对象的认识模型,并基于认识模型分析、解决问题。认识模型的核心要素是对认识对象的认识角度和认识路径,因此建构认识模型的实质是建构变量关系模型。在进行“元素周期律初探”活动的过程中,教师要高度关注“方法导引”栏目内容的落实。

## 教学建议

3. 运用作图的方法对表中数据进行分析、处理、寻找规律这一环节可以灵活处理。可以让学生在课上作图,发现其中的规律性;也可以布置预习作业,让学生在课堂上交流他们得出的结论。有条件的学校可以让学生利用计算机完成数据处理、图形绘制的工作,发挥 Excel 等软件在处理数据、作图等方面的独特优势。

4. 可以对原子半径的周期性变化这一知识点进行深化。①让学生尝试利用原子结构的知识解释原子半径的变化规律,一方面对规律进行论证,另一方面固化在第1节学习中建构的“原子结构与元素性质关系”认识模型;②让学生学会比较同周期元素的原子半径大小,会比较同种元素的原子和阴、阳离子的半径大小,会比较电子层结构相同的离子的半径大小。





## 教材解读



## 二、元素周期表

元素周期律帮助人们认识了看似杂乱无章的化学元素之间的相互联系和内在的变化规律。元素周期表是元素周期律的具体表现形式，是学习和研究化学科学的重要工具。

在元素周期表中，横行称为周期（period），纵列称为族（group）。

通过元素周期表，我们可以了解某种元素的名称、元素符号、相对原子质量、原子序数等信息。

26	Fe	原子序数
铁		元素符号
55.85		元素名称
		相对原子质量

注：\* 标出的  
是主价电子排  
布的信息。

图1-2-3 元素周期表中铁元素的信息

## 观察·思考

## 认识元素周期表

仔细观察元素周期表（见附录），思考下列问题。

1. 元素周期表共有多少个周期？每个周期各有多少种元素？
2. 以第2周期、第3周期元素为例分析：元素周期表中，位于同一周期的元素的原子结构有什么相同之处？它们又是怎样递变的？
3. 以第1纵列、第17纵列元素为例分析：元素周期表中，位于同一纵列的元素的原子结构有什么相同之处？它们又是怎样递变的？
4. 在元素周期表中，找出你熟悉的元素的位置。
5. 关于元素周期表，你还能提出哪些问题？

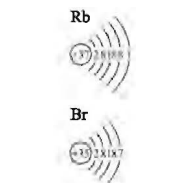


图1-2-4 铷和溴的原子结构示意图

元素周期表共有7个横行，也就是7个周期。周期的序数就是该周期元素原子核外的电子层数。7个周期中，1、2、3周期称为短周期；4、5、6、7周期称为长周期。2015年，国际纯粹与应用化学联合会（简称IUPAC）宣布，确认之前多国科学家陆续合成的新元素分别为元素周期表中的第113、115、117和118号元素。至此，元素周期表的第7周期所有元素均已被发现。而除第1周期外，每一周期的元素都是从原子最外层电子数为1的元素开始，逐渐过渡到原子最外层电子数为7的元素，最后以原子最外层电子数为8的稀有气体元素结束。

元素周期表共有18个纵列。其中，第8、9、10三个纵列为一族，合称为Ⅷ族；第18纵列由稀有气体元素组成，稀有气体元素的化学性质不活泼，化合价通常为零，因而这一族称为0族；除了第8、9、10、18纵列外，其余14个纵列每个纵列为一族。族有主族和副

设置“观察·思考”栏目有两个目的：

（1）让学生认识元素周期表的结构。

（2）建立原子结构与元素在元素周期表中的位置之间的关系，为后面理解并应用“位、构、性”关系打下基础。

## 教学建议

1. 在进行位于分界线两侧的元素性质教学时应注意：①明确元素只有金属元素和非金属元素之分，没有“两性”元素——金属元素只是在某些方面表现出非金属元素的性质，反之亦然；②具体实例在学生已有的元素化合物知识的基础上选择，不宜扩展。

2. 在进行元素周期表的结构教学时应注意：①将关于周期和族的讨论分开进行，以分散难点；②教会学生怎样根据元素周期表的结构掌握每一周期能容纳多少种元素、怎样根据每一周期所能容纳的元素的个数判断某元素（已知原子序数）在元素周期表中的位置；③强调“族”的表示要规范，区分主族（A）、副族（B）和Ⅷ族；④为了巩固学生对元素周期表结构的认识，可以组织学生绘制元素周期表的框架图，并补充一些课堂练习。

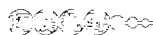
3. 教师应带领学生读元素周期表中主族元素的名称，尽可能地扩展学生对元素的认识。



## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

族之分：由短周期元素和长周期元素共同组成的族称为主族，符号为A，序数用罗马数字表示，如IA、IIA、IIIA等；仅由长周期元素组成的族称为副族，符号为B，序数也用罗马数字表示，如IB、IIB、IIIB等。位于同一主族的元素的原子最外层电子数相同，而且最外层电子数与族序数相同。同一主族的元素按照电子层数递增的顺序自上而下依次排列。



## 镧系元素和锕系元素

在元素周期表第6周期中，从57号元素镧(La)到71号元素镥(Lu)，原子的最外层和次外层电子层结构以及元素的化学性质十分相似，这15种元素总称为镧系元素。类似地，第7周期中的89号元素锕(Ac)到103号元素铹(Lr)，这15种元素总称为锕系元素。为了使元素周期表的结构紧凑，科学家将镧系元素和锕系元素分别放在第6周期和第7周期的同一格内，并按原子序数递增的顺序，把它们分两行单独列在元素周期表的下方。

## 稀土元素

稀土元素是元素周期表中IIIB族钪、钇和镧系元素的统称。从1794年芬兰人加多林(J. Gadolin)发现钇到1947年美国人马林斯基(J. Marinsky)等制得钷，稀土元素陆续被发现，前后历时150多年。稀土元素的原子结构相似，离子半径相近，在自然界密切共生。稀土元素的单质都是很活泼的金属，性质极为相似。稀土元素的常见化合价为+3价，其水合离子大多有颜色，易形成稳定的配位化合物。稀土金属一般采用电解法制取。

稀土资源是不可再生的重要自然资源，因其独特的物理性质和化学性质，广泛应用于新能源、新材料、节能环保、航空航天、电子信息等领域。

我国是稀土资源较为丰富的国家之一，资源类型较多，探明的储量约占世界总储量的23%，这为我国稀土工业的发展提供了坚实的基础。

元素在元素周期表中的位置不仅反映了元素的原子结构特点，也显示了与元素性质之间的内在联系。处于同一主族的元素，它们的原子结构相似，使得它们具有相似的化学性质。

例如，IIA族包括铍(Be)、镁(Mg)、钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、镭(Ra)等元素，人们称它们为碱土金属元素(图1-2-5)。这些元素的原子，最外层都有2个电子，容易失去2个电子达到稳定结构，因此这些元素性质活泼，在自然界中都以化合态存在。该主族中的每一种金属元素的单质都呈亮白色，而且具有良好的导电性。含钙、锶、钡等元素的物质灼烧时会产生绚丽的颜色，因此含有这些元素的化合物可用于制造焰火。



图1-2-5 碱土金属元素及其单质

此内容虽然设置在拓展性栏目中，但要求学生知道镧系和锕系，并了解它们在哪一周期、稀土元素及其应用价值，以及我国在稀土资源开发及应用方面的进展。

此处按主族介绍元素，请教师在教学过程中关注元素性质递变规律与元素之间的内在联系，以及同主族元素性质的相似性。

## 教学建议

1. 要求学生学会书写主族元素的元素名称和元素符号。
2. 本部分内容的教学目的是帮助学生建立起元素与元素周期表之间的联系，为后面利用元素周期表研究元素的性质奠定基础；同时，让学生多了解一些元素，以弥补高中化学教科书必修第二册中缺少元素化合物知识的不足。因此，教师在处理本段教材时，可以拓宽知识的广度（如多介绍一些元素或元素的性质、用途），但不宜加深难度，不要求学生理解、掌握。
3. 在进行本部分教学时要采用多种教学手段，避免空洞的说教、讲解，如做焰色试验等演示实验；展示相关元素及其化合物的样品或表现其性质、用途的图片；以不同的元素为主题，让学生以小组为单位认领相应的主题，课后查阅、组织资料并在课堂上以小组为单位进行交流、展示。



## 教材解读

2017年版课程标准中,“焰色反应”已改为“焰色试验”。

本段概括了元素周期表能够提供的关于元素的原子结构、元素性质等方面的信息。



## 资料在线

## 焰色试验

多种金属或其化合物在灼烧时能使火焰呈现特殊的颜色,这在化学上叫作焰色试验,亦称焰色反应。根据焰色试验可以判断某种元素的存在。

表 1-2-1 常见金属元素的焰色

金属元素	锂	钠	钾	钙	锶	钡	铜
焰色							
	深红	黄	浅紫	砖红	洋红	黄绿	蓝绿

再如,VA族包括氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)、镆(Mc)等元素(图1-2-6),人们又称它们为氮族元素。这些元素原子的最外层都有5个电子,所以它们在最高价氧化物中的化合价为+5价。氮族元素中,氮和磷是典型的非金属元素;砷虽然是金属元素,但已表现出一些金属元素的性质,如单质砷具有金属光泽;锑、铋则是金属元素;115号元素镆是人工合成的放射性元素。

副族和Ⅷ族元素也有类似的情况。元素周期表中第3~12列(副族和Ⅷ族)中的元素称为过渡元素。过渡元素包括了大部分金属元素,如铁、铜、镍、银和金等。大部分过渡元素的单质既坚硬又有光泽,金、铜等单质具有独特的色泽。所有过渡元素的单质都具有良好的导电性。多数过渡元素的单质比较稳定,与空气和水反应缓慢或根本不能反应。例如,古金币虽历经上千年的风雨侵蚀,仍保持着原有的光泽,上面的各种花纹也依然清晰可见。

元素周期表是一个化学知识宝库,它的内涵十分丰富。我们不仅可以从元素周期表中直接获得元素的名称、元素符号、相对原子质量、电子层结构等信息,还可以根据元素在元素周期表中的位置认识其性质以及寻找新元素及其化合物。







N	
P	
As	
Sb	
Bi	
Mc	

图1-2-6 氮族元素及其单质

## 教学建议

1. 可以设计几道反馈练习检测学生对本节内容的掌握情况。
2. 在完成第3节“元素周期表的应用”的教学后,再让学生认识元素周期律在科学发展中的作用。这时,学生对元素周期律有了更深刻的认识,对元素周期表的应用也有了初步的了解,可以以“元素周期律和元素周期表的意义”为主题组织学生开展研究性学习。
3. 可以组织学生利用元素周期表归纳总结所学过的元素化合物知识。





## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 历史回眸

## 形式不同的元素周期表

自1869年门捷列夫制作出第一张元素周期表以来,至少已经出现了几百种不同形式的元素周期表。人们根据研究的侧重点的不同,给出了不同形式的元素周期表,例如:

**短式元素周期表** 元素周期表有短表和长表之分。门捷列夫起初制作的元素周期表是最原始的短式元素周期表。20世纪前半叶广泛使用的是短表,图1-2-7给出的就是一种短式元素周期表。

图1-2-7 一种短式元素周期表

**长式元素周期表** 我们现在经常使用的就是一种长式元素周期表(见附录)。1930年以后广泛使用的长式元素周期表有很多形式,图1-2-8给出的三角形元素周期表也是一种长式元素周期表,它能直观地展现出元素性质的周期性变化。

图1-2-8 三角形元素周期表

介绍各种元素周期表的目的是开阔学生的视野,使学生明确人们制作元素周期表的目的是为了研究和应用元素周期律的方便,从而进一步领会“元素周期表是元素周期律的具体表现形式”的含义。

图中虚线表示每一周期相对应的同一主族的元素。

## 概括·整合

1. 元素周期律揭示了元素之间的联系和内在变化规律。简述元素周期律并说明其实质。
2. 元素周期表是元素周期律的具体表现形式。描述元素周期表的结构并说明同周期、同主族元素的原子结构的特点。

## 教学建议

为了让学生继续深入地认识元素周期律、体会“元素周期表是元素周期律的具体表现形式”的含义,可以布置学生上网查阅其他形式的元素周期表并指出其中元素的排布依据;也可以布置学生自己设计一张新的元素周期表,并说明元素的排布依据。





## 四、习题答案与习题分析

### (一) 习题编码

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
A1 辨识记忆	能识别元素周期表的基本结构(周期和族),能识别1~20号元素在元素周期表中的位置,能说出元素周期律的基本内容(随着原子序数的递增,元素性质呈现周期性变化),知道原子核外电子排布的周期性变化决定了元素性质的周期性变化	1(1)(2)(3)
A2 概括关联	能叙述ⅠA族、ⅦA族和第3周期元素的原子结构、元素在元素周期表中的位置(周期、族)、元素性质三者之间的关系,能基于1~20号元素的原子结构、元素相关物质的化学性质等已知信息,归纳总结出原子结构及元素性质(如半径变化、化合价、元素原子得失电子能力)周期性变化规律	2
A3 说明论证	能利用原子结构理论说明论证元素性质	1(4)
B1 分析解释	能以具体元素为例,分析解释原子结构、元素在元素周期表中的位置、元素性质之间的关系	4(2)
B2 推论预测	某一典型主族元素(如溴、磷)在元素周期表中的位置、原子结构、元素性质之间的相互推导	3, 4(1)(2)

### (二) 习题答案

#### 【学习·理解】

1. (1) a、b、c、f、g、i、j、l、m      a、b、c、d、f、g、h、i、j、k、l 第4 IVB

(2) D

(3) 非金属 +5 -3

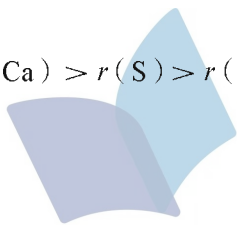
(4)  $l < f < c < b$  同周期元素原子具有相同的电子层数,从左到右核电荷数逐渐增加,原子核对核外电子的吸引作用逐渐增加,原子半径逐渐减小。

2. 具有相同电子层数的元素位于同一周期(从左到右原子序数依次增大),且周期序数等于电子层数;元素周期表中位于同一主族的元素的原子最外层电子数相同(从上到下电子层数依次增大),最外层电子数等于族序数。

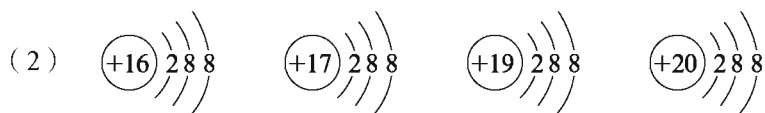
#### 【应用·实践】

3. (1) C (2) D (3) C (4) C

4. (1) S Cl K Ca  $r(K) > r(Ca) > r(S) > r(Cl)$







$r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$  四种离子具有相同的核外电子排布, 核电荷数越大, 原子核对核外电子的吸引作用越大, 离子半径越小

### (三) 典型习题分析

A、B、C、D 四种元素的核电荷数依次增大, 它们的离子的电子层数相同且最外层电子数均为 8。A 原子的 L 层电子数与 K、M 层电子数之和相等, D 原子的 K、L 层电子数之和等于电子总数的一半。请据此回答下列问题。

(1) 请写出四种元素的符号:

A \_\_\_\_\_, B \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_, D \_\_\_\_\_。

它们的原子半径由大到小的顺序是 \_\_\_\_\_。

(2) 请画出四种元素的离子结构示意图:

A \_\_\_\_\_, B \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_, D \_\_\_\_\_。

它们的离子半径由大到小的顺序是 \_\_\_\_\_, 请从离子结构的角度进行解释: \_\_\_\_\_。

### 习目标

《课程标准》“课程内容”中“必修课程”主题 3 的学业要求指出, 要能画出 1 ~ 20 号元素的原子结构示意图, 能用原子结构解释元素性质及其递变规律, 并能结合实验及事实进行说明。本题从元素原子序数和离子的核外电子排布入手, 以原子中 K、L、M 电子层所容纳的电子数之间的数学关系为依据推断元素; 将原子 (或离子) 结构、元素在元素周期表中的位置和原子 (或离子) 半径变化规律联系起来, 并解释微粒半径变化的原因。借助习题发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”等化学学科核心素养, 让学生在学习过程中“知其然, 更要知其所以然”, 并培养语言表达能力。

具体的练习目标包括: 了解原子、离子核外电子排布, 原子半径、离子半径的变化规律; 理解原子半径、离子半径与元素在元素周期表中位置的关系; 能利用原子结构解释元素性质及其递变规律。

### 情境载体

本习题以教材内容核外电子排布及“活动·探究”栏目中的“元素周期律初探”为基础, 以 S、Cl、K、Ca 原子序数关系和  $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  的原子核外各电子层的电子排布情况为知识支持, 巧妙创设 S、Ca 的 K、L、M 电子层所容纳电子数的简单数学关系作为论证推理依据, 要求学生结合四种元素原子序数之间的关系、四种元素离子核外电子排布的特点和 A、D 原子各电子层中电子数之间的关系进行合理推断。

### 问题任务

第 (1) 题: 要求正确推断元素并书写元素符号, 根据元素在元素周期表中的位置及原子半径



变化规律，比较 S、Cl、K、Ca 四种元素原子半径大小，属于提升推论预测水平方面的习题。

第(2)题：要求正确画出  $S^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$  四种离子的结构示意图，比较  $S^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$  四种离子的半径大小，属于提升推论预测水平方面的习题；同时要求从离子结构角度作出解释，因此又属于提升分析解释水平方面的习题。本题有利于发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”等化学学科核心素养。

### 学科思维

第(1)题：首先需要根据四种离子电子层数相同、最外层电子数是 8，进行合理预测，推理离

子的可能结构： $\textcircled{+x} 28$  或  $\textcircled{+x} 288$ ，然后根据 A、D 原子结构客观事实将预测的结构模型具体化，

推断 A 元素为 S，D 元素为 Ca；根据原子序数关系，推断 B、C 元素分别是 Cl、K。解答此题，要求熟悉元素周期表的结构和元素周期律，能将元素的原子结构与元素在元素周期表中的位置、元素的性质融合起来。

第(2)题：重在离子结构示意图的书写，要求具有正确、熟练书写“化学用语”的习惯与技能，并能从本质上理解元素性质（原子半径）递变规律，善于运用微观结构解释宏观问题（元素性质）。

### 易错分析

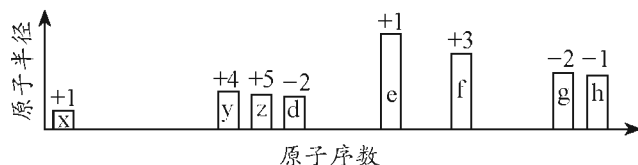
第(1)题：未熟练掌握 1 ~ 20 号元素的原子结构示意图，不能根据 A、D 原子各电子层的分布情况推断元素，缺乏推断方法和逻辑推理能力。

第(2)题：对原子、离子半径变化规律理解不透，难以对半径变化规律的有关问题作出合理解释。

为此，应引导学生熟练掌握原子核外电子排布规律，熟练书写 1 ~ 20 号元素的原子结构示意图，能根据原子核外电子排布情况推断元素，落实“知其然，更要知其所以然”的学业要求。

### 变式题例

随原子序数的递增，八种短周期元素（用字母 x、y、z 等表示）原子半径的相对大小、最高正价或最低负价的变化如下图所示。



根据判断出的元素回答下列问题。

(1) 写出 g、h 的元素符号：g \_\_\_\_\_，h \_\_\_\_\_，f 在元素周期表中的位置是 \_\_\_\_\_。

(2) 画出下列原子或离子的结构示意图。

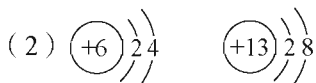
y 的原子 \_\_\_\_\_，f 的离子 \_\_\_\_\_。



(3) d、e、f 形成的简单离子半径由大到小的顺序是 \_\_\_\_\_, 请从离子结构的角度进行解释。

参考答案:

(1) S Cl 第3周期ⅢA族



(3)  $r(\text{O}^{2-}) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Al}^{3+})$  三种离子具有相同的核外电子排布, 核电荷数越大, 原子核对核外电子的吸引作用越大, 离子半径越小。

## 五、教学问题讨论与教学资源拓展

### 1. 门捷列夫与元素周期律

门捷列夫是人们最熟悉的化学家之一。1849年春, 他中学毕业后进入彼得堡高等师范学校的理化学系; 因为父母双亡, 依靠助学金生活。当时这所学校拥有一批著名学者, 包括被学生们尊称为“俄罗斯化学之父”的伏斯克列森斯基和其他诸多物理学家。这些学者, 尤其是伏斯克列森斯基, 给了门捷列夫巨大的帮助, 使其对化学产生了浓厚的兴趣, 并且决定以化学作为其终生的事业。1855年, 门捷列夫毕业后任中学教师, 但他并没有放弃学习并开始准备硕士论文。1856年5月, 他在彼得堡参加硕士考试, 并于秋天通过了论文答辩, 被彼得堡大学破格任命为副教授, 当时他仅22岁。此后, 他还曾去德国和法国学习, 在那里遇到了本生和一些欧洲著名的科学家, 并与他们一起工作。

门捷列夫发现了元素周期律、制作了第一张元素周期表。他根据所制作的元素周期表对元素的预言几年后全被证实了。1875年, 法国化学家德·布瓦博德朗发现“类铝”元素(位于元素周期表铝元素的下方), 并将其命名为“镓”(元素符号为Ga)。1879年, 瑞典化学家尼尔森发现“类硼”元素, 并将其命名为“钪”(元素符号为Sc)。1886年, 德国化学家温克勒发现“类硅”元素(位于元素周期表硅元素的下方), 并将其命名为“锗”(元素符号为Ge)。门捷列夫的预言一一被证实, 使他很快成为世界上著名的化学家。

门捷列夫最主要的成就是发现了元素周期律、制作了第一张元素周期表。门捷列夫元素周期表是现代化学学科的依据, 也是很多化学家进行实验和化学研究最好的帮手。可以说, 元素周期表真正把化学这门学科发扬光大了, 门捷列夫本人也给世界的自然科学发展作出了很大的贡献。

门捷列夫在无机化学、物理化学等方面也都取得了一定的成就。门捷列夫还是个多才之人, 他对除化学外的其他方面如气象学、度量衡等也很有研究。

为了纪念元素周期律的发现者门捷列夫, 101号元素被命名为钆。

### 2. 元素性质的周期性变化

原子核外电子排布具有周期性变化规律, 因此与原子结构有关的元素性质如电离能、电子亲和能和电负性等也随之呈现显著的周期性。

**电离能** 气态原子失去一个电子成为一价气态阳离子所需吸收的能量, 称为第一电离能, 常用



符号  $I_1$  表示, 即  $A(g) + I_1 \rightarrow A^+(g) + e^-$ 。气态一价阳离子再失去一个电子成为二价阳离子所需吸收的能量, 称为第二电离能, 依次类推。电离能越小, 表示在气态时该原子越容易失去电子, 即该元素在气态时的金属性越强。第一电离能随原子序数变化的关系如图 1-2-1 所示。

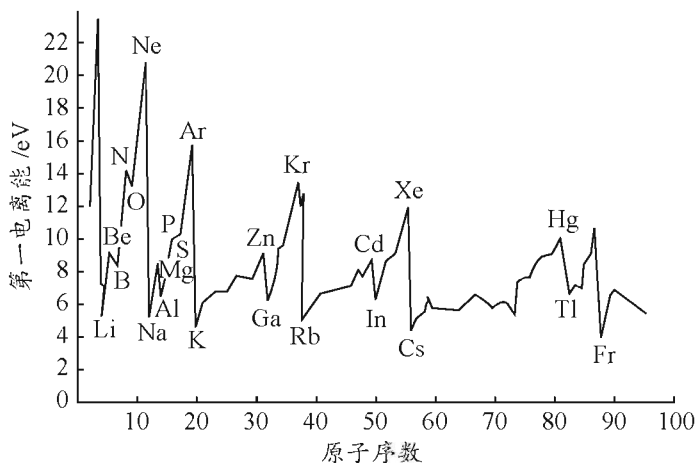


图 1-2-1 原子第一电离能与原子序数的关系

在图中曲线上, 各种稀有气体的电离能处于最大值, 而碱金属处于最小值。这是由于稀有气体的原子形成全充满电子层, 从全充满电子层上移去一个电子是很困难的, 要吸收很多的能量。碱金属价电子层只有一个电子, 很容易失去, 第一电离能较小。在主族元素中, 同一周期的元素的第一电离能基本上随着原子序数的增加而增加, 而同一主族的元素的第一电离能随着原子序数的增加而减小。因此, 位于元素周期表左下角的碱金属铯的第一电离能最小, 最容易失去电子, 金属性最强。

**电子亲和能** 气态原子获得一个电子成为负一价气态阴离子时所放出的能量, 称为电子亲和能。电子亲和能越大, 该元素原子越容易获得电子。图 1-2-2 是元素周期表中 1 ~ 20 号元素的电子亲和能随原子序数的周期性变化情况。

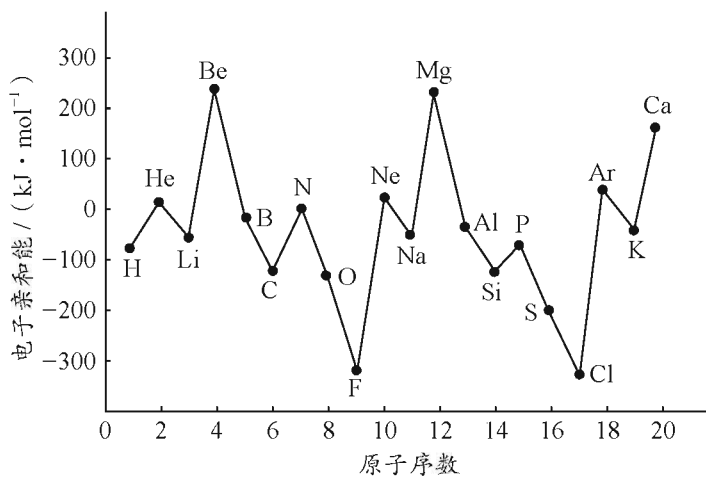


图 1-2-2 原子序数为 1 ~ 20 的元素的电子亲和能随原子序数变化示意图

**电负性** 电负性概念最早由鲍林提出, 用以衡量分子中原子对成键电子吸引能力的相对大小。元素的电负性越大, 表明其原子在分子中吸引成键电子的能力越大; 元素的电负性越小, 表明其原子在分子中吸引成键电子的能力越小。元素的电负性随原子序数的周期性变化如图 1-2-3 所示。

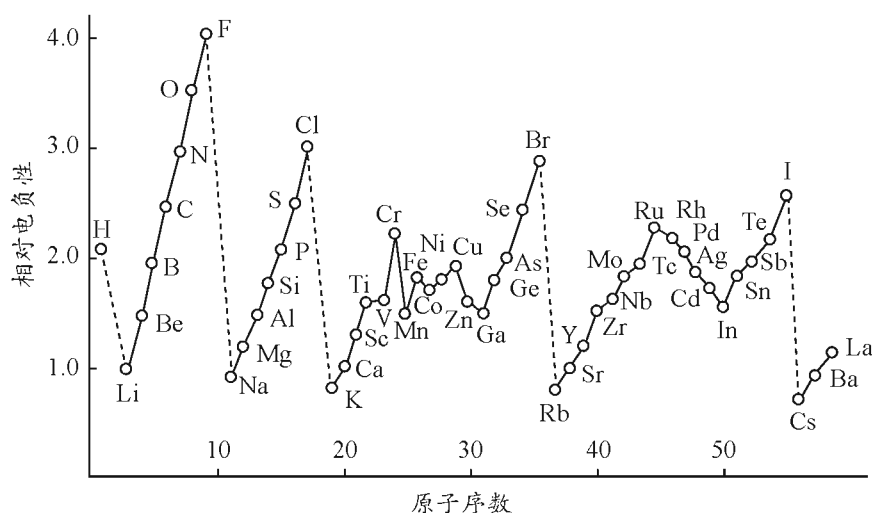


图 1-2-3 元素的电负性随原子序数变化示意图

同一周期元素，从左到右电负性逐渐增大；同一族元素，自上而下电负性逐渐减小。非金属元素的电负性较大，金属元素的电负性较小。氟的电负性为 4.0，是最活泼的非金属元素；铯的电负性为 0.7，是最活泼的金属元素。利用元素的电负性可以判断化合物中化合价的正负：电负性大的元素易呈现负价，电负性小的元素易呈现正价。利用电负性还可以判断化学键的性质：电负性差别大的元素原子间的化学键主要是离子键，电负性差别小的元素原子间的化学键主要是共价键。

### 3. 元素周期律发现简史

道尔顿提出了科学的原子论后，许多化学家都把测定各种元素相对原子质量当作一项重要工作，这样就使元素相对原子质量与性质之间存在的联系逐渐显露出来。1829 年，德国化学家德贝莱纳提出“三元素组”观点，把当时已知的 44 种元素中的 15 种分成 5 组：

Ca (40)	Sr (88)	Ba (137)	$(40 + 137) / 2 = 88.5$
Li (7)	Na (23)	K (39)	$(7 + 39) / 2 = 23$
S (32)	Se (79)	Te (128)	
Cl (35.5)	Br (80)	I (127)	
Fe (56)	Co (59)	Ni (59)	

他指出每组的三元素性质相似，而且中间元素的相对原子质量等于较轻的和较重的两元素相对原子质量之和的一半，且其性质也居于两元素的性质之间。例如，锂、钠和钾都与水强烈反应，但是该三元素中最轻的元素锂则比其他两个元素的反应要弱一些，而三元素中最重的元素钾则发生剧烈爆炸反应。但是，这一观点在当时并未引起重视。

从 19 世纪 60 年代开始，由于相对原子质量的测定逐渐精确，化学元素的发现逐渐增多，元素性质的研究逐步深入。因此，寻找元素的化学性质与其相对原子质量之间关系的规律得以日益完善。

1862 年，法国化学家尚古多向巴黎科学院提交关于元素的性质是相对原子质量函数的论说，并用一圆柱体表示。他根据氧的相对原子质量是 16，将圆柱体以垂直线分为 16 等分，由上而下沿着





圆柱体的高度标出相对原子质量的数值，然后提出一个“螺旋图”的分类方法。他将已知的 62 种元素按相对原子质量大小顺序标记在绕着圆柱体上升的螺旋线上，这样就可以清楚地看出某些性质相近的元素出现在同一条母线上。

1864 年，德国化学家迈尔的《现代化学理论》中刊出“六元素表”，见表 1-2-1。

表 1-2-1 迈尔的六元素表（1864 年）

—	—	—	—	Li	(Be)
C	N	O	F	Na	Mg
Si	P	S	Cl	K	Ca
—	As	Se	Br	Rb	Sr
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba
Pb	Bi	—	—	(Tl)	—

尽管表中只列出已知元素的一半，但迈尔明确地指出：“在相对原子质量的数值上有一种规律性，这是毫无疑问的。”“六元素表”中各元素按相对原子质量排列成序，并对元素进行分族，已有了元素周期表的雏形，并且留出了尚未发现的元素的空位。

1865 年，英国化学家纽兰兹提出了“八音律”一说。他把当时的元素按相对原子质量的大小顺序依次排列，结果发现，从任意元素起，每列第八个元素就和第一个元素的性质相似，恰如音乐中的八度音一样，并且也形成了自然的元素族和周期，因此把这个规律命名为“八音律”。

“六元素表”和“八音律”存在许多错误，但是应该看到，从“三元素组”到“八音律”都从不同的角度逐步深入地探讨了各元素间的某些联系，使人们一步步逼近了科学的真理。

在前人工作的基础上，通过顽强努力的探索，门捷列夫于 1869 年 2 月先后发表了关于元素周期律的图表和论文。在论文中，他指出：

- ① 按照相对原子质量大小排列起来的元素，在性质上呈现明显的周期性。
- ② 相对原子质量的大小决定元素的特征。
- ③ 应该预料到许多未知元素的发现。
- ④ 当我们知道了某些元素的同类元素后，有时可以修正该元素的相对原子质量。

#### 4. 物质熔、沸点的变化规律

##### (1) 单质熔、沸点的变化规律

判断单质熔、沸点的高低，首先判断晶体类型。晶体类型不同，决定其熔、沸点的作用也不同。

金属晶体中，金属键越强，熔、沸点越高。金属离子半径越小，离子电荷数越多，金属键越强，金属晶体的熔、沸点越高。例如，熔、沸点： $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al}$ ；ⅠA 族的碱金属从上到下熔、沸点依次降低。但金属晶体的熔、沸点差别很大，如钨、铂等熔、沸点很高，汞、铯等熔、沸点很低。

分子晶体中，分子间作用力越大，物质的熔、沸点越高。例如，ⅦA 族的单质从上到下熔、沸点依次升高。



共价晶体中,一般原子间的键长越短,键能越大,共价键越牢固,晶体的熔、沸点越高,反之越低。例如,熔点:金刚石>硅。

### (2) 化合物熔、沸点的变化规律

氢键:已经与电负性很强的原子(N、O、F)形成共价键的氢原子(如水分子中的氢原子)与另一个电负性很强的原子(如水分子中的氧原子)之间的作用力称为氢键。氢键的存在一般会使物质的熔、沸点升高,溶解度增大。

离子晶体:衡量离子晶体稳定性的物理量是晶格能。晶格能越大,形成的离子晶体越稳定,熔、沸点越高,硬度越大。一般来说,阴、阳离子的电荷数越多,离子半径越小,则晶格能越大,其晶体的熔、沸点越高。如熔点:  $\text{MgO} > \text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl} > \text{CsCl}$ 。

分子晶体:分子间作用力越大,物质的熔、沸点越高;具有氢键的分子晶体,熔、沸点反常高,如  $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{Te} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$ 。组成和结构相似的分子晶体,相对分子质量越大,熔、沸点越高,如  $\text{SnH}_4 > \text{GeH}_4 > \text{SiH}_4 > \text{CH}_4$ 。组成和结构不相似的分子晶体(相对分子质量接近),其分子的极性越大,熔、沸点越高,如沸点:  $\text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_3\text{CH}_3$ 。

共价晶体:原子半径越小,键长越短,键能越大,熔、沸点越高,如熔点:  $\text{SiN} > \text{SiC}$ 。

### 参考资料

- [1] 唐有祺,王夔主编.化学与社会[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [2] 朱玲,安哲主编.中学科普——高中化学版[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2003.
- [3] 周志华主编.生活·社会·化学——素质教育读物[M].南京:南京师范大学出版社,2002.

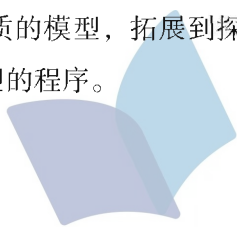
## 六、教学设计

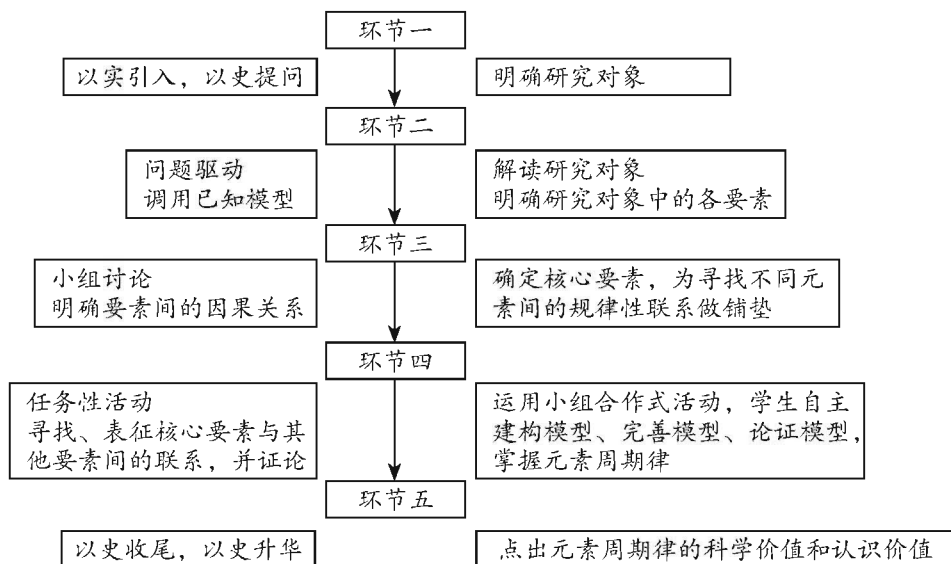
以下是本节“元素周期律初探”部分的教学设计。

### 【整体思路】

该设计建立在发展学生对于元素及其化合物的认识,帮助学生形成元素及其化合物认识模型的基础之上。本节课引导学生通过对已建构的模型进行生长和完善,认识元素周期律,探究不同种元素性质之间存在的由于原子结构规律性变化而引起的规律性变化,并应用固有模型进行论证、探究。

本设计也是在高中阶段发展学生化学学科核心素养的总方向下确立的。基于此,本节课着重从模型建构入手,为系统地建构模型、运用模型打下基础。思维程序分为四个步骤:第一步,明确研究对象,拆解任务,分级解决;第二步,明确研究对象中的各要素,确定各要素之间的因果关系;第三步,利用纸笔表征外显模型,找到不同元素性质间存在的规律,描述规律;第四步,运用已有知识论证所得结论,归纳出元素周期律。本部分内容,要引导学生通过元素周期律的探索过程,建立起运用已知单一原子结构与元素性质的模型,拓展到探索不同种元素的多变量间的规律性变化,进一步体验建构模型及生长和完善模型的程序。





本课时通过问题串驱动学生发现建构模型的各要素；布置学生活动，探索各要素间的关系；辅

以方法导引，引导学生关注核心要素；以拓展视野的化学史深化元素周期律的认识价值。

教材编排位置	1. 必修第一册学习了单一元素化合物的事实性知识 2. 第1节建构原子结构与元素原子得失电子能力的认识模型，即原子结构与元素性质的认识模型
单元整体设计	以第1节建立的单一元素原子结构与元素性质关系模型为基础，本节课建立多元素原子结构与元素性质中多变量的规律性联系，为接下来研究多元素的原子结构到元素性质再到物质性质的规律性联系和完善模型做铺垫
本课时教学过程	1. 通过问题串驱动学生发现建构模型的各要素 2. 布置学生活动，探索各要素间的关系 3. 辅以方法导引，引导学生关注核心要素 4. 以拓展视野的化学史深化元素周期律的认识价值

授课过程中，采用小组合作、纸笔展示的方法。课前为每个小组准备可以书写思路的展示板。小组讨论时，要求学生在展示板上绘制因变量和自变量之间的关系，将规律和思路外显，通过外显的思路得到结论。通过展示板等设备，将学生的绘制成果进行展示，使学生能更直观地看到变量之间的关系，并分析、讨论、找到元素性质呈现周期性变化的规律，进而得出结论。具体示例如下：





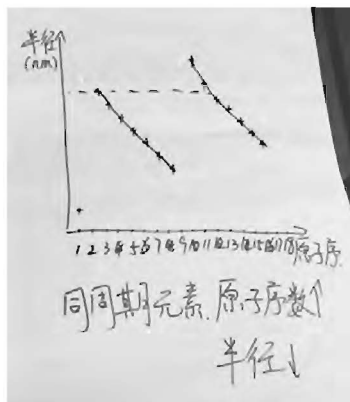
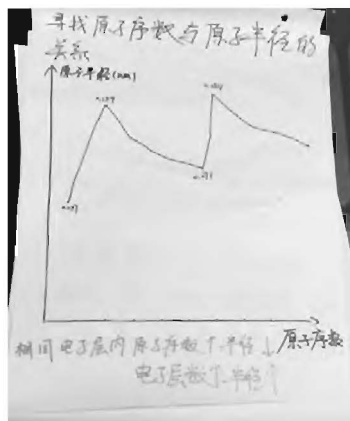
任务二：请同学们分析以下数据，并完成下面任务。

(1) 选一条元素性质作为研究对象；

(2) 分析数据，寻找原子序数和所选元素性质之间的规律，并试着用图示法（折线图、柱状图等）表示出来；

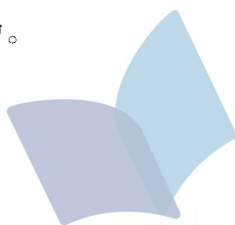
(3) 在图示下方写出找到的规律。

元素符号	原子序数	电子层数	原子最外层电子数	原子半径 / nm	最高化合价和最低化合价（常见）
H	1	1	1	0.037	+1
He	2	1	2	—	0
Li	3	2	1	0.134	+1
Be	4	2	2	0.090	+2
B	5	2	3	0.082	+3
C	6	2	4	0.077	+4, -4
N	7	2	5	0.075	+5, -3
O	8	2	6	0.073	-2
F	9	2	7	0.071	-1
Ne	10	2	8	—	0
Na	11	3	1	0.154	+1
Mg	12	3	2	0.130	+2
Al	13	3	3	0.118	+3
Si	14	3	4	0.111	+4, -3
P	15	3	5	0.106	+5, -3
S	16	3	6	0.102	+6, -2
Cl	17	3	7	0.099	+7, -1
Ar	18	3	8	—	0



### 【教学及评价目标】

1. 掌握随原子序数变化元素性质呈周期性变化的规律，了解元素周期律。
2. 通过元素周期律初探，能识别多因素、多变量中的因果关系，形成建构多要素间的变量关系模型的基本思路。
3. 应用原子结构与元素性质模型分析解决问题，完善并生长模型。
4. 通过寻找原子序数和元素性质之间规律的活动，诊断并发展学生发现规律、建构变量关系模型的水平；通过从原子结构角度论证元素周期律的任务，诊断并发展学生利用“构一性”认识模型分析解释、推论预测、解决问题的能力。





## 【教学过程】

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)
环节一： 以实引入， 以史提问 (3分钟)	【问题】元素周期律到底在描述什么？	【展示】世界是物质的，物质有成千上万种，但都是由元素组成的。 【讲述】元素性质之间存在规律，了解门捷列夫的历史。 明确不同元素性质之间存在内在联系和变化规律。	思考，并明确研究对象。	由物质引入，逐层剖解，进入微观；开门见山，以史设疑，明确目标。
环节二： 问题驱动 调用已知 模型(5分钟)	【问题】 1. 元素性质有哪些呢？ 2. 原子结构中是什么在决定元素性质呢？	以问题驱动，引导学生回顾并应用模型。	解读元素周期律，明确相关要素。 应用已有认识模型描述要素之间的关系。	剖析研究目标，明确研究对象。 回顾和应用已有模型确定要素之间的关系。 为探索确定不同种类元素的多要素中起决定性作用的核心要素做铺垫，为本节课的核心任务——探索多变量要素之间的规律性联系做辅助。
环节三、 四：小组合作完成任务性活动 寻找、表征核心要素与其他要素的关联，并进行论证 (25分钟)	【任务】 1. 小组讨论：哪一因素发生变化，能引起其他因素发生变化。 2. 请同学们分析数据，并完成下面任务： (1) 选一条元素性质作为研究对象； (2) 分析数据，寻找原子序数和所选元素性质之间的规律，并试着用图示法(折线图、柱状图等)表示出来； (3) 在图示下方写出找到的规律。 【问题】元素间性质存在什么样的规律？由什么来影响？并对发现的规律进行论证。	布置任务活动。 小组讨论时给予阶梯式铺垫。 小组表达时进行有效对话。  讲述元素周期律：随着原子序数的递增，元素性质呈现出周期性变化。	小组讨论。 小组表征、描述。 小组展示。  小组论证结论。	学生通过小组讨论、探索，小组表征、描述，小组之间推翻、重建，小组之间论证、表述，自主建立起不同元素性质之间存在规律性联系的认识，并能从原子结构层面解释。





(续表)

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)
环节五: 以史收尾, 以史升华 (3分钟)		讲述元素周期律的发展史。	聆听、感悟。	以史收尾。 以元素周期律的发展史,培养学生严谨求实的科学态度。

### 【教学反思】

本节课从模型建构入手,要求学生达成系统建构模型、运用模型进行逻辑思维的目的,那么,必须立足于化学必修第一册甚至高中化学的整体内容进行单元整体教学设计。这节课也仅仅是学生建构思维模型中的一部分。在接下来的教学中,需要进一步巩固和发展“位—构—性”认识模型,完善从原子结构到元素性质再到物质性质的推理。

根据学情需要调整的主要是对第二环节的设计。本节课曾在不同的班级进行过多次试讲,第一次试讲后发现学生对于探究对象不够明确,只是为完成每一个任务而进行活动,不能将有关活动联系起来,导致最后不能进行完整论证。所以我们进行了修改,调整驱动问题,将探究元素周期律这一课题进行逐一拆解,先明确目标,再分解目标中的元素,然后确定目标要素中的核心要素,对原活动任务进行多步骤拆解。拆解的过程,也是学生思维的过程,在这一过程中学生能更好地完成模型的建构。

教学设计者:北京市第三十五中学 刘宣仪





## ●● 第3节 元素周期表的应用 ●●

### 一、教学目标

1. 以第3周期元素和ⅠA族、ⅦA族元素为例，掌握同周期、同主族元素性质的递变规律，并能运用原子结构的理论初步解释这些递变规律；了解原子结构、元素性质及该元素在元素周期表中的位置三者之间的关系，进一步完善“位”“构”“性”认识模型的建构，并初步学会运用元素周期表。

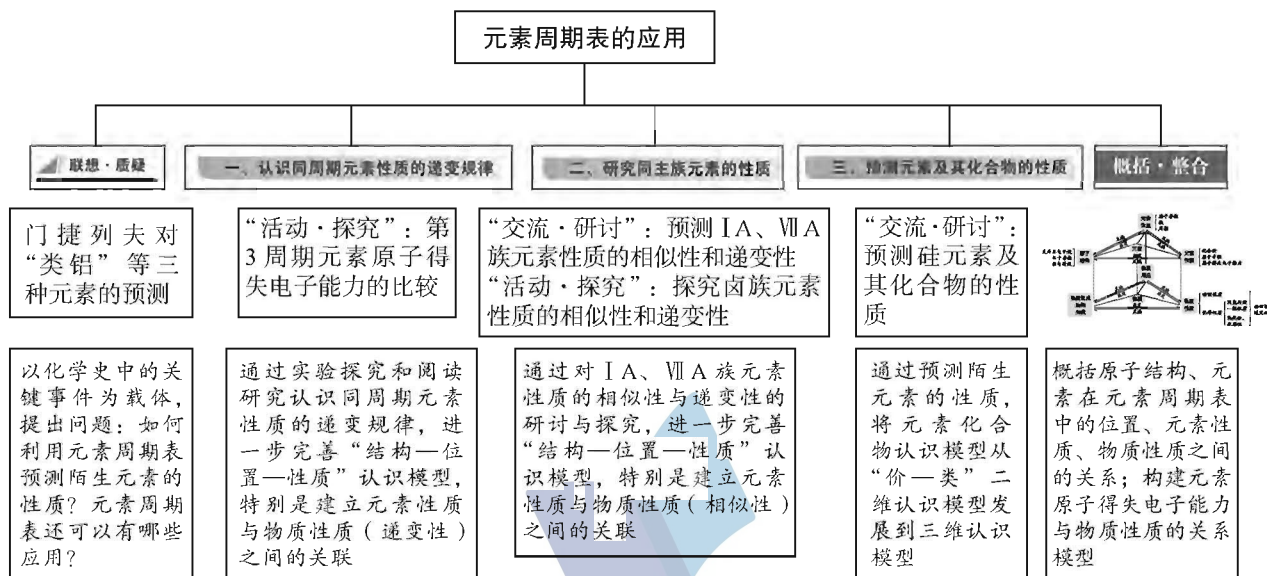
2. 以硅元素及其化合物性质预测为例，在运用元素周期律（表）及“位”“构”“性”认识模型预测未知元素及其化合物性质的同时，发展对元素化合物的认识，将“价—类”二维认识模型发展成为三维认识模型。

3. 通过“比较钠、镁、铝元素原子失电子能力的相对强弱”“探究卤族元素性质的相似性和递变性”等探究活动，培养实验能力以及对实验结果的分析、处理、总结能力；通过对“硅、磷、硫、氯元素原子得电子能力的递变”的探究，培养获取信息的能力；通过利用原子结构的理论解释这些规律，培养分析推理的能力。

4. 通过对“元素周期表在指导生产实践中的作用”的学习，领会化学对个人生活和社会发展的贡献，提升将化学知识应用于生产、生活实践的意识。

### 二、教材设计思路

#### （一）体系结构





## （二）编写思路

元素周期律和元素周期表是学生学习化学，特别是学习元素化合物知识的重要工具。本节教材编排在学生学习了原子结构、元素周期律、元素周期表和大量元素化合物知识之后，希望学生通过本节的学习能够有以下收获：①认识元素性质递变规律，体会元素在元素周期表中的位置、元素的原子结构、元素的性质、物质性质之间的关系，并初步学会在元素周期律和元素周期表的指导下探究、解决问题的思路方法；②发展元素化合物认识模型，对化学必修模块和初中化学中学过的元素化合物知识进行整合；③体会元素周期律、元素周期表对于指导生产实践的意义。

本教材通过探究第3周期元素原子得失电子能力的递变规律，引导学生学习同周期元素性质的递变规律，形成元素与物质性质递变性的视角，建立元素性质与物质性质的关联；通过整合ⅦA族元素及其化合物的性质和探究卤族元素性质的相似性和递变性，引导学生学习同主族元素性质的递变规律，形成元素与物质性质相似性的视角，进一步发展元素性质与物质性质之间的关联；通过预测陌生元素及其物质性质，将对元素化合物的“价—类”二维认识模型发展为三维认识模型。本教材在设计探究活动时，应注意培养学生利用实验探究、调查探究等多种方式进行综合探究的能力。





## 三、教材解读与教学建议

## 教材解读

通过门捷列夫的预言引导学生关注元素周期表中元素性质间的内在联系，激发学生的学习兴趣。

可以先结合元素周期律，引导学生思考同周期中元素的原子半径、最高化合价和最低化合价等性质的递变规律，并尝试运用原子结构的知识进行解释。

## 教学建议

## 1. 注意以下三点：①不

论研究同周期、同主族元素性质的递变规律，还是了解元素周期表在生产实践中的应用，都要抓住“位”“构”“性”三者之间的关系这一主线；②教师要明确“元素的金属性、非金属性”不同于“金属活动性”，其相关问题比较复杂，本节无法解决，为此本节回避了“元素的金属性、非金属性”这一提法，而使用“原子的得失电子能力”，原子的得失电子能力在某些特定的条件下能体现元素的金属性、非金属性；③高度关注本节对发展学生元素化合物认识的作用，通过本节的学习，对于物质的性质认识将增加“比较”的视角，即增加认识相似性与递变性的视角。

2. 应使学生明确本节主要从元素周期表对化学学习、科学研究的指导作用和对生产实践的指导作用这两个角度研讨元素周期表的应用。

## 第3节 元素周期表的应用

元素周期律的发现和元素周期表的诞生，开创了化学科学的新纪元。从此，人们对丰富多彩的物质世界的认识更加系统。利用元素周期表，人们不仅可以系统地总结已有的元素及其化合物知识，而且可以结合原子结构的知识研究元素及其化合物性质的递变规律，并在此基础上预测未被发现的新物质的性质，继而把它们合成出来并加以应用。

## 联想·质疑

门捷列夫在批判地继承前人工作的基础上，对大量实验事实进行了订正、分析和概括，总结出元素周期律。

门捷列夫根据元素周期律编制了第一张元素周期表，把当时已经发现的63种元素全部列入表中，从而初步完成了使元素系统化的任务。他还在表中留下空位，预言了类似硼、铝、硅的未知元素（门捷列夫分别称它们为“类硼”“类铝”和“类硅”，即后来发现的镓、铟、锗）的性质，并指出当时测定的某些元素原子量的数值有错误。若干年后，他的预言都得到了证实。

你知道门捷列夫是如何作出如此准确的预测的吗？你知道元素周期表中元素的性质呈现怎样的变化规律吗？

图1-3-1 “类铝”——镓位于ⅢA族



## 一、认识同周期元素性质的递变规律

元素周期表是元素周期律的具体表现形式，那么，元素周期表是怎样体现元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性变化的呢？现以第3周期元素为例，研究元素原子失电子能力或得电子能力的变化规律。



## 教材解读

元素的金属性不同于金属活动性。金属活动性指金属原子在水溶液中的失电子能力，而通常情况下人们不对金属性做严格的定义。

“方法导引”的功能有二：

(1) 为学生完成探究任务提供方法支持；

(2) 体现借助具体事物研究抽象概念的思想方法。

请教师在教学过程中关注本栏目的双重功能。

## 教学建议：

1. “活动·探究”栏目中“第3周期元素得失电子能力的比较”是一个大的探究活动，它承担着知识教学和提升

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 活动·探究

## 第3周期元素原子得失电子能力的比较

第3周期包括钠(Na)、镁(Mg)、铝(Al)、硅(Si)、磷(P)、硫(S)、氯(Cl)、氩(Ar)八种元素，请运用实验探究、查阅资料等方法认识这些元素原子失电子能力或得电子能力的相对强弱。



图1-3-2 第3周期元素及其单质

## 交流研讨

1. 第3周期元素的原子结构有什么特点？

2. 第3周期元素原子失电子能力或得电子能力，按照原子序数递增的顺序如何变化？为什么？

## 实验探究

实验目的：比较钠、镁、铝三种元素原子失电子能力的相对强弱。

实验用品：金属钠（切成小块），表面积相同的镁条和铝条，稀盐酸，NaOH溶液， $MgCl_2$ 溶液， $AlCl_3$ 溶液，蒸馏水；

烧杯，试管，表面皿，酒精灯，试管夹，小刀，镊子，玻璃片，滤纸等。

实验方案设计及实施：

实验目的	实验内容	实验现象	实验结论
比较氢氧化钠、氢氧化铝碱性的强弱			
比较镁、铝单质与酸反应置换出氢气的难易程度			

## ! 安全提示

- ◆ 实验时应佩戴护目镜。
- ◆ 取用金属钠时，用镊子取出一小块，用滤纸吸干表面的煤油，将其放在玻璃片上，用小刀切下绿豆粒大小使用。
- ◆ 有金属钠参与的反应，须在烧杯中进行。将金属钠放入盛有试剂的烧杯后，应立即盖上表面皿。

## 方法导引

通过最高价氧化物对应水化物的碱性比较元素原子的失电子能力

一般来说，一种元素最高价氧化物对应水化物的碱性越强，表明这种元素原子失电子的能力越强。

学生综合探究能力的双重任务，同时还是《课程标准》规定的学生必做实验。在教学过程中，可以根据学生情况灵活处理，如可以将其拆成两部分，即“钠、镁、铝元素原子失电子能力的比较”和“硅、磷、硫、氯元素原子得电子能力的比较”，来分散难点，以便于落实学生必做实验。

2. “钠、镁、铝元素原子失电子能力的比较”是本部分教学的难点，特别是NaOH、 $Mg(OH)_2$ 、 $Al(OH)_3$ 碱性强弱的比较，可以根据学生情况的不同选择以下两种教学策略：①以小组为单位，进行开放性探究活动；②在教师的引导下，边讨论边实验，逐渐突破难点。不论采用哪种策略，要落实“实验目的一实验内容一实验现象一实验结论”之间的关联。此外，由于《课程标准》“必修课程”中“主题2：常见的无机物及其应用”部分删除了铝及其化合物的性质，因此要关注本部分内容学生知识基础的变化，处理好 $Al(OH)_3$ 性质的教学。





## 教材解读

此处没有提供  $\text{SiH}_4$  的稳定性及 Si 与  $\text{H}_2$  化合的难易程度, 是因为硅元素的电负性小于氢元素,  $\text{SiH}_4$  中硅元素呈 +4 价, 不同于其他气态氢化物。在单质硅与氢气的化合反应中, 单质硅表现的是还原性, 体现的是硅原子的失电子能力, 不能成为研究硅原子得电子能力的证据。

## 教学建议

1. “硅、磷、硫、氯元素原子得电子能力的比较”主要培养学生获取信息的能力, 注意要求学生将所给信息重组(条理化), 同时准确表述所得结论。

2. 不仅要求学生掌握同周期元素原子得失电子能力的递变规律, 还要求学生掌握同周期元素最高价氧化物对应水化物酸性或碱性的递变规律以及非金属元素气态氢化物的稳定性的递变规律。此处, 建议适当增加反馈练习。

3. 借助图表归纳同周期元素的性质递变规律(包括原子半径、化合价等), 并引导学生用原子结构理论解释、论证元素性质递变规律, 再谈谈对元素周期律的认识。

4. 关于氢氧化铝性质教学的深广度定位:《课程标准》“必修课程”主题2中删除了铝元素, 本节氢氧化铝的两性仅用于探究钠、镁、铝元素原子的失电子能力, 因此关于氢氧化铝性质的相关内容仅限于正文要求的内容, 既不拓展到氢氧化铝的其他性质上, 更不能拓展到其他含铝物质的性质上。

## 第3节 元素周期表的应用



## 阅读探究

请阅读以下材料, 从中获取证据, 验证你对硅、磷、硫、氯等元素原子得电子能力相对强弱的预测。

硅的最高价氧化物( $\text{SiO}_2$ )对应的水化物是硅酸( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )。硅酸难溶于水, 是一种很弱的酸。

磷的最高价氧化物( $\text{P}_2\text{O}_5$ )对应的水化物是磷酸( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )。磷酸属于中强酸。磷蒸气与氢气能反应生成气态氢化物——磷化氢( $\text{PH}_3$ )。

硫的最高价氧化物( $\text{SO}_3$ )对应的水化物是硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )。硫酸是一种强酸。硫在加热时能与氢气反应生成气态氢化物——硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )。硫化氢在较高温度时可以分解。

氯的最高价氧化物( $\text{Cl}_2\text{O}_7$ )对应的水化物是高氯酸( $\text{HClO}_4$ )。高氯酸的酸性比硫酸强。氯气与氢气能在光照或点燃的条件下反应生成稳定的气态氢化物——氯化氢。

思考: 你对以上四种非金属元素原子得电子能力相对强弱的预测正确吗? 你是如何证实你的预测的?

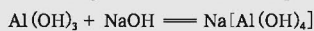
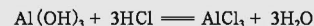
## 方法导引

通过单质与氢气的反应、最高价氧化物对应水化物的酸性比较元素原子的得电子能力

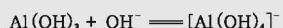
利用有关物质的性质来判断元素原子得电子能力的强弱时, 可以采用下列方法:

1. 比较元素的单质与氢气化合的难易程度, 以及所生成的气态氢化物的稳定性。一般来说, 反应越容易进行, 生成的气态氢化物越稳定, 表明元素原子得电子的能力越强。
2. 比较元素最高价氧化物对应水化物的酸性。一般来说, 一种元素最高价氧化物对应水化物的酸性越强, 表明这种元素原子得电子的能力越强。

实验表明, 氢氧化镁只能与盐酸反应; 而氢氧化铝既能与盐酸反应, 又能与 NaOH 溶液反应, 表现出两性, 显然其碱性要比氢氧化镁弱。



四羟基合铝酸钠



四羟基合铝酸根

$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  相当于一种盐。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  和 NaOH 溶液反应生成的化合物曾被认为是  $\text{NaAlO}_2$ , 但科学研究证明该产物实际上是  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ , 属于配位化合物。

在第3周期中, 从钠到氯, 各元素原子的核外电子层数相同, 核电荷数依次增多, 原子半径逐渐减小, 元素原子的失电子能力逐渐减弱、得电子能力逐渐增强。而氩为稀有气



## 教材解读

此处只讨论第2周期中元素原子得失电子能力的递变趋势。

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

体元素，性质十分稳定，其原子既不易得电子也不易失电子。

对其他周期元素进行同样的研究，也能得到类似的结论。例如，从锂（Li）到氖（Ne），随着原子序数的递增，由活泼的金属元素（Li）逐渐过渡到不太活泼的金属元素，再过渡到非金属元素（N、O、F等），最后是稀有气体元素——氖（Ne）。

其实，金属元素、非金属元素之间并没有严格的界限，元素周期表中位于金属元素与非金属元素交界处附近的元素，既能表现出一定的金属元素的性质，又能表现出一定的非金属元素的性质。例如，硅元素属于非金属元素，锗元素属于金属元素，但它们的单质均具有半导体的性质。

在同一周期的主族元素中，各元素原子的核外电子层数相同，但从左到右核电荷数依次增多，原子半径逐渐减小，元素原子的失电子能力逐渐减弱、得电子能力逐渐增强。元素周期表清楚地体现了元素的性质随着原子序数递增呈现的周期性变化。

## 二、研究同主族元素的性质

元素在元素周期表中的位置反映了该元素原子结构的特点以及由此决定的元素的性质，因此可以根据某元素在元素周期表中的位置推测它的原子结构和有关性质。

## 交流·研讨

1. 在元素周期表中，同主族元素原子的核外电子排布有什么特点？请你以ⅠA族金属元素和ⅦA族元素为例，推测同主族元素性质的相似性和递变性。

2. 尝试利用学过的元素及其化合物的知识为你的推测寻找证据。

在元素周期表中，位于同一主族的元素原子的最外层电子数相同，因此同主族元素具有相似的性质。例如，ⅠA族中的金属元素锂（Li）、钠（Na）、钾（K）、铷（Rb）、铯（Cs）、钫（Fr）等称为碱金属元素（图1-3-3）。碱金属元素具有相似的性质，原子的最外层都只有1个电子，元素的最高化合价为+1价；元素原子的失电子能力强，是活泼的金属元素。又如，ⅦA族元素氟（F）、氯（Cl）、溴（Br）、碘（I）等称为卤族元素。卤族元素原子的最外层都有7个电子，元素的最高化合价为+7价（F除外），最低化合价为-1价；元素原子的得电子能力强，是活泼的非金属元素。

同主族元素原子的核电荷数、电子层数不同，导致它们的性质有所差异。同主族元素原子从上到下，核外电子层数依次增多，原



图1-3-3 碱金属元素及其单质

可以按两条线索开展“交流·研讨”活动。

线索1：将原子结构—元素性质—物质性质作为明线展开。

线索2：将ⅠA族、ⅦA族元素研究作为明线展开。

## 教学建议

“研究同主族元素的性质”这一部分教材的线索为：

交流·研讨：利用原子结构理论推测同主族元素的相似性和递变性

基于原子结构介绍ⅠA族、ⅦA族元素性质（原子半径、最高化合价、原子得失电子的能力）的相似性、递变性；基于元素的相似性、递变性介绍ⅠA族、ⅦA族部分物质性质的相似性、递变性

介绍元素周期律（表）在生产实践、科学研究中的应用

活动·探究：分析卤族元素性质的相似性、递变性，并选取典型代表物验证预测，反思、提炼认识物质化学性质的新角度

其核心目标是在认识同主族元素性质的同时，进一步固化、应用“位—构—性”认识模型，同时发展对元素化合物性质的认识，增加相似性、递变性的视角。



## 教材解读

进一步丰富、完善学生对ⅠA族、ⅦA族元素单质及化合物性质的认识。

设计“方法导引”栏目的目的是帮助学生认识检验溴单质、碘单质的方法，不是介绍萃取、分液等物质分离方法。

## 教学建议

1. 碱金属元素中，要求学生掌握金属钾的性质（其中金属钾与水的反应应在教材第1节中落实），而锂、铷、铯的性质只需要学生了解。
2. 借助图表归纳同主族元素性质的相似性和递变性，包括原子半径、最高化合价、最低化合价、元素原子得失电子的能力、元素最高价氧化物对应水化物的酸（碱）性、气态氢化物的稳定性等。
3. 可补充练习：请学生预测某些主族元素的单质及化合物的性质，如硒等；请学生根据物质性质（实验现象或文本信息）推测陌生元素在元素周期表中的位置，以进一步落实元素周期表的应用。
4. “活动·探究”栏目中“探究卤族元素性质的相似性和递变性”实验是《课程标准》规定的学生必做实验“同周期、同主族元素性质的递变”中的一部分，同时也是元素周期律表的应用。因此，在活动实施过程中，应让学生经历“预测元素性质，说明预测依据→选定代表物，说明选择思路→设计实施实验，说明实验设计依据→利用实验现象论证假设”这一过程。

## 第3节 元素周期表的应用



子半径逐渐增大，元素原子的失电子能力逐渐增强、得电子能力逐渐减弱。

同主族元素原子结构的相似性，决定着它们的单质和某些同类化合物表现出相似的性质；其原子结构的差异性，又决定着它们的单质和某些同类化合物的性质有一定的差异，且自上而下随着元素核电荷数的增加而递变。例如，碱金属元素的单质都能与氧气、水等物质发生反应，碱金属元素最高价氧化物对应的水化物一般具有很强的碱性；但是，金属锂与氧气反应不如金属钠与氧气反应剧烈，而金属铷和铯遇到空气会立即燃烧，遇水还可能发生爆炸。又如，从氟到碘，单质的氧化性逐渐减弱，单质与氢气发生的化合反应越来越难进行：氟气与氢气在暗处能剧烈化合并发生爆炸，生成的氟化氢很稳定；氯气与氢气在光照或点燃条件下能发生反应，生成的氯化氢较稳定；溴蒸气与氢气加热至一定温度时才能反应，生成的溴化氢不如氯化氢稳定；碘与氢气在不断加热的情况下才能缓慢反应，生成的碘化氢不稳定，在同一条件下同时分解为碘和氢气。



图1-3-4 氯、溴、碘元素及其单质

## 活动·探究

## 探究卤族元素性质的相似性和递变性

请你分析卤族元素性质的相似性和递变性，并选取典型代表物验证你的预测。

## 实验目的

分别以卤族元素单质和卤化物为典型代表物设计实验，验证你对卤族元素性质的相似性和递变性的预测。

## 实验用品

NaCl 溶液，NaBr 溶液，KI 溶液，氯水，溴水，碘水，淀粉溶液，四氯化碳；烧杯，试管，胶头滴管。

## 方法导引

## 检验溴单质、碘单质的一种方法

溴单质、碘单质在四氯化碳中的溶解度均大于它们在水中的溶解度。利用这一性质，可以向含有溴单质、碘单质的水溶液中加入四氯化碳，分别将它们从水溶液中提取出来。四氯化碳难溶于水，且溴单质和碘单质在四氯化碳中分别呈橙色和紫色，可以利用这一方法，检验水溶液中溴单质或碘单质的存在。

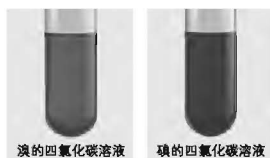


图1-3-5 溴和碘在四氯化碳中的颜色



## 教材解读

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

## 实验方案设计及实施

物质	预测及其依据	实验方案	实验现象	实验结论

## 思考

- 除了上述实验外,还可以找到哪些证据说明卤族元素性质的相似性和递变性?
- 学习了元素周期律和元素周期表后,在分析物质的化学性质时你有了哪些新角度?

## 资料在线

## 碱金属、卤族元素单质的物理性质

碱金属单质和卤族元素单质在物理性质上均分别表现出一些相似性和递变规律。例如,除铯外,其余的碱金属单质都呈银白色;它们都比较软、有延展性、密度比较小、导热性和导电性较好;从锂到铯单质的熔点、沸点逐渐降低。又如,从氟到碘,卤族元素单质的颜色逐渐变深,熔点、沸点逐渐升高。

表 1-3-1 碱金属单质的主要物理性质

碱金属单质	颜色和状态	熔点/℃	沸点/℃
Li	银白色固体	180.5	1341
Na	银白色固体	97.82	881.4
K	银白色固体	63.38	759
Rb	银白色固体	39.31	691
Cs	略带金色光泽固体	28.44	668.2

表 1-3-2 卤族元素单质的主要物理性质

卤族元素单质	颜色和状态	熔点/℃	沸点/℃
F <sub>2</sub>	淡黄绿色气体	-219.6	-188.1
Cl <sub>2</sub>	黄绿色气体	-101.5	-34.04
Br <sub>2</sub>	深红棕色液体	-7.25	58.8
I <sub>2</sub>	紫黑色固体	113.6	185.2

由以上分析可以得知,同一周期或同一主族的元素,它们的性质总是呈现规律性变化。

24

卤化物(NaCl、NaBr、KI)性质的相似性:均具有还原性;递变性:从上到下还原性依次增强。

卤素单质(Cl<sub>2</sub>、Br<sub>2</sub>、I<sub>2</sub>)性质的相似性:均具有氧化性;递变性:从上到下氧化性依次减弱。

进一步丰富学生对ⅠA族、ⅦA族元素单质的物理性质的相似性和递变性的认识。

## 教学建议

1. 关于“活动·探究”栏目中的“思考”部分:①可以鼓励学生在学过的已有知识中

寻找证据说明卤族元素性质的相似和递变性,如最高价氧化物对应的水化物都是酸,但酸性依次减弱;也可以为学生补充一些证据,如AgCl、AgBr、AgI均难溶于水,但溶解度依次减小等。②可以设计认识反思性问题:“在这个活动中,我们研究了含有卤族元素的物质的性质,与上学期对物质性质的研究相比,有什么不同?”以此促进学生发现研究物质性质的新思路——用对比的思路研究一组物质,以及认识物质性质的新角度——相似性与递变性。③在本活动结束后,再次引导学生用图示表征原子结构、元素在元素周期表中的位置、元素性质、物质性质之间的关系。

2. 关于“资料在线”栏目的内容,可以根据学生情况进行不同的深广度处理。对于水平较好的学生,可以利用原子结构理论对某些性质的变化规律进行解释。

3. 本部分内容结束时可向学生指出:对相关知识的深入探讨将在选择性必修2《物质结构与性质》模块的学习中继续进行。





## 教材解读



## 身边的化学

## 金属材料

金属材料是指金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性的材料的统称,包括纯金属、合金和特种金属材料等。

金属材料通常分为黑色金属、有色金属和特种金属材料。

黑色金属又称钢铁材料,包括工业纯铁、铸铁、碳钢,以及各种用途的结构钢、不锈钢、耐热钢、高温合金、精密合金等。广义上的黑色金属还包括铬、锰及其合金。

有色金属指除铁、铬、锰以外的所有金属及其合金,通常分为轻金属、重金属、贵金属、半金属、稀有金属和稀土金属等。

特种金属材料包括不同用途的结构金属材料 and 功能金属材料,如非晶态金属材料、准晶、微晶、纳米晶金属材料,具有隐身、抗氢、超导、形状记忆、耐磨、减振阻尼等特殊功能的合金,以及金属基复合材料等。

人类文明的发展和人类社会的进步与金属材料关系密切。石器时代之后出现的铜器时代、铁器时代都以金属材料及其应用为其显著的特征。现在,品种繁多、功能各异金属材料更是成为世界各国经济社会发展的重要物质基础。

## 三、预测元素及其化合物的性质

在元素周期表中,有许多我们陌生的元素,我们可以基于对已知元素的认识,利用元素周期律以及对已知元素及其化合物性质的研究思路和方法,研究陌生元素及其化合物的性质。

## 交流·研讨

硅在地壳中的含量仅次于氧,硅的氧化物及硅酸盐构成了地壳中大部分的岩石、沙子和土壤。计算机芯片、光纤纤维、玻璃仪器等,都是以硅或硅的化合物为材料制成的。

1. 比较碳、硅、磷元素的性质。
2. 硅及其化合物有哪些? 尝试写出它们的化学式。
3. 请预测硅及其化合物的化学性质, 并说明预测依据。

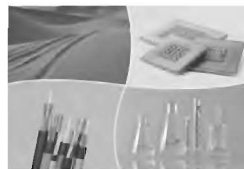


图1-3-6 硅及其化合物的存在与应用

可以从元素在元素周期表中的位置、原子结构、元素性质三个角度认识元素。

比较碳、硅、磷元素的性质的隐性思路是与同周期、同主族元素性质比较,因此可以在此基础上增加铝、锗元素。

## 教学建议

《课程标准》“必修课程”主题5的“内容要求”中提出应引导学生“知道金属材料、无机非金属材料、高分子材料等常见材料类型,结合实例认识材料组成、性能与应用的联系”,“学业要求”中提出学生应“能从材料组成的角度对生活中常见的材料进行分类,能根据使用需求选择适当的材料,能解释使用注意事项,并能科学合理使用”。因此,关于“身边的化学”栏目中金属材料的教学,一方面不必在金属材料的类型上深挖,引导学生自主阅读了解相关内容即可;另一方面可以与元素周期表的应用结合,组织学生调用金属及其化合物的相关知识,围绕“金属材料的选择与使用”开展研讨,落实《课程标准》中的学业要求。





## 教材解读

建议回避关于  $\text{SiH}_4$  性质的讨论。

此示例的隐含思路是从物质类别通性、递变性的角度预测物质的化学性质。

除了从类别的一般性质、氧化性或还原性、递变性角度示范对含硅元素物质性质的梳理外，还提示关注物质的特性。

## 教学建议

1. “预测元素及其化合物的性质”是本次教材修订的新增内容。以硅元素为载体，

## Chemistry 第1章 原子结构 元素周期律

硅及其化合物的化学式	化学性质预测	预测依据
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	具有酸的性质，能与碱（如 $\text{NaOH}$ 溶液）反应，但酸性较弱，弱于碳酸、磷酸等	

元素的性质通常包括元素化合价、原子半径、元素原子的得失电子能力等，可以根据元素原子结构的特点和元素在元素周期表中的位置认识元素的性质。例如，硅原子的最外层有4个电子，最高化合价为+4价，最低化合价为-4价，硅属于非金属元素；与同周期磷元素的原子相比，其核电荷数较小、原子半径较大、原子核对最外层电子的吸引作用较弱，因此硅元素原子的得电子能力较弱。

从物质类别、元素化合价、物质所含有关元素在元素周期表中的位置的角度可以认识有关物质的化学性质。例如，硅元素（原子序数为14）位于元素周期表中第3周期ⅣA族，属于非金属元素；二氧化硅（ $\text{SiO}_2$ ）属于酸性氧化物，能与碱溶液缓慢反应，高温时能与碱性氧化物反应；二氧化硅中硅元素的化合价为+4价，因此二氧化硅具有氧化性，能与某些还原剂反应；硅酸（ $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ）的酸性弱于碳酸，硅酸可以由硅酸钠（ $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ）与盐酸、硫酸等反应制得。此外，二氧化硅还具有有一些特殊的性质。例如，二氧化硅虽然属于酸性氧化物，但能与氢氟酸反应，该反应曾用于刻蚀玻璃。

## 身边的化学

## 硅及其化合物与非金属材料

**硅与半导体材料** 半导体材料特指导电能力介于导体和绝缘体之间的一类材料。硅是常温下化学性质稳定的半导体材料，主要用于制造芯片和太阳能电池。自然界中没有游离态的硅。工业上，用焦炭在电炉中还原二氧化硅得到含有少量杂质的粗硅；将粗硅提纯后，可以得到用作半导体材料的高纯硅。

26

设计“交流·研讨”活动的目的主要有三个方面：一是落实《课程标准》中关于“能利用元素在元素周期表中的位置和原子结构，分析、预测、比较元素及其化合物的性质”的学业要求；二是丰富学生对第3周期元素化合物的认识，落实《课程标准》中关于无机非金属材料的学业要求；三是进一步发展学生对元素化合物的认识模型，建立“位—构—性”认识模型与元素化合物认识模型之间的关联，最终形成三维认识模型（见本节教材“概括·整合”部分）。

2. “交流·研讨”栏目中有三个问题，按“从相似性、递变性角度认识硅元素性质——从物质类别、化合价角度认识含硅元素的物质——从物质类别通性、氧化性或还原性、相似性和递变性角度认识含硅元素的物质性质”的思路展开。因此，教学过程中，在对每个具体问题讨论的过程中，教师要对学生“怎么想到的”进行追问；对具体问题讨论结束后，要组织学生对思路进行提炼，并通过板书外显思路。



## 教材解读

关于“硅及其化合物与非金属材料”的教学处理类似于金属材料。

通过对“元素周期表在指导生产实践中的作用”的介绍，让学生领会到化学对个人生活和社会发展的贡献，培养学生将化学知识应用于生产、生活实践的意识。

## 第3节 元素周期表的应用



**二氧化硅与光导纤维** 二氧化硅广泛存在于自然界中，沙子、石英和水晶的主要成分都是二氧化硅。二氧化硅常被用来制造高性能的现代通信材料——光导纤维（简称“光纤”）。光纤通信克服了声音信号和图像信号在铜丝或铝丝媒介中传播损耗大的缺点，并节约了大量金属资源。光纤除了用于通信外，还用于能量传输、信息处理、遥测遥控和医疗器械（如光导纤维内窥镜）制造等方面。

**硅酸盐与无机非金属材料** 硅酸盐是由硅元素、氧元素和金属元素组成的化合物的总称，在自然界分布极广。硅酸盐材料（如陶瓷、玻璃、水泥等）是无机非金属材料的主要分支之一，有着悠久的历史。陶瓷材料是人类应用最早的硅酸盐材料。玻璃的种类很多，除普通玻璃外还有铅玻璃、有色玻璃、钢化玻璃等。制造普通玻璃的主要原料是纯碱、石灰石和石英。水泥是非常重要的建筑材料。普通水泥的主要成分是硅酸三钙（ $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）、硅酸二钙（ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）、铝酸三钙（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ）等。随着信息科学、能源技术、航天技术、生物工程等现代科学技术的发展，一些具有特殊结构、特殊功能的新型无机非金属材料，如高温结构陶瓷、生物陶瓷和压电陶瓷等，相继被研制出来。



图1-3-7 单质硅



图1-3-8 水晶

元素周期表已成为化学家的得力工具，为研究物质结构、发现新元素、合成新物质、寻找新材料提供了许多有价值的指导。例如，根据在元素周期表中位置相近的元素具有相似的性质这一规律，人们不但在金属元素和非金属元素的交界处寻找半导体材料，还在过渡元素中寻找优良的催化剂。又如，位于元素周期表中ⅣB族到ⅥB族的过渡元素的单质，如钛（Ti）、钽（Ta）、钼（Mo）、钨（W）等，大多具有耐高温、耐腐蚀等特点，人们常利用以它们为原料制成的特种合金来制造火箭、导弹、宇宙飞船等。此外，人们还利用元素周期表寻找合适的超导材料、磁性材料等。



图1-3-9 钛合金用于制造飞机

## 教学建议

教材中关于“应用元素周期表指导生产实践”这部分内容的介绍比较简练，在教学过程中可以通过查阅资料对其进一步丰富，并借助信息技术手段做到图文并茂，增加吸引力；但在教学过程中不宜出现过多的专业术语，要将所得资料“通俗化”，便于学生接受。





## 四、习题答案与习题分析

### (一) 习题编码

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
A2 概括关联	能叙述ⅠA族、ⅦA族和第3周期元素的原子结构、元素在元素周期表中的位置(周期、族)、元素性质三者之间的关系,能基于1~20号元素的原子结构、元素相关物质的化学性质等已知信息,归纳总结出原子结构及元素性质(如半径变化、化合价、原子得失电子的能力)的周期性变化规律,能基于“位—构—性”认识模型概括对熟悉元素的相关认识	1, 2
B1 分析解释	能以具体元素为例,分析解释原子结构、元素在元素周期表中的位置、元素性质之间的关系,能基于原子结构分析解释元素性质、物质(单质)性质的相似性和递变性	5(3)
B2 推论预测	某一典型主族元素(如溴、磷)在元素周期表中的位置、原子结构、元素性质之间的相互推导	3, 4, 5(1) (2)(4), 6

### (二) 习题答案

#### 【学习·理解】

1. C

2. (1) 硫原子结构、硫元素在元素周期表中的位置、硫元素的性质、含硫元素的物质及其性质等。

(2) 认识硫及其化合物的基本角度参见教材“概括·整合”2中的认识模型。

(3) 图示形式可参考“概括·整合”2中的认识模型,在图中相应位置写出硫元素相对应的具体内容。

(4) 略

#### 【应用·实践】

3. BD

4. D

5. (1) S

(2) Na

(3) 强 Y 即氧元素, W 即硫元素, 氧和硫是上下相邻的主族元素, 氧的原子半径小于硫, 其原子核对最外层电子的吸引作用大于硫, 所以其原子的得电子能力强于硫

(4) 溶液中出现白色沉淀  $\text{SO}_2 + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{BaSO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

6. (1) √; 在元素周期表中铍元素和硼元素是位于同一周期(第2周期)的相邻元素, 铍元素在硼元素前面, 跟硼原子相比, 铍原子核电荷数较小, 对最外层电子的吸引作用小, 所以其原子



半径大于硼元素的原子半径。

(2)  $\times$ ；铍和锂是同周期左右相邻的主族元素，铍在锂的后面，铍原子失电子能力比锂原子弱，所以单质锂与酸的反应更剧烈。

(3)  $\checkmark$ ；铍和钙是同主族元素，铍位于第2周期，钙位于第4周期，根据同主族元素性质递变规律可知，铍原子失电子能力小于钙原子失电子能力，所以其最高价氧化物对应的水化物即氢氧化铍的碱性弱于钙元素最高价氧化物对应的水化物即氢氧化钙的碱性。

(4)  $\times$ ；铍和镁是同主族上下相邻元素，根据同主族元素性质递变规律可知，铍原子失电子能力小于镁原子失电子能力，所以其单质与冷水反应的剧烈程度小于单质镁与冷水反应的剧烈程度。单质镁与冷水反应缓慢，所以单质铍不可能与冷水剧烈反应。

### (三) 典型习题分析

在元素周期表中找到硫元素，按照下列要求回顾、梳理你对硫元素的相关认识，并与同学们交流分享。

(1) 写出能想到的关于硫及其化合物的相关信息。

(2) 梳理认识硫及其化合物的基本角度。

(3) 用图示的方法表示对硫元素的有关认识。

(4) 在与同学们交流研讨的过程中，不断丰富、完善关于硫及其化合物的知识网络，概括认识元素及其化合物性质的基本角度。

#### 习题目标

能够借助元素周期表，通过梳理元素及其化合物的性质，构建元素及其化合物知识的立体网络，进一步体会认识元素及其化合物的基本角度，即从元素在元素周期表中的位置、原子结构、元素性质这三个角度认识元素，以及从物质类别、元素的化合价、元素在元素周期表中的位置这三个角度认识含有该元素的物质的化学性质，进而形成对元素及其化合物的多维立体认识网络。

通过习题练习，在对有关硫元素及其化合物的知识进行重组的基础上提升综合能力，同时发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”化学学科核心素养。

具体的练习目标包括：能形成构建元素及其化合物知识网络的思路，即元素 $\rightarrow$ 含该元素的系列物质 $\rightarrow$ 每种物质的性质及各物质间的转化关系（利用物质的类别通性、氧化性或还原性） $\rightarrow$ 将元素纳入元素周期表，利用元素性质递变规律推测同周期、同主族其他元素的性质。

#### 情境载体

本练习相当于本节教材第三个标题下所列内容的训练。

#### 问题任务

本题仿照教材正文内容，回忆并利用必修第一册所学内容，结合元素周期表分析并综合运用元素及其化合物的知识形成知识网络。

第(1)题：写出硫及其化合物的相关信息，属于辨识记忆方面的活动。



第(2)(3)题: 梳理认识硫及其化合物的基本角度, 用图示的方法表示对硫元素的有关知识, 属于概括关联方面的活动。

第(4)题: 在第(2)(3)题的基础上, 运用本节学习建立的元素及其化合物性质认识模型进一步对硫及其化合物的性质进行概括、总结提升, 属于指向思路方法的高阶概括关联方面的活动。

### 学科思维

第(1)题: 需要运用必修第一册中所学的硫及其化合物的知识, 必要时可以借助必修第一册教材的有关内容。

第(2)(3)题: 在第(1)题的基础上, 认真领会教材从物质类别、元素化合价、物质所含有关元素在元素周期表中的位置的角度可以认识有关物质的化学性质。例如, 硅元素(原子序数为14)位于元素周期表中第3周期ⅣA族, 属于非金属元素; 二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )属于酸性氧化物, 能与碱溶液缓慢反应, 高温时能与碱性氧化物反应; 二氧化硅中硅元素的化合价为+4价, 因此二氧化硅具有氧化性, 能与某些还原剂反应; 硅酸( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )的酸性弱于碳酸, 硅酸可以由硅酸钠( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )与盐酸、硫酸等反应制得。此外, 二氧化硅还具有有一些特殊的性质。例如, 二氧化硅虽然属于酸性氧化物, 但能与氢氟酸反应, 该反应曾用于刻蚀玻璃。模仿教材对硅及其化合物的知识梳理方式, 梳理关于硫及其化合物的知识。

第(4)题: 总结提升, 建立元素及其化合物知识体系的思维导图。

本题需要以熟悉的物质为载体, 应用物质性质之间的相似性和递变性进行预测、分析、解释。

### 易错分析

本题中学生容易出现对必修第一册知识记忆不全的问题, 而这正是本题练习时要解决的问题之一: 建立知识网络, 调动记忆、理解、分析、推理等各方面的能力, 以加强对知识的记忆和理解。

有些学生可能在如何构建全面、准确的思维导图方面有偏差、不完整。这一点, 可以在组织学生第(3)(4)题的交流研讨中来纠正和完善, 再通过补充适当的变式训练加强练习。

### 变式题例

元素周期律和元素周期表对深化物质性质的认识具有重要的作用, 有利于将零乱的元素化合物知识整合起来形成知识网络。某同学整理了关于氮元素的相关知识, 请你补充完整。

- (1) 氮元素的原子结构示意图为 \_\_\_\_\_, 在元素周期表中的位置为 \_\_\_\_\_。
- (2) 氮、磷两种元素对应的气态氢化物中, 稳定性较强的是 \_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (3) 氮、磷两种元素的单质中, 氧化性较强的是 \_\_\_\_\_。
- (4) 碳、氮两种元素的最高价氧化物对应的水化物, 酸性较强的是 \_\_\_\_\_。
- (5) 用图示法表示对氮元素的有关认识。

参考答案:

- (1)  第2周期ⅤA族







(2)  $\text{NH}_3$

(3)  $\text{N}_2$

(4)  $\text{HNO}_3$

(5) 图示形式可参考本节教材“概括·整合”2中的认识模型,在图中相应位置写出氮元素相对应的具体内容。

## 五、教学问题讨论与教学资源拓展

### 1. 元素周期律和元素周期表的重要意义

元素周期律和元素周期表揭示了元素之间的内在联系,反映了元素性质与其原子结构的关系,在哲学、自然科学、生产实践等各方面都有着重要意义。

#### (1) 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,从自然科学上有力地论证了事物变化“量变引起质变”的规律性。元素周期表是元素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观点。

#### (2) 在自然科学方面

元素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,元素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。元素周期律和元素周期表在自然科学的许多领域中,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

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

①农药多数是含 Cl、P、S、N、As 等元素的化合物。

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

③催化剂的性能跟它们的原子的 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)中寻找各种优良的催化剂。例如,目前人们已能用铁、镍熔剂做催化剂,使石墨在高温和高压下转化成金刚石;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做催化剂,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:在元素周期表里从ⅢB族到ⅥB族的过渡元素,如钛、钽、钼、钨、铬等,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、坦克等不可缺少的金属。

⑤超导体的研制:起初,人们对超导体的研究仅着眼于非过渡元素;而后,发现氮化铌是具有较高临界温度的超导体;最后,科学家转向含铜氧化物的研究,由液氮代替液氢,为超导技术的实际应用展开了广阔的前景。

⑥寻找新磁性材料,如铁氧体、稀土永磁、金属永磁、非晶态铁硅合金、非晶态硅硼合金等。



⑦矿物的寻找：科学研究发现，地球上化学元素的分布跟它们在元素周期表中的位置有密切的联系。例如，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；原子序数为偶数的元素在地壳中含量较多，原子序数为奇数的元素在地壳中含量较少；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层。有的科学家把元素周期表中性质相似的元素分为十个区域，并认为同一区域的元素往往是伴生矿，这对探矿具有指导意义。

## 2. 元素周期表中前两周期元素的反常性质

第1周期只有两种元素。这两种元素在性质上与其他各周期元素有明显差异，常常很难用周期律来解释它们的性质。

第2周期从Li到Ne的八种元素虽然在周期关系上比第1周期两种元素好一些，但它们在各族元素中的表现仍有明显的反常现象。第3周期各元素在同族中与其他元素的相似性总是超过与其他族元素的相似性，但是第2周期元素却存在明显的对角线关系。例如，锂和镁的相似性超过它和钠的相似性，铍和铝的相似性超过它和镁的相似性，同样硼和硅也存在这种对角线关系。

对角线关系的存在说明了第2周期各元素在各相应族序中的特殊地位。对于金属元素，它们在化合物中离子势能特别高，致使许多化学性质上出现颠倒的现象。例如，在ⅡA族中，铍是唯一生成含氧酸根的元素。在ⅢA族中，硼已不能算是金属元素，它是唯一的非金属元素，化学性质与同族其他元素的共性很少。ⅣA族中的碳及第2周期中的氮、氧、氟等元素，也有许多反常的表现。例如， $\text{CCl}_4$ 不水解，而同族其他元素的卤化物都很容易水解。按照同族非金属的氧化能力趋势，电负性越大的元素，氧化能力应该越强，但氮是很稳定的单质，而磷在热碱溶液中可以发生歧化反应生成 $\text{PH}_3$ 和 $\text{H}_2\text{PO}_2^-$ 。氧、氟和相应的同族其他元素的差别也相当明显，它们都不能生成较高氧化态的化合物，而同族其他元素的氧化态往往可升高到+5价、+6价甚至+7价。

由于第1周期和第2周期各元素在性质上的反常表现，人们在讨论性质的变化趋势时，总是感到粗略看来有明显的呈周期性变化的趋势，而细致研究却又不完全具有这种趋势。这种反常现象使得通过前三周期元素性质对比来导出元素周期律遇到了困难。

## 3. 元素周期系的远景

元素的存在，是与原子结构的稳定性，特别是与原子核的稳定性有关。人们发现，原子序数大于83的元素都是放射性元素，而原子序数在92之后的元素，全部是用人工方法合成的元素。2016年11月，国际纯粹和应用化学联合会确认人工合成了113、115、117、118四种新元素并公布了它们的英文名称和元素符号，至此，元素周期表的第7周期被全部排满，1~118号元素形成了一张完整规范的元素周期表。那么，新的人工合成的元素究竟还有多少种？

物理学家根据原子结构理论计算，认为最后可能出现的是原子序数为175的元素。人工合成的元素，将进入第8周期，甚至第9周期。在未来的第8、9周期中，原子中的电子依次填充新的电子亚层——5g亚层和6g亚层。依照已有的规律，可以推知g亚层最多能容纳18个电子。

由此可以预见，第8、9周期都将有50种元素，是超长周期。在这两个周期里，将有“超铀系”和“新超铀系”的5g~6f和6f~7f内过渡系。



#### 4. 铝制品的合理使用、用铝与氢氧化钠的反应疏通下水管道

##### (1) 铝制品的合理使用

铝在地壳中的含量仅次于氧和硅，排在第三位。金属铝的强度较低，耐磨性差，加入其他元素如铜、镁、硅等，就形成了各种性能优良的铝合金。

铝合金具有密度小、强度高、塑性好、易于成型、制造工艺简单、成本低廉等特点，并因表面易形成致密的氧化物保护膜而具有一定的抗腐蚀能力，可用于制造能承受大载荷及强烈磨损的构件。铝合金广泛用于建筑业、包装业、交通运输及电子工业。

1970年前，人们认为铝及铝盐是不被人体吸收的，无急、慢性毒性，因此铝及铝盐也曾被广泛地用于食品添加剂、混凝剂、药物、各种容器和炊具等。

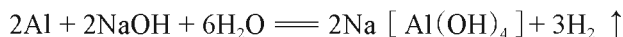
但随着人们对人体必需元素研究的深入，发现铝可蓄积于人体脑组织及神经细胞内，损害人的记忆，使人思维迟钝，导致老年性痴呆、唐氏综合征等。

人体中铝的来源主要有使用明矾或混凝剂净化的自来水，食品加工过程中使用了含铝添加剂的某些传统食品如油条等，铝制炊具和容器的使用过程中也会向饮用水和食品中释放  $\text{Al}^{3+}$ 。因此，建议大家改变饮食习惯，不食用或少食用含铝添加剂的食物，不使用铝制炊具烧水，特别是不使用铝制炊具制作酸性、含盐的食物。

##### (2) 用铝与氢氧化钠的反应疏通下水管道

如果下水管道堵塞了，我们可以用一种主要成分为氢氧化钠和铝片的管道疏通剂来疏通。它主要适用于食物残渣、毛发纸屑等生活杂物堵塞的管道。其原理是利用氢氧化钠的强腐蚀性来腐蚀、破坏直到溶解堵塞在下水道中的毛发、布条、菜叶、纤维等有机物，并可将管道内的微生物消灭，以除去臭味。例如，40 g 固体氢氧化钠溶解于 200 mL 水时，放出的热量可使水温升高  $90^\circ\text{C}$  左右，因此有利于破碎毛发、纤维、布条、菜叶等堵塞物。另外温度高时，促使铝粉同  $\text{NaOH}$  溶液强烈反应，生成大量的氢气，使堵塞物在下水道中上下翻动，产生机械推动力。

铝与  $\text{NaOH}$  溶液的反应原理：

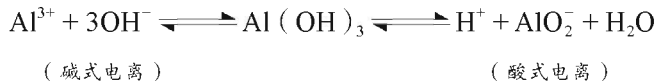


因为铝、氢氧化钠和水能发生化学反应，从而导致管道疏通剂失效，因此疏通剂应该密封保存。

#### 5. 氢氧化铝的两性、四羟基合铝酸钠的性质

##### (1) 氢氧化铝的两性

氢氧化铝是两性氢氧化物，它在水溶液中可以按照下列两种形式电离：



两性氢氧化物的这种性质与它们的结构有关。如用 E 表示某一种元素，其氢氧化物可按照下列两种形式进行电离：



也就是说  $\text{E}-\text{O}$  和  $\text{O}-\text{H}$  都是极性键，都有因极性溶剂的作用而断裂的可能。对于某一元素的



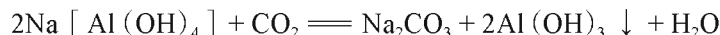
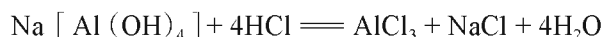
氢氧化物在水中究竟进行酸式电离还是碱式电离,要看 E—O 和 O—H 两个键的相对强弱。若 E—O 键较弱时,就进行碱式电离;若 O—H 键较弱时,就进行酸式电离。而这两个键的相对强弱,决定于该元素离子 ( $E^{n+}$ ) 和氢离子 ( $H^+$ ) 对氧离子 ( $O^{2-}$ ) 的吸引力的相对强弱。其中,  $n$  表示该元素离子的正电荷数。如果  $E^{n+}$  对  $O^{2-}$  的吸引力强,则 O—H 键断裂,即酸式电离的趋势大;如果  $H^+$  对  $O^{2-}$  的吸引力强,则 E—O 键断裂,即碱式电离的趋势大。从静电引力考虑,  $E^{n+}$  对  $O^{2-}$  的吸引力的大小,跟元素的离子半径及电荷数有关。一般来说,元素的离子半径愈小,离子的正电荷数愈大,那么  $E^{n+}$  对  $O^{2-}$  的吸引力愈强,就呈酸式电离;反之,吸引力弱,呈碱式电离。如果离子半径较小(不是很小),离子电荷数较大(不是很大)时, E—O 键和 O—H 键的相对强弱接近相等,即  $E^{n+}$  和  $H^+$  对  $O^{2-}$  的吸引力接近相等,这时 EOH 就既可能呈酸式电离又可能呈碱式电离,这就是两性氢氧化物在水溶液里发生两种形式电离的原因。

此外,由于铝原子的价电子数少于价电子层轨道数,所以有空轨道,可以形成受电子配位键。因此,  $Al(OH)_3$  在水溶液中的酸式电离过程,严格地讲,不是失去  $H^+$  而是加上一个  $OH^-$ , 其过程如下式表示:

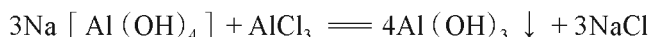


#### (2) 四羟基合铝酸钠的性质

四羟基合铝酸钠既可以与强酸反应,也可以与弱酸反应,但是得到的产物不同,这和氢氧化铝的性质密切相关。例如:



四羟基合铝酸钠还可以与铝盐发生反应,所得到的产物为氢氧化铝。例如:



#### 参考资料

- [1] 王颖霞. 元素周期表——填满 118 个元素之后 [J]. 中国科技词语, 2017, 19(2): 46-48.
- [2] 白雪松, 杜鹃, 宋春梅. 铝与人体健康的研究进展 [J]. 吉林医药学院学报, 2008(6): 355-357.
- [3] 赵二劳, 张晶. 铝制炊具中铝的溶出情况 [J]. 环境与健康杂志, 2007(12): 1006.
- [4] 刘超锋, 焦学瞬, 杨振如. 我国建筑物下水管道疏通剂的开发概况 [J]. 中国市政工程, 2006(1): 40-41.

## 六、教学设计

以下是本节第 2 课时的教学设计。

### 【设计说明】

在第 1 节“原子结构与元素性质”中,学生建构了“构—性”模型;在第 2 节“元素周期律和元素周期表”中,学生理解了元素周期律,并运用“构—性”模型对元素周期律进行了论证;在本节第 1 课时“研究同周期元素的性质”中,学生初步建构了“位—构—性”模型。





本课时,学生将系统应用“位—构—性”及“元素—物质”模型关联“位—构—性”及物质性质,同时完成对模型的精致。

本课时共包括系统预测碱金属元素的性质、系统预测并实验验证卤族元素的性质和认识陌生元素三个环节。为了在课堂上凸显模型应用和完善的过程,将“预测碱金属元素的性质”作为课前作业布置给学生。

本课时学生活动比较多样,需要课前做好“ $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  单质间氧化性的比较”分组实验的准备,还需要准备好分组讨论用的磁贴、白板、白板笔等。

### 【教学及评价目标】

1. 以卤族元素为例,了解同主族元素性质的递变规律。
2. 能利用元素在元素周期表中的位置和原子结构分析、比较碱金属、卤族元素及其化合物的性质。
3. 能利用原子结构解释卤族元素性质及其递变规律,并能结合实验及事实进行说明。
4. 应用“位—构—性”及“元素—物质”模型分析、解决问题,并将模型进一步完善。
5. 通过从原子结构角度论证碱金属、卤族元素性质递变规律的任务,诊断学生利用“构—性—位”认识模型分析解释、推论预测、解决问题的能力;通过运用实验事实论证碱金属、卤族元素性质递变规律的任务,诊断并发展学生关联元素性质与物质性质的能力。

### 【教学过程】

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)
环节一: 碱金属元素 的性质	<p>【任务】预测碱金属元素的性质。</p> <p>【追问】金属单质与水反应的剧烈程度增强,证明了什么?</p>	<p>【倾听】学生对碱金属元素性质预测的结果和思路。</p> <p>【展示】“位—构—性”模型“元素—物质”模型</p> <p>【小结】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原子结构、元素的性质、元素位置三要素之间的关联。</li> <li>2. 元素性质依托于含有该元素的各种物质的性质得以体现。</li> <li>3. 依据“价—类”二维图,选取最典型代表物及其性质。</li> </ol>	<p>【回答】完整地表述预测过程。</p> <p>【回答】单质的还原性增强(物质性质)、元素原子的失电子能力增强(元素性质)、核对最外层电子的引力减弱(结构变化)。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 探查学生“位—构—性”模型建构水平,根据学情,强化其中的某些要素或关联。</li> <li>2. 进一步发展“元素性质到物质性质”的认识模型。</li> <li>3. 强化调用“价—类”二维图选取物质的方法。</li> </ol>





(续表)

教学环节	驱动问题与任务	教师活动	学生活动	设计意图 (学生能力发展)
环节二： 卤族元素的 性质	<p>【任务】预测卤族元素性质的相似性和递变性，并从原子结构角度进行解释说明。</p> <p>【问题】你打算寻找哪些物质的性质为你的推测举证？依据是什么？</p> <p>【任务】根据所提供的试剂，设计实验，证明卤族元素单质氧化性的强弱。</p> <p>【追问】从实验中还能获得其他证据证明卤族元素原子得电子能力的强弱吗？说明原因。</p>	<p>【倾听】学生对卤族元素性质的相似性和递变性预测的结果及解释论证。</p> <p>【引导】利用单质之间的置换实验比较其氧化性强弱。</p> <p>【引导】卤素离子还原性强弱比较证据。</p> <p>【小结讲解】其他证据。</p>	<p>【小组活动】交流讨论，在白板上写出预测过程及依据。</p> <p>【小组活动】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 交流讨论实验方案。</li> <li>2. 实施实验并记录现象。</li> <li>3. 课堂汇报。</li> </ol> <p>【回答】从原子结构角度解释说明。</p>	综合应用认识模型学习卤族元素性质。
环节三： 认识陌生 元素	<p>【任务】头脑风暴：看谁能更多地列出对溴元素的认知，并说出依据。</p>	<p>【倾听】学生对溴元素的认知结果及依据。</p> <p>【评价】学生认识溴元素的角度及思路。</p>	<p>【回答】从溴的原子结构、溴元素在元素周期表中的位置、溴元素的性质和含有溴元素的物质及其性质的角度回答。</p>	初步综合应用认识模型预测陌生元素的性质。

## 【教学反思】

1. 关注学生运用“位—构—性”模型完整表述碱金属、卤族元素性质递变规律的逻辑过程，根据学生表述情况及时强化构成要素及其关联。
2. 设计多种学生活动（如实验、小组讨论、白板展示等），外显学生思维过程，促进学生深度学习的展开。
3. 运用“价—类”二维图，指导学生对“元素性质—物质性质”模型的认识，初步尝试预测陌生元素的性质。

教学设计者：北京市第三十五中学 李 懿



## 微项目 海带提碘与海水提溴—— 体验元素性质递变规律的实际应用

### 一、设计意图

海洋中蕴藏着丰富的化学资源，而开发利用海洋化学资源的核心任务是实现物质转化，因此，以海洋资源的开发利用为背景设计微项目，能够很好地实现化学教材必修第一册的元素化合物内容与本章内容的整合，促使学生基于元素周期律（表）对物质的性质、应用、转化的再认识。

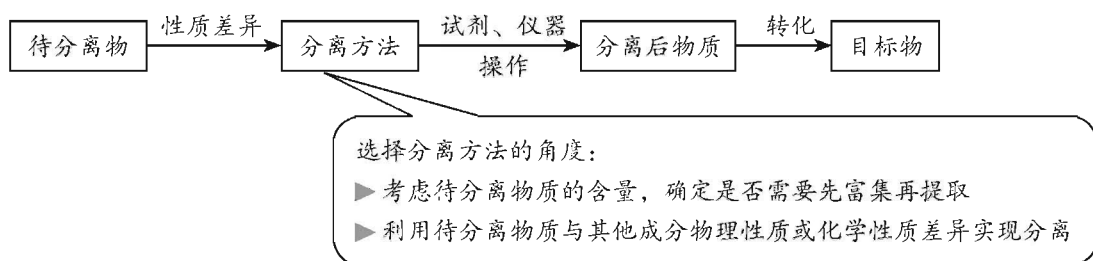
在进行具体项目设计时，将海洋中化学资源的开发利用进一步聚焦在海带提碘和海水提溴两个任务上的原因，主要有以下三个方面。一是单质溴、单质碘的提取过程中，一定会涉及氧化还原反应，在设计提取过程的物质转化路径时会面临氧化剂或还原剂的选择问题，这就需要从“强弱比较”的视角认识物质性质。这一视角正是元素周期律（表）学习后对物质性质认识的发展。二是氯、溴、碘是同主族元素，但获得它们的单质的方法不同，其原因与三种元素性质的递变规律密切相关。从溴、碘单质的提取拓展到氯、溴、碘单质的提取方法的比较，能够较好地体现元素周期律（表）在物质转化、制备中的应用。三是海带提碘、海水提溴均是从复杂体系中提取物质，以它们为载体设计微项目，能够进一步发展学生对物质分离提纯的认识，完善物质分类提纯类实验问题的问题解决思路。因此，海带提碘与海水提溴微项目的实施，对于促进学生“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”和“科学探究与创新意识”化学学科核心素养的培养具有积极作用。

### 二、本体分析

从本体来看，“如何提取复杂体系中的微量物质，去除复杂体系中的多种杂质”“如何选取恰当的方法和试剂实现物质转化”是这个微项目问题解决的两个关键点。

海水中的溴元素、海带中的碘元素均存在于一个复杂体系中，其中含有多种杂质。因此，用“除杂”的思路逐一去除杂质获得纯净的单质溴和单质碘是不现实的，而只能用“提取”的思路，将其从复杂体系中提取出来。将溴、碘元素从复杂体系中提取出来，需要考虑海水中的溴元素、海带中的碘元素的存在形态，以及进行组分中物质的性质分析，选取  $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$  不同于其他离子的性质实现转化、提取。此外，海水中的溴元素、海带中的碘元素的含量都不高，如何将其富集也是完成本项目任务需要考虑的问题。总体来看，在完成海水提溴和海带提碘任务时，需要依据以下思路设计具体的物质分离、提纯路线。

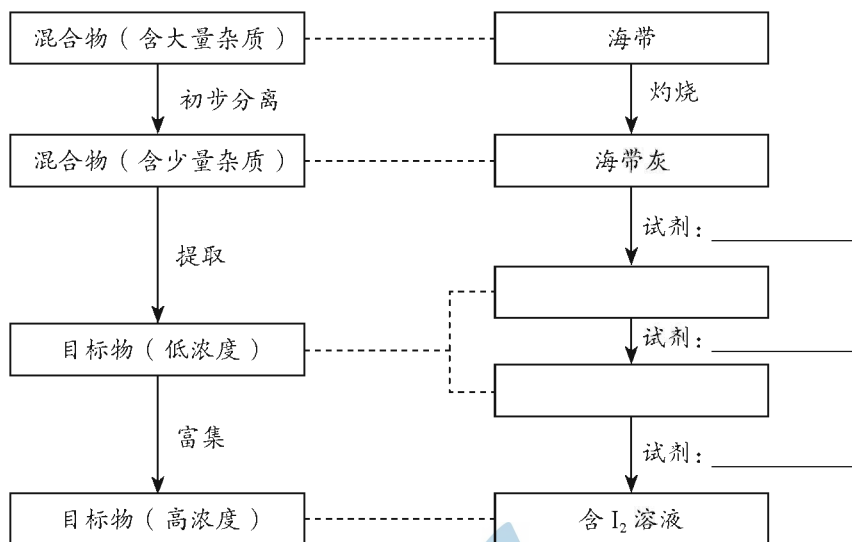




选取恰当的方法和试剂实现物质转化主要体现了元素周期律（表）的应用。在选择分离方法时，通过比较氯、溴、碘元素原子的得电子能力强弱，可知  $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$  失电子能力均强于  $\text{Cl}^-$ ，可以通过选择合适的氧化剂，利用氧化还原反应将其转化为单质进行提取。在选择所用的具体试剂时，则需要将备选的氧化剂的氧化性与  $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的氧化性进行强弱比较，选择氧化性强于  $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的物质作为氧化剂。依据氯、溴、碘三种元素在元素周期表中的位置，可知氯气的氧化性强于单质溴和单质碘，因此可以选择氯气做氧化剂。由此可见，元素周期律（表）在物质分离提纯中的作用主要表现在基于元素周期律（表）对物质性质（如氧化性、还原性、酸碱性等）进行对比分析，依据分离目的选择、优化分离提纯试剂。

### 三、实施建议

1. 海带提碘是本微项目的第1个项目活动。在实施“设计从海带灰中提取碘单质的实验流程”这一任务时，为了帮助学生尽快找到思考的切入点，也为了任务完成后便于提炼物质分离提纯的思路方法，可以为学生提供相应的方法导引。例如，下图所示即为一种提供方法导引的方式，左边是实现复杂体系中含量较低物质分离的基本思路，其中包括了提取和富集两个完成该任务的关键点。



2. 将信息技术引入化学课堂，提高课堂教学效率。可以利用平板电脑为学生提供丰富的学习资源，如海水和海带中各种元素的含量，工业上提溴、提碘的方法，模拟从海水中直接提取溴单质



的实验等,促进学生不断深入思考,优化分离提纯方案。例如,学生通过海水中各种元素含量的分析,可以发现海水提溴任务不同于粗盐提纯,需要转换思路;通过向模拟海水中加入氯水提取溴单质的实验,发现并没有得到预期的橙黄色溶液,进而发现  $\text{Br}^-$  含量低影响提取效果这一问题,将任务解决的关键点转向“如何富集”上。另外,还可以利用平板电脑增强师生互动和生生互动。例如,学生用平板电脑将设计方案、实验现象拍照上传,其他小组的同学可以浏览、评价,教师也便于及时发现学生的问题。

3. 在项目活动实施过程中以及实施后的总结活动中,一定要牢牢抓住“如何实现复杂体系中低含量物质的分离提纯”和“元素周期律(表)在实现物质转化中的应用”两条线索,避免陷入具体项目任务解决活动中的“就事论事”;也要避免仅关注物质分离提纯,忽视了进一步发展学生对元素周期律(表)应用价值的认识。

#### 四、实施案例

实施过程	活动内容	活动意图 (与本章知识、素养的关系)	教师准备 (活动形式的设计、素材的准备、对学生要说明的活动要求)																																																						
课前活动	<p>【完成课前预习学案】</p> <p>1. 结合资料“海水中主要元素的含量”和“1 000 g 海水化学组成示意图”，简要分析从海水中可以获得哪些产品。</p> <p>2. 如果你是工程师，你最想开发哪种产品的生产工艺？简述理由。</p> <p>3. 你认为最具挑战性的产品生产工艺是哪种？简述理由，并尝试设计提取方案，以流程图形式呈现</p> <p>4. 你认为从海水中获得产品的过程中可能会遇到哪些困难？</p>	<p>【评价任务1】诊断学生已有的对“从资源到产品”的认识角度和认识水平（感性—理性；定性—半定量）。</p>	<p>活动形式：开放思考题。</p> <p>搜集海水资源的相关资料：</p> <p>海水中主要元素的含量</p> <table><thead><tr><th>元素</th><th>浓度 (mg/L)</th><th>元素</th><th>浓度 (mg/L)</th><th>元素</th><th>浓度 (mg/L)</th></tr></thead><tbody><tr><td>锂 Li</td><td>0.17</td><td>钴 Co</td><td>0.000 5</td><td>碘 I</td><td>0.06</td></tr><tr><td>硼 B</td><td>4.6</td><td>镍 Ni</td><td>0.002</td><td>铯 Cs</td><td>0.000 5</td></tr><tr><td>钠 Na</td><td>10 777</td><td>溴 Br</td><td>67</td><td>钡 Ba</td><td>0.03</td></tr><tr><td>镁 Mg</td><td>1 290</td><td>铷 Rb</td><td>0.12</td><td>金 Au</td><td>0.000 004</td></tr><tr><td>硫 S</td><td>885</td><td>锶 Sr</td><td>8</td><td>汞 Hg</td><td>0.000 03</td></tr><tr><td>氯 Cl</td><td>19 350</td><td>钼 Mo</td><td>0.01</td><td>铀 U</td><td>0.003</td></tr><tr><td>钾 K</td><td>380</td><td>银 Ag</td><td>0.000 04</td><td></td><td></td></tr><tr><td>钙 Ca</td><td>400</td><td>镉 Cd</td><td>0.000 11</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <p>1 000g 海水化学组成示意图</p>	元素	浓度 (mg/L)	元素	浓度 (mg/L)	元素	浓度 (mg/L)	锂 Li	0.17	钴 Co	0.000 5	碘 I	0.06	硼 B	4.6	镍 Ni	0.002	铯 Cs	0.000 5	钠 Na	10 777	溴 Br	67	钡 Ba	0.03	镁 Mg	1 290	铷 Rb	0.12	金 Au	0.000 004	硫 S	885	锶 Sr	8	汞 Hg	0.000 03	氯 Cl	19 350	钼 Mo	0.01	铀 U	0.003	钾 K	380	银 Ag	0.000 04			钙 Ca	400	镉 Cd	0.000 11		
	元素	浓度 (mg/L)	元素	浓度 (mg/L)	元素	浓度 (mg/L)																																																			
锂 Li	0.17	钴 Co	0.000 5	碘 I	0.06																																																				
硼 B	4.6	镍 Ni	0.002	铯 Cs	0.000 5																																																				
钠 Na	10 777	溴 Br	67	钡 Ba	0.03																																																				
镁 Mg	1 290	铷 Rb	0.12	金 Au	0.000 004																																																				
硫 S	885	锶 Sr	8	汞 Hg	0.000 03																																																				
氯 Cl	19 350	钼 Mo	0.01	铀 U	0.003																																																				
钾 K	380	银 Ag	0.000 04																																																						
钙 Ca	400	镉 Cd	0.000 11																																																						



(续表)

实施过程	活动内容	活动意图 (与本章知识、素养的关系)	教师准备 (活动形式的设计、素材的准备、对学生要说明的活动要求)
项目引导	<p>课堂展示学生的预习答案,并借助平板电脑客观题出题,学生作答,快速呈现学生的答案分布。教师针对其中的答案追问理由。</p> <p>(1)如果你是工程师,你最想开发哪种产品的生产工艺?简述理由。</p> <p>A. 海水晒盐      B. 海水淡化 C. 海水提溴      D. 海水提镁 E. 其他</p> <p>(2)你认为最具挑战性的产品生产工艺是哪种?简述理由。</p> <p>A. 海水晒盐      B. 海水淡化 C. 海水提溴      D. 海水提镁 E. 其他</p>	<p>引导学生初步梳理从资源到产品的整体认识角度(含量/杂质)。</p> <p>相关素养——“宏观辨识与微观探析”。</p>	<p>活动形式:单选题。</p> <p>准备平板电脑等电子设备的调试。</p> <p>活动指导语:从月球上看地球,它是一个美丽的蓝色星球,海水资源是地球上非常广阔、丰富的宝贵资源。从海水中可以获得哪些产品呢?</p>
活动1	<p>【理论设计提溴方案】以小组为单位,利用所学知识设计海水提溴方案,以流程图形式呈现,并用平板电脑拍照上传。</p> <p>流程图:物质1 <math>\xrightarrow[\text{操作1}]{\text{试剂1}}</math> 物质2 <math>\xrightarrow[\text{操作2}]{\text{试剂2}}</math> 物质3……</p>	【评价任务2】诊断并发展学生已有的对“从 $\text{Br}^-$ 到 $\text{Br}_2$ ”的认识角度和认识水平(感性—理性;定性—定量)。	<p>活动形式:主观开放题。</p> <p>搜集资料:</p> <p>资料卡片“溴单质的性质”</p> <p>溴单质是有挥发性的红棕色液体,熔点为<math>-7.2^\circ\text{C}</math>,沸点为<math>58.76^\circ\text{C}</math>。溴单质可溶于水,易溶于有机溶剂,且在有机溶剂中的溶解度比在水中的溶解度大得多。溴单质溶于乙醇、四氯化碳、苯等溶剂中,所生成溶液的颜色随溴的浓度的增加而逐渐加深:从黄色到棕红色。</p>
活动前指导	地球上99%的溴元素以 $\text{Br}^-$ 的形式存在于海水中,因此溴也被称为海洋元素。请结合资料卡片,利用所学知识设计从海水中提取溴单质的方案。要求:以流程图形式呈现。	引导学生关注溴元素转化的始态、终态。	<p>资料卡片“四氯化碳的性质”</p> <p>四氯化碳是一种无色、有毒、易挥发的液体,是良好的有机溶剂,能溶解卤素单质、脂肪、油漆等多种物质。四氯化碳的密度大于水,沸点为<math>76.8^\circ\text{C}</math>。</p>
活动过程	<p>小组内讨论、设计海水提溴方案,在学案上书写流程图。</p> <p>教师追问个别小组方案设计理由,引导学生完善方案。</p> <p>教师指导学生用平板电脑拍照上传方案。</p>		





(续表)

实施过程	活动内容	活动意图 (与本章知识、素养的关系)	教师准备 (活动形式的设计、素材的准备、对学生要说明的活动要求)
交流与评价 (可选)	<p>教师用平板电脑分享2~3个学生设计的典型方案给学生端平板电脑,让学生对比分析方案的相同点、不同点。</p> <p>学生发表对几个方案的评价,教师适时追问,并板书学生方案的共同和不同之处。</p> <p>教师小结1: 解决实际问题时,资源的成分很复杂,很难将杂质逐一除去,我们一般采取直接提取的方式,通过转化,以利用产物与杂质的性质差异将其提取出来。</p> <p>板书设计: 海水资源的综合利用</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>教师小结2: 选取试剂时,不仅要考虑选择具有氧化性的物质,还要考虑该试剂的氧化性应强于溴单质;可以利用元素性质递变规律在元素周期表中寻找氧化性强于溴单质的氧化剂。</p>	引导学生建立分析、评价理论方案的基本角度。	<p>明确学生活动要求:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以流程图形式在学案上呈现方案,并用平板电脑拍照上传。</li> <li>2. 分析几个典型方案的相同点与不同点是什么,思考认同什么与质疑什么。</li> <li>3. 设计流程图时,选取试剂的关注点是什么?是如何考虑的?</li> </ol>
活动2	<p>【实验室模拟海水提溴】</p> <p>针对理论方案不同点的质疑,学生利用平板电脑观看实验视频1“模拟直接用海水提取溴”。</p> <p>学生观看视频,通过观察实验现象获得结论,并进行原因分析。</p> <p>基于实验视频1的证据和分析,修正海水提溴方案(替换为以浓缩海水——苦卤水为原料)。</p> <p>利用所给试剂,分小组进行实验室模拟海水提溴。</p> <p>教师指导小组的实验过程并适时追问。</p>	【评价任务3】诊断并发展学生对海水提溴方案的实现——实验模拟的认识角度和水平(定性—半定量;转化—分离提纯;实验室—工业)	<p>活动形式: 实验探究。</p> <p>实验视频1录制: 模拟直接用海水(<math>\text{Br}^-: 0.0672 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}</math>)提取溴。</p> <p>学生实验药品准备: 模拟苦卤水(<math>\text{Br}^-: 3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}</math>)、新制氯水、酸性<math>\text{KMnO}_4</math>溶液、四氯化碳。</p> <p>活动指导语:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通过实验视频你得到什么结论? 证据是什么? 可能的原因是什么?</li> </ol>



(续表)

实施过程	活动内容	活动意图 (与本章知识、素养的关系)	教师准备 (活动形式的设计、素材的准备、对学生要说明的活动要求)
活动 2	<p>动态分享学生平板电脑的屏幕,让某组学生分享实验过程的照片,描述现象,获得结论。</p> <p>教师小结:实际资源中目标元素含量低,往往需要进行浓缩即浓缩目标元素。</p> <p>板书:富集</p> <p>学生利用平板电脑观看实验视频 2“模拟蒸馏溴水”。</p> <p>学生通过观察实验现象获得结论,并进行原因分析。</p> <p>基于实验视频 2 的证据和分析,再次修正海水提溴方案(需要将溴水再次浓缩)。</p>	<p>相关素养——“科学探究与创新意识”“证据推理与模型认知”。</p>	<p>2. 换成苦卤水,是否就可以成功呢?请学生利用苦卤水进行分组实验。要求:用平板电脑拍照记录实验过程,并将现象整理在学案上。提示:为使反应完全需要充分振荡;以白纸为背景拍照效果更好。</p> <p>3. 同学们的实验结果是否达到了目的,即获得了溴单质?若没有,如何进一步修正方案?(蒸馏 <math>\text{Br}_2</math> 的 <math>\text{CCl}_4</math> 溶液,二者沸点接近且 <math>\text{CCl}_4</math> 有毒,替换为直接蒸馏溴水)</p>
活动 3	<p>【评析海水提溴工业工艺】</p> <p>学生利用平板电脑观看实验视频 3“热空气吹出”。</p> <p>小组讨论:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工业工艺中哪几步操作与富集溴元素有关?请在流程图中标出。</li> <li>2. 结合化学用语简述富集原理。用平板电脑将学案拍照上传。</li> </ol> <p>教师与个别小组进行深度交流。</p> <p>学生讨论、书写化学用语,并拍照上传。</p> <p>教师分享 1~2 个小组的讨论结果。</p> <p>通过评析工业工艺流程,引导学生感受到化学工业生产的复杂性,初步学会从化学的角度分析从资源到产品的转化途径,建立评析工业工艺的基本角度。</p>	<p>【评价任务 4】诊断并发展学生对“工业上从资源到产品”的认识角度和水平。</p> <p>相关素养——“变化观念与平衡思想”。</p>	<p>活动形式:研讨、交流。</p> <p>素材搜集:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工业上提取溴工艺</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 热空气吹出虚拟动画</li> </ol>



(续表)

实施过程	活动内容	活动意图 (与本章知识、素养的关系)	教师准备 (活动形式的设计、素材的准备、对学生要说明的活动要求)
项目成果展示与总结	<p>【头脑风暴】</p> <p>你认为相比实验室方案，工业上从资源到产品，还需要关注什么问题？请用关键词描述。</p> <p>以讨论题的形式，让全班学生踊跃发言。</p> <p>针对学生的发言，梳理“工业上从资源到产品”的基本认识角度和一般思路，发展学生对“从资源到产品”的认识，体会化学在资源开发利用中发挥的重要价值。</p>	<p>诊断并发展学生对化学价值的认识水平(学科价值视角、社会价值视角、学科和社会价值视角)。</p> <p>相关素养——“科学态度与社会责任”。</p>	活动形式：讨论题。
课后拓展 (可选)	课后思考：设计方案从海带中提取碘单质。	提升学生解决真实问题的能力。	搜集资料：海带提碘的工艺。

### 实施片段实录

#### 【活动1：理论设计提溴方案】

师：地球上99%的溴元素以  $\text{Br}^-$  的形式存在海水中，因此溴也被称为海洋元素。请结合资料卡片，利用所学知识设计从海水中提取溴单质的方案，要求以流程图的形式呈现。

(学生小组讨论，完成方案，拍照上传)

师：经过讨论，同学们设计了多种方案，我选取三个典型方案依次分享给大家，请对比分析这三个方案的相同点和不同点，并说明你认同什么与质疑什么。

生1：相同点都加入了氯气或酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液，将  $\text{Br}^-$  氧化为  $\text{Br}_2$ 。

师：你认为这一步有必要吗？价值是什么？

生1：有必要，加入氧化剂实现溴元素价态的转化，其价值就是转化。

师：还有其他的价值吗？或者说，为什么要进行转化？解决了什么挑战性问题？

生1：转化后，溴元素就更易分离了，解决了除杂的问题。

师：很好。解决实际问题时，资源的成分很复杂，很难将杂质逐一除去，我们一般采取直接提取的方式。而转化的目的是为了利用产物与杂质的性质差异实现分离提纯。除了共同点，有什么不同点？你是否认同？

生2：不同点是有的进行了煮沸，有的没有。我认为没有必要进行煮沸，因为损耗能量，增加了成本。

师：说得很有道理。还有其他同学有不同意见吗？



生3：我认为有必要进行煮沸，海水中溴元素含量太低了，有可能需要浓缩。

师：同学们的想法都很有道理，那到底能不能直接用海水提取溴呢？请打开平板电脑看视频1。

### 学生表现与常见问题分析

小组设计方案时，主要存在以下问题：

- (1) 少部分学生直接加入四氯化碳提取溴元素，没有关注到始态与终态的价态差异。
- (2) 少部分学生先加入一些沉淀剂除去海水杂质，再加入氧化剂进行提溴。
- (3) 相当一部分学生的设计只到  $\text{Br}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液，未实现提取溴单质的目的。
- (4) 少部分学生认为通入氯气会将  $\text{Br}^-$  和含量很低的  $\text{I}^-$  同时氧化，造成产物有杂质。

评价不同设计方案时，主要存在以下问题：

- (1) 关注物质转化，但对物质转化的价值认识不到位。
- (2) 对资源的复杂性认识不到位，关注含量、杂质等不够，缺失处理资源的基本认识角度。

归因：

- (1) 对于必修第一册教材中元素及其化合物的知识学习间隔久，学生遗忘严重。
- (2) 个别学生对元素及其化合物知识的掌握不到位，对元素存在不同形态的认识不够，对物质的氧化性/还原性强弱受浓度影响的认识不够。
- (3) 欠缺解决真实复杂问题的能力。

### 参考资料

- [1] 苏志川, 王朝乾. 海水提溴工艺中酸化氧化技术研究[J]. 盐业与化工, 2014, 43(9): 36-38.
- [2] 李萌. 海水提溴技术的研究与发展[J]. 盐业与化工, 2014, 43(11): 1-4.

教学设计者：北京航空航天大学实验学校 孟青蕊





## ● ● 本章自我评价 ● ●

## (一) 习题编码

## 原子结构

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
A1 辨识记忆	能说出构成原子的微粒的种类、质量、电性、在原子内部的位置及核外电子排布规则；能用语言或图示描述质子数、中子数、质量数、核外电子数之间的关系（不涉及性质）；能辨识原子符号（ ${}^A_Z\text{X}$ ），能画出 1 ~ 20 号元素的原子、离子的结构示意图	1, 2
A3 说明论证	能利用原子结构说明元素性质的相似性和递变性（如碱金属和卤族元素）	
B1 分析解释	能利用原子结构分析解释陌生元素的性质（如碱土金属和氧族元素）	
B2 推论预测	能根据信息推测陌生元素的原子结构，能根据元素原子的核外电子排布特征推测或比较典型陌生元素及其性质，能判断陌生元素的种类、核素的种类、同位素	

## 元素周期律和元素周期表

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
A1 辨识记忆	能识别元素周期表的基本结构（周期和族），能识别 1 ~ 20 号元素在元素周期表中的位置，能说出元素周期律的基本内容（随着原子序数的递增，元素性质呈现周期性变化），知道原子核外电子排布的周期性变化决定了元素性质周期性变化	
A2 概括关联	能叙述 I A 族，VII A 族和第 3 周期元素的原子结构、元素在元素周期表中的位置（周期、族）、元素性质三者之间的关系，能基于 1 ~ 20 号元素的原子结构、元素相关物质的化学性质等已知信息，归纳总结出原子结构及元素性质（如半径变化、化合价、原子得失电子的能力）的周期性变化规律，能基于“位—构—性”认识模型概括对熟悉元素的相关认识	3 (1), 4
A3 说明论证	能利用原子结构理论说明论证元素性质	3 (2)
B1 分析解释	能以具体元素为例，分析解释原子结构、元素在元素周期表中的位置、元素性质之间的关系，能基于原子结构分析解释元素性质、物质（单质）性质的相似性和递变性	6 (2), 7





(续表)

学习表现指标	学习表现指标描述	题目序号
B2 推论预测	典型主族元素在元素周期表中的位置、原子结构、元素性质之间的相互推导	5, 6 (1) (3), 8
C1 复杂推理	能在陌生复杂信息的情境下基于元素周期律(表)系统推测未知元素及相关物质的性质(基于提供的信息推测部分性质,进而推测在元素周期表中的位置,进而系统推测性质)	9, 10
C2 系统研究	能根据元素在元素周期表中的位置预测并设计方案探究或验证元素及其物质的性质(独立设计完整实验方案)	11

## (二) 习题答案

### 【学习·理解】

1. (1) CD

(2) 60 28

2. (1) 6

(2)  ${}^6_3\text{Li}$   ${}^7_3\text{Li}$ (3)  ${}^{14}_6\text{C}$   ${}^{14}_7\text{N}$ 

3. (1) CD

(2) 结论1: 同周期主族元素从左到右元素原子电子层数相同, 核电荷数逐渐增大, 原子半径逐渐减小, 原子核对最外层电子的吸引作用逐渐增强, 所以元素原子失电子能力越来越弱。

结论2: 同主族元素从上到下元素原子电子层数依次增多, 原子半径逐渐增大, 原子核对最外层电子的吸引作用逐渐减弱, 所以元素原子失电子能力越来越强。

4. 略

### 【应用·实践】

5. CD

6. (1) F Na

(2) 氯原子和硫原子的电子层数相同, 氯原子的核电荷数比硫原子大, 原子半径比硫小, 原子核吸引最外层电子的能力比硫强, 其得电子能力比硫强

(3)  $\text{As}^{3-}$   $\text{Br}^-$   $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\text{H}_3\text{PO}_4$   $\text{H}_3\text{AsO}_4$ 

7. (1) BC

(2) 湿润的淀粉碘化钾试纸变蓝

(3) 氯原子和碘原子的最外层电子数相同, 氯原子半径比碘原子半径小, 氯原子对最外层电子的吸引力比碘原子强, 相对其得电子的能力也比碘原子强, 所以氯气的氧化性强于碘单质

8. (1) H C N O S

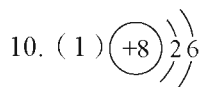
(2)





## 【迁移·创新】

9. 第4周期ⅣA族



(2) Na CD

11. (1) 研究同周期元素性质递变规律 (其他合理答案均可)

(2) 试管 胶头滴管 烧杯

(3)

实验步骤	实验现象	化学方程式
①	B	$\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$
②	F	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{S} \downarrow$
③	A	$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$
④	C	$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
⑤	D	$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$
⑥	E	$\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

(4) 从左到右同周期主族元素原子的失电子能力逐渐减弱, 得电子能力逐渐增强 (其他合理答案均可)

(5) 从左到右同周期主族元素原子核电荷数依次增大, 原子核对最外层电子的吸引能力依次增强, 所以失电子能力逐渐减弱, 得电子能力逐渐增强 (其他合理答案均可)

(6) 略

## (三) 典型习题分析

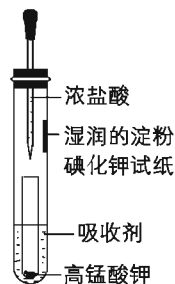
一位同学设计了一套用浓盐酸和高锰酸钾固体制取少量氯气并能比较氯气与碘单质氧化性强弱的微型装置, 如图所示。

(1) 下列溶液中, 能吸收氯气的是 ( )。

- A. 饱和食盐水      B. 饱和  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液  
C. 饱和  $\text{NaOH}$  溶液      D. 浓硫酸

(2) 能说明氯气的氧化性强于碘单质的实验现象是\_\_\_\_\_。

(3) 请用原子结构的知识解释氯气的氧化性强于碘单质的原因: \_\_\_\_\_。





### 习题目标

进一步复习巩固氯气的性质、物质的氧化性和还原性的强弱比较以及本章学习的元素周期表的实际应用。

具体的练习目标包括：能用氯气的性质判断能吸收氯气的物质，理解实验装置图想要表达的实验意图，能说明氯气的氧化性强于碘单质的实验现象；能利用原子结构知识对氯气和碘单质的氧化性强弱进行比较，巩固提升运用元素周期律解释同主族元素性质递变规律的能力。

### 情境载体

本题以氯气的实验室制法为情境载体，促进对氯气的性质、氯气与单质碘的氧化性比较等知识点的掌握，提高运用元素周期律分析问题、解决问题的能力，并能对必修第一册教材中的元素及其化合物的知识进行整合。

### 问题任务

第(1)题：培养利用氯及其化合物的性质解决实验问题的能力，具体地说，主要是氯气与碱溶液反应的性质以及氯气与亚硫酸钠反应的原理的应用，包括基于氧化性和还原性对氯气与亚硫酸钠的反应进行分析。

第(2)题：主要分析实验装置的作用及反应原理，根据物质性质递变规律对实验现象作出正确判断。

第(3)题：运用本章所学习的规律对物质性质进行解释，提升说明解释的表达能力。

### 学科思维

利用元素及其化合物知识及元素周期律对有关化学问题进行分析。

第(1)题：属于对必修第一册学习内容的直接运用与提升，运用氯及其化合物知识对A、C、D选项作出判断；对于B选项，需要再结合亚硫酸盐的还原性，对氯气与二氧化硫的反应知识进行迁移应用。

第(2)题：需要运用卤族元素性质递变规律的相关知识进行推断。

第(3)题：要求能够较熟练地运用原子结构与元素性质的关系分析、解决问题，即利用原子结构、元素周期律对元素及其化合物的性质进行解释，形成分析、解决问题的思路与方法。

### 易错分析

第(1)题：容易漏选B。学生虽然对氯气与亚硫酸钠的反应可能不熟悉，但学习过氯气的氧化性以及 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_3$ 等的还原性，因此适当运用这些知识迁移应用到氯气与亚硫酸钠的反应，才能合理分析B选项。为此，教师可在习题教学中，引导学生基于化合价分析这些相关物质的氧化性、还原性。

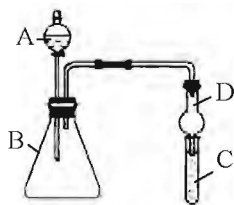
第(2)题：如果学生对卤族元素性质递变规律及碘单质的性质掌握得不牢固，则容易出现不知如何回答的现象。关于碘单质的性质，教师应要求学生加强记忆；对于卤族元素性质递变规律，教师应要求学生进一步建构“位—构—性”关系模型，从根本上解决问题。

第(3)题：学生往往不能准确理解题目要求，从而出现答非所问的现象，这就需要教师加强对“位—构—性”关系模型建立及应用的教学。



## 变式题例

某课外活动小组利用下图装置验证碳和硅元素原子得失电子能力的强弱变化规律。



(1) 仪器 B 的名称为 \_\_\_\_\_, 干燥管 D 的作用是防止 \_\_\_\_\_。

(2) 课外活动小组在 A 中加盐酸、B 中加  $\text{CaCO}_3$ 、C 中加  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液, 观察到 C 中溶液 \_\_\_\_\_。

(3) 请你利用原子结构知识解释这一现象: \_\_\_\_\_。

(4) 有的同学认为盐酸具有挥发性, 可进入 C 中干扰实验, 应在两装置间添加装有 \_\_\_\_\_ 的洗气瓶。

参考答案:

(1) 锥形瓶 倒吸

(2) 产生白色沉淀

(3) 在元素周期表中, 碳元素和硅元素在同一主族, 两种元素原子最外层电子数相同, 碳原子核外电子层数小于硅原子核外电子层数, 碳原子半径小于硅原子半径, 碳原子吸引电子能力强于硅原子, 碳元素最高价氧化物对应的水化物的酸性强于硅元素的

(4) 饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液

## 动手实践。

某同学探究同周期元素性质递变规律时, 自己设计了一套实验方案, 进行实验并记录了有关实验现象。

实验步骤	实验现象
① 将镁条用砂纸打磨后, 放入沸水中, 再向溶液中滴加少量酚酞溶液	A. 浮在水面上, 熔成小球, 做不定向运动, 随后消失, 溶液变成红色
② 向新制得的 $\text{Na}_2\text{S}$ 溶液中滴加新制的氯水	B. 有气体产生, 溶液变成浅红色
③ 将一小块金属钠放入滴有酚酞溶液的冷水中	C. 剧烈反应, 迅速产生大量无色气体
④ 将镁条放入稀盐酸中	D. 反应较快, 产生无色气体
⑤ 将铝条放入稀盐酸中	E. 生成白色胶状沉淀, 继而沉淀消失
⑥ 向 $\text{AlCl}_3$ 溶液中滴加 $\text{NaOH}$ 溶液至过量	F. 生成淡黄色沉淀

请帮助该同学整理并完成实验报告。

(1) 实验目的: \_\_\_\_\_。



## (2) 实验用品:

金属钠, 镁条, 铝条, 稀盐酸, 新制氯水, 新制  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液,  $\text{AlCl}_3$  溶液,  $\text{NaOH}$  溶液, 酚酞溶液等;

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 酒精灯, 试管夹, 镊子, 小刀, 玻璃片, 砂纸等。

## (3) 实验内容: (填写与实验步骤标号对应的实验现象的序号并写出相应反应的化学方程式)

实验步骤	实验现象	化学方程式
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		

## (4) 实验结论: \_\_\_\_\_。

## (5) 请用原子结构的知识简单解释上述结论。

## (6) 为探索同周期元素性质的递变规律, 你还能提出其他的可行性方案吗?

## 习题目标

促进对钠、镁、铝及其化合物性质的掌握, 熟练掌握相关反应的化学方程式的书写, 提升运用证据进行推理的能力; 进一步熟悉实验研究的思路: 从实验问题出发, 确定探究目的, 设计实验方案 (包括正确选择实验仪器和试剂、了解实验原理、掌握实验方法), 进行实验探究, 准确地观察和记录实验现象, 对实验结果进行处理并得出结论, 写出实验报告; 提升运用原子结构与元素性质之间的关系规律总结研究结论, 进一步构建“位—构—性”认识模型和元素及其化合物化学性质认识模型的能力。

## 情境载体

通过探究同周期元素性质递变规律的一系列实验, 具体地说, 就是设计了六个与钠、镁、铝及其化合物相关的化学实验, 要求以这些素材为基础, 通过判断实验现象、梳理化学方程式, 找出其与原子结构之间的关系规律。

本题也可根据实际条件改成实验探究课, 在实验室中完成。

## 问题任务

第(1)到(5)题: 熟悉实验目的的分析, 基于实验目的进行仪器的选取、实验方案的完善、实验现象的解释及实验结论的获取, 属于提升系统探究能力水平方面的习题。

第(6)题: 提升基于实验目的的实验方案设计能力, 属于提升系统探究能力方面的习题。





### 学科思维

第(1)题:能理解题干要求即可给出答案。

第(2)题:要对题干列举的六个实验逐个分析所需要的实验仪器,然后再汇总。

第(3)题:需要将实验现象与实验步骤一一对应,再书写反应的化学方程式。本小题和第(2)题都属于必修第一册中元素及其化合物知识体系的深化与运用。

第(4)题:能从实验现象中归纳出一般规律。

第(5)题:利用本章所学的原理解释前述结论,需要利用本章建构的“位—构—性”认识模型,用原子结构理论解释元素性质规律性变化的内在原因。

第(6)题:拓展性联系,需要将所学的方法进行拓展性提高,能根据要求设计探究方案。在核心能力要求上属于系统探究能力要求。

### 易错分析

第(2)题:学生容易出现少写或写错所需仪器的问题。

出现这种情况的主要原因多是对实验操作不熟悉,知识掌握不牢固。《课程标准》中明确将部分重要的实验确定为学生必做实验,认真安排学生做这些必做实验,则能避免学生在类似的习题或试题上出现这类错误。

第(3)题:对于化学方程式,学生有可能忘记或写得不准确。

这些化学方程式都是初三以及高一第一学期学过的,按照遗忘规律,学生出现少量遗忘现象是正常的。本章教材第3节的第三部分,以硅及其化合物的性质梳理总结为例,指导学生利用元素周期律对元素及其化合物的性质进行梳理总结。像这样,适当地让学生将以前学习的元素及其化合物的知识系统地进行梳理汇总,建立完善的思维导图或关系树,可以帮助学生进一步复习巩固这部分内容。

第(6)题:需要学生具有一定的系统探究能力,还需要学生对其他元素及其化合物有系统的了解,这两方面如果有欠缺都可能造成学生提出的方案出现错误。对此,需要教师针对学生的错误仔细分析,帮助学生提高相关能力,并且安排适当的变式训练。

### 变式题例

在学习了元素周期律的应用后,某同学设计了如下实验。

实验药品:NaBr 溶液、KI 溶液、氯水、溴水、碘水、四氯化碳、淀粉碘化钾试纸。

实验步骤	实验现象	化学方程式
① NaBr 溶液 + 氯水 + 1 mL 四氯化碳,振荡,静置,观察四氯化碳层的颜色		
② KI 溶液 + 氯水 + 1 mL 四氯化碳,振荡,静置,观察四氯化碳层的颜色		
③ 将溴水滴在淀粉碘化钾试纸上,观察试纸是否变蓝色		



请回答：

- (1) 该实验的目的是\_\_\_\_\_。
- (2) 完成该实验需用到的实验仪器是\_\_\_\_\_。
- (3) 填写表格中的实验现象和对应的化学方程式。
- (4) 请用原子结构理论解释该实验的结论：\_\_\_\_\_。

参考答案：

- (1) 探究同主族元素的性质递变规律（或探究卤族元素的性质递变规律）
- (2) 试管、胶头滴管
- (3)

实验现象	化学方程式
四氯化碳层呈橙黄色	$2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$
四氯化碳层呈紫色	$2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$
淀粉碘化钾试纸变蓝	$2\text{KI} + \text{Br}_2 = 2\text{KBr} + \text{I}_2$

(4) 氯、溴、碘元素位于元素周期表中的同一主族，三种元素原子的最外层电子数相同，因此随着核外电子层数的依次增加，原子半径依次增加，元素原子吸引电子的能力依次减弱

