

普通高中

化学

HUA XUE

教学参考资料

必修
第一册

上海科学技术出版社

普通高中

化 学

教学参考资料

必修 第一册

上海科学技术出版社

主 编：麻生明 陈 寅

副 主 编：占小红

编写人员：（以姓氏笔画为序）

刘丽君 刘瑞婷 李锋云 余方喜 陆晨刚

陆惠莲 陈雪莹 范汝广 姚秋平

图书在版编目（C I P）数据

普通高中化学教学参考资料：必修. 第一册 / 上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写；麻生明，陈寅主编. -- 上海：上海科学技术出版社，2021.8 (2025.7 重印)
ISBN 978-7-5478-5368-9

I. ①普… II. ①上… ②麻… ③陈… III. ①中学化学课—高中—教学参考资料 IV. ①G633.83

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第106169号

责任编辑：胡恺岩

封面设计：诸梦婷

普通高中 化学教学参考资料 必修 第一册

上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写

出 版 上海世纪出版（集团）有限公司 上海科学技术出版社

（上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F-10F 邮政编码 201101）

发 行 上海新华书店

印 刷 上海中华印刷有限公司

版 次 2021 年 8 月第 1 版

印 次 2025 年 7 月第 5 次

开 本 890 毫米 × 1240 毫米 1/16

印 张 15

字 数 384 千字

书 号 ISBN 978-7-5478-5368-9/G · 1056

定 价 45.00 元

• 目 录 •

第1章 化学研究的天地	1
本章概述	1
1.1 物质的分类	5
1.2 物质的量	14
1.3 化学中常用的实验方法	21
本章教学案例	33
本章教学问题讨论与教学资源链接	41
本章习题分析与答案	50
第2章 海洋中的卤素资源	52
本章概述	52
2.1 海水中的氯	56
2.2 氧化还原反应和离子反应	66
2.3 溴和碘的提取	77
本章教学案例	84
本章教学问题讨论与教学资源链接	93
本章习题分析与答案	102
第3章 硫、氮及其循环	105
本章概述	105
3.1 硫及其重要化合物	109
3.2 氮及其重要化合物	118
3.3 硫循环和氮循环	126
本章教学案例	135
本章教学问题讨论与教学资源链接	149
本章习题分析与答案	159

第4章 原子结构和化学键 162

本章概述	162
4.1 元素周期表和元素周期律	165
4.2 原子结构	177
4.3 核外电子排布	185
4.4 化学键	191
本章教学案例	197
本章教学问题讨论与教学资源链接	208
本章习题分析与答案	215

《化学练习部分》参考答案 218

第1章 化学研究的天地

本 章 概 述

► 本章地位和内容结构

一、本章地位

实验是化学研究的重要手段。要让学生学好化学，首先要深化学生对化学科学这一特征的认识，引导学生认识化学科学研究领域。初中化学已经介绍了一些化学实验、物质分类的方法，高中化学以化学研究中最重要的实验研究、物质分类知识和基本物理量为起点，既实现了与初中化学实验及化学知识的衔接，又为后续高中化学学习奠定了重要的方法基础和概念基础，由此决定了本章内容的基础性与重要性。

通过本章内容的学习，学生能够认识化学科学的研究特征；了解物质的量及其相关物理量的含义与应用，体会定量研究对化学科学的重要作用；了解科学探究的基本过程，初步学会通过化学实验获取基础知识与基本技能；增强对化学实验探究的兴趣，培养严谨求实的科学探究精神，并形成一定的安全意识与环保意识。本章内容为后续学习元素及其化合物性质、认识元素周期律等进行了铺垫。

二、《课程标准》要求

本章内容与《课程标准》“课程内容”中“必修课程”的“主题1：化学科学与实验探究”“主题2：常见的无机物及其应用”直接对应，具体对应主题1的“化学科学的主要特征”“科学探究过程”“化学实验”“科学态度与安全意识”“学生必做实验”，以及主题2的“元素与物质”六个部分的内容。本章的具体内容要求和学业要求见表1-1。

表1-1 第1章内容要求和学业要求

内容要求		学业要求
化学科学的主要特征	<ol style="list-style-type: none">认识化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、转化及其应用的一门基础学科，其特征是认识物质和创造物质；了解化学科学的发展历程及其趋势。认识化学科学的研究需要实证与推理，注重宏观与微观的联系；了解实验、假说、模型、比较、分类等方法在化学科学研究中的运用。了解物质的量及其相关物理量的含义和应用，体会定量研究对化学科学的重要作用。	<ol style="list-style-type: none">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。能基于物质的量认识物质组成及其化学变化，运用物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度之间的相互关系进行简单计算。

(续表)

内容要求		学业要求
科学探究过程	1. 认识科学探究是进行科学解释和发现、创造和应用的科学实践活动。 2. 了解科学探究过程包括提出问题和假设、设计方案、实施实验、获取证据、分析解释或建构模型、形成结论及交流评价等核心要素。 3. 理解从问题和假设出发确定研究目的、依据研究目的设计方案、基于证据进行分析和推理等对于科学探究的重要性。	1. 具有较强的问题意识，能提出化学探究问题，能作出预测和假设。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。 2. 能与同学合作交流，对实验过程和结果进行反思，说明假设、证据和结论之间的关系，用恰当形式表达和展示实验成果。
化学实验	1. 认识化学实验是研究和学习物质及其变化的基本方法，是科学探究的一种重要途径。 2. 初步学会物质检验、分离、提纯和溶液配制等化学实验基础知识和基本技能。 3. 学习研究物质性质，探究反应规律，进行物质分离、检验和制备等不同类型化学实验及探究活动的核心思路与基本方法。体会实验条件控制对完成科学实验及探究活动的作用。	1. 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。 2. 能根据不同类型实验的特点，设计并实施实验。能预测物质的某些性质，并进行实验验证；能运用变量控制的方法初步探究反应规律；能根据物质性质的差异选择物质分离的实验方法；能根据物质的特征反应和干扰因素选取适当的检验试剂；能根据反应原理选取实验装置制取物质。
科学态度与安全意识	1. 发展对化学实验探究活动的好奇心和兴趣，养成注重实证、严谨求实的科学态度，增强合作探究意识，养成独立思考、敢于质疑和勇于创新的精神。 2. 树立安全意识和环保意识。熟悉化学品安全使用标识，知道常见废弃物的处理方法，知道实验室突发事件的应对措施，形成良好的实验工作习惯。	1. 具有较强的问题意识，能提出化学探究问题，能作出预测和假设。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。 2. 能运用实验基本操作实施实验方案，具有安全意识和环保意识。
学生必做实验	配制一定物质的量浓度的溶液。	能依据实验目的，运用实验基本操作实施实验方案。
元素与物质	认识胶体是一种常见的分散系。	能举例说明胶体的典型特征。

本章学习主要为促进学生“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”和“科学态度与社会责任”等方面化学学科核心素养的发展。本章的学科核心素养要求如下：

- 能从物质的宏观特征入手对物质进行分类，能根据实验现象辨识胶体及进行物质的检验，能联系物质的组成和结构解释宏观现象，说明同类物质的共性和不同类物质的性质差异及其原因。
- 能运用物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度等化学计量方法定量分析物质组成和化学变化。
- 能独立完成配制一定物质的量浓度的溶液的实验，收集实验证据，基于证据分析、交流。具有安全意识，逐步养成严谨求实的科学态度。
- 具有理论联系实际的观念，有将物质制备的一般路径、物质分离与提纯的思路、物质检验的方法应用于生产、生活的意识，能依据实际条件并运用所学的化学知识和方法解决生产、生活中简单的化学问题。

三、教材内容结构

本章内容包括物质的分类、物质的量、化学中常用的实验方法等知识。教材编写的内容结构如图1-1所示。

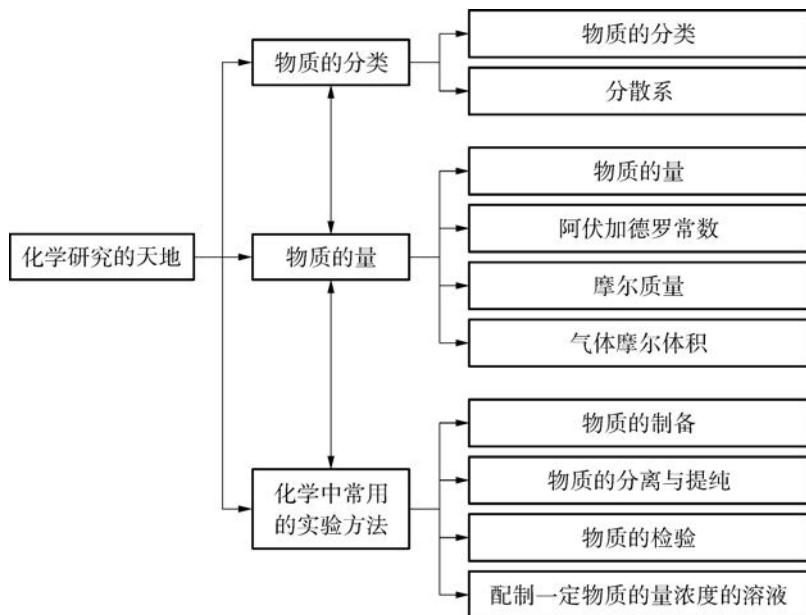


图 1-1 第 1 章内容结构

本章从物质的分类出发，引导学生通过不同的视角和层次来认识物质的多样性。基于分散系的分类，形成“溶液”“胶体”和“浊液”三大类，重点介绍胶体的丁达尔现象、电泳和聚沉等性质；由如何计量分子、原子等微粒数量的问题引出物质的量及其相关的物理量；接着介绍化学中常用的实验方法，包括物质制备、物质分离与提纯、物质检验，以及如何配制一定物质的量浓度的溶液等；最后结合项目学习活动巩固知识，提升学生的科学探究能力，为学生进行系统的化学实验探究做好准备。

本章在内容选择和内容编排上，关注学生的现实生活经验，注重知识的合理发展顺序；在学习活动设计上，通过科学实验探究促进学生对所学知识的理解；在呈现形式上，充分利用图、表等形式，特别是介绍物质的量及其相关物理量时，化抽象为具象，帮助学生理解概念知识。

本章教学与课时建议

一、教学建议

本章作为高中化学的第 1 章，在教学中要注意承前启后。例如第 1 节，可在复习和巩固物质分类等知识的前提下，从分散系的角度丰富学生对混合物的认识，从现象到本质，说明胶体不同于溶液、浊液的本质是分散质粒子的大小差别，进一步帮助学生巩固物质分类依据的选择。再如第 3 节，在复习和巩固实验室制备 O₂、CO₂ 等物质的基础上，提炼制备物质的一般流程和遵循的原则，提升和拓展学生对物质的分离、提纯和检验的认识。

本章要注意挖掘教材内容所蕴含的宏观与微观相联系的思维方式。例如，胶体呈现的宏观性质，原因在于胶体分散质粒子的直径介于 1~100 nm 之间，而这个粒子直径范围的意义建构又可以通过宏观实验来实现，这种从宏观现象入手探求微观本质，再基于微观本质理解宏观性质的过程，体现了宏微结合的思维方式。

本章“物质的量”“阿伏加德罗定律”“物质的量浓度”等概念，是化学定量研究的基础与核心概念，

也是贯穿于整个高中化学学习过程的重要概念。通过对新旧知识的有机关联、恰当的类比、日常生活经验的联系等，遵循学生的认知发展规律，帮助学生获得对概念的感性认识。通过创设问题情境，在解决真实问题的过程中，融入学生的经历、体验和探索，引导学生感受概念的形成过程。在应用概念的同时，重视对概念内涵的理解，从化学视角较深入地进行概念建构，进一步发展学生科学探究和证据推理的核心素养。

本章教学应关注化学知识与社会、生活及生产实践之间的紧密联系，如卤水点豆腐、静电除尘、纳米材料的特殊性能、物质分离与提纯在化工生产及日常生活中的广泛应用，充分显示化学知识的社会应用价值，提高学生将化学知识应用于生产、生活实际的意识，突出对“科学态度与社会责任”化学学科核心素养的培养。

本章教学要注意挖掘化学史育人功能，将科学史融入教学，既要展示科学的研究成果，也要展示科学的研究过程，引导学生充分感悟丁达尔、阿伏加德罗等科学家严谨求实的科学态度、不畏困难的探索精神、不惧权威的批判与创新精神。同时，也通过介绍科学的研究对人类文明和社会发展的贡献，体现科学知识的价值，为发展学生“科学态度与社会责任”这一化学学科核心素养奠定基础。

“如何测定气体摩尔体积”是学生进入高中后化学学科的第一个项目学习活动。通过“如何测定气体摩尔体积”这一真实且复杂的定量实验任务，促进学生的高阶思维发展。建议教师通过创设层层递进的问题，通过小组交流和实验操作，形成实验设计的思路和方法，将孤立、碎片化的知识在真实复杂的情境下进行重整，提升学生的逻辑思维能力、实验操作能力及问题解决能力。建议设置下列问题：①同温同压下，气体的摩尔体积大致相等。你们小组选择测定哪种气体的体积？为什么？②你们小组需要准确测定的物理量有哪些？这些物理量和氢气的摩尔体积之间有怎样的关系？③为确保测量的准确性，你们小组要采取哪些操作？

二、课时建议

1. 1 物质的分类	2 课时
1. 2 物质的量	3 课时
1. 3 化学中常用的实验方法	3 课时
学生必做实验 配制 100 mL 1.000 mol · L ⁻¹ 氯化钠溶液	1 课时

1.1 物质的分类

▶ 教学目标

1. 知道分类是研究物质性质的重要方法，能根据不同的分类依据，对物质进行分类，从不同视角和层次来认识物质的多样性。
2. 认识物质的三态变化，通过分析不同聚集状态物质的宏观和微观性质，体会从微观层次认识物质这一学科特征。
3. 知道胶体是一种分散系，掌握不同分散系的区别和联系，了解胶体的丁达尔现象、电泳、聚沉等性质，感悟化学与生产、生活的密切联系。

▶ 教材解析

一、教材设计思路

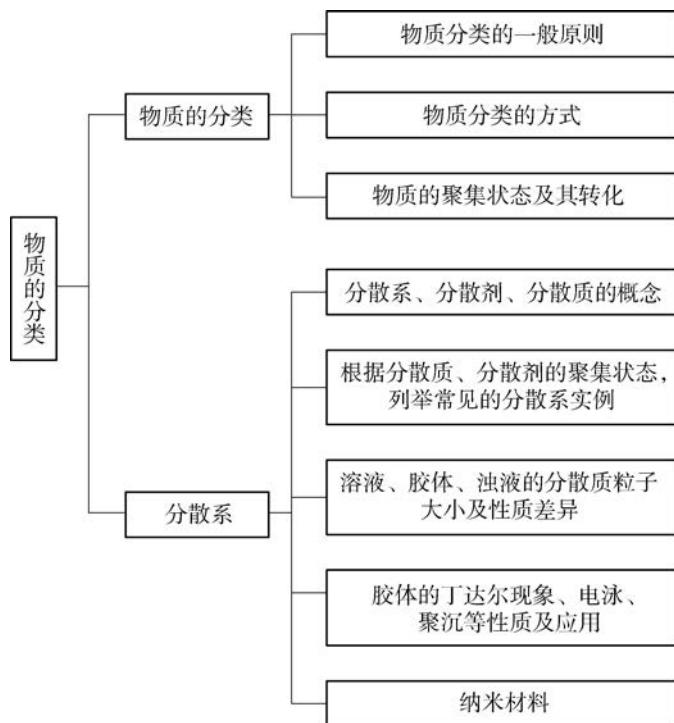
本节教材有两个核心任务：一是基于物质分类的一般原则，根据物质的聚集状态认识每类物质的宏观和微观状态与性质；二是了解胶体及其性质。

第一个任务，教材是从化学工作者为便于研究，将数以亿计的物质根据需要进行分类，探索各类物质的性质及其相互转化的规律引入，说明分类对化学学科的重要意义。学生经过初中化学的学习，对化学学科已经有了初步的认识，也具备了物质分类的初步知识，可以将纯净物根据其组成和性质加以分类。“想一想”（教材第8页）要求学生对常见的物质进行分类，在排列物质过程中可以外显学生的思维，有助于教师掌握学情。由物质分类的一般原则，根据物质的聚集状态等性质，也可以对物质进行分类。通过观察图1.2，明确构成物质的微粒间距离的远近、微粒间作用力的大小，以及微粒的运动方式决定了物质宏观性质的差异。“想一想”（教材第9页）及图1.3说明改变条件使微粒间平均距离改变，从而影响物质的聚集状态，既从宏观角度又从微观角度描述了物质的多种存在形式。这些设计也为分散系从分散质粒子大小的角度进行分类、胶体的宏观特性由粒子大小决定，以及下一节阿伏加德罗定律的学习等做了铺垫。

第二个任务，教材主要以一类常见的混合物——分散系展开。“想一想”是根据分散剂、分散质聚集状态、分散质粒子大小不同进行分类。然后，通过制备 Fe(OH)_3 胶体、探究胶体的丁达尔现象、 Fe(OH)_3 胶体的电泳等实验，引导学生认识胶体的性质。最后，通过生活、生产、自然现象中与胶体有关的知识，加深学生对胶体的性质及研究胶体的意义的认识。

“资料库”“拓展视野”帮助学生进一步扩展知识面、开阔眼界，让学生更好地感受化学的魅力，体会“从自然走向化学，从化学走向应用”。

二、本节内容结构



三、教材分析

1.1

物质的分类

人类认识和利用大自然中水、火、光、电等手段让物质发生变化的规律，发展出各种技术，从而提炼出更纯净的物质、制造新物质，为化学学科的发展奠定了基础。面对数以亿计的物质，化学家是如何开展研究的？化学的探索方向又在何处？

物质的分类

化学的研究对象是物质，化学家常根据需要将众多物质进行分类，从而更好地探索各类物质的性质及其相互转化的规律。

物质分类的一般原则是将具有相似性质的物质归为同一类，从不同角度或用不同方法可形成不同的分类。根据物质的组成，可将物质分为纯净物和混合物；对于纯净物，可根据物质中所含元素的种类，分为单质和化合物；对于无机化合物，又可分为酸、碱、盐和氧化物等。此外，还可以根据物质的导电性、溶解性、聚集状态等进行分类（图1.1）。

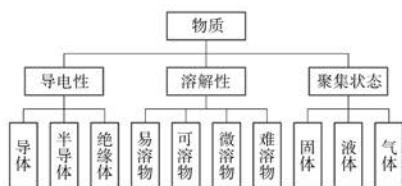


图1.1 物质分类方式列举



在日常生活中，我们常会接触到下列物质：空气、水、铜、食盐、糖水、碳酸钙、氧气、石墨、乙醇。请你将上述物质进行分类，并说出分类的依据。

7

学习聚焦

- ✓ 列举常见的物质分类方法
- ✓ 掌握溶液、胶体、浊液的区别和联系
- ✓ 知道丁达尔现象

知识回放

- 单质和化合物
- 氧化物、酸、碱和盐
- 物质三态的变化
- 溶液和浊液

通过设问，引发思考：对于种类已过亿的物质，应该如何展开相关的化学研究？自然而然地引出物质的分类。

以物质的分类为线索，复习和巩固旧知识，也为新知识的引入做了铺垫。

以图示的方法从不同角度列举物质分类的多种方式，如导电性、溶解性、聚集状态等，为学生提供一个进行物质分类的范例。



1. 物质的分类蕴含着独特的科学思维。学生在初中就知道物质的分类，但对分类方法认识不深，在后续的物质性质与化学反应的学习中都要用到分类的思想，所以“物质的分类”内容体现了分类承前启后的作用。
2. 可以从分类给生活带来的便捷出发，引入物质分类的意义。
3. 建议引导学生讨论分类的依据及分类的结果。可启发学生尝试从多角度对物质进行分类，如聚集状态，为后续学习做好铺垫。

学生对于根据物质的聚集状态对物质进行分类非常熟悉，而对于不同聚集状态的物质的微观状态差异可能没有深入认识，可引发学生进行思考。

通过观察图 1.2，认识不同聚集状态的物质的微观状态差异：宏观性质的差异是由构成物质的微粒间距离的远近、微粒间作用力的大小及微粒的运动方式等因素决定的。

“想一想”：对不同聚集状态物质的宏观性质、微观状态进行总结。教材既从宏观和微观相结合的角度描述了物质的多样性，也为学习从分散质粒子大小的角度对分散系进行分类，以及为学习胶体的宏观、微观特性等做了铺垫。

化学中关于物质的分类远不止以上这些。根据氧化还原反应理论，可以将物质分为氧化剂和还原剂；根据化合物在水溶液中或熔融状态下能否导电，可将其分为电解质和非电解质；根据有机化合物的分子组成中是否含有碳、氢以外的元素，分为烃和烃的衍生物，烃的衍生物又可分为含氧衍生物、含氮衍生物等。

生活经验告诉我们：固体有一定的形状；液体没有固定的形状，但有固定的体积；气体没有固定的形状和体积；气体容易被压缩，而固体和液体不易被压缩。我们可以根据物质的聚集状态认识每类物质的宏观和微观状态的性质。物质在气、液、固三态时的这些特性主要与构成物质的微粒之间的平均距离、作用力及运动方式等有关（图 1.2）。

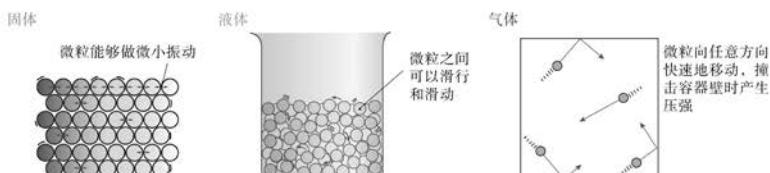


图 1.2 物质聚集状态的示意图



观察图 1.2，分析不同聚集状态物质的宏观和微观性质。

聚集状态	宏观性质		微观性质	
	是否有固定形状	是否有固定体积	微粒间距离的远近	微粒间作用力的强弱
气态				
液态				
固态				

8



1. 可通过创设问题情境及有效教具，展开物质分类的教学，外显学生思维、知识的起点与认识水平，以此掌握学情，诊断、评价并提高学生的认识水平。
2. 引导学生以化学的视角，从微观的角度去认识不同聚集状态的物质。
3. 在“物质的聚集状态”的基础上引导学生从微观角度理解物质宏观性质差异的原因，提高学生从不同层次认识物质的能力，潜移默化地形成“结构决定性质”的观念，发展“宏观辨识与微观探析”的化学学科核心素养；同时为后续学习（包括本节的分散系及第 2 节气体摩尔体积等）打下重要的基础。

在一定条件下，物质的三种聚集状态之间可以相互转化（图 1.3）。通常情况下，固体和液体的密度较大，而气体的密度较小。液体和固体也被称为物质的凝聚态。物质的体积是由构成物质的微粒数目、微粒大小和微粒之间的距离等因素决定的。



温度和压强都会对物质微粒之间的平均距离产生影响。一次性打火机内灌充的燃料是易挥发的有机化合物——丁烷（常压下沸点为 -0.5°C ），丁烷气体在打火机内却呈液态，请解释这一现象。

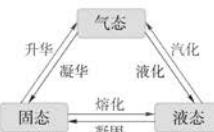
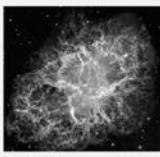


图 1.3 物质的三态变化

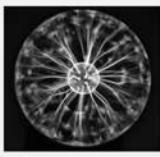
拓展视野

物质的第四态——等离子体

当温度达到数千摄氏度时，原子外层电子会具有足够的能量而摆脱原子核的束缚，成为自由电子，该过程称为电离。由电荷总数相等的正离子和自由电子构成的电离状态的气体称为等离子体，被视为物质的第四种存在状态，它在自然界和宇宙中普遍存在。由于等离子体的形成需要 $10^3 \sim 10^5 \text{ K}$ 的高温，高温促使化学反应速率大大加快，所以等离子体技术在化工领域应用广泛，如应用于切割、喷涂和受控热核聚变反应等方面。



爆炸后的恒星



辉光球



极光



闪电

图 1.4 与等离子体有关的现象

分散系

在日常生活中，我们所接触到的物质大多是混合物。其中不少混合物是由一种或多种物质分散在另一种物质中



- 建议让学生以最为熟悉的物质——水为例，说明温度对物质聚集状态的影响。
- 改变压强从而改变物质聚集状态的生产、生活实例较多，如液化石油气罐、液氯储罐、液氧储罐等都是利用增大压强、减小微粒间距离，使物质聚集状态发生了改变。
- 注意引导学生从微观层面上理解决定物质体积的因素，即结构决定性质，也为气体摩尔体积的学习做好铺垫。

通过图 1.3，得出物质三种聚集状态相互转化的实质：改变条件使微粒间平均距离发生改变。改变微粒间平均距离的条件通常是温度、压强等发生变化。

学生对通过改变温度从而改变物质聚集状态的情形较熟悉，而对压强影响物质聚集状态的情况较陌生。可以生活中常见的物品——打火机内的有机化合物为例，说明利用增大压强、减小微粒间的距离，能使物质在常温下由气态变为液态。

“拓展视野”：通过介绍等离子体，引导学生了解极光、闪电等现象在宏观层面上很难找到相同点，但在微观层面上具有共性——都属于物质的一种特殊存在状态，体会基于微观视角进行分类的意义。

学生较熟悉纯净物的分类，但在日常生活中接触到的混合物远多于纯净物，混合物该如何分类呢？分散系是一类混合物。分散系分类的依据可以是分散质粒子的大小，也可以是分散剂、分散质的聚集状态等。

形成的，如白色硫酸铜粉末分散在水中形成的蓝色溶液，粉笔灰分散在水中形成的悬浊液，植物油分散在水中形成的乳浊液等。我们把这些混合体系称为分散系，其中分散成粒子的物质称为分散质，粒子分散在其中的物质称为分散剂。根据分散质粒子的大小，可将分散系分为溶液、胶体、浊液等。



?

生活中我们会接触到不同的分散系，而分散质或分散剂也可以是气、液、固等不同的聚集状态，它们之间又会有若干组合方式。请举出几种常见的分散系的实例。



图 1.5 分散系

从物质分类的角度看，物质能归为一类，一定是有某些相似的特征。溶液、浊液的分散质粒子直径大小与其宏观特性密切相关，由此引出对胶体特性的探究。

溶液中的分散质粒子是小分子或离子，其直径通常小于 1 nm ($1\text{ nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$)，这样的分散系表现出均匀、稳定的宏观特征，在通常情况下分散质不会自动与分散剂分离。悬浊液、乳浊液中的分散质粒子是固体小颗粒或小液滴，直径通常大于 100 nm ，这样的分散系表现出不均匀、不稳定等特征，分散质往往会发生沉降或上浮，从而与分散剂分离（图 1.6）。

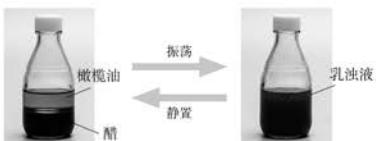


图 1.6 橄榄油和醋形成不太稳定的乳浊液



1. 胶体知识与学生以前所学的知识有所不同，它研究的不是某种物质所特有的性质，而是因物质的聚集状态而表现出来的性质。这对学生而言是一个较为陌生的领域，是学生通过分类思想来研究物质、观察物质的新的切入点。
2. 建议先让学生回看教材第 7 页“想一想”，思考：如何对混合物进行分类？再指导学生阅读第 9~10 页“分散系”的第一段，从分散系、分散质、分散剂的概念，以及分散系的分类依据角度进行回答。
3. 物质的性质与其微粒的大小有着密切的关系。分散系是体现这种关系最典型的内容，通过这部分的教学可以将微观粒子大小影响宏观性质的观念传递给学生。

分散质粒子的直径大小在 $1\sim100\text{ nm}$ 之间的分散系，叫做胶体。胶体在一定条件下能稳定存在，并具有一些不同于溶液和浊液的特性。

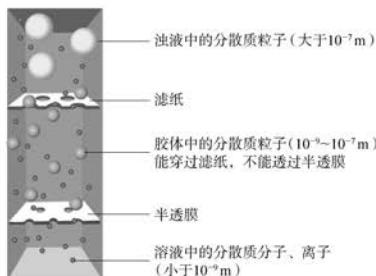


图 1.7 不同分散质粒子透过滤纸和半透膜时的示意图

资料库

半透膜

胶体的分散质粒子比滤纸孔隙小，很容易透过滤纸。要除去胶体粒子，可选用半透膜。半透膜是一种孔径比滤纸更小的膜，小分子、离子能透过而胶体粒子不能透过。常见的半透膜有动物的肠衣、膀胱膜、羊皮纸、玻璃纸等。

“资料库”：指导学生阅读，建议展示一些半透膜实物；除“资料库”中提及的，可再补充诸如保鲜膜、自制的鸡蛋壳半透膜等实物。

实验探究



胶体的丁达尔现象



取一只烧杯，加入约 50 mL 蒸馏水，加热至沸腾。将 3 mL 饱和 FeCl_3 溶液分多次缓慢加入，用玻璃棒轻轻搅拌，继续加热至刚好变成红褐色，停止加热即得到 Fe(OH)_3 胶体。

另取两只烧杯，向其中一只烧杯加入 50 mL FeCl_3 稀溶液，向第二只烧杯中加入 40 mL FeCl_3 稀溶液和约 10 mL NaOH 溶液，用玻璃棒搅拌后得到 Fe(OH)_3 悬浊液。将这三只烧杯置于暗处，分别用红光激光笔水平照射，观察现象。

将 FeCl_3 稀溶液、 Fe(OH)_3 胶体和 Fe(OH)_3 悬浊液分别进行过滤，观察滤纸上是否有残留固体。将实验现象填入下表。

物质	光束照射时的现象	过滤后的滤纸上是否有残留固体
FeCl_3 稀溶液		
Fe(OH)_3 胶体		
Fe(OH)_3 悬浊液		

问题：根据上述实验现象，思考如何用简便的方法鉴别胶体和溶液？

11



贴士

- 根据学生认知情况，可补充 Fe(OH)_3 胶体渗析的演示实验：在半透膜袋内装入约 5 mL Fe(OH)_3 胶体，浸泡在装有约 20 mL 蒸馏水的烧杯中，约 10 min 后，观察烧杯中液体的颜色，检验烧杯液体中的 H^+ 、 Cl^- 。对比该实验现象与 Fe(OH)_3 胶体过滤实验的实验现象。
- 通过实验及其对比，呈现胶体与其他分散系本质的区别，也让学生真正感受到微观粒子的大小存在差异，认识到丁达尔现象只是胶体表观的特征而非本质原因。
- 在概念教学中，通过实验帮助学生建构微观化学概念，既能激发学生学习的兴趣，又有助于学生认清科学本质。这种从宏观现象入手探求微观本质，再基于微观本质理解宏观性质的过程，体现了宏微结合的思维方式。

“资料库”：指导学生阅读，理解丁达尔现象是因胶体的分散质粒子直径大小介于1~100 nm之间而形成的，理解丁达尔现象是胶体表现出来的宏观特征。但是，胶体和丁达尔现象之间不具有唯一匹配性，不建议教师将丁达尔现象拓展到鉴别胶体和浊液。

建议让学生分组实验，更真切地感受 Fe(OH)_3 胶体的丁达尔现象，体验用红光激光笔水平照射，从垂直于光线的方向观察光线轨迹。

建议增加一些物质，如稀豆浆、牛奶、果冻、淀粉溶液、泥水等，以加深学生对生活中胶体广泛存在的印象。

图1.9是学生熟悉的场景，可引导学生从化学的视角解释一些生活和自然中的现象。

资料库

丁达尔现象

可见光的波长在400~760 nm之间。胶体粒子直径在1~100 nm之间，小于可见光的波长。当光入射胶体时会发生光的散射，此时每颗胶体粒子就像一个光源，向各个方向发射出光线，丁达尔现象就是胶体粒子对入射光发生散射的结果。溶液中分散质粒子直径小于1 nm，散射作用极其微弱，故光通过溶液时观察不到这种现象。

当光通过分散系时，由于分散质粒子对光散射而在侧面观察到明亮的光线轨迹的现象，称为丁达尔现象（图1.8）。丁达尔现象是胶体的重要特征，是鉴别胶体和溶液的常用方法。

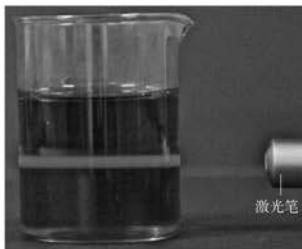


图1.8 Fe(OH)_3 胶体的丁达尔现象

丁达尔现象在日常生活中随处可见。例如，清晨在树林中看到一缕缕光束，阳光通过窗隙射入暗室形成光柱等，都属于丁达尔现象（图1.9）。这是由于空气中含有微小的尘埃或液滴，在一定条件下形成云、雾、烟等胶体（又称气溶胶），因而产生丁达尔现象。在化学分析中，利用丁达尔现象制成浊度计用以确定胶体中分散质粒子的大小和分布密度。



图1.9 日常生活中的丁达尔现象

胶体粒子有很大的比表面积（单位质量粒子具有的表面积），具有较好的吸附性，能吸附水中的悬浮颗粒物并使其沉降，因而常用于水的净化。



1. 引导学生通过胶体的丁达尔现象、胶体对水的净化作用，体会胶体粒子的直径大小、比表面积等决定胶体的宏观性质及用途。
2. 引导学生通过浊度计能确定胶体分散质粒子的大小和分布密度、用丁达尔现象可以区分胶体和溶液，理解丁达尔现象的实际应用。
3. 借助生活中随处可见的丁达尔现象，加深学生对气溶胶、液溶胶、固溶胶的认识，引导学生体会胶体的分类。

胶体粒子可以选择吸附带相同电荷的微粒，即同种胶体粒子带上同种电荷，导致胶体粒子彼此相互排斥，在一般情况下，胶体粒子不容易聚集，因而胶体可以比较稳定地存在。在外加直流电场作用下，带电的胶体粒子或离子向着与其电性相反的电极移动，这种现象称为电泳（图 1.10）。

当胶体粒子遇到带有相反电荷的离子或其他胶体粒子时，由于电荷的中和，胶体粒子聚集成为较大的颗粒物，在重力作用下形成沉淀析出，这种过程叫做聚沉。例如，向豆浆中加入石膏或盐卤，会引起豆浆里的蛋白质和水等物质一起聚沉为豆腐。大江大河中含有大量的土壤胶体粒子，在江河入海口，海水中的盐分使这些胶体粒子发生聚沉，逐渐形成三角洲、冲积岛等地形地貌。此外，加热、搅拌也会引起胶体的聚沉。胶体的应用对日常生活、科学研究、工农业生产以及国防等有着十分重要的意义。在新材料的研制中，当粒子的大小达到纳米级，即在胶体粒子直径范围时，材料性能会发生奇特变化，如纳米陶瓷可以克服陶瓷材料易碎的缺点等。因此，纳米材料已成为新材料研究领域的热点。

拓展视野

凝胶

有的胶体聚沉后能形成立体网状结构，将大量分散剂包裹其中，形成具有弹性的半固体，叫做凝胶。果冻、肉冻等是生活中经常见到的凝胶。如果凝胶中包含的分散剂为气体，则被称为气凝胶，这是一种密度极小的材料，具有很多神奇的性能，如优异的隔热、隔音、承重性能等。

气凝胶



具有优异的隔热性能



可支撑较重的物体

图 1.11 气凝胶神奇的性能



图 1.10 Fe(OH)_3 胶体的电泳现象

建议演示 Fe(OH)_3 胶体的电泳现象和聚沉实验。通过生活中的应用实例，帮助学生加深理解胶体稳定存在的原因、胶体的电泳现象及胶体的聚沉。

纳米材料是指在三维空间中至少有一维处于 $1\sim100\text{ nm}$ 范围内或由纳米结构单元构成的材料。纳米材料不是分散系，不属于胶体。

拓展纳米材料相关知识，让学生认识到新技术、新材料在生活中的应用价值及未来广阔的应用前景，有助于学生认识化学对美好生活的重要贡献。

“拓展视野”：引导学生阅读，扩展学生对胶体广泛应用的认识。



- 列举生活、生产、自然现象中与胶体有关的知识，加深学生对胶体性质及研究胶体意义的认识：喝豆浆时加盐会有豆花出现，而加糖则没有这样的现象；尿毒症的病人透析的原理；静电除尘；大江大河入海口逐渐形成三角洲；等等。
- 在进行教学时，对于胶体稳定存在的原因、胶体的电泳现象、胶体的聚沉，要注意把握好知识的深度和广度。
- 以化学史创设情境，带领学生沿着科学家的足迹，感悟人类认识胶体的艰辛、曲折，也感受到科学是一个不断探究和发展的过程，促进科学态度与社会责任感的培养。

1.2 物质的量

▶ 教学目标

1. 了解物质的量及其相关物理量的含义和应用，能够从物质的量角度认识物质的微观构成，体验计量方法的选择取决于实际需要，树立理论联系实际意识。
2. 基于物质的量认识物质的组成和化学反应，初步形成从定量角度研究化学问题的一般思路和方法。
3. 认识气体摩尔体积，通过对阿伏加德罗定律的推导，培养从宏微结合的视角分析与解决化学问题的意识。
4. 能运用物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积之间的相互关系进行简单计算，体会物质的量在化学定量研究中的重要作用和应用价值。

▶ 教材解析

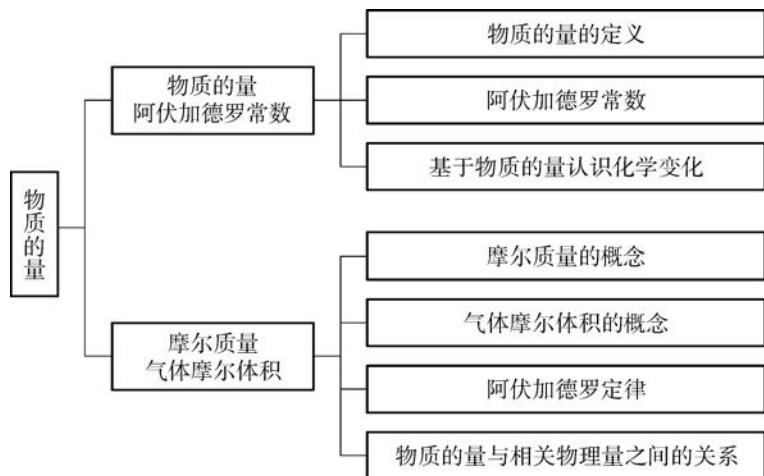
一、教材设计思路

上一节学习了物质的聚集状态的相关知识，为本节内容的学习奠定了良好的基础。物质的量及其衍生概念贯穿于高中化学学习的始终，并将以定量的方式连接中学化学大多数的学习内容。

本节教材在形式上设计了两大部分，搭建了一座完整的“微观—物质的量—宏观”的桥梁：第一部分通过物质的量和阿伏加德罗常数，建立了“微粒个数—物质的量”的联系；第二部分通过摩尔质量和气体摩尔体积，又建立了“物质的量—宏观量（质量与气体体积）”的联系。两部分结合在一起，桥梁就贯通了。

本节内容的安排旨在引导学生从定量角度认识物质，让学生体会定量研究对化学科学的重要作用，同时重点培养学生“宏观辨识与微观探析”的化学学科核心素养。“链接学科”“想一想”“书写表达”“资料库”“化学史话”等栏目，对达成这些目标起到了很好的辅助作用。本节最后以案例形式设计了“甲烷在氧气中燃烧的反应”，并通过“想一想”，起到了归纳总结的作用，再通过“学习指南”更显性地为学生提供了微粒数与宏观量之间的双向思维路径。

二、本节内容结构



三、教材分析

1.2 物质的量

以集合计数的实例，指出引入“物质的量”的必要性，也是“化零为整”的方法指导。

对于 N_A 定义中的“基本单元”，因为学生暂不具备物质结构的知识，所以可通过举例的方式，说明不同类型物质所对应的基本单元。教学时要把学生的关注点引导到“物质的量的计量对象是微粒或微粒的特定组合”，不宜拓展物质结构的内容。

通过换算，引导学生发现，阿伏加德罗常数也是有单位(mol^{-1})的。

在描述物品数量时，我们可以根据数量的多少，选择合适的计量单位。例如，2只皮鞋是一“双”、12个鸡蛋是一“打”、500张全张纸是一“令”等。物质是由数目巨大、质量很小、肉眼无法观察到的分子、原子等微粒构成，如何来计量这些微粒的数量呢？能否建立起微粒数与宏观可称量的物质质量之间的联系呢？

物质的量 阿伏加德罗常数

物质的量是一个物理量，表示物质中含有一定数目微粒的集合体。1971年，第14届国际计量大会将“物质的量”确定为国际单位制的7个基本物理量之一，符号为 n 。物质的量的单位是摩尔，用 mol 表示。

1 mol 精确包含 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本单元，该数称为阿伏加德罗常数(N_A)，以单位 mol^{-1} 表示。一般来说， N_A 取值保留到 6.02×10^{23} 即可。这里指的基本单元可以是原子、分子、离子、电子、其他任意微粒或微粒的特定组合。例如：

1 mol C 中约含有 6.02×10^{23} 个碳原子；

1 mol CO₂ 中约含有 6.02×10^{23} 个二氧化碳分子；

1 mol NaCl 中约含有 6.02×10^{23} 个钠离子和 6.02×10^{23} 个氯离子；

1 mol O₂ 中约含有 1.204×10^{24} 个氧原子。

如果一定量微粒集合体中所含有的微粒数与阿伏加德罗常数的值相同，我们就说这种微粒的物质的量为 1 mol。

物质的量(n)、阿伏加德罗常数(N_A)与微粒数(N)之间存在以下关系：

$$n = \frac{N}{N_A}$$

摩尔成为将微观粒子与宏观物质联系起来的桥梁，并建立起与其他基本单位之间的定量关系，极大地促进了化学学科的发展，广泛用于化

学习聚焦

- ✓ 了解物质的量及其相关物理量的含义和应用
- ✓ 基于物质的量认识物质组成与化学变化
- ✓ 运用物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积之间的相互关系进行简单计算

知识回放

- 物质的聚集状态
- 化学方程式中化学计量数的意义

资料库

表 1.1 国际单位制(SI)的7个基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安培	A
热力学温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	cd

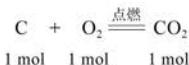
15



1. 阿伏加德罗常数是自然科学的一个基本常数，在指导用 N_A 的精确取值的同时，可告诉学生， N_A 个碳-12原 子的质量约为 0.012 kg，以化解学生课外阅读时因 N_A 定义不同而造成的误解。
2. 不建议将资料库作为类比的依据。事实上，许多学生是由物质的量才知道这7个基本物理量的。

学、生物学等基础科学研究与分析测试，以及化工、医药等行业的生产实践活动。

在研究化学变化时，采用摩尔进行计量会带来很多方便。如通过化学反应中反应物与生成物之间原子、分子等微粒的计量数之比，我们可以直接知道它们之间的物质的量之比。例如：



链接学科

理论化学

理论化学是运用理论计算来解释和理解物质世界中的微观化学问题的化学分支学科。随着理论化学的创立和发展，化学由以实验为基础的科学进入可用理论计算来认识化学反应的阶段。比如，解释化学反应行为，理解化学反应的现象和微观本质，预测一些物质的反应活性和设计新的材料等。

摩尔质量 气体摩尔体积

通常我们用质量来计量物质的多少，用体积来衡量物质的大小。那么 1 mol 不同物质的质量究竟是多少？它们的体积又是多大呢？

表 1.2 常压下 1 mol 不同物质的质量和体积

物质	状态	相对原子质量或相 对分子质量	质量/g	密度/(g·cm ⁻³)	体积/cm ³
NaCl	固	58.5	58.5	2.17	
Fe	固	56	56	7.86	
C ₂ H ₅ OH	液	46	46	0.789	
H ₂ SO ₄	液	98	98	1.84	
H ₂ (273 K)	气	2	2	0.000 088	
He(273 K)	气	4	4	0.000 176	
CH ₄ (273 K)	气	16	16	0.000 716	

注：除标明温度外均为室温下的测量值。

16

这是基于物质的量认识化学变化，建议引导学生认识“微粒个数之比等于物质的量之比”的形成过程。

表 1.2 选取了有代表性的不同类别、不同状态的物质进行研究，引导学生通过思考、计算、概括，感知在相同温度和压强下，1 mol 不同的固态物质或液态物质的体积不相同，而 1 mol 不同的气态物质的体积基本相同，由此引出气体摩尔体积。

表中计算得出的 H₂、He、CH₄ 的体积不完全相等，这是因为实验测定会产生误差，还因为微观模型与事物原型是有差异的。



对于表 1.2 中涉及的计算，教师可以先进行示范，以减少学生的计算困难。对计算所得数据的分析与整合，是学生思维能力的一种体现。



通过表 1.2 的相关计算，引导学生对“体积”有一个新的认识，既要认识到微粒本身，还要认识到微粒之间有距离。

摩尔质量在数值上等于该物质的相对原子（分子）质量，这并不是巧合。在概念发展的过程中，是先定义了 1 mol 物质的质量与该物质的相对原子（分子）质量在数值上相等，再据此测定阿伏加德罗常数。

“书写表达”：及时引导学生切实感受和建立“宏观质量—物质的量—微粒个数”思维模型。

在标准状况下，1 mol 理想气体的体积为 22.414 10 L。

根据表 1.2 所给的数据，分析表中 1 mol 各物质的质量在数值上的特点。根据物质的密度计算 1 mol 各物质的体积并填入表中，结合物质聚集状态的特点（图 1.2）解释物质体积数据存在差异的原因。

每摩尔指定物种（如原子、分子或者某种微粒及其组合等）所具有的质量称为摩尔质量，符号为 M ，单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据表 1.2 可知，物质的摩尔质量在数值上等于该物质的相对原子质量或相对分子质量。例如：Fe 的摩尔质量为 $56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，乙醇的摩尔质量为 $46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， H_2SO_4 的摩尔质量为 $98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

物质的质量 (m)、摩尔质量 (M) 和物质的量 (n) 之间存在如下关系：

$$n = \frac{m}{M}$$



已知银的相对原子质量为 107.9，21.58 g 银所含的银原子的物质的量是多少？含有银原子的个数是多少？

由表 1.2 可知，对于固态或液态的物质来说，1 mol 不同物质的体积往往是不相同的，但 1 mol 不同气体的体积在同温同压下却近似相等。

大量的科学实验表明，在 273 K 和 101 kPa 条件（称为标准状况^①，简写为 STP）下，1 mol 气体的体积约为 22.4 L（图 1.12）。

我们把每摩尔气体所具有的体积叫做气体摩尔体积，用符号 V_m 表示，常用的单位为 $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。一定量气体的物质的量 (n)、体积 (V) 与气体摩尔体积 (V_m) 之间存在以下关系：

$$n = \frac{V}{V_m}$$

为什么 1 mol 任何气体在同温同压时所占的体积都近似

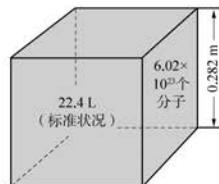


图 1.12 标准状况下 1 mol 气体的体积约为 22.4 L

^① 标准状况是温度为 273.15 K（即 0℃，近似值用 273 K）和压强为 101.325 kPa（近似值用 101 kPa）的状况。



- 如果把一个体积为 22.4 L 的模型展示给学生看，学生对于标准状况下的气体摩尔体积会有更直观的体验（三个篮球的体积之和也接近 22.4 L）。
- 要让学生知道气体摩尔体积 (V_m) 与 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 之间的联系与区别。

相等呢？这是因为物质的体积主要取决于构成物质的微粒数目、微粒大小和微粒之间的平均距离。对于固体和液体，构成物质的微粒间的距离很小，一定量物质的体积主要取决于它们的微粒大小。对于气体来说，通常情况下，气体分子之间的平均距离远远大于分子的直径，与气体占有的总体积相比，气体分子本身的体积可以忽略不计。因此，一定量气体的体积主要取决于气体分子之间的平均距离。

书写表达

已知常温常压下，18 g 液态水（假设水分子之间排列紧密）的体积为18 mL，而相同质量的水蒸气体积为24.5 L，估算该条件下水蒸气中气体分子之间的平均距离大概是其分子直径的多少倍？

资料库

表 1.3 其他条件下气体摩尔体积的数值

温度 K	压强 kPa	V_m (L · mol ⁻¹)
298	101	24.5
300	101	24.6
373	101	30.6

在提到气体体积时，一定要注明温度和压强，这是因为气体分子之间的平均距离与外界温度和压强有关。温度升高时，气体分子间平均距离增大；温度降低时，气体分子间平均距离减小。压强增大时，气体分子间平均距离减小；压强减小时，气体分子间平均距离增大。各种气体在相同温度和压强条件下，分子间的平均距离都近似相等，此时气体体积大小只与分子数目有关。

在相同温度和压强条件下，相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这个规律最早是由意大利物理学家和化学家阿伏加德罗（Amedeo Avogadro, 1776—1856）提出的，故被称为阿伏加德罗定律。阿伏加德罗定律也可表述为：在相同温度和压强条件下，气体的体积与其物质的量成正比。

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

了解气体体积与物质的量之间的关系后，我们在化学反应中就可以直接用体积来计量气体了。

物质由原子、分子等微粒构成，物质之间发生化学反应时也是这些微粒以一定的数量关系进行的，化学方程式中的计量系数表示的就是微粒之间的这种数量关系。例如，表1.4所示的就是甲烷与氧气的燃烧反应中反应物和生成物之间的各种定量关系。

物理学上，往往使用理想气体模型研究气体的性质。从微观上看，理想气体的分子有质量、无体积、无分子间相互作用，是质点。氢气最接近理想气体。

“书写表达”：通过计算，帮助学生体会估算对于科学研究所的意义。

从宏观和微观相结合的视角分析问题，是化学学科核心素养的要求。以“资料库”形式佐证了微观分析：气体分子之间的距离与外界的温度、压强有关。

对于阿伏加德罗定律，将其仅作为影响气体体积微观因素的一个必然推论，而不宜拓展到其他比例关系。

贴士

- “气体摩尔体积”教学的着力点在于气体分子本身的大小相对于分子之间的距离可忽略不计，引导学生在感知与想象中，逐渐形成对微观粒子存在形态的认知。
- 可以调动学生的生活经验来感知分子间有距离，且分子之间的距离受温度、压强影响（如：热胀冷缩现象、推拉注射器），如果能设计成相关实验，那么学生的感受会更直接。

表 1.4 设计得很精妙，以案例的形式总结了本节内容。

表 1.4 甲烷的燃烧反应中各物质间的定量关系

化学方程式与各物质状态	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
气态	气态 气态 液态
分子数目	1个分子 : 2个分子 : 1个分子 : 2个分子
物质的量	1 mol : 2 mol : 1 mol : 2 mol
质量	16 g + 64 g = 44 g + 36 g
气体体积 (STP)	22.4 L : 44.8 L : 22.4 L



在一定温度和压强下，每消耗 10 体积气体 A_2 与 30 体积气体 B_2 ，能化合生成 20 体积气体 X。能否据此推导出 X 的化学式？你在推导过程中运用了什么定律？

拓展视野

中国科学家在国际单位制重新定义中的贡献

摩尔的产生源自近代化学和物理科学研究实践，其含义和内容随着科学的发展而不断完善。

1971 年第 14 届国际计量大会通过决议，“物质的量”成为国际单位制的一个基本物理量，摩尔是它的单位，并将该单位定义为：摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含基本单元数与 0.012 kg 碳-12 的原子数目相等。摩尔的定义与质量单位千克直接关联，其质量由保存在国际计量局的千克原器实物基准复现。但是，实物千克基准不够稳定，容易受到人为或环境因素的影响，质量单位千克原器的不确定性影响了摩尔的准确度，原有的定义已不能满足精确测量的要求。

2018 年第 26 届国际计量大会通过了修订国际单位制的决议，摩尔被重新定义为：1 mol 精确包含 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本单元，该数为阿伏加德罗常数，阿伏加德罗常数也是自然科学的重要基本常数之一。摩尔的新定义将物质的量的测量从质量溯源转变为微粒数量溯源，不再依赖质量单位“千克”而独立存在，新定义真正实现了基本单位回归到基本常数之上。

阿伏加德罗常数的精确测定成为新定义的关键，科学家通过由高纯度硅-28 制作的单晶硅的硅球来测量该常数。因此，硅球的质量、体积、硅摩尔质量等都需要进行精确测量。

中国科学家首次提出并建立了一种基于高分辨质谱的测量方法，很好地消除了测

19

量过程中产生的干扰离子，实现了浓缩硅摩尔质量的精确测量。中国科学家的创新研究成果克服了浓缩硅摩尔质量测量方法单一，且不同实验室测量结果存在较大差异的技术难题，为国际单位制的重新定义做出了实质性贡献。



- 表 1.4 以案例形式总结了物质的量及相关物理量之间的关系，体现了物质的量联系宏观和微观的桥梁作用，值得从多角度进行变式教学。
- 表 1.4 包含着“化学方程式的计算”，“想一想”包含着“化学式的计算”，这两种类型的简单计算是学生应该掌握的技能。

1.3 化学中常用的实验方法

▶ 教学目标

1. 理解常见物质的制备和分离原理，掌握相应的实验操作方法，培养实验安全意识和环保意识。
2. 知道焰色试验、显色法、沉淀法、气体法等鉴别物质的常用方法，形成物质鉴别的一般思路与模型，能初步运用相关知识解决生产和生活中的简单问题，发展科学探究意识、创新意识。
3. 认识物质的量浓度，能运用物质的量浓度进行简单计算，体会物质的量浓度对于生产和科学实验的重要性。
4. 学会配制一定物质的量浓度的溶液，通过对实验细节的分析，感受定量研究中严谨求实的科学态度。

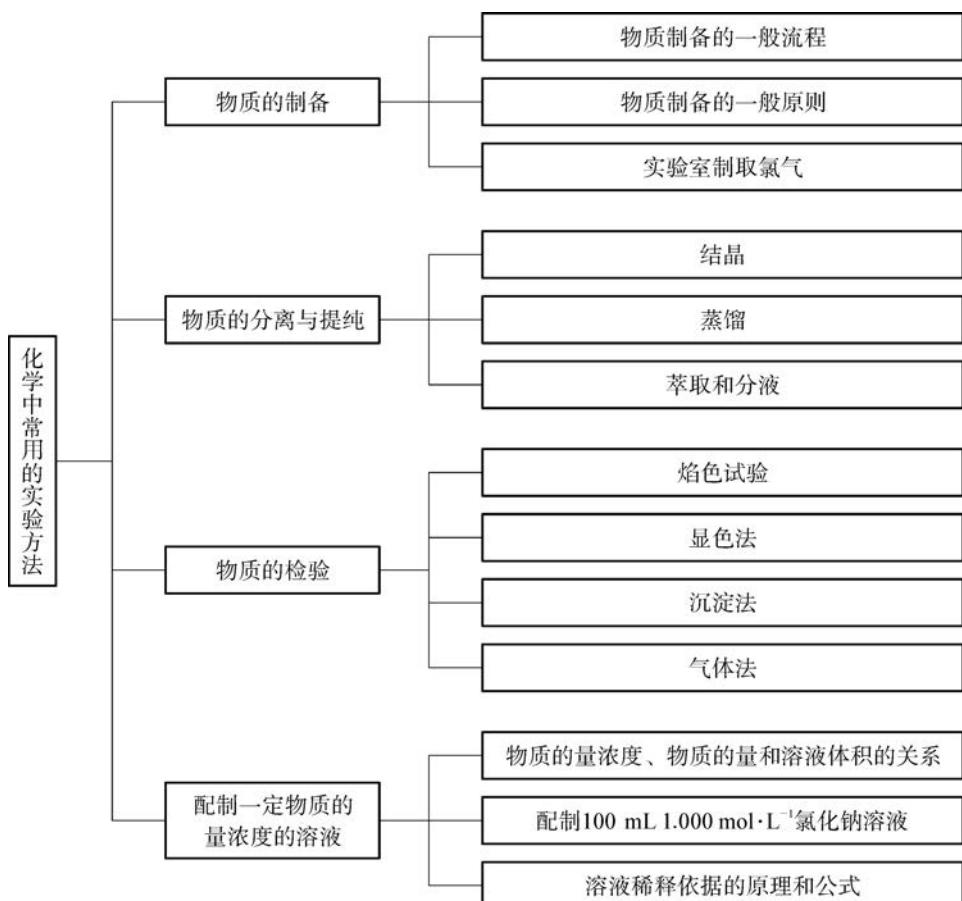
▶ 教材解析

一、教材设计思路

化学知识体系是人们无数次对实验的反复观察、归纳、推理和总结而逐渐发展起来的，实验是化学研究的一个重要途径。鉴于此，教材将“化学中常用的实验方法”单独编为一节，包括四个部分，帮助学生掌握基本的实验方法和技能。

第一部分内容介绍了制备物质的一般流程和基本原则，“想一想”和“实验探究”则引导学生从实验原理、装置和提纯处理三个方面综合考虑化学反应的设计。物质的制备离不开分离、提纯，第二部分内容针对实验室常用的分离、提纯方法进行了介绍，“实验探究”让学生熟悉萃取和分液的操作要点，并开始培养书写实验报告的意识。第三部分内容旨在解决物质检验的问题，掌握了焰色试验、显色法、沉淀法和气体法等方法，学生就能具备完成相对简单的物质检验的能力，“书写表达”和“想一想”进一步加强了对负离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 检验的认识。第四部分内容解决了溶液配制的问题，从而使学生在今后涉及溶液的实验中能得心应手地进行相关实验。此外，“链接学科”“链接职业”等栏目有助于学生意识到化学和我们的生活密不可分，更加全面地认识化学这门学科。“资料库”契合了立德树人的主题，“学习聚焦”梳理了本节重点要求掌握的知识点。

二、本节内容结构



三、教材分析

1.3 化学中常用的实验方法

学习聚焦

- ✓ 理解常见物质的制备和分离原理，掌握相应的实验操作方法
- ✓ 知道焰色试验、显色法、沉淀法、气体法等鉴别物质的常用方法
- ✓ 能运用物质的量浓度进行简单计算
- ✓ 学会配制一定物质的量浓度的溶液

知识回放

- 实验室制备氧气、二氧化碳等气体
- 实验室常用的玻璃仪器名称和用途
- 药品取用、物质加热、过滤、蒸发等操作方法

资料库

虽然现代化学的飞速进步已经产生了各种各样新的研究方法，但时至今日，实验仍然是化学研究不可缺少的手段。通过实验，我们可以合成新的物质，探究物质的性质，分离和提纯所需要的物质，确定组成物质的元素与含量，解析物质的微观结构，揭示化学现象的本质等。可以说，没有实验，就没有化学。

物质的制备

日常生活、工农业生产和科学研究所离不开物质的制备。例如，化工原料的生产、新药的研发、新材料的合成等。在实验室中，我们也曾有制备 O_2 、 CO_2 和 $Fe(OH)_3$ 胶体等物质的经历。

在进行物质制备等化学实验时，同学们必须遵守实验规则和安全要求，必须在确保实验安全的前提下，来取得良好的实验效果。例如，我们要明确实验步骤、注意事项和操作规范，谨慎处理易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的物质等。

在第1章设置一节内容专门介绍实验，希望学生认识到实验是探究和学习物质及其变化的基本方法，初步学会物质的制备、分离与提纯、检验和溶液配制等化学实验基本方法和技能，逐步树立严谨的科学态度，提升分析和解决问题的能力。

化学实验安全及相关图形符号

表 1.5 化学品安全使用标识

危险象形图	说 明	危险象形图	说 明
	爆炸物（如具有整体爆炸危险的物质、混合物和制品）		警告（如对皮肤、眼具有刺激的物质，对臭氧层具有危害的物质）
	易燃类的物质（如易燃的气体、气溶胶、液体和固体，自燃的液体和固体，以及遇水放出易燃气体的物质和混合物）		腐蚀类物质（如金属腐蚀物）
	氧化性物质（如氧化性的气体、液体和固体）		健康危害（如呼吸道致敏物、致癌物）
	加压气体（如压缩气体、液化气体、溶解气体）		环境危害（如对水生环境具有危害的物质）
	毒性物质（如具有急性毒性的物质）		

“资料库”：提醒学生实验时注意安全操作，学会根据化学品安全标识来使用和处置相关化学品。

22



贴士

1. 引导学生树立“安全第一、预防为主”的安全意识：了解实验安全知识，养成良好的实验习惯，在了解反应规律、规范实验操作的前提下，安全地开展实验。
2. 借助“想一想”提示学生成气体的净化和干燥采用的一般原则：易溶于水的气体杂质可用水来吸收；酸性气体杂质可用碱性物质来吸收；碱性气体杂质可用酸性物质来吸收；能与气体杂质反应且不与需净化的气体产物反应的物质可作为吸收剂；水是杂质时，用干燥剂干燥；若除杂试剂是液体，则需使用洗气瓶；若除杂试剂是固体，则需使用干燥管或U形管。
3. 鼓励学生了解一些常见化学品的安全使用标识。

“想一想”：提示学生物质制备的设计需要从实验原理、装置和提纯处理三个方面综合考虑。

图 1.14 简明扼要地给出了制备物质的一般流程，方便学生从总体上把握物质制备实验的基本要素。要向学生有机渗透节约资源、保护环境的可持续发展思想，让他们意识到绿色化学的重要性，并将其贯穿于化学实验的设计和开展中。

“实验探究”：结合教材第 23 页“想一想”和第 23 页图 1.14，鼓励学生从原理出发，综合考虑物质的性质、实验装置、产物收集方法和产物提纯等问题，加强对所学方法的应用。



依据实验室制备氧气的实验，思考以下问题：

- (1) 制备氧气的实验中，你会选择什么物质作为反应原料？
- (2) 如何设计实验步骤并搭建装置？
- (3) 若要得到纯净和干燥的氧气，应如何优化反应装置？

在制备物质时，常会根据目标产品的组成来选择合适的原料与确定反应原理，设计反应路径，选择合适的仪器并搭建实验装置，在一定实验条件下进行制备，最终根据产品的理化性质将其分离提纯出来。

当原料确定之后，应根据原料性质、设备条件等设计反应路径。确定反应路径后，反应条件的控制也十分重要，因为不同的实验条件下，反应的速率和进行程度，以及所得生成物的状态、性质等也不尽相同。因此，在设计物质制备的实验方案时，要综合考虑上述流程中的每个环节。制备物质时一般遵循的原则有：原料易得，原理绿色，条件温和，装置简单，分离方便等。



图 1.14 制备物质的一般流程

实验探究

实验室制备氯气

在实验室中，可用浓盐酸与二氧化锰反应来制备氯气 (Cl_2)。实验装置如图 1.15 所示，认真观察教师演示的实验过程（必须在教师指导下才能嗅闻氯气的气味）。涉及实验原理的化学方程式如下：

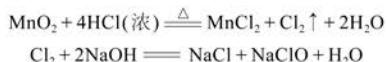


图 1.15 实验室中制备氯气的装置

现象记录：_____。

实验结论：_____。

问题：实验室中制备气体的装置通常包括哪些部分？若要制取纯净、干燥的氯气，你会如何优化上述装置？



1. 氯气有毒且有刺激性气味，提醒学生：制备这类气体时，一定要在通风橱内进行实验，并在实验开始前检查装置的气密性。
2. 引导学生比较实验室制 O_2 （如氯酸钾分解法，固-固加热型）、 H_2 和 CO_2 （固-液常温型）、 Cl_2 （固-液加热型）等实验，总结它们在实验装置选择、注意事项上的不同点，为今后设计制备实验打下基础。
3. 在实验的问题讨论中可先以信息的形式告诉学生：“ HCl 气体极易溶于水； Cl_2 可溶于水，但在饱和食盐水中溶解度很小。”

链接职业

药物的研制和绿色生产

药物的制备和新药的研发与人类健康、生活质量密切相关，长期以来人们一直从天然物质中寻找和提取药物；化学家与药物学家通力合作，制备各种新物质用于新药研发；在药物的工业化生产过程中，化学家创造性地开发绿色环保的高效生产工艺。化学家通过这些途径为人类的健康做出重要贡献。



图 1.16 药物研发人员

“链接职业”：让学生认识到化学是一门社会迫切需要的、实用的自然科学，与我们生活的方方面面密切相关，增加学生学习化学的热情。

物质的分离与提纯

日常生活中我们见到的物质大部分都属于混合物。在化学实验中，我们可以运用物理或化学方法，将混合物中的组分分开，这种操作称为分离；去除杂质得到纯物质的操作则称为提纯。通过分离和提纯可得到纯净的物质，供我们进一步研究其组成、结构与性质。初中时，我们就学过在实验室里可利用过滤、蒸发等操作来分离和提纯物质。在化工生产中，许多有效的分离技术已成为重要的工艺过程，通过专用设备来实现。

混合物的分离是根据混合物中各组分性质差异进行的。分离混合物的常见物理方法有过滤、结晶、蒸馏、萃取和分液等。



过滤操作



蒸发操作

图 1.17 实验室的过滤与蒸发操作



图 1.18 工业过滤器



热电厂的蒸发塔

我们已学过粗盐提纯，该实验过程中涉及哪些分离操作？有哪些操作要点？

升华、层析也是常用的分离方法。

分离技术在生产、生活中有着广泛的应用，如从矿石中冶炼金属、工业废水处理、植物药用成分提取，以及电子工业中高纯硅、锗提取等。除了精馏、萃取、吸收等一些传统分离技术，近年来，膜分离、超临界流体萃取、电泳分离、色谱分离等技术由于在效率、选择性、节能和环保等方面具有明显的优越性，因此显示了广阔的应用前景。



1. 分离提纯在日常生活中随处可见，教师可引导学生联系具体案例，如：做饭前淘米是为了把夹杂在米粒中间的泥沙杂质等洗干净；水洗面团得到面筋，实现了面粉中蛋白质和淀粉的初步分离。通过上述动手实践活动，增强学生的劳动观念，促进学生养成热爱劳动的良好习惯。
2. 这里的“粗盐提纯”是去除粗盐中的不溶性杂质，未涉及粗盐中的可溶性杂质（下一章将详细学习）。

1. 结晶

把溶质从溶液中分离出来有两种基本方法：蒸发结晶与冷却结晶。

想一想

蒸发结晶与冷却结晶对被提纯物质的溶解度有何要求？现有混有少量氯化钾的硝酸钾粉末，请结合两者的溶解度曲线（图 1.19），思考如何提纯硝酸钾。

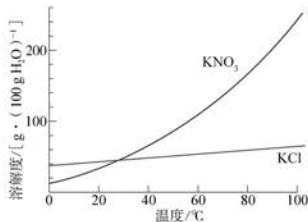


图 1.19 KCl 和 KNO₃ 的溶解度曲线

将含有少量杂质的晶体溶于水，再重新进行结晶，利用物质溶解度的差异，使杂质全部或大部分留在溶液中，这种提纯操作称为重结晶。经过一次重结晶，若晶体的纯度仍没有达到要求，可再次进行重结晶。

2. 蒸馏

蒸馏是将液体加热汽化后再冷凝蒸气的操作。通过蒸馏，可以把溶剂从含有高沸点溶质的溶液中分离出来，也可以将两种或两种以上沸点差别较大的液体进行分离。例如，通过蒸馏方法将海水中的无机盐除去，得到纯净的淡水。

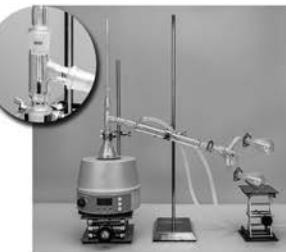


图 1.20 蒸馏装置

拓展视野

分馏

对于沸点相差不大的液体，仅靠一次蒸馏无法实现较好的分离效果。此时可以采用分馏的方法。分馏装置与蒸馏装置类似，但增加了一根特制的分馏柱，可以加大蒸气与分馏柱内填充物接触的表面积，通过液体在柱内的反复汽化和冷凝，实现多次蒸馏效果，使混合物分离更加完全。分馏在工业上应用十分广泛，例如石油工业中分离汽油、煤油、柴油等燃料；从液态空气中分离氮气和氧气；在酿酒工业中利用分馏提高酒产品中乙醇的浓度等。

25



- 提示学生冷却结晶时要首先自然冷却至室温，然后再用冰水浴进一步降温。如果直接冰水浴降温，会导致晶体迅速析出，包裹大量杂质，影响晶体的纯度。
- 关于蒸馏装置，可向学生指出温度计应处位置的原因。
- 需要加热的反应装置中，底部放一个升降台，以便于撤除热源。
- 蒸馏瓶底部不要紧靠电热套，防止局部过热。
- 分馏也是一种常用的分离提纯方法。让学生知道简单蒸馏适用于沸点相差较大（一般相差 30℃ 以上）的液体混合物，分离沸点相差较小的液体混合物则用分馏。
- 可向学生介绍冷凝管的构造，以便于他们理解冷凝水“低进高出”的原因。

3. 萃取和分液

利用某种溶质在两种互不相溶的溶剂中溶解能力的不同，用一种溶剂把溶质从它与另一种溶剂所组成的溶液中提取出来的方法，叫做萃取。将两种互不相溶的液体分离的操作，叫做分液。在实验室中，萃取和分液常常结合在一起进行。

**从碘水中萃取碘**

取一只分液漏斗，加入适量水，检查漏斗顶塞与活塞是否漏水。用量筒量取10 mL碘水，倒入分液漏斗，然后再注入10 mL四氯化碳，盖好顶塞，旋紧，以免漏液。用一手压住分液漏斗顶塞，一手握住活塞（图1.21），把分液漏斗倒转振荡，使两种液体充分混合，然后旋开活塞放气。反复几次后，将分液漏斗放在铁架台上静置。



图1.21 从碘水中萃取碘

待液体分层清晰后，打开分液漏斗顶塞，再将分液漏斗活塞旋开，使下层液体慢慢沿锥形瓶壁流下。当两种液体的交界面进入活塞孔时，关闭活塞，将上层液体从上口倒出。

现象记录：_____。

实验结论：_____。

问题：能用于从碘水中萃取碘的溶剂应具备哪些性质？



图1.22 工业上的萃取设备

在日常生产、生活中，我们也常用溶剂提取固体中的某些组分，如用水浸取甜菜中的糖类、用乙醇提取中药里的有效成分等，这些也都属于萃取操作。萃取在天然香料、精油、药物提取以及核燃料的处理等方面都有着广泛应用。

“实验探究”：“从碘水中萃取碘”是一个经典的萃取分液的实验，通过该实验，要求学生掌握萃取和分液操作的要点。

(1) 检查活塞、顶塞是否漏液。

(2) 液体总体积不超过分液漏斗容积的 $\frac{3}{4}$ 。

(3) 振荡时将分液漏斗尾部斜向上指向无人处，旋开活塞放气；关闭活塞，振荡几下，使两相液体充分接触，放气，重复操作几次。

(4) 分液时，打开顶塞，旋转活塞放出下层液体，当两种液体的交界面进入活塞孔时，关闭活塞，上层液体从上口倒出。

(5) 通过密度来判断所要产物是在上层还是下层。

化学实验方法不仅局限于实验室，在生产、生活中都有着广泛的应用，可举例说明化学与我们的生活息息相关，激发学生学习化学的热情。



- 务必让学生认识到萃取操作中放气的重要性。振荡液体时分液漏斗内的气压增大，如不及时放气，严重时会造成事故。
- 提示学生，判断产物层最简单的依据是两相溶剂密度的相对大小。
- 联系屠呦呦用乙醚提取青蒿素的工艺，引导学生了解物质分离提纯方法在实践中的具体应用，同时也感受屠呦呦等老一辈科学家的奋斗精神，增强民族自信心。

“想一想”：让学生初步学会利用物质外观、颜色、溶解性、酸碱性等进行简单的检验。无水 FeCl_3 是黑棕色或红棕色或紫红色晶体， BaSO_4 、 CaCO_3 不溶于水， CuSO_4 固体是白色粉末，但其水溶液是蓝色，再根据水溶液呈强碱性可以确认样品中含有 KOH ，但无法判断 NaCl 是否存在，需要通过焰色试验进行判断。

当含金属元素的物质在火焰上灼烧时，金属原子中的电子吸收能量，外层电子从能量较低的轨道跃迁至能量较高的轨道，激发态能量高，相对不稳定，电子很快又跃迁回能量较低的轨道，能量以光的形式释放。当发出的光的波长在可见光区（400~760 nm）时，就能使火焰呈现相应的颜色。由于不同金属原子的电子层结构不同，电子跃迁时能量的变化也不同，相应地就发出不同波长的光，从而呈现不同的颜色。

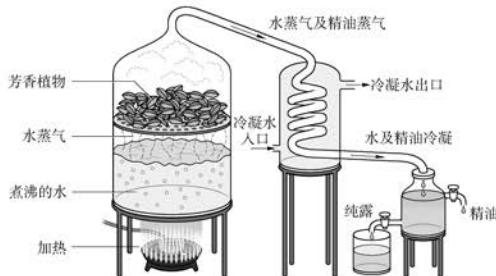


图 1.23 萃取、蒸馏联用从植物中提取精油

物质的检验

物质的检验在生产、生活和科学的研究中占有举足轻重的地位。我们通过观察某些物质的物理状态、颜色、气味、溶解度以及它们水溶液的酸碱性等，可对这些物质的性质有初步的了解。



?

有一份样品，可能是下列物质中的一种或几种： CuSO_4 、 BaSO_4 、 FeCl_3 、 KOH 、 NaCl 、 CaCO_3 。对该样品进行初步测试后，得出如图 1.24 所示的结果。分析该白色粉末是什么物质。说一说你的理由。



图 1.24 初步检验步骤与结果

如果要进一步确定研究对象的组成，需要根据物质的某些特殊性质和特征反应进行针对性的检验。

许多金属或者它们的化合物在火焰上灼烧会使火焰呈现特殊的颜色，这种定性分析操作叫做焰色试验。例如，钠的焰色为黄色，钾的焰色为紫色，钙的焰色为砖红色，铜的焰色为蓝绿色等。根据火焰所呈现的特征焰色，可以快速确认相应金属元素的存在。

27



- 可向学生说明，有些金属或其化合物被灼烧时发出的光的波长落在可见光区之外，因此观察不到它们的焰色，如镁、铝、铂、镍等，这些金属元素不能通过焰色试验来检验，因此就能作为焰色试验中的载体，常用的如铂丝。
- 在解决焰色试验的相关问题时，要让学生清楚，焰色试验是元素的性质。例如，钠元素无论是以单质形态存在，还是以化合物形态存在，焰色试验都呈现黄色。焰色试验与实验环境无关，例如，钠在空气中或氯气中燃烧，火焰均为黄色。

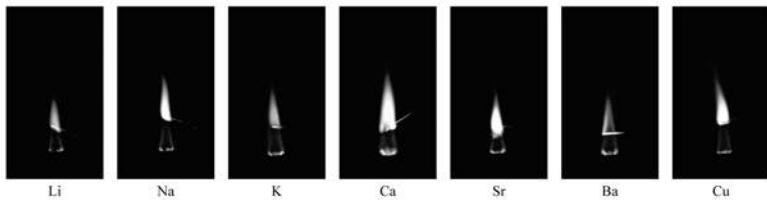


图 1.25 几种金属元素焰色试验的颜色

资料库**古籍中记载的焰色试验**

南北朝时期陶弘景所著的《本草经集注》中记载“以火烧之，紫青烟起，云是真硝石也”。说明人们很早就知道用焰色试验鉴别硝石（硝酸钾）。

当含钾的物质中同时含有钠元素时，钠的焰色会掩盖钾的焰色，此时应透过蓝色钴玻璃进行观察，钴玻璃可以滤去黄光，从而去除钠的干扰。

使特定组分发生化学反应，产生特征颜色，这种方法称为显色法。例如用酸碱指示剂、pH试纸等检测溶液的酸碱性，用淀粉溶液检测碘单质等。

通过加入某种试剂，观察是否有沉淀产生，来判断物质中所含的组分，这种方法称为沉淀法。例如，向溶液中加入酸化的硝酸银溶液，观察是否有不溶于稀硝酸的白色沉淀生成，以检验溶液中的氯离子；向溶液中依次加入稀盐酸与氯化钡溶液，观察是否有白色沉淀生成，以检验溶液中的硫酸根离子。

我们也可以通过加入某种试剂，将待测物质转化为易于鉴别的气体，这种方法称为气体法。例如，向某物质中滴加盐酸，若产生无色无味并能使澄清石灰水变浑浊的气体，则可推测该物质中存在碳酸根离子、碳酸氢根离子中的一种或两种。

书写表达

以氯化钠、硫酸铵、碳酸钾为例，写出上述检验氯离子、硫酸根离子以及碳酸根离子时发生反应的化学方程式。

想一想

鉴别和鉴定有区别吗？有三份纯净样品，分别是 KCl 、 Na_2CO_3 和 K_2SO_4 ，如何设计实验方案进行鉴定？

“资料库”：联系中华优秀传统文化中的化学知识，让学生体会中国古代化学研究成果及其在人类文明进程中所做出的贡献。

离子检验和未知物的鉴定是化学实验中的基本实验技能，也是对所学知识的综合应用。对于氯离子、硫酸根离子的检验要求重点掌握。

对于碳酸根离子、碳酸氢根离子的鉴别不做要求。

教材列举了物质检验的一些常见方法——焰色试验、显色法、沉淀法、气体法，引导学生掌握并学会应用这些方法进行物质的检验。

“想一想”：鉴定是根据物质的某一特性来确定被检验物是哪种物质；鉴别是根据几种物质的不同物理特性、化学特性，通过实验把它们一一区别，确定各是什么物质。注意，鉴别是在有限范围内区分，掌握部分组成信息即可，而鉴定则需要全部组成信息。



- 提示学生，能使澄清石灰水变浑浊的气体除了二氧化碳，还有二氧化硫。
- 可介绍鉴别的原则：用最简单的方法，最少的试剂，具有最明显的实验现象差异。
- 离子检验的一般顺序为：取样→加检验试剂→观察实验现象→形成实验结论。

教材从物质的“制备”“分离与提纯”和“检验”三个方面阐述，引导学生在研究物质性质和反应规律的基础上，掌握化学实验的核心思路和基本方法。

“链接学科”：阐明了仪器分析能够进行定性、定量或形态分析，和化学分析相辅相成，共同促进了现代化学的发展。

电子天平可直接称量物品，无需砝码，称量速度快，精度高。使用时应注意：

(1) 开关门、放取称量物时，动作要缓慢。

(2) 需室温称量时，过冷或过热物品要放置至室温后再称量。

(3) 电子天平有一定的最大称重范围，不可超过。

(4) 使用洁净容器，避免沾染、腐蚀天平。

链接学科

仪器分析

仪器分析是化学学科的一个重要分支，它是利用某些现代仪器设备，测量物质的物理或化学性质的参数及其变化来获取物质组成、含量及结构等信息的学科。仪器分析相较于传统的化学分析，具有灵敏度高、快速、简便等特点。例如，元素分析仪能够对物质中C、H、N、S等元素进行定量分析测定；通过核磁共振分析可以了解特定原子的化学环境、原子个数等；质谱分析技术能够测量化学物质，特别是某些生物大分子的相对分子质量；色谱及其联用技术能够进行广泛的高效分离分析测试等。随着科学技术不断进步，仪器分析正朝着智能化、实时跟踪、微型化、非破坏性检测、遥测等方向迅速发展。

配制一定物质的量浓度的溶液

化学学科的发展经历了从定性到定量的过程。在实验室中，有许多计量仪器，如电子天平、量筒、温度计等。学会正确使用这些计量仪器，是定量分析实验的重要基础。

在生产和科学实验中，我们经常用到一定浓度的溶液。一般情况下，我们取用溶液时不会去称量它的质量，而是会量取它的体积。同时，物质在进行化学反应时，反应物的物质的量之间存在一定的比例关系。所以，知道一定体积的溶液中所含溶质的物质的量，对于生产和科学实验十分重要。在化学研究中，物质的量浓度是使用最广泛的一种表示溶液浓度的方法。

用每升溶液中所含溶质B^①的物质的量表示的浓度称为溶质B的物质的量浓度，符号为c_B，常用的单位是mol·L⁻¹。

溶液中溶质B的物质的量浓度(c_B)、溶质B的物质的量(n_B)与溶液的体积(V)之间存在以下关系：

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

若1L溶液中含有1mol溶质B，这种溶液中溶质B的物质的量浓度就是1mol·L⁻¹。如NaCl的摩尔质量是

^① B表示某种溶质。



- 建议学生观察生活中根据需要选用的不同浓度的表达方式，如生理盐水(0.9%，质量分数)、白酒(53%，体积分数)、白醋(总酸≥6.00g/100mL)、血液中的葡萄糖(5.5mmol·L⁻¹)。
- 强调c_B= $\frac{n_B}{V}$ 中的V指的是溶液的体积，而不是溶剂(水)的体积。
- c_B中的B也可以是溶液中的某离子，要会根据化学式进行换算。如c[Al₂(SO₄)₃]=0.1mol·L⁻¹，则c(Al³⁺)=0.2mol·L⁻¹，c(SO₄²⁻)=0.3mol·L⁻¹。
- 溶液具有均一性，所以从溶液中取出部分液体，浓度是不变的(这是学生的一个易错点)。
- 可向学生拓展：mol·L⁻¹也是气体浓度的一种单位，表示单位空间内气体的物质的量。

$58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 将 58.5 g NaCl 溶解在适量水里配制成 1 L 溶液, 溶液中 NaCl 的物质的量浓度就是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。又如, 1 mol 蔗糖的质量是 342 g , 将 342 g 蔗糖溶解在适量水里配制成 1 L 溶液, 溶液中蔗糖的物质的量浓度就是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。使用溶液时, 如果知道了溶液中溶质的物质的量浓度, 也就能知道一定体积溶液所含溶质的物质的量, 这给在溶液中参与化学反应的各物质之间的量的计算带来便利。

当我们知道了物质的量与质量的关系, 以及用物质的量、溶液体积来表示浓度, 就可以在实验室配制一定物质的量浓度的溶液了。



?

用下列两种方式配制氯化钠溶液, 其物质的量浓度是否都为 $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$? 说说你的理由。

方式一: 将 1.000 mol 氯化钠溶于水配制成 1 L 溶液。

方式二: 将 1.000 mol 氯化钠溶于 1 L 水中配制成溶液。

据此分析, 要精确配制 $100 \text{ mL } 1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钠溶液, 需确定哪些量?



图 1.26 不同规格的容量瓶

实验室常使用容量瓶来配制一定体积、一定物质的量浓度的溶液。容量瓶有不同的规格, 常用的有 50 mL 、 100 mL 、 250 mL 、 500 mL 和 1000 mL 等(图 1.26)。



?

容量瓶都呈细颈形, 这样设计的好处是什么? 容量瓶的瓶身上标明 20°C , 说明对使用温度有精确要求, 这又是为什么?

实验探究



配制 $100 \text{ mL } 1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钠溶液



配制 $100 \text{ mL } 1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钠溶液, 根据计算, 需要 5.850 g 氯化钠固体。

用电子天平称取 5.850 g 氯化钠固体, 放入 100 mL 烧杯中, 加入适量蒸馏水, 用玻璃棒搅拌使其溶解。

将烧杯中的溶液沿玻璃棒小心地转移到 100 mL 容量瓶中。用少量蒸馏水

“配制一定物质的量浓度的溶液”这一实验是对物质的量浓度这一概念的具体应用, 涉及定量计算和多个实验基本操作, 是学生需要掌握的基本化学实验技能之一。

“想一想”: 让学生思考实验中常见失误所引起的结果, 知其然而且知其所以然, 强调规范实验操作的重要性, 避免实验中出现类似的失误。

1.000 mol 氯化钠溶于 1 L 水中, 所配制的溶液总体积超过了 1 L , 浓度偏低。

“想一想”: 容量瓶的细颈设计有利于精确定容, 并方便拿取。由于液体及容量瓶都有热胀冷缩的性质, 只有在规定的温度下使用才能保证实验结果的准确性。



1. 容量瓶上标有刻度线、容量、温度, 描述容量瓶时, 要注明 “ $\times \times \text{ mL}$ 容量瓶”。
2. 提示学生, 在使用前应对带有瓶塞或活塞的玻璃仪器进行检漏。容量瓶的检漏方法为: 在瓶中加蒸馏水到刻度线附近, 塞紧瓶塞, 使其倒立 2 min , 用干滤纸片沿瓶口缝处, 检查有无水珠渗出; 如无渗出, 再把塞子旋转 180° , 塞紧, 倒置, 检查有无渗漏。
3. 要妥善保管容量瓶的配套瓶塞, 可用绳把瓶塞系在瓶颈上, 以防跌碎或与其他容量瓶塞搞混。
4. 选用容量瓶遵循“大而近”的原则, 即所需容量瓶的容积略大于或等于溶液的体积。例如, 实验中需要 80 mL 某浓度的溶液, 应使用 100 mL 容量瓶配制。

“实验探究”：做定量实验时，要求每一步都要按照正确的实验方法进行操作，以减少实验误差。本实验操作中有两个关注点：是否对溶质总量有影响；是否对溶液体积有影响。

洗涤烧杯内壁及玻璃棒2~3次，将洗涤液全部转移到容量瓶中。轻轻摇动容量瓶，使溶液混合均匀。

然后，将蒸馏水缓慢注入容量瓶，直至液面位于容量瓶颈刻度线下1~2cm时，改用胶头滴管滴加蒸馏水至溶液的凹液面底部与刻度线相切。将容量瓶用瓶塞盖好，上下颠倒几次，摇匀。

这样配制得到的溶液就是100mL 1.000 mol·L⁻¹氯化钠溶液，配制过程如图1.27所示。

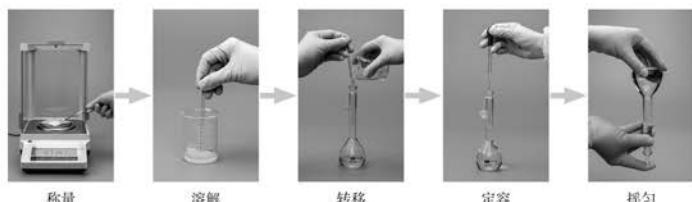


图1.27 配制一定物质的量浓度的溶液示意图

“想一想”：

(1) 洗涤并转移
洗涤液是为了尽可能将全部氯化钠转移到容量瓶中，否则氯化钠有损耗，造成配制溶液浓度偏低。

(2) 蒸馏水超过刻度线，溶液体积偏大，使所配制的溶液浓度偏低，需要重新配制。

引导学生思考，体会严谨求实的科学态度。

根据实验操作步骤，思考下列问题。

(1) 为什么要用蒸馏水洗涤烧杯内壁？为何要将洗涤液全部转移到容量瓶中？

(2) 用胶头滴管滴加蒸馏水时如果液面超过了刻度线，所配制溶液的实际浓度比要求浓度高还是低？此时该怎么办？

除了用固体配制一定浓度的溶液外，在实验室中我们还常常需要将浓溶液稀释成不同浓度的稀溶液。

在溶液稀释的过程中，虽然溶液的体积发生了变化，但溶质的物质的量保持不变，因此稀释前后的溶液的物质的量浓度和体积之间满足以下关系：

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

式中 c_1 、 V_1 表示稀释前溶液的物质的量浓度和体积； c_2 、 V_2 表示稀释后的物质的量浓度和体积。

贴士

可列举一些错误操作，让学生分析测定结果偏高还是偏低。测定结果偏高的情况：定容时，溶液温度高；用量筒量取液体时，仰视读数；定容时，俯视容量瓶刻度线读数；等等。测定结果偏低的情况：烧杯中溶解晶体，转入容量瓶中后，未用蒸馏水润洗烧杯及玻璃棒；定容时溶液温度过低；称量易吸水物质时称量时间过长；称量未干燥的物质；用量筒量取液体时，俯视读数；溶液在溶解、稀释、转移、定容和摇匀的过程中有液体溅出；定容时，滴加蒸馏水超过刻度线，再用胶头滴管吸出；定容摇匀后，液面低于刻度线，再滴加蒸馏水至刻度线；等等。

本章教学案例

胶 体

教学目标

1. 知道胶体的性质，紧扣胶体粒子直径，理解结构决定性质的观念。
2. 在实验中运用比较的基本方法，体验细致观察现象、推演分析结果的过程。
3. 通过实验充分调动学习的主观能动性，感受科学的实验态度。

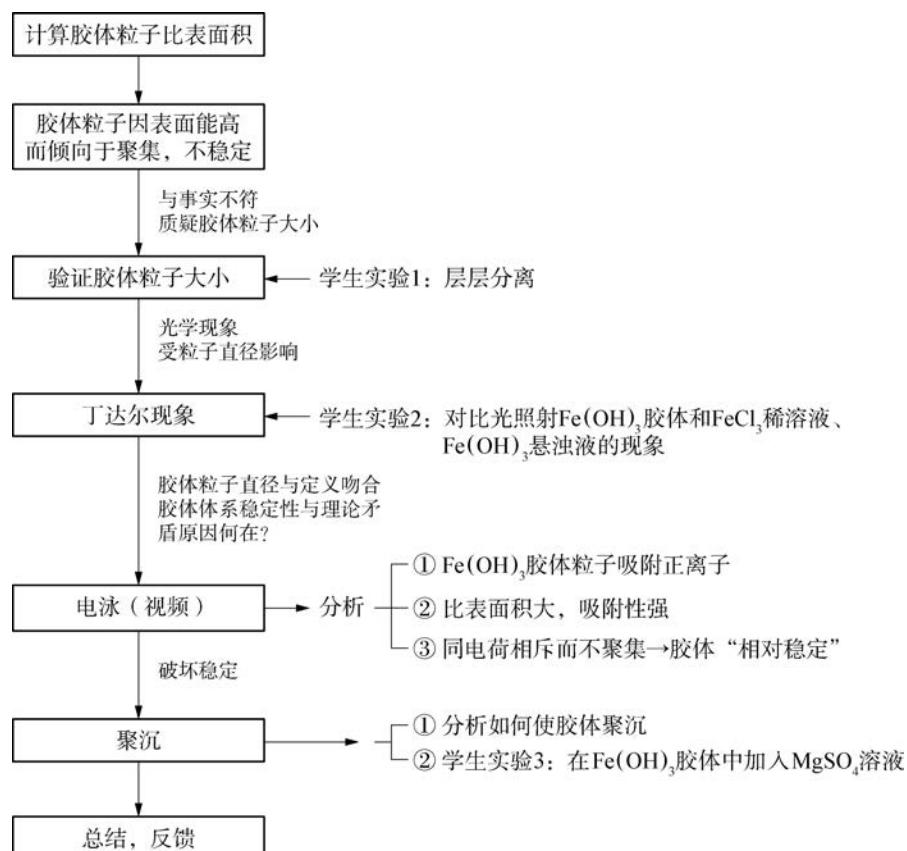
教学重点

由胶体粒子的特殊直径导致的胶体特性。

教学难点

悬浊液、胶体、溶液体系分离实验的设计；对电泳实验结果的分析。

教学过程

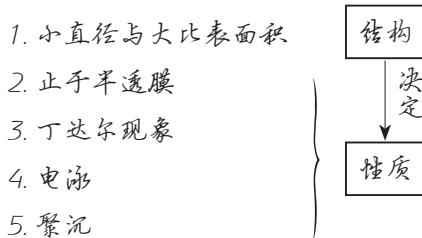


教师活动	学生活动	设计意图
<p>【引入】上一节课我们学习了分散系的分类，今天我们将进一步来认识胶体这种特殊的分散系。胶体中分散质粒子的直径为1~100 nm，这样的特殊粒子直径会给体系造成怎样的影响呢？</p> <p>【提问】我们不妨一起来算一算：棱长1 cm的小立方体若切成若干棱长为1 nm的小立方体，表面积发生了怎样的变化？</p> <p>【展示】表面积由原来的$6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$增加到6 000 m^2，增大到原来的1 000万倍；若将其展开，面积几乎相当于一个标准足球场。胶体粒子巨大的比表面积（请阅读教材第12页第3段）会为胶体体系带来什么影响呢？</p> <p>【提问】我们先来看一些生活中的例子：水滴、天体都是（近乎）球形的，而不是立方体等其他形状。从表面积角度来看，球形相较于其他形状有何特点？</p> <p>【提问】现在我们能否归纳出一条物质存在形态的规律呢？</p> <p>【叙述】相同条件下，表面积越小，表面所具有的能量越低，这种能量我们称为表面能。能量越低越稳定。</p> <p>【提问】回到之前的问题，由于胶体粒子如此巨大的比表面积，我们推测胶体体系会呈现出怎样的表现呢？</p>	<p>【计算】</p> <p>【回答】相同体积（或质量）情况下，球形的表面积最小。</p> <p>【回答】物质存在尽可能追求表面积小的形态。</p> <p>【回答】胶体粒子具有极大的比表面积，能量高，故有自动聚集沉降的倾向，以减小表面积，降低表面能，趋向于稳定。</p>	<p>通过数据给予学生直观的感受。</p> <p>从生活常识出发，引出表面积与能量的关系。</p> <p>从理论上认识胶体体系的不稳定性，为后续内容的展开制造矛盾点。</p>
<p>【过渡】但事实上，这是几天前制备的Fe(OH)₃胶体（请阅读教材第11页“实验探究”第1段），至今没有沉降，依旧如溶液般澄清，这又是怎么一回事？难道这是Fe(OH)₃溶液？其中的分散质粒子直径已经小于1 nm？成为质点，不具有表面积，就更谈不上表面能了。胶体粒子是否真如我们所说，其直径为1~100 nm吗？还是用实验事实说话吧。</p> <p>【提问】在我们熟悉的过滤操作中，滤纸的孔隙能够阻挡100 nm以上的沉淀粒子通过。基于同样的原理，我们也可以找一种“滤纸”以区别对待胶体粒子和溶质。这种“滤纸”应当满足怎样的条件呢？</p> <p>【叙述】半透膜（请阅读教材第11页图1.7和“资料库”）就可以满足这样的要求。</p> <p>【提问】如何利用滤纸和半透膜，设计实验证明胶体粒子的特殊直径？</p> <p>【装置图】</p> <p>【说明】① 观察圆筒内的液体澄清度；② 在圆筒内滴加碘水；③ 在烧杯中滴加AgNO₃溶液。</p>	<p>【回答】阻挡1 nm以上的粒子通过，而不影响1 nm以下的粒子。</p> <p>【实验】在3 mL CaCl₂溶液中滴加几滴Na₂CO₃溶液，再加入1滴管淀粉溶液，振荡。分离CaCO₃、淀粉、CaCl₂、NaCl混合体系。</p> <p>【讨论】提出实验方案。</p> <p>【验证】如图操作，记录现象，明确结论。</p>	<p>直观感受引出认知冲突。</p> <p>引导类比模仿思维。</p> <p>创设实际实验情境，分析讨论，实践小组团队协作互补。</p> <p>眼见为实，进一步强化巩固胶体粒子的特殊直径概念。</p>

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【叙述】由于分散质粒子的直径大小不同，当光照射不同的分散系时，会相应产生不同的光学现象。在侧面能观察到明显光路的现象被称为丁达尔现象。（请阅读教材第12页第1段和“资料库”）</p> <p>【叙述】如实验所见，丁达尔现象是区分外观相似的溶液和胶体的一种简单方法。</p> <p>【叙述】生活中常见的胶体，根据分散质的不同，不仅可以是液溶胶，还可以是气溶胶（请阅读教材第12页第7~8行）、固溶胶。</p> <p>【提问】请列举生活中的丁达尔现象。</p>	<p>【实验】对比红光水平照射$\text{Fe}(\text{OH})_3$胶体和FeCl_3稀溶液、$\text{Fe}(\text{OH})_3$悬浊液。从侧面观察。（请阅读教材第11页“实验探究”）</p> <p>【回答】清晨树林中的光束等。</p>	体验对比的基本实验手段。
<p>【过渡】看来$\text{Fe}(\text{OH})_3$胶体粒子的大小没有问题，那么究竟是什么原因导致体系稳定性在理论与实际上的矛盾呢？也许下面这段视频会帮我们揭开谜底。</p> <p>【视频】电泳现象（请阅读教材第13页第1段）。</p>		再次提及矛盾所在，激起学生进一步学习的兴趣和关注。
<p>【引导分析】$\text{Fe}(\text{OH})_3$胶体粒子向与电源负极相连的一极（阴极）定向移动</p> <p>Fe(OH)₃ 胶体粒子带正电荷 ↓ Fe(OH)₃ 胶体粒子应当显中性, 那么正电荷从何而来? ↓ Fe(OH)₃ 胶体粒子吸附 Fe^{3+} ↓ 吸附的结果 同种电荷相斥而不聚集 吸附的原因 比表面积大, 吸附能力强</p> <p>Fe(OH)₃ 胶体的不稳定，是由于胶体粒子的比表面积大，表面能高；而 Fe(OH)₃ 胶体粒子不聚集，也是由于其比表面积大，吸附了带同种电荷的离子。这一切的根源都在于胶体粒子的特殊直径。所以，Fe(OH)₃ 胶体是一种“相对稳定”的体系。</p>		实验结果为逻辑分析服务，能更充分地体现实验的价值。
<p>【过渡】在一定条件下，只要能克服同种电荷的排斥作用，就可以破坏$\text{Fe}(\text{OH})_3$胶体的“相对稳定”。</p> <p>【提问】那么有什么方法可以使胶体粒子发生聚集沉降呢？</p> <p>【引导分析】</p> <p>【叙述】以上过程称为胶体的聚沉。生活中有很多胶体聚沉的案例（请阅读教材第13页第6~13行）。</p>	<p>【回答】①加入电解质；②加入由带相反电荷胶体粒子构成的胶体；③加热。</p> <p>【实验】$\text{Fe}(\text{OH})_3$胶体中滴加 MgSO_4 溶液。</p>	<p>矛盾同根同源，其对立统一性，加深学生对结构决定性质规律的认识。</p> <p>体会解决问题应“对症下药”。</p> <p>感受化学知识的实际应用，激发兴趣。</p>
<p>【总结】胶体粒子直径与胶体性质。</p> <p>胶体粒子直径（1~100 nm）决定了胶体性质：</p> <p>(1) 胶体粒子可以通过滤纸，不可以通过半透膜。</p> <p>(2) 胶体粒子导致光的散射，产生丁达尔现象。</p> <p>(3) 胶体粒子比表面积大。</p> <p>① 表面能大而倾向聚集。</p> <p>② 吸附同种电荷离子而排斥，不聚集。</p> <p>因而胶体处于“介稳”状态，一定条件下可发生电泳、聚沉。</p>		

板书设计

胶 体



案例提供者：复旦大学附属中学 李琮

物质的分离与提纯

教学目标

- 结合生产、生活的实际应用，学会过滤、结晶、蒸馏和萃取分液等实验技能。
- 借助物质分离与提纯方法的学习，认识物质的性质对分离方法选择的重要性。在结晶方法的学习过程中，从概念衍生出分离方法，构建解决问题的模型。
- 通过蒸馏装置的改进以及分液漏斗的自主设计，体验科学探究的过程，学习运用以实验为基础的研究方法，提升“科学探究与创新意识”的化学学科核心素养。
- 以屠呦呦分离青蒿素等化学史料，引发对中华优秀文化的认同，体会化学学科的社会价值，增强民族自豪感。

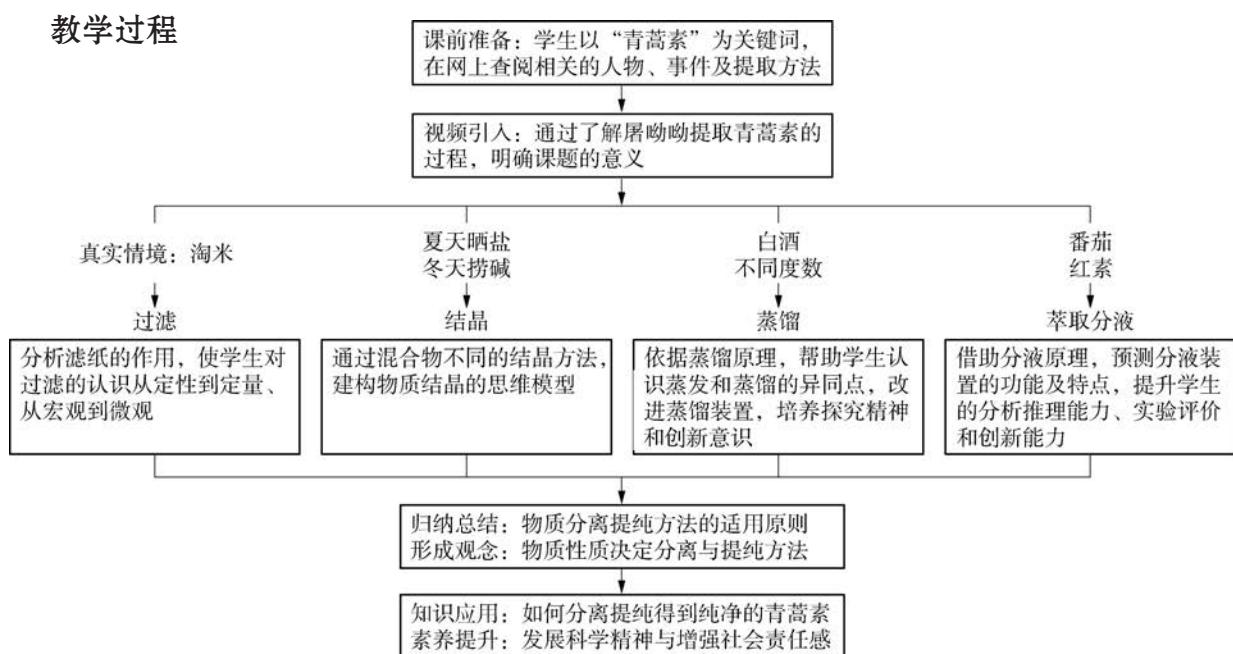
教学重点

掌握研究物质的实验方法、分离和提纯的原理与方法。

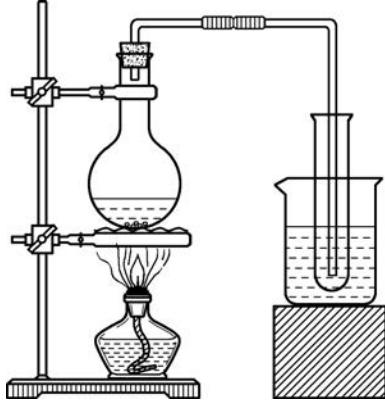
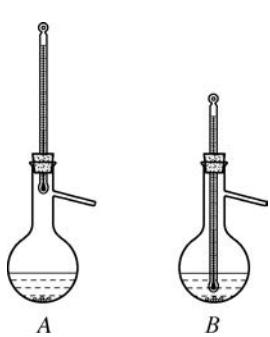
教学难点

物质分离和提纯实验方案的设计。

教学过程



教师活动	学生活动	设计意图
<p>【引入】通过视频介绍诺贝尔生理学或医学奖获得者屠呦呦的突出贡献与研究历程。</p> <p>【提问】青蒿素来自植物青蒿，具有高效抗疟作用。在最初动物实验中，青蒿的效果却并不出彩，可能的原因是什么？</p> <p>【设疑】如何从青蒿中分离提纯青蒿素呢？</p>	观看视频。 <p>【思考回答】认识青蒿是混合物，而青蒿素只是其中的一种组分，猜测其他组分可能对青蒿素的药效产生影响。</p> <p>思考、存疑。</p>	认识科学家对自然科学发展的贡献，感悟科学发现的艰辛，激发学生的民族自豪感。 开阔学生视野，使学生意识到获得纯净物是对研究其结构、性质及用途的需要，明确课题“物质分离与提纯”的意义。 为本课结尾的知识应用做好铺垫，并引出初中学习过的几种提纯分离的方法。
<p>【生活情境1】同学们在家里淘过米吗？以化学家的视角看，你觉得淘米的过程中是否存在物质提纯分离的方法？</p> <p>【问题】除去大米中的一些不溶于水且密度较小的杂质过程是提纯；而将水和大米分开的过程则是分离。同学们是否可以给提纯和分离分别定义？</p>	回忆自己或家人淘米的细节，结合初中知识，得出淘米过程中存在过滤的操作。 阅读教材第24页正文第1~5行，领悟提纯和分离的区别与联系。	从学生熟悉的生活场景切入，让学生亲身感悟提纯和分离的过程，激发学生的学习兴趣。 依托生活，通过理解提纯与分离的相互关系，展开对提纯和分离具体操作的深入学习。
<p>【回顾】在初中，我们学过粗盐提纯，该实验有哪些分离操作？</p> <p>【展示】粗盐提纯过程中过滤的实验装置图及工业上常见的过滤器图片（教材第24页图1.17、图1.18）。</p> <p>【问题】胶体和溶液是否也可以通过滤纸进行分离？为什么？如果不行，用什么来进行分离呢？</p> <p>【归纳】过滤适用于分离哪一类混合物？与混合物的什么性质有关？</p>	回忆：过滤、蒸发。 对比两张图片，回忆实验室过滤操作应注意“一贴、二低、三靠”，体会实验室过滤与工业过滤的共同点。 回忆教材1.1节中胶体的相关内容，回答问题。思考过滤操作中滤纸所起的作用。 思考、回答。	在生活情境的基础上，回忆已有知识，展开关于分离操作的讨论。 规范实验室过滤的具体操作细节，学会用化学用语规范表达；突显滤纸和滤袋网框在过滤操作中所起的作用。 突出根据粒子的大小分离提纯混合物的定量思维，从微观的角度重新定义过滤操作。 通过学生最熟悉的过滤操作，明确物质性质对分离方法选择的重要性。
<p>【生活情境2】展示“夏天晒盐、冬天捞碱”的图片。</p> <p>【展示】呈现氯化钠和碳酸钠溶解度曲线图。请学生思考蒸发结晶法和降温结晶法分别适用于哪些物质。</p> <p>【方案设计】根据教材第25页图1.19，分析含少量氯化钾的硝酸钾粉末，具体如何提纯硝酸钾？</p> <p>【变式问题1】含少量硝酸钾的氯化钾粉末，是否仍用冷却结晶的方法提纯？</p> <p>【变式问题2】提供氯化钠和氯化钾的溶解度曲线图，分析含少量氯化钠的氯化钾粉末，如何得到纯度较高的氯化钾？</p>	寻找两种提纯过程的相同点，思考为何在不同季节进行不同的劳作。 对比溶解度曲线，体会蒸发结晶和降温结晶的区别。 小组讨论，设计实验的具体方案。小组间互相评价，通过辨析两种情况的区别，认识影响物质结晶的因素。 观察溶解度曲线图，产生疑问。阅读教材第25页，理解重结晶的概念和作用。	在粗盐提纯的基础上，自然过渡到“冬天捞碱”的真实生产场景，引出结晶的两种方法。 让学生通过溶解度曲线图直观地理解物质结晶可以通过温度变化进行设计与操作。 通过方案设计，逐步建构物质结晶的思维模型，发展“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养。 依托之前建构的结晶模型解决问题，自然引出重结晶的概念，学生更能理解重结晶的意义。

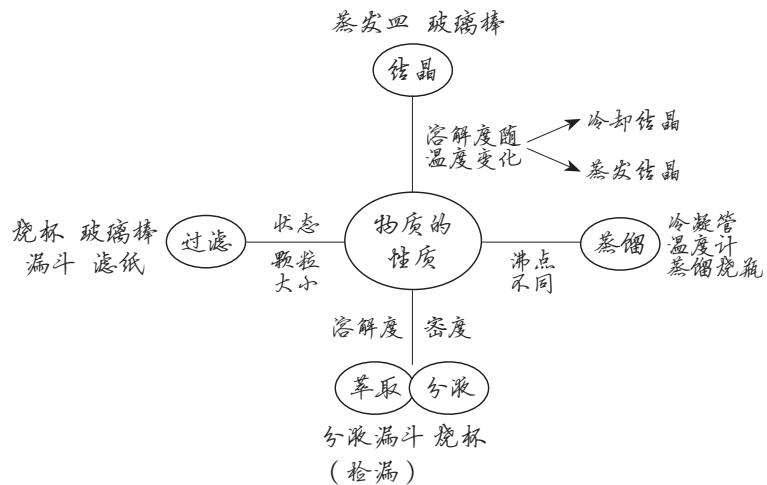
教师活动	学生活动	设计意图
<p>【生活情境3】展示各种度数的白酒，讲述在酒类生产中，为了提高酒精浓度以及提取香味成分，蒸馏技术必不可少。</p> <p>【展示】呈现蒸馏的简易装置图，思考蒸馏和蒸发的异同点，进一步改进简易装置。</p>	<p>观看图片，思考酒精浓度与蒸馏操作的关系。回顾海水淡化过程中蒸馏的作用。</p> <p>通过对比，发现蒸馏和蒸发都有液体加热汽化的过程，但蒸馏还包括冷凝过程。据此提出对简易装置的改进措施。</p> 	<p>提供真实的情境素材，引导学生联想初中所学的海水淡化的过程，自然引出分离方法——蒸馏。结合学生对蒸馏的已有认知，通过对比蒸发操作，引导学生认识冷凝管和蒸馏烧瓶等新仪器。</p>
<p>【展示】改进后的蒸馏装置图。</p> 	<p>观察冷凝管放置的方式及进、出水口。从混合物沸点不同的角度认识控制温度是蒸馏操作的关键，讨论得出温度计放置的正确位置。</p>	<p>通过对蒸馏装置的进一步改进，帮助学生学习和深入理解蒸馏的原理。</p>
<p>【提问】蒸馏作为分离物质的一种方法，适用于分离哪一类混合物？若要确保分离完全，该装置还应如何改进？</p> <p>【提问】在蒸馏过程中，下列温度计的位置是否正确？为什么？</p> 	<p>讨论分析A、B两种温度计的位置可能导致产物含有怎样的杂质，并仔细观看教材第25页图1.20，知道温度计感温泡所处的正确位置。</p>	<p>通过对两种错误放置方法的讨论，依据蒸馏的原理，使学生清楚温度计感温泡所处的正确位置。</p>

(续表)

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【生活情境 4】同学们都喝过番茄汤，但是是否注意过如果在汤中加入植物油，会发现漂浮在上层的植物油特别鲜红，仿佛把汤中所有的番茄红素“吸”了出来，这如何解释？</p> <p>【提问】番茄红素离开水相，进入油层，与它的哪些性质有关？</p>	<p>观看视频，思考猜测：①植物油为何在上层；②油层“格外”红的原因。</p> <p>思考回答：溶解度，番茄红素在油层溶解度更大。</p>	<p>从真实情境素材切入，让学生感悟在日常生活中物质提纯的应用，感受学习化学的意义和价值。</p> <p>让学生通过生活事实自主得出萃取的定义，体会“吸”字与物质的溶解度有关。</p>
<p>【装置设计】如何进一步将油层和水层分开，需要哪些仪器？</p> <p>【演示】展示分液漏斗，并演示分离事先准备好的含番茄红素的油层与水层。</p> <p>【实验探究】设计实验探究如何从碘水中提取碘单质（提供碘在水、四氯化碳、酒精中的溶解度数据）。 仪器：分液漏斗、铁架台（含铁圈）、烧杯。 药品：碘水、四氯化碳、乙醇。</p>	<p>小组讨论分离装置应具有哪些特点。 画出心目中的装置并说明理由，相互评价。 观看教师演示分液过程的具体操作。</p> <p>根据已有信息，设计实验方案，选择合适的药品分组完成实验，记录实验现象，思考分层的原因及下层为何呈紫红色。</p>	<p>促进学生对物质分离方法的深入思考，引导学生在表达评价过程中，分析形成分液的概念。</p> <p>体会分液漏斗在分液过程中使分离产物更纯净、分离效果更好的规范操作要领。</p> <p>通过实验现象总结萃取剂的作用及如何选择合适的萃取剂。通过学生在阅读材料、观察实验、小组讨论等活动中的表现，加深对萃取分液概念的理解，认识萃取和分液的联系，提高学生的思维能力和学习方法。</p>
<p>【归纳】通过本节课的学习，同学们能不能总结出在选择分离方法的时候，应重点考虑的混合物的物理性质？</p> <p>【资料】介绍青蒿中的药用成分主要分为挥发性和难挥发性两类，列举其中几种成分的名称和功用。请同学们根据本节课所学内容，想一想该如何分离、提纯得到纯净的青蒿素。</p> <p>【提问】屠呦呦发现在东晋葛洪《肘后备急方》中有关于青蒿素的记载：“青蒿一握，以水二升渍，绞取汁，尽服之”。其中，绞取汁是指搅碎、过滤取汁液，而并非高温煎煮，这说明了什么？最终屠呦呦想到在低温下用乙醚浸泡青蒿来获得高纯度的青蒿素，乙醚起到了怎样的作用？</p> <p>【结语】屠呦呦从植物青蒿中提取出具有药用价值的青蒿素，不仅挽救了无数人的生命，同时也让我们知道化学家研究物质的首要步骤——分离和提纯，只有得到纯净的化学物质，才有可能探析其真实的微观结构，为其制备和使用创造有利条件。</p>	<p>思考回答：物质状态、密度、溶解度、沸点等。</p> <p>阅读材料，结合本节课的学习内容，思考如何分离青蒿中的挥发性和难挥发性成分。</p> <p>预测青蒿素的结构在高温下不稳定。思考“乙醚”在获取青蒿素过程中的关键作用及操作名称。</p> <p>倾听、感悟。</p>	<p>将不同混合物分离、提纯的方法和原理进行归纳总结，建立完整的知识结构体系，形成“性质决定分离和提纯方法”的观念。</p> <p>与本节课的开始首尾呼应，应用所学知识，发展学生科学精神，增强学生社会责任感。</p> <p>以史为镜，开阔学生视野，让学生了解科学发展的前沿信息，同时渗透科学是不断发展、完善的科学本质观。</p> <p>给学生树立了榜样，增强学生的民族自豪感，并使学生意识到化学学科的重要。</p>

板书设计

物质的分离与提纯



案例提供者：上海杨浦高级中学 鲍文亮

本章教学问题讨论与教学资源链接

实验讨论

1. 胶体的丁达尔现象

第1章第1节介绍分散系时，通过“实验探究”引入“胶体的丁达尔现象”这一实验，旨在让学生认识溶液、胶体、悬浊液这三种分散系由于分散质粒子大小不同而具有的不同性质，体会丁达尔现象是区分溶液和胶体的一种常用物理方法。

当一束光照射到分散系时，除了一部分光透过外，其余的光将发生光吸收、光反射和光散射。如果粒子直径小于入射光波长，发生光的散射，这时观察到的光波环绕微粒而向其四周散射的光，称为散射光（或乳光）。丁达尔现象就是光的散射现象（或称乳光现象），英国物理学家丁达尔（J. Tyndall）于1869年首先发现和研究了胶体的丁达尔现象。胶体粒子直径为 $1\sim 100\text{ nm}$ ，小于可见光波长（ $400\sim 760\text{ nm}$ ），因此，当可见光透过 Fe(OH)_3 胶体时会产生明显的散射作用而出现丁达尔现象，从垂直入射光方向可以观察到 Fe(OH)_3 胶体里出现一条光路。对于溶液，虽然分散质粒子的尺寸更小，但因散射光的强度随散射粒子体积的减小而明显减弱， FeCl_3 溶液对光的散射作用较微弱，观察不到明显的丁达尔现象。如果粒子直径远大于入射光波长，光散射现象逐渐减弱甚至消失，主要发生光的反射。由于各个粒子的反射面不一样，形成了漫反射，呈现的是浑浊的反射光，而不是一条光路。因此， Fe(OH)_3 悬浊液也不能观察到明显的丁达尔现象。

制备 Fe(OH)_3 胶体时的一些注意事项：

（1）化学方程式： $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}(\text{沸水}) \longrightarrow \text{Fe(OH)}_3(\text{胶体}) + 3\text{HCl}$ 。在 Fe(OH)_3 后要注明“胶体”，不能用沉淀符号“↓”。

（2）若 FeCl_3 浓度过低，则不利于 Fe(OH)_3 胶体的形成，因此实验中使用饱和 FeCl_3 溶液。

（3）自来水中含有杂质离子，易使制备的胶体聚沉，因此实验时要使用蒸馏水，不能使用自来水。

（4）不能直接加热饱和 FeCl_3 溶液，溶液浓度过高会生成 Fe(OH)_3 沉淀而不是 Fe(OH)_3 胶体，因此，应该向沸水中逐滴加入饱和 FeCl_3 溶液。

（5）向沸水中逐滴加入饱和 FeCl_3 溶液至溶液变成红褐色就停止加热。长时间加热会使胶体聚沉。

只有胶体才能发生丁达尔现象吗？

丁达尔现象不仅与分散质粒子的直径大小有关，也与光源有关。除了胶体，溶液在一定条件下也能产生丁达尔现象。散射光的强度与入射光的强度成正比，用强度大的激光笔照射时，一些溶液和溶剂也会产生一定强度的丁达尔现象，如氯化钠溶液、水。另外，分散质对可见光的吸收有选择性，这时透射光的颜色为被吸收光的互补色。例如， CuSO_4 溶液吸收可见光中的红光，显示的是蓝色。如果用红色激光笔照射硫酸铜溶液，特别是 CuSO_4 溶液浓度越高，对红光吸收作用越强，因此观察不到光路；而改用绿色激光笔照射，则能观察到光路。早期使用的光源多是白光光源，不会被某种溶液完全吸收，加之强度也较弱，一般照射胶体时才会发生明显的丁达尔现象。但是需要明确的是，散射并不

是胶体特有的性质，只是在胶体范围内散射光强度最强。因此，相同条件下，胶体的丁达尔现象比溶液明显得多。所以说丁达尔现象是区分胶体与溶液的简单方法，但不能作为判断胶体的依据，判断胶体的依据还是分散质粒子的直径大小。胶体和溶液都能透过滤纸，悬浊液由于粒子比较大不能透过滤纸。

2. 配制一定物质的量浓度的溶液

定量实验需要准确知道反应中反应物的物质的量，而许多反应是在溶液中进行的，因此，只要准确知道某物质的物质的量浓度与溶液体积，该物质的质量和物质的量就是确定的。第1章第3节在介绍配制一定物质的量浓度的溶液时，通过“实验探究”设置了“配制 100 mL 1.000 mol · L⁻¹ 氯化钠溶液”的实验，让学生进一步理解物质的量的概念以及物质的质量、物质的量和物质的量浓度之间的关系，掌握计算、称量或量取、溶解、转移、洗涤、定容等基本操作。

配制一定物质的量浓度的溶液时，需要满足以下几个基本原则：

(1) 在称量和配制过程中，物质必须是稳定的，易挥发、易吸水。与空气、水等发生反应的物质不宜配制成标准溶液。教材中选取的氯化钠在常温下性质稳定，可以配制标准溶液。

(2) 溶质要准确称量、完全转移。称量时须使用精度较高的电子天平或分析天平，用精度低的电子天平称量达不到配制标准溶液的要求。

(3) 溶液体积要准确，配制一定物质的量浓度的溶液时使用容量瓶作为定容工具。

根据以上原则，配制一定物质的量浓度的溶液时需要注意以下事项：

(1) 容量瓶的容积是固定的，配制溶液时需要根据要求的溶液量选择适宜规格的容量瓶。

(2) 将准确称量好的溶质放在烧杯中，用少量水溶解，用玻璃棒引流，将溶液转移到容量瓶中，再用蒸馏水洗涤烧杯内壁及玻璃棒 2~3 次，并将洗涤溶液一并转入容量瓶中，以保证完全转移。溶液温度与容量瓶上标定温度一致时液体的体积最准确，因此，物质溶解时发生放热或吸热现象，应首先恢复至室温，再移入容量瓶中。

(3) 定容时，先将蒸馏水加入上述容量瓶中，当溶液液面在容量瓶刻度线下 1~2 cm 时，改用胶头滴管滴加蒸馏水至溶液凹液面与刻度线相切。

(4) 摆匀时，用右手食指顶住瓶塞，拇指、中指握住瓶颈，再用左手食指、拇指和中指托住瓶底，上下倒置摇匀。如果静置后液面低于刻度线，是由于极少量溶液润湿了刻度线以上的瓶颈，并不影响溶液的浓度，切不可再次补加蒸馏水至刻度线。

(5) 容量瓶只能用于配制溶液，不能用于储存溶液，应及时将溶液转移至试剂瓶中，并将容量瓶洗干净。

▶ 教学疑难问题解析

1. 淀粉、蛋白质溶于水形成的分散系是溶液还是胶体？

根据胶体的稳定性，可将胶体分为两类：

一类是可逆胶体体系。两组分在分子水平上混合，两组分粒子尽可能密切接触，达到热力学稳定状态，不会重新返回到非混合状态，这种体系以前常被称为亲液胶体。例如，淀粉、蛋白质溶于水后都是以单个分子的形式分散在水中的，因为构成它们的分子非常大，单个分子的大小就在胶体粒子范围内，所以体系具有胶体的一些特性，如不通过半透膜、产生丁达尔现象等，该体系可以看作是胶体

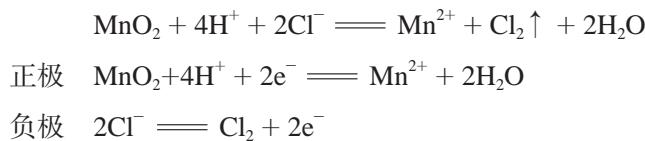
体系。现在通常把亲液胶体称为大分子溶液或高分子溶液。尽管将淀粉溶液、蛋白质溶液等大分子溶液划分为胶体体系已经过时，但因它们具有一些共性，仍然很实用。

另一类是不可逆胶体体系。该胶体是热力学不稳定体系，因为初始混合的两种化合物并不是自发混合，它们之间保持着清晰的两相，分散质均匀地分散，并被分散剂包围，这种胶体常被称为憎液胶体。我们平时所说的胶体一般是指不可逆胶体^[1]。

2. 为什么要用浓盐酸与二氧化锰制取氯气？

有氢离子参加的电极反应，酸的浓度会影响电极电势。实验室常用二氧化锰作为氧化剂和浓盐酸反应制取氯气。在这个氧化还原反应中，氢离子的浓度会影响二氧化锰的氧化能力。盐酸的氢离子浓度越高，二氧化锰的氧化能力越强。使用稀盐酸，氧化还原反应难以发生，只有使用较浓的盐酸提高二氧化锰的氧化能力，此反应才能得以进行。

将二氧化锰与盐酸的反应写成两个半反应，正极反应和负极反应如下：



已知上述电极的标准电极电势(E^\ominus)为：

$$E^\ominus(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 1.23 \text{ V} \quad E^\ominus(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1.36 \text{ V}$$

以盐酸的浓度分别为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其他物质均处于标准态为例。当盐酸的浓度是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，正极、负极的电极电势等于它们的标准电极电势：

$$E_{\text{正}} = E^\ominus(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 1.23 \text{ V}$$

$$E_{\text{负}} = E^\ominus(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1.36 \text{ V}$$

$$\Delta E = E_{\text{正}} - E_{\text{负}} < 0$$

正极的电极电势小于负极的电极电势，该反应的电动势小于0，反应不能正向发生，因此 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸与二氧化锰不能反应生成氯气。

当盐酸的浓度为 $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时：

$$\begin{aligned} E_{\text{正}} &= E(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = E^\ominus(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \lg \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{H}^+]^4} \\ &= 1.23 \text{ V} - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \lg \frac{1.0}{12^4} = 1.36 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{负}} &= E(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = E^\ominus(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \lg \frac{[\text{Cl}^-]^2}{P(\text{Cl}_2)} \\ &= 1.36 \text{ V} - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \lg \frac{12^2}{1} \\ &= 1.30 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\Delta E = E_{\text{正}} - E_{\text{负}} = 1.36 \text{ V} - 1.30 \text{ V} = 0.06 \text{ V} > 0$$

正极的电极电势大于负极的电极电势，该氧化还原反应的电动势大于0，反应正向发生， $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸与二氧化锰能生成氯气。

可见，有氢离子参与的电极反应，氢离子浓度的变化能调节电极电势的大小，甚至改变化学反应的方向。

教学资源

1. 物质的分类方法

物质的分类是把某些性质、特征相似的研究对象归类到一起的一种科学方法，对物质进行分类有助于了解物质性质和转化规律。分类需要确定分类标准，而标准实际上就是人们认识物质的角度，并非唯一的。例如，教材中：根据组成，可以将物质分为纯净物和混合物；根据纯净物所含元素的种类，可将其分为单质和化合物；等等。

根据对研究对象使用标准的不同，物质分类主要有三种方法：

• 单一分类法：对研究对象使用一种标准的分类法，如氧化物按组成元素分为金属氧化物、非金属氧化物。

• 交叉分类法：对同一研究对象用不同标准进行分类，物质类别间有交叉部分，可弥补单一分类方法分类标准的局限性和信息量少等不足，从不同角度对研究对象进行比较全面的分析。如图 1-2 所示：

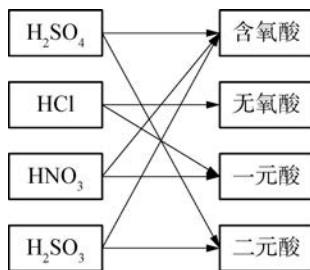


图 1-2 交叉分类法示例

• 树状分类法：对同类事物按照同一标准进行再分类，同一层次的物质类别间一般相互独立，可以区分出物质的从属关系，但未突出物质的特性。如图 1-3 所示：

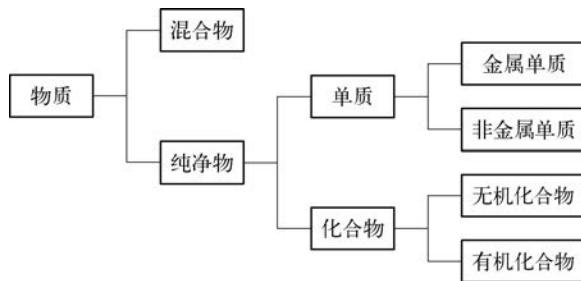


图 1-3 树状分类法示例

2. “物质的量”相关概念的起源与发展

19世纪中晚期，随着阿伏加德罗分子学说被普遍接受和认可，以及定量化学研究发展的需要，德国物理化学家能斯特（W. H. Nernst）和奥斯特瓦尔德（F. W. Ostwald）分别在各自编著的教科书中使用了克分子，mol 作为克分子的缩写很快在科学的研究中得到了广泛的应用。

国际纯粹与应用物理联合会和国际纯粹与应用化学联合会在 1959 至 1960 年达成了共识，将 ^{12}C 的相对原子质量定为 12，基于该统一标度给出其他相对原子质量和相对分子质量，由此消除了物理学家和化学家在原子量认知上的分歧。与此同时，鉴于科学界对于一个描述含有特定微粒数目实体的统一量和单位的诉求及实践，1971 年第 14 届国际计量大会通过决议，“物质的量”成了国际单位制的一个基本物理量，其单位是摩尔，符号为 mol。摩尔被定义为：摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含基本单元数与 0.012 kg 碳-12 的原子数目相等。在使用摩尔时基本单元应予以指明，可以是原子、分子、离子、电子及其他微粒，或是这些微粒的特定组合。0.012 kg 碳-12 中所含碳原子的数目以阿伏加德罗命名，用符号 N_A 表示，非常接近 6.022×10^{23} 。摩尔是微观粒子与宏观物质联系的桥梁。“物质的量”的出现晚于“摩尔”，这种先有单位后有物理量的现象在科学界是比较少见的。

1971 年的摩尔定义与质量单位千克直接关联，质量由保存在国际计量局的千克原器实物基准复现。但是，实物千克基准的量值随时间、地点等外部条件的改变而不断发生变化，千克原器实物基准的不确定性已对摩尔产生了影响，原有的单位制定义已经不能满足精确测量发展的要求。2018 年第 26 届国际计量大会通过决议，给予摩尔新的定义，并自 2019 年 5 月 20 日起实行。摩尔的新定义为：“摩尔，符号为 mol，是物质的量的 SI 单位。1 mol 包含 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本微粒。当用单位 mol^{-1} 表示时，这个数是阿伏加德罗常数 N_A 。物质的量，符号为 n ，是对指定基本微粒数目测量的一个量制。基本微粒可以是原子、分子、离子、电子及其他微粒，或是这些微粒的特定组合。”摩尔的新定义使得物质的量测量从质量溯源转变为微粒数量溯源，由此回归阿伏加德罗定律揭示的科学内涵，可以直接通过阿伏加德罗常数的精准测量复现摩尔。今后在任何地方，针对某个特定物质所获得的物质的量将完全一致，而这也正是计量所追求的准确性和等效性。“物质的量”的主要功能就是能够在宏观水平上，通过利用物质的质量或体积间接地计量物质的微粒数目^[2, 3]。

3. 世纪之争——“原子论和分子论”的化解

1799 年，法国化学家普鲁斯特 (J. L. Proust) 提出定比定律：每一种化合物都有一定的组成。19 世纪初，结合普鲁斯特的定比定律，以及英国化学家戴维 (Sir H. Davy) 发现氮与氧化合后所生成的一氧化二氮、一氧化氮、二氧化氮中氧的质量比约为 1 : 2.2 : 4.1 的实验事实，道尔顿 (J. Dalton) 在思考气体的物理性质的基础上提出了原子论：物质是由具有一定质量的原子构成的；元素是由同一种类的原子构成的；化合物是由组成该化合物的元素的原子结合而成的“复杂原子”构成的；原子是化学作用的最小单位，它在化学变化中不会改变。依据原子论，道尔顿推导出倍比定律：当甲、乙两种不同元素互相化合，生成两种或两种以上的化合物，若其中一种元素的质量恒定，则另一种元素在各化合物中的相对质量成简单整数之比。道尔顿用实验证了倍比定律，倍比定律进一步论证了原子学说的正确性。

道尔顿的化学原子论的建立是理论化学领域取得的最重要的进步之一，它解释了质量守恒定律、定比定律和倍比定律的本质与内在联系，有着广泛的实验基础，对后续整个实验科学的发展起着重要的指导作用。但是，道尔顿原子论中“原子是不可再分的最小微粒”这一观点影响了科学界整整一个世纪，直到 19 世纪末，英国物理学家汤姆孙 (J. J. Thomson) 发现了电子，才证明了原子是可分的；其次，当时并没有分子的概念，道尔顿将化合物分子视为复杂原子，复杂原子可分解成简单原子，电子的发现与原子不可分的观点是相矛盾的；最后，为了确定化合物内的原子个数，道尔顿假定了一套所谓的简单原则，与实验事实相去甚远（如按照简单原则，水的化学式为 HO，氨的化学式为 NH）。

1802 年，法国科学家盖-吕萨克（J. L. Gay-Lussac）发现了气体热膨胀定律，即压强不变时，一定质量气体的体积和热力学温度成正比。1805 年，他和德国博物学家洪堡（A. von Humboldt）一起做了一些初步研究以后，盖-吕萨克从氢气与氧气的化合反应入手，研究了一系列气体物质在化学反应中的体积关系后，于 1808 年提出了气体化合体积定律：参加同一反应的各种气体，在同温同压下，其体积成简单的整数比。例如，1 体积的氧气与 1 体积的氮气反应可产生 2 体积的一氧化氮。

盖-吕萨克依据原子论中“化学反应中各种原子以简单数目相结合”的观点结合自己的实验，提出了一个新的假说：在同温同压下，相同体积的不同气体含有相同数目的原子。但是此假设遭到道尔顿的强烈反对，他认为：不同元素的原子大小不一样，质量也不一样，因而相同体积的不同气体不可能含有相同数目的原子。另外，1 体积氧气与 1 体积氮气化合生成 2 体积的一氧化氮，若按盖-吕萨克的假说， n 个氧原子和 n 个氮原子生成了 $2n$ 个氧化氮复合原子，就产生了 1 个氧化氮的复合原子由半个氧原子和半个氮原子结合而成的结果，而这导致了原子的破裂，违背了他关于原子不可分割的基本思想。盖-吕萨克和道尔顿之间展开了一场旷日持久的学术争论。这场争论的矛盾被意大利物理学家阿伏加德罗解决了。

1811 年，阿伏加德罗（A. Avogadro）以盖-吕萨克气体实验为基础，通过假设和推理，发表了题为《原子相对质量的测定方法及原子进入化合物时数目之比的测定》的论文。他开创性地提出了“分子”概念，指出单质或化合物在游离状态下能独立存在的最小质点是分子，单质的分子是由相同元素的原子构成的，化合物的分子则由不同元素的原子构成。他修正了盖-吕萨克的假说，提出：在同温同压下，相同体积的不同气体具有相同数目的分子。从原子改为分子，虽只是一字之改，却是化学物质结构理论从原子论到分子论的伟大转折，该假说后来被称为阿伏加德罗定律。

然而，阿伏加德罗的观点和当时德高望重的科学家道尔顿和贝采里乌斯（J. J. Berzelius）的观点相悖，加之那时的科学界还不能区分分子和原子，种种原因下，尽管阿伏加德罗做了诸多努力，他的分子假说仍被忽视和冷落了半个世纪之久。1860 年，在卡尔斯鲁厄召开的第一次国际化学科学会议上，意大利化学家康尼查罗（S. Cannizzaro）发表了《化学哲学教程提要》，指出了阿伏加德罗分子论的正确性，纠正了许多模糊甚至错误的认识，为原子-分子论的确立扫除了障碍，使得科学界面临的混乱局面拨云见日。德国化学家迈尔（J. L. Meyer）于 1864 年出版了《近代化学理论》，许多化学家从这本书中继续了解并接受了阿伏加德罗定律。至此，阿伏加德罗定律为全世界科学家所公认，原子-分子论这场世纪之争终于落下帷幕。

阿伏加德罗定律对科学的发展，特别是对原子量的测定工作起了重大的推动作用。为了纪念这位科学大师的杰出贡献，人们将 1 mol 物质中含有的微粒个数称为阿伏加德罗常数，它是自然科学中最基本的基本常量之一。

4. 阿伏加德罗常数的测定之路

1865 年，奥地利化学家洛施密特（J. J. Loschmidt）发表了《空气分子的大小》，在该论文中第一次出现了 N 值，这是阿伏加德罗常数的最早值。他根据气体分子运动论，由分子本身的体积和分子平均自由程推算出阿伏加德罗常数 $N_A = 0.41 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

1905 年，德国物理学家爱因斯坦（A. Einstein）的博士论文《分子大小的新测定法》及论文《热的分子运动论所要求的静液体中悬浮粒子的运动》给出了分子热运动带动花粉布朗运动的数学模型，提

出了测定分子大小和阿伏加德罗常数的新方法。1908年，法国物理学家佩兰（J. B. Perrin）在爱因斯坦布朗运动数学模型的指导下，进行了一系列布朗运动的实验，测得 $N_A = 6.1 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，也是第一次从实验上直接证明了原子的存在。正是佩兰提出了阿伏加德罗常数这一名称。

1909年，英国物理学家卢瑟福（E. Rutherford）和德国物理学家盖格（H. Geiger）通过 α 粒子计数法，对镭源放射 α 粒子进行计数，测出镭元素放射 α 粒子的数量，对单个原子进行逐个计数，由此导出了 $N_A = 6.1 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

1914年，美国物理学家密立根（R. A. Millikan）通过著名的油滴实验测出法拉第常数的数值，再根据法拉第电解定律导出 $N_A = 6.04 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，不确定度为 0.001；1917年，测量结果为 $N_A = 6.062 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

1924年，法国科学家杜努伊（P. L. du Noüy）使用单分子膜层法测得 $N_A = 6.004 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，不确定度为 0.001 5。

阿伏加德罗常数的测量方法不断地推陈出新，这些早期的测量方法理论根据各不相同，结果却十分相近，差异也在实验方法误差范围之内，充分说明阿伏加德罗常数的确是客观存在的基本物理常数。

早期X射线晶体密度法、现代X射线晶体密度法等一系列 N_A 测量技术的发展使得实验数据的精确度越来越高。

早期X射线晶体密度法，从单晶（Ge、Si）入手，研究单晶的密度（ ρ ）、质量（ m ）、体积（ V ）、摩尔质量（ M ）以及带有 n 个原子的单晶胞体积，根据公式 $N_A = \frac{M/\rho}{V/n}$ 计算出阿伏加德罗常数。1931年，比尔登（J. A. Bearden）测定出 $N_A = 6.019 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。此时，X射线波长测量的准确度不高、材料的化学纯度不高等是该方法提高测量精确度的限制因素。

1965年，德国科学家邦泽（U. Bonse）和英国科学家哈特（M. Hart）联合研制成第一台X射线干涉仪。1974年，美国国家标准局的研究人员用X射线光学组合干涉仪方法测量硅的晶格常数，实现了X射线晶体密度法测定的突破。他们采用完整单晶硅球直接测量硅球的体积，并用校准气质谱法准确测定硅原子量，从而确定 $N_A = 6.022\ 094\ 3 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，测量不确定度降低到 10^{-6} 量级。

到20世纪末，随着单晶硅制备技术的日趋完善和X射线及光干涉测量等技术的发展，X射线晶体密度摩尔质量方法（硅球法）成为测量阿伏加德罗常数的主要手段，测量精度越来越高。例如，1992年，塞弗里德（P. Seyfried）等人的测量值为 $6.022\ 136\ 3 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，不确定度为 1×10^{-6} ；1995年，比耶夫尔（P. De Bievre）等人测量值为 $6.022\ 136\ 5 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，不确定度为 6×10^{-7} ；1998年，国际科学技术数据委员会的国际推荐值为 $6.022\ 141 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，不确定度为 7.9×10^{-8} ，测量 N_A 的不确定度迈入了 10^{-8} 量级的大门。

在早期硅球法中，准确测量硅同位素丰度比成为技术瓶颈。中国计量科学研究院自2012年开展了浓缩硅摩尔质量测量研究工作，建立了高分辨电感耦合等离子体质谱测量浓缩硅同位素组成的基准方法，为实现浓缩硅同位素组成及其摩尔质量的准确测量提供了一种新的有效测量手段，在国际单位制重新定义中做出了中国计量的实质性贡献。2018年第26届国际计量大会通过了对国际单位制进行一系列调整的提案，将阿伏加德罗常数的数值修正为 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 。

5. 萃取

萃取是利用物质在两种互不相溶的溶剂中溶解度或分配系数的不同，把物质从一种溶剂中转移

到另外一种溶剂中的方法。使固体混合物中的某一种或某几种成分转移到溶剂中的操作也是萃取（浸取）。以从液体或固体中获得某种物质为目的的萃取，也常称为抽提；以除去物质中的少量杂质为目的的萃取，常称为洗涤，两者的本质是一样的。依据被萃取物质的状态不同而有液-液萃取和固-液萃取之分。

萃取的主要理论依据是分配定律。例如，用溶剂 B 去萃取溶剂 A 中含有的某物质，该物质能分别溶解于溶剂 A、B 中，且溶解度不同。在一定温度下，当该物质与溶剂 A、B 不发生分解、电离和溶剂化等作用时，此物质在两液层中的浓度之比是一个定值，可以用公式表示： $\frac{C_B}{C_A} = K$ 。 C_A 和 C_B 分别表示该物质在溶剂 A、B 中的溶解度， K 是一个和温度相关的常数，称为分配系数。分配系数 K 值越大，越容易把物质从溶剂 A 中萃取到溶剂 B 中。使用等量的萃取溶剂时，分几次萃取的效率比一次萃取的效率高，即多次萃取可使残留在原溶液中的溶质更少，萃取百分率更大。也就是说，在溶剂量相等的情况下，少量多次萃取效果更好，但同时也要考虑到，如果每次使用的溶剂量过少，会增加操作次数，浪费时间。从理论上讲，有限次的提取不可能把原溶液中的被提取物质全部转移到溶剂 B 中，而在实际工作中，也只需要将大部分溶质转移到萃取溶剂中就可以了。

选择的萃取溶剂应该具备以下条件：① 不与原溶剂混溶，也不形成乳浊液；② 不与溶质或原溶剂发生化学反应；③ 对溶质有尽可能大的溶解度；④ 沸点较低，易于回收；⑤ 无腐蚀，无毒或毒性较低；⑥ 价廉易得。

6. 青蒿素的提取^[4]

青蒿素为无色针状晶体，熔点为 156~157℃，易溶于乙酸乙酯、丙酮、氯仿和苯，可溶于乙醇、乙醚，微溶于石油醚，几乎不溶于水。青蒿素具有特殊的过氧键结构，易受还原性物质的影响而分解，但与其他有机过氧化物相比，对热比较稳定。根据中国医学科学院药物研究所梁晓天等人的研究结果，青蒿素在中性非极性溶剂中保持稳定的温度至少可达 150℃^[5]。利用相似相溶原理，一般首先使用有机溶剂提取植物中的有效成分，然后用柱层析、重结晶等方法分离精制得到青蒿素。提取青蒿素的方法有以下几种：传统有机溶剂提取、超声波提取、微波辅助提取、超临界流体提取等。

传统有机溶剂提取可采用索氏提取的方法，利用溶剂回流、萃取，再通过虹吸富集提取物质，使得每一次萃取使用的都是纯溶剂，从而提高萃取效率，但能耗高。

微波辅助提取是微波和传统的溶剂萃取法相结合的一种萃取方法。微波是一种特殊的电磁波，波长为 0.1 mm~1 m，频率在 300 MHz~3 000 GHz 之间，是一种通过离子迁移和偶极子转动而引起分子运动，但不改变分子结构和非离子化的电磁辐射能。微波辐射加热机制是内加热方式，其高频电磁波能穿透提取介质，到达植物的内部维管束和腺细胞内，使细胞内的分子发生振动而产生瞬间热能，使其内部压力超过细胞壁膨胀的能力，从而导致细胞破裂，促使被提物能够快速、高效地进入提取溶剂。该方法能避免长时间高温引起目标物质分解，具有溶剂消耗少、升温快速均匀、选择性好、提取率高、产品质量好等优点。

超临界萃取通过调整压力、温度实现二氧化碳超临界流体对青蒿中有效成分的高效萃取。该方法对原料要求不高（青蒿素的含量在 0.1% 以上即可），提取时间短，产品质量高，具有良好的工业应用前景。

青蒿素提纯的基本过程为：干燥→破碎→萃取→浓缩→精制（重结晶、柱色谱分离等）。例如，用石油醚从青蒿提取青蒿素可以采用如图 1-4 所示方法。

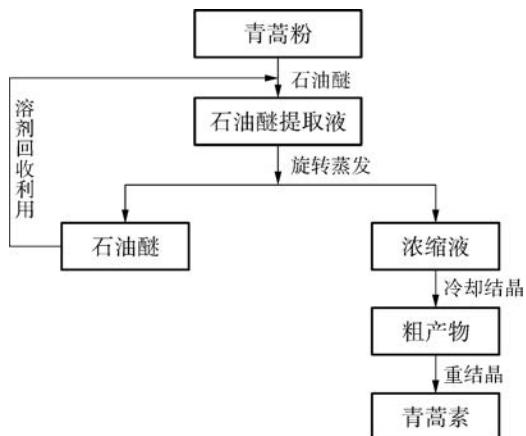


图 1-4 用石油醚提取青蒿素

参考文献

- [1] STUART M A C. 胶体科学 [M]. 阎云, 黄建滨, 译. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] 王军, 王松, 任同祥. 物质的量国际单位制摩尔的变革历程 [J]. 计量技术, 2019 (05): 55–59.
- [3] 王军, 王松, 任同祥. 物质的量——摩尔的重新定义 [J]. 中国计量, 2018 (09): 34–35.
- [4] 屠呦呦. 青蒿及青蒿素类药物 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [5] ZENG M, LI L N, CHEN S F, et al. Chemical transformations of qinghaosu, a peroxidic antimalarial [J]. Tetrahedron, 1983, 39(18): 2941–2946.

本章习题分析与答案

1.1 物质的分类

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	分散系的定义和类别	B。分散系包括分散质和分散剂，属于混合物
2	胶体与溶液的区别	C
3	物质的三态之间的相互转化	B。空气中的水汽遇到冷鸡蛋，凝结为液态水。A中现象是升华；C中现象是熔化；D中现象是液化，同B

1.2 物质的量

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)																				
1	物质的量定义	C																				
2	不同聚集状态物质体积大小的比较	D																				
3	质量与个数的换算关系	A																				
4	决定气体体积大小的主要因素	✓分子的数目。温度和压强一定时，分子间的平均距离已确定，分子自身大小忽略不计，分子的数目和所占体积成正比																				
5	物质的量与质量、气体体积、微粒个数的关系	<table border="1"><thead><tr><th>物质的量</th><th>质量</th><th>体积(STP)</th><th>分子数</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.3 mol N₂</td><td>8.4 g N₂</td><td>6.72 L N₂</td><td>约 1.806 × 10²³ 个氮分子</td></tr><tr><td>0.5 mol O₂</td><td>16 g O₂</td><td>11.2 L O₂</td><td>约 3.01 × 10²³ 个氧分子</td></tr><tr><td>1 mol H₂</td><td>2 g H₂</td><td>22.4 L H₂</td><td>约 6.02 × 10²³ 个氢分子</td></tr><tr><td>0.8 mol Cl₂</td><td>56.8 g</td><td>17.92 L Cl₂</td><td>约 4.816 × 10²³ 个氯分子</td></tr></tbody></table>	物质的量	质量	体积(STP)	分子数	0.3 mol N ₂	8.4 g N ₂	6.72 L N ₂	约 1.806 × 10 ²³ 个氮分子	0.5 mol O ₂	16 g O ₂	11.2 L O ₂	约 3.01 × 10 ²³ 个氧分子	1 mol H ₂	2 g H ₂	22.4 L H ₂	约 6.02 × 10 ²³ 个氢分子	0.8 mol Cl ₂	56.8 g	17.92 L Cl ₂	约 4.816 × 10 ²³ 个氯分子
物质的量	质量	体积(STP)	分子数																			
0.3 mol N ₂	8.4 g N ₂	6.72 L N ₂	约 1.806 × 10 ²³ 个氮分子																			
0.5 mol O ₂	16 g O ₂	11.2 L O ₂	约 3.01 × 10 ²³ 个氧分子																			
1 mol H ₂	2 g H ₂	22.4 L H ₂	约 6.02 × 10 ²³ 个氢分子																			
0.8 mol Cl ₂	56.8 g	17.92 L Cl ₂	约 4.816 × 10 ²³ 个氯分子																			
6	物质的量的应用	1.578 ~ 3.945 L。 $\frac{20 \times 310 \times 10^{-3}}{88} \times 22.4 \approx 1.578$ (L); $\frac{50 \times 310 \times 10^{-3}}{88} \times 22.4 = 3.945$ (L)																				

1.3 化学中常用的实验方法

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	物质分离的方法	C
2	物质鉴别	B
3	浓度的换算	(1) 975 mg (2) 10 ⁻³ mol · L ⁻¹ : 1.95 1 0.5 5.85 0.104 0.113 0.0714 (将碳酸氢盐、硫酸盐、氯化物、硝酸盐分别换成: HCO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻)

(续表)

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
4	分离方法的应用	(1) <input checked="" type="checkbox"/> (2) <input checked="" type="checkbox"/> (3) <input checked="" type="checkbox"/> (4) <input checked="" type="checkbox"/>
5	根据物理、化学性质进行物质鉴别	方法一：取少量固体分别溶于水，测其 pH，呈碱性的为亚硝酸钠。 方法二：在相同质量的水中溶解得多的是亚硝酸钠。 方法三：分别取固体于 280℃恒温加热，熔化的是亚硝酸钠。 方法四：分别取固体于 330℃恒温加热，固体质量减少的是亚硝酸钠

本章复习

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	物质的聚集状态	D
2	物质的量	A
3	物质的量浓度	C
4	物质的分离	A
5	配制一定物质的量浓度溶液及浓度计算	(1) 5 mL (2) 10 mL
6	物质的量的应用	(1) $1000 \times 3.2\% \div 32 \times 172 = 172 \text{ (kg)}$ (2) $1000 \times 3.2\% \div 32 \times 2.2 \times 100 \div 80\% = 275 \text{ (kg)}$

*7. 译文如下：

原子是不能被一分为二的物体。分子是特定物质的最小部分。没有人见过或处理过一个单独的分子。因此，分子科学是研究领域中的一门学科，它研究我们看不见、感觉不到，并且不能直接进行实验的事物。

人们的头脑被许多难题困扰着。空间是无限的吗？如果是，在什么意义上是无限的呢？物质世界在范围上是无限的吗？在这个范围内所有的地方都同样充满了物质吗？原子存在吗？或者物质是无限可分的吗？

自从开始思考，人们就一直在进行着这类问题的讨论。一旦我们能够运用自己的才能，同样的老问题就又重新出现了。它们是我们这个时代的 19 世纪以及之前的 5 世纪的科学的重要组成部分。

迄今为止，我们一直将分子科学视为对自然现象的研究……分子的研究已经形成了自己的方法，并且也开辟了新的自然观。

(1) 以上摘录摘自马克斯韦尔的《分子》。你是否仍然相信分子科学是探究我们看不见和感觉不到的事物的研究分支？

(2) 化学学科主要在分子尺度上研究和创造物质。从这篇短文中你能学到什么？

第2章 海洋中的卤素资源

本章概述

► 本章地位和内容结构

一、本章地位

从本章开始，学生将在初中化学的基础上进一步学习常见无机物及其应用，并学习离子反应与氧化还原反应等重要的化学理论知识。本章内容具有承前启后的作用，既可以补充丰富的感性认识材料，巩固前面对物质分类、物质检验等的学习，又可为后续学习其他无机物及其应用、认识物质结构和元素周期律、理解化学反应中的能量变化等理论知识打下重要的基础。

在本章卤素的性质及其应用的内容中，主要利用真实的问题情境，并结合离子反应、氧化还原反应等理论，帮助学生更好地认识化学反应的本质，进而能够推断物质的性质，让学生能够在初中化学的基础上更深入地了解物质之间发生化学反应的规律及其与物质性质之间的关系，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。

二、《课程标准》要求

本章内容与《课程标准》“课程内容”中“必修课程”的“主题2：常见的无机物及其应用”“主题3：物质结构基础与化学反应规律”直接对应，具体对应主题2的“元素与物质”“氧化还原反应”“电离与离子反应”“非金属及其化合物”“物质性质及物质转化的价值”“学生必做实验”，以及主题3的“学生必做实验”七个部分的内容。本章的具体内容要求和学业要求见表2-1。

表2-1 第2章内容要求和学业要求

内容要求		学业要求
元素与物质	认识元素可以组成不同种类的物质，根据物质的组成和性质可以对物质进行分类；同类物质具有相似的性质，一定条件下各类物质可以相互转化；认识元素在物质中可以具有不同价态，可通过氧化还原反应实现含有不同价态同种元素的物质的相互转化。	1. 能依据物质类别和元素价态列举某种元素的典型代表物。能利用电离、离子反应、氧化还原反应等概念对常见的反应进行分类和分析说明。 2. 能从物质类别和元素价态变化的视角说明物质的转化路径。
氧化还原反应	认识有化合价变化的反应是氧化还原反应，了解氧化还原反应的本质是电子的转移，知道常见的氧化剂和还原剂。	1. 能从物质类别、元素价态的角度，依据氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化。 2. 能利用氧化还原反应对常见的反应进行分类和分析说明。

(续表)

内容要求		学业要求
电离与离子反应	认识酸、碱、盐等电解质在水溶液中或熔融状态下能发生电离。通过实验事实认识离子反应及其发生的条件，了解常见离子的检验方法。	1. 能利用电离、离子反应、氧化还原反应等概念对常见的反应进行分类和分析说明。 2. 能用电离方程式表示某些酸、碱、盐的电离。 3. 能用离子方程式正确表示典型物质的主要化学性质。
非金属及其化合物	结合真实情境中的应用实例或通过实验探究，了解氯及其重要化合物的主要性质，认识这些物质在生产中的应用和对生态环境的影响。	1. 能列举、描述、辨识典型物质重要的物理和化学性质及实验现象。能用化学方程式、离子方程式正确表示典型物质的主要化学性质。 2. 能从物质类别、元素价态的角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。 3. 能利用典型代表物的性质和反应，设计常见物质制备、分离、提纯、检验等简单任务的方案。
物质性质及物质转化的价值	结合实例认识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促进社会文明进步、自然资源综合利用和环境保护中的重要价值。	1. 能根据物质的性质分析实验室、生产、生活及环境中的某些常见问题，说明妥善保存、合理使用化学品的常见方法。 2. 能说明常见元素及其化合物的应用对社会发展的价值、对环境的影响。能有意识运用所学的知识或寻求相关证据参与社会性议题的讨论。
学生必做实验	1. 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子。 2. 同主族元素性质的递变。	1. 能利用典型代表物的性质和反应，设计常见物质分离、提纯等简单任务的方案。 2. 能从物质类别、元素价态的角度，依据氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化，设计实验进行初步验证。

本章学习主要为促进学生“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”和“科学态度与社会责任”等方面的化学学科核心素养的发展。本章的学科核心素养要求如下：

- 基于卤素及其化合物的性质及转化，认识电离、离子反应、氧化还原反应等概念，学会对常见的反应进行分类和表征。
- 结合溴和碘提取的工业流程，了解卤素的性质及其应用，认识化工生产对于现代社会发展的重大意义。
- 能结合含卤素物质的性质，完成常见物质制备、分离、提纯、检验等简单任务。
- 能尝试从物质类别、元素价态的角度认识物质的化学性质和变化。
- 联系相关的生活和生产实际，列举卤素及其化合物的应用，有意识地参与社会性议题的讨论。

三、教材内容结构

本章内容包括氯及其重要化合物的性质、氧化还原反应、离子反应、溴和碘的提取等知识。教材编写的内容结构如图 2-1 所示。

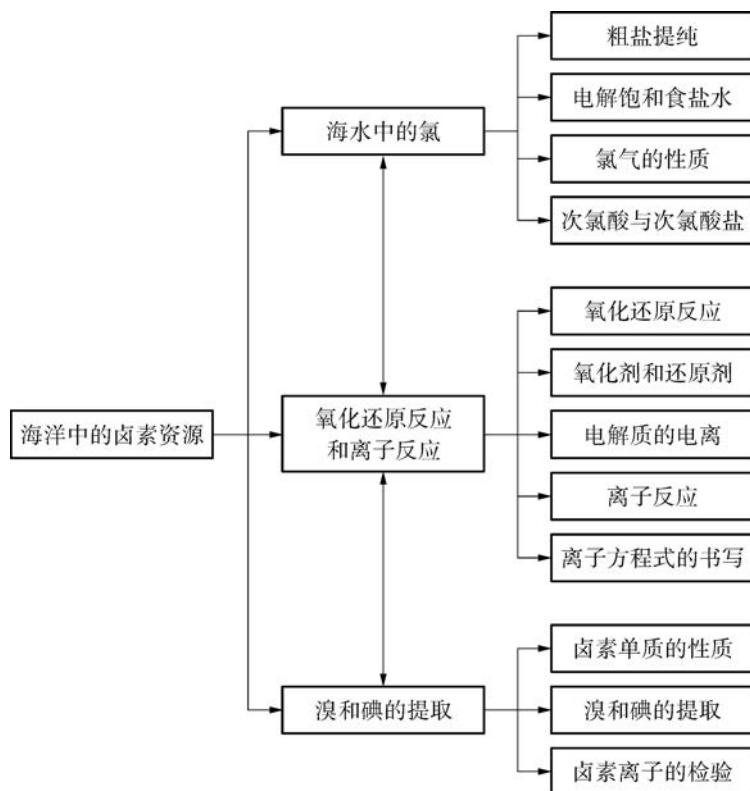


图 2-1 第 2 章内容结构

从整体上看，本章主要运用与生产、生活实际相联系的情境展开学习，依托氯碱工业认识氯气及重要含氯化合物的化学性质与应用；再利用海水中提取溴和碘的流程，认识其他卤素及其化合物的性质。这是学生在初中的基础上，进一步学习无机化合物的性质与应用，了解从海洋资源中提取含卤素物质的一般过程，了解合理地、绿色化地利用自然资源的基本思路。

本章作为元素及其化合物的内容专题，在具体内容编排上作了精心设计。第1节介绍了氯气及含氯化合物的性质与应用。在学生获取了一定的物质性质和反应转化等事实经验之后，第2节便介绍了“电离”“离子反应”“氧化还原反应”等重要的化学概念，旨在引导学生从氧化还原反应和离子反应的视角，从微观结构层面，认识化学反应的本质和规律。第3节运用上述知识引导学生学习其他卤素的主要性质。

从局部看，本章在内容选择上，关注化学知识与生产、生活实际的联系，强调创设真实的问题情境，设计多样化的实验探究活动，遵循“宏观—微观—宏观”的结构对知识内容进行编排；在学习组织形式上，充分利用多样化的实验探究活动，帮助学生认识物质的性质及转化，理解化学概念、原理等理论知识。

本章教学与课时建议

一、教学建议

“海水中的氯”，是学生第一次较为系统地学习元素及其化合物知识，学生在掌握氯元素及其化合

物知识的同时，将学会认识和研究物质的基本方法。本节教材中出现了氯气、盐酸、氯化铁、次氯酸钠、次氯酸钙等物质，这些物质中都含有氯元素，但化合价有所不同。虽然学生还不具备从化合价变化认识氧化还原反应的基础，但教学中教师可有意识地将涉及的含氯物质分别按类别和化合价两个角度进行分类，并引导学生关注这些物质间的相互转化、绘制转化关系图和写出相关反应的化学方程式，帮助学生初步建立通过化学反应可以实现物质转化的观念，体会研究非金属及其化合物的一般思路和方法。

在“氧化还原反应”的教学中，建议从宏观视角到微观视角，由表及里，逐步引导学生深入理解氧化还原反应的概念，丰富认识化学反应和物质化学性质的视角。

在“离子反应”的教学中，要突出对实验现象、数据、图像等证据的宏观辨识，对电解质的电离和溶液中的离子反应的微观探析，引导学生学会用电离方程式和离子方程式来表示上述微观过程。

在“溴、碘的提取”的教学中，应关注两个方面价值的实现。一是通过卤素单质的教学，深化学生对氧化剂、还原剂的认识，从“强弱比较”角度认识物质的化学性质，帮助学生为后续元素周期律的学习打好基础。二是通过从复杂体系中提取溴和碘的教学，进一步发展学生关于物质分离提纯的相关知识，完善物质分离和提纯的基本思路，提高解决问题的能力。

本章教学应凸显证据推理与模型认知的认识方式和思路。例如，在学习氯气与水的反应中，可由反应中出现的异常现象引发学生思考、探究氯水的成分，指导学生结合已学知识进一步认识科学探究的一般过程和思路。又如，在电解质电离概念的建立过程中，引导学生提供实验事实，通过推理假设、验证等探究过程，建立微观模型，对实验事实作出合理的解释。

本章教学应注重实验探究能力和科学态度的培养。教学中要充分认识实验的独特价值，精心设计实验探究活动。例如，在“氯气化学性质”的教学中，可设计多组对比实验：干燥氯气分别通入干燥、湿润的有色纸条，氯气分别与水、氢氧化钠溶液反应等，使学生通过对比，获取证据并进行分析，最终得到结论。又如，在“离子反应”的教学中，可利用电导率、pH 等传感器设计更多的实验探究活动：比较氢氧化钡分别与硫酸钠和硫酸反应过程中电导率、pH 的变化，拓宽学生获取证据的角度和途径，帮助学生更深入地理解离子反应的本质和相关概念。

本章教学应注重真实情境的创设，体现化学学科的社会价值，培养学生的社会责任感。情境的创设可以结合学生的日常生活，如含氯消毒剂的正确使用方法、生活环境周边水质的测定等；情境的创设也可以结合化学史，如中国的氯碱工业发展史、氯气的发现史、电离学说等；情境的创设还可以结合化工生产实际，如海水资源的综合利用（海水制盐、海水提溴和碘等）、漂白粉的工业制备等。

二、课时建议

2.1 海水中的氯	3 课时
2.2 氧化还原反应和离子反应	5 课时
2.3 溴和碘的提取	3 课时
学生必做实验 粗盐的提纯	1 课时
比较氯、溴、碘单质的活泼性	0.5 课时

2.1 海水中的氯

教学目标

- 结合实际生活中的应用实例或通过实验探究，认识氯气、次氯酸及其盐的主要性质，初步建立研究非金属及其化合物的思路与方法。
- 认识除去粗盐中可溶性杂质离子的原理和方法，学会粗盐提纯相关实验操作，发展设计实验方案的能力，初步形成物质提纯的基本思路和方法。
- 体会化学实验对认识和研究物质性质及变化的重要作用；感受物质性质与用途的关系，体会化学对生活、环境保护的重要意义，增强社会责任感。
- 通过对海水晒盐、氯碱工业发展过程的学习，感悟我国古代劳动人民的智慧以及化学工业的重要作用。

教材解析

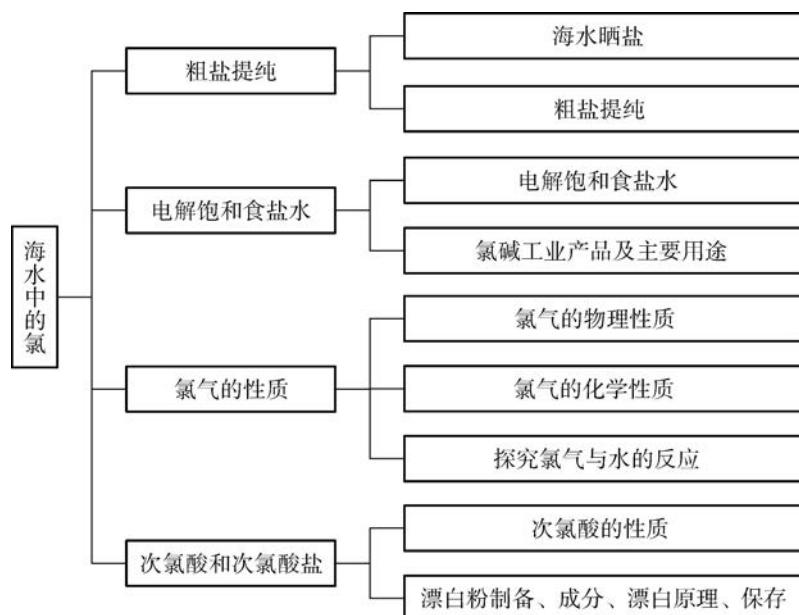
一、教材设计思路

氯是一种典型的非金属元素，也是海洋中的重要元素之一。氯能与许多元素形成种类繁多的化合物，与工农业生产和日常生活有着密切的联系。鉴于此，本节教材以真实的问题情境展开。教材的第一部分“粗盐提纯”和第二部分“电解饱和食盐水”，从学生较为熟悉的海水晒盐出发，让学生认识从由海水中提取氯化钠，到电解饱和食盐水产生氯气和氢氧化钠的海水资源的利用过程，并将化学理论学习和生产、生活联系起来，感悟我国古代劳动人民的智慧以及化学工业的重要作用。通过“化学史话”中的民族精神和爱国主义教育素材，促进学生认识化学对创造更多物质财富和精神财富、满足人民日益增长的美好生活需要的重大贡献。教材的第三部分“氯气的性质”和第四部分“次氯酸和次氯酸盐”，主要是氯气的化学性质与含氯化合物的性质及应用内容。教材将含氯化合物穿插在这里进行介绍，旨在让学生在重点学习氯气单质的过程中，关注这些含氯物质间的转化，引导学生建构不同价态物质间的转化关系，初步建立研究非金属元素及其化合物的思路与方法。另外，教材通过“工业制盐酸”“漂白粉的制备及用途”等实例，让学生感受物质性质与用途的关系，初步形成根据物质性质开发其用途的意识，感悟化学与日常生活和生产的密切关系。

化学实验能为学生认识物质性质和物质转化提供实验事实，也是培育科学方法的有效途径。鉴于此，本节教材共安排了多样化的实验探究活动，让学生有大量感性认识，引导学生通过对实验现象的分析，找出宏观现象产生的本质原因，发展学生设计实验方案的能力。教材中4个“实验探究”活动要求和功能略不同。例如，“粗盐的提纯”是课程标准规定的必做实验，教材中要求学生设计实验方案、完成粗盐提纯实验、撰写实验报告；又如，“氯气的化学性质”旨在为学生提供实验事

实，培养学生观察并记录现象的能力，并用实验现象的表述和化学方程式的书写等对氯气宏观性质进行描述。

二、本节内容结构



三、教材分析

2.1

海水中的氯

海水中含有大量的盐，故密度较大、味道咸涩。海水中所含的盐大部分是氯化钠，氯化钠是生活中和人体内不可或缺的，也被用来生产氯气以及各种含氯和含钠的制品，为人们的日常生活和化学工业提供重要的原料。

粗盐提纯

古代我国的沿海居民就开始了海滩晒盐的生产实践活动，汉末《说文解字》中有记载：“古者宿沙初作煮海盐。”明末科学家宋应星（1587—约1666）的《天工开物》中设篇目“海水盐”，详细记载了海盐的生产过程。把海水引入盐田，利用日光、风力来蒸发浓缩海水，并进一步使食盐结晶出来，这种方法叫做盐田法。

通过图2.1和图2.2，引导学生了解海水制盐的历史，从火煮到日晒，从人工到机械化收益，感受化学、技术对人类生活和社会发展的影响。

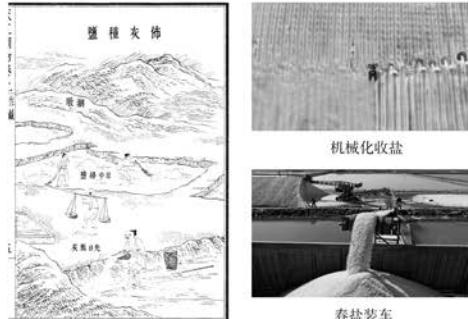


图2.1 《天工开物》中制海盐图^①



图2.2 现代盐田的生产场景

可溶性杂质无法用过滤的方法直接除去，加入合适的化学试剂可将可溶性杂质转化为沉淀再过滤除去。该过程体现了转化的思想。

通常粗盐中氯化钠含量约为80%~90%，还有MgCl₂、MgSO₄、CaSO₄、NaBr等一些其他的盐以及泥沙等难溶性物质。粗盐中的难溶性杂质可以通过过滤除去，而Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻等可溶性杂质，可通过加入某些化学物质使其生成沉淀后再过滤除去。除去杂质后的氯化钠纯度较高，常称为精盐。

① 上海图书馆藏喜咏轩丛书本。

43



1. 海洋中蕴涵着丰富的化学资源，教学时可以提供海洋中不同元素的含量数据，学生从具体数据可发现海水中的溴离子和碘离子的含量与氯离子、钠离子的含量相比是微量的，为第3节海水提溴和提碘需先“富集”打下基础。
2. 古代海水制盐有不同的方法，如秦汉时期的煮海为盐、唐宋时期的淋卤煎盐、宋代以后的晒海成盐等，可以设计为学习任务，要求学生分析每种方法的原理、评价各种方法的优劣。



粗盐的提纯



根据附录Ⅰ中列出的部分物质在水中的溶解性，思考：加入哪些试剂能除去粗盐中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等杂质离子？除杂过程中，试剂加入的先后顺序、每种试剂加入的量是否会影响除杂效果？请根据思考结果，设计出粗盐提纯的实验方案。



粗盐的提纯

实验目的：通过化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子，巩固物质分离提纯的实验原理和基本操作。

实验原理：

实验用品：

实验步骤：

数据处理与实验结果：

问题与讨论：

“实验探究”：“粗盐的提纯”是课程标准规定的学生必做实验。活动时，组织学生从除杂试剂的选择、用量、滴加顺序，以及过滤操作等方面进行充分讨论，再用流程图等形式形成实验方案。

电解饱和食盐水

从海水晒盐到粗盐提纯，海水中的氯化钠被提取和纯化了。那么，精盐中的氯又是如何转化为氯单质及含氯化合物的呢？19世纪以后，科学家通过电解饱和食盐水制取了氯气，并实现了工业化生产。



电解饱和食盐水



在图2.3所示装置中注入饱和食盐水，并在两边各滴入几滴酚酞试液。以两个石墨棒作电极，分别与电源的正、负极相连。U形管的阳极（与电源正极相连）处支管用三通阀分别连接针筒和导气管，导气管出口没入淀粉碘化钾溶液；U形管的阴极（与电源负极相连）处支管与针头相连。接通电源后，观察实验现象。

通电后注意适当抽动注射器调整液面高度，并观察注射器内收集到的气体颜色。打开阳极连接的阀门，将阳极产生的气体通入淀粉碘化钾溶液；在针尖处点燃气体。

现象记录：_____。

实验结论：_____。

“实验探究”：实验前需对“电解饱和食盐水”装置及步骤作简单介绍，要求学生思考实验中使用“三通阀”以及“针头”的优点。



在“粗盐的提纯”实验探究活动中，可指导学生查阅“酸、碱和盐的溶解性表”，培养学生分析图表数据并从中提取有效信息的能力。活动结束后，要求学生撰写一份规范的实验报告，培养学生观察并如实记录实验现象，并进行分析和推理的能力。

只要求学生根据实验现象，推测出电解饱和食盐水的产物。教学时不需要涉及电解的原理和电解质的概念。

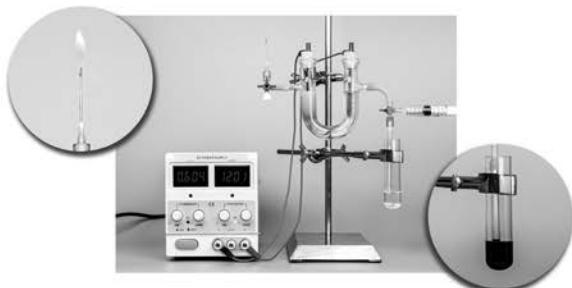


图 2.3 电解饱和食盐水装置及电解后实验现象

电解饱和食盐水的化学方程式为：



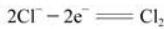
电解饱和食盐水时，阳极上产生氯气，阴极上产生氢气，电解后还有氢氧化钠生成。

用电解饱和食盐水的方法制备氯气、氢气和烧碱，并以它们为原料生产一系列含氯、含钠化工产品的工业称为氯碱工业。

资料库

电解食盐水的电极反应式

阳极的电极反应式：



阴极的电极反应式：



“化学史话”：一方面，对学生进行民族精神和爱国主义教育；另一方面，氯碱工业中盐酸、烧碱和漂白粉等产品是学生比较熟悉的，能引导学生认识化学对创造更多物质财富和精神财富、满足人民日益增长的美好生活需要的重大贡献。

化学史话

吴蕴初和中国氯碱工业

吴蕴初（1891—1953），原名吴葆元，我国化工实业家。1923年吴蕴初出任上海天厨味精厂厂长，该厂所产佛手牌味精大获成功，由此他成为闻名遐迩的“味精大王”。当时国内生产味精所需的主要化工原料——盐酸，一直依赖进口。吴蕴初带领技术人员经过艰难探索，研发了通过电解食盐水生产盐酸、烧碱和漂白粉的工艺，并创办了天原电化厂，后改名为天原化工厂。随着天原的成功，吴蕴初又先后开办了天盛陶器、天利氯气等天字号化工企业，为振兴民族工业做出了卓越贡献。



图 2.4 吴蕴初



1. 可以通过学生初中已学习的电解水的复习，引入电解饱和食盐水的装置。
2. 电解饱和食盐水的产物检验装置可以用其他装置代替，能够有明显证据（实验现象）证明阴极和阳极的产物即可。选择装置时必须考虑到氯气是否泄漏到空气中的问题，注重环境保护。
3. 可以组织学生参观上海氯碱总厂，了解氯碱工业的发展，学生能更加深刻地认识到化学对人类的重要贡献。

氯碱工业的电能消耗很多，许多企业都重视选用先进的设备来减少电能消耗。例如，20世纪70年代出现了离子膜电解法的工业装置。该工业装置得到的产品质量高，电能消耗少，对环境污染小，其中离子膜的性能是关键。不断提高离子膜的性能、降低成本仍是当今研究发展的方向。氯碱工业的产品广泛应用于化工、冶金、造纸、纺织、石油等工业以及公用事业中。

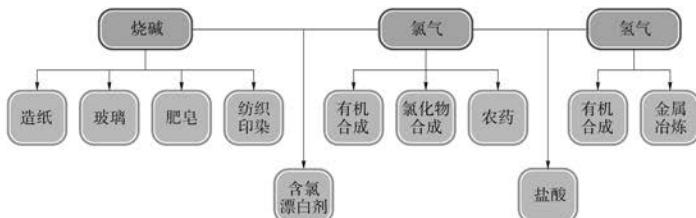


图 2.5 氯碱工业产品及主要用途

资料库**氯气**

20℃时氯气的密度为 $2.98\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，比空气重。压强为 $1\times 10^5\text{ Pa}$ 时，冷却到 -34.6°C ，氯气会变成液氯。液氯继续冷却到 -101°C ，变成固态氯。

氯气的性质

氯气是氯碱工业的重要产品之一。氯气具有哪些物理性质和化学性质？重要的含氯化合物有哪些性质，又是如何制备的？让我们通过实验探究，来认识氯气的化学性质及其应用。

氯气分子是由两个氯原子构成的双原子分子。通常情况下，氯气呈黄绿色。氯气有毒，大量吸入会中毒致死。

实验探究**氯气的化学性质****1. 氯气与铁的反应**

将细铁丝缠绕在一低压发热器上，通过橡皮塞插入盛满氯气的集气瓶中，接通电源给发热器通电加热，待反应后关闭电源。通过注射器向集气瓶中注入少量水，振荡后观察溶液颜色。

对于离子膜电解法，不要求学生知道其具体的原理和装置。

“实验探究”：给金属通电加热，由金属导热，以及用注射器向集气瓶中注入水等措施使实验装置始终密封，防止氯气污染环境。



- 对氯碱工业的介绍，可以结合实际生产中的一些真实的图片、视频等进行教学，启发学生思考实验室制备与实际生产的区别，工业制备要考虑降低成本、减少污染等因素，帮助学生运用“绿色化学”思想分析和讨论化工生产的相关问题。
- 教学中可设计学习任务——阅读“氯气的发现史”，引导学生在18世纪的时代背景下认识物质发现的过程，了解化学学科的实验基础，感受科学家勇于探索、执着追求的精神，也由此能初步认识氯气的一些物理、化学性质。

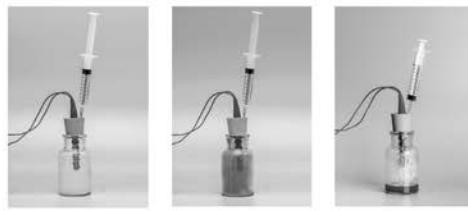


图 2.6 铁丝在氯气中燃烧

2. 氯气与氢气的反应

实验室制备氢气，验纯后点燃纯净的氢气，然后将导管伸入盛满氯气的集气瓶中，观察现象。片刻后熄灭火焰，向集气瓶内注入少量蒸馏水，再滴入几滴紫色石蕊试液后观察现象。



图 2.7 氢气在氯气中燃烧

3. 氯气与水的反应

用 50 mL 注射器收集 40 mL 氯气，注射器通过阀门与针头连接。打开阀门吸入 10 mL 蒸馏水后关闭，充分振荡后静置，观察现象。在试管中加入约 2 mL 紫色石蕊试液，将注射器内溶液小心地注射到试管中，观察现象。

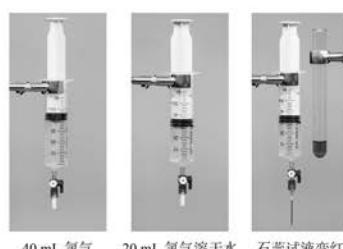


图 2.8 氯气的溶解性及氯水的酸性

47



1. 实验 1 和实验 3 都用到了注射器，使反应在相对密闭的空间进行，比较环保，建议学生可以进行分组实验，便于观察现象。
2. 实验 2 可由教师演示，还可以补充“氢气与氯气在光照条件下混合爆炸”实验。通过真实的实验情境，让学生感受反应条件不同对化学反应现象的影响。

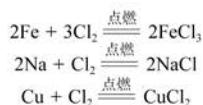
4. 氯气与氢氧化钠的反应

用50 mL注射器收集40 mL氯气，注射器通过阀门与针头连接。打开阀门吸入10 mL氢氧化钠溶液后关闭，充分振荡后静置，观察现象。

编号	现象记录	现象分析
1		
2		
3		
4		

实验表明，氯气的化学性质很活泼，可以与许多物质发生反应。

氯气除了与铁反应生成氯化铁之外，还能与大多数金属单质直接化合，生成金属氯化物。例如，金属钠、铜等都能在氯气中燃烧。



氯气也能与许多非金属单质化合。例如，氢气在氯气中燃烧生成氯化氢；氯气和氢气的混合气体受到强光照射，两者迅速化合，放出大量的热，发生爆炸，也生成氯化氢气体。



氯化氢是有刺激性气味的无色气体，极易溶于水。工业上常用稍过量的氢气与氯气的燃烧反应（图2.9）来制备氯化氢，氯化氢溶于水后得到的溶液就是盐酸。

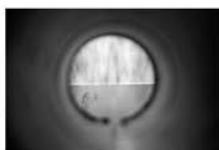


图2.9 工业上氢气与氯气燃烧时火焰呈苍白色

建议与实验3（氯气的溶解性）进行对比，有利于学生对该反应实质的理解和掌握。

氯气与其他金属的反应，可不直接告知学生，而是引导学生从物质类别角度进行预测，然后通过实验（或实验视频）论证，建立氯气与金属反应的认知模型。

建议补充氯化氢溶于水的喷泉实验，可以用喷泉实验、矿泉水瓶变瘪等实验，增强实验趣味性。



探究氯气与水反应



取两个集气瓶，用排气法收集干燥的氯气至满。向两个集气瓶中分别放入干燥的有色纸条和湿润的有色纸条（或有色布条），观察现象并推断结论。



- 正文内容是对“实验探究”中实验1和实验2的总结。建议在探究活动后，教师及时引导学生依据实验事实，从物质类别的角度对氯气的化学性质进行归纳和梳理。
- 可以结合“工业制氯化氢”这一真实的化工生产情境，发展学生“科学态度与社会责任”的化学学科核心素养。

“实验探究”：图 2.10 中的红色纸条可由有色布条、有色干花等代替。实验的关键是收集的气体必须干燥。



图 2.10 氯气与水反应生成漂白性物质

现象记录：_____。

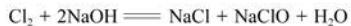
实验结论：_____。

实验表明，氯气不能使干燥的有色纸条褪色，但可以使湿润的有色纸条褪色，说明使有色纸条褪色的应该是氯气与水反应后产生的新物质，这种物质就是次氯酸。

氯气可以溶解在水中，所得溶液称为氯水。常温下，1 体积水能溶解约 2 体积氯气，氯水中的部分氯气能与水发生反应，生成盐酸和次氯酸 (HClO)。



氯气可与氢氧化钠溶液发生反应，生成氯化钠、次氯酸钠和水。



资料库

可逆反应

通常人们把朝生成物方向进行的反应叫做正反应，朝反应物方向进行的反应叫做逆反应。常温时，氯气与水发生正反应的同时还有逆反应发生，这种反应叫做可逆反应。在化学方程式里，用“ \rightleftharpoons ”代替“ $=$ ”来表示可逆反应。



实验室里，为避免使用氯气时存在的安全隐患，在处理尾气中的剩余氯气时应采用什么安全措施？

次氯酸和次氯酸盐

次氯酸和次氯酸盐都是重要的含氯化合物。

次氯酸是一种很弱的酸，具有强氧化性，能杀死水中

49



- 正文内容是对“实验探究”中实验 3 和实验 4 的总结。建议在探究活动后，教师及时引导学生依据实验事实，用比较的思想进行分析、解释，同时从物质类别及氯元素的化合价两个角度对氯气的化学性质进行进一步的归纳和梳理。
- 在“氯气与水的反应”的教学中，要注意引导学生从实验事实和所学理论中推测反应产物，不任意拔高教学要求。教学中教师可引导学生通过实验、观察、阅读、讨论、辩论、查阅资料等多种方式进行学习，培养学生发现问题、提出问题、分析问题以及通过实验解决问题的能力。在“氯气与氢氧化钠溶液的反应”的教学中，可引导学生通过对比“氯气与水的反应”进行学习和产物的推断，建议实验 3 和实验 4 同时进行，学生对比不同的实验现象，更容易分析得到结论。
- 可以通过数字化实验探究氯水的成分，也可以以文献资料为证据，供学生阅读，分析探秘氯气与水的反应。

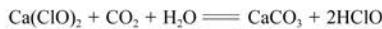
的细菌，起到消毒作用。次氯酸能使染料和有机色质褪色，可用作棉、麻和纸张等的漂白剂。次氯酸不稳定，易分解生成氧气，故一般只存在于稀溶液中。在阳光的照射下，次氯酸的分解速度加快。



次氯酸盐一般是用氯气与碱反应得到的。由于次氯酸盐比次氯酸稳定，因此更容易保存。工业中，用氯气与氢氧化钠生产次氯酸钠，用氯气与消石灰制成漂白粉，这些制品常用作漂白剂和消毒剂。



漂白粉是次氯酸钙、氯化钙、氢氧化钙等所组成的混合物（有效成分是次氯酸钙），被广泛地用作饮用水、污水、排泄物及环境的消毒剂，也可用于游泳池等公共场所的消毒。如果漂白粉遇酸性溶液或露置在空气中，其中的次氯酸钙会与酸或与水蒸气和二氧化碳发生反应，生成稳定性差的次氯酸，从而使漂白粉失效，因此漂白粉应密封保存。



资料库

有效氯

漂白粉的效能是以有效氯的含量来衡量的。有效氯是指漂白粉与浓盐酸反应生成氯气的质量与漂白粉质量之比。工业生产的漂白粉，有效氯一般约为35%。漂粉精是用氯气与氢氧化钙溶液反应得到的，其有效氯可高达70%。

建议展示新制氯水和久置氯水的样品，让学生通过观察，发现区别、猜测原因，教师补充次氯酸分解的实验视频。

引导学生利用前面所学的氯气、次氯酸等物质的性质进行次氯酸盐性质的学习，同时引导学生关注含氯消毒剂的安全使用。

拓展视野

新一代绿色消毒剂——二氧化氯

用氯气进行饮用水消毒时，水中的有机化合物会与氯气发生反应，生成含氯有机化合物，这种有机化合物中的氯会在人体内积累产生慢性累积中毒，还会诱发癌症。因此，人们研究并开发了新的自来水消毒剂，如二氧化氯(ClO_2)、臭氧等。

二氧化氯是一种有刺激性气味的黄绿色气体，1 L水中约能溶解2.9 g二氧化氯。它在水中的杀菌消毒能力强，持效久，受水体pH变化的影响小，一般无副作用。除用于杀菌消毒之外，还用于环保、灭藻、漂白、保鲜、除臭等。世界卫生组织和联合国粮食及农业组织将二氧化氯列为安全高效消毒剂。

“拓展视野”：生活中常常会用到不同的消毒剂，引导学生不仅要关注消毒剂的杀菌能力强、持效久，还需关注消毒剂对人体、自然环境的影响等。不需要掌握二氧化氯的消毒原理。



- 课前可要求学生找一找生活中含氯的漂白剂，列出它们标签中的主要成分，阅读使用说明书中的注意事项。
- 在“漂白粉的工业制备”的教学中，教师可提供氢氧化钠、氢氧化钙的价格和不同温度下的溶解度，引导学生分析工业制备漂白粉选用消石灰的原因，一方面引导学生用已有知识解决化工生产中的实际问题，另一方面引导学生认识工业生产的成本、效益、污染等，增强学生理论联系实际的能力。
- 复习本节内容时，建议教师引导学生将本节中含氯物质从物质类别和氯元素化合价的角度进行整理，并能绘制各种物质间的转化关系图，帮助学生初步建构物质的转化观，形成从物质类别和元素化合价的角度研究无机物的思路和方法。

2.2 氧化还原反应和离子反应

▶ 教学目标

1. 通过类比从化合价升降以及电子转移角度进一步认识氧化还原反应，能根据元素化合价升降趋势判断物质的氧化性和还原性。
2. 通过建构氧化还原反应及其相关概念，初步建立氧化还原反应的认识模型，发展“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养。
3. 通过实验探究、现象分析、微观解释、符号表征等认识电解质的电离过程以及离子方程式，发展“宏观—微观—符号”三重表征模型。
4. 拓展物质和化学反应的分类视角，认识离子反应的本质及发生条件，感悟化学变化的规律性。

▶ 教材解析

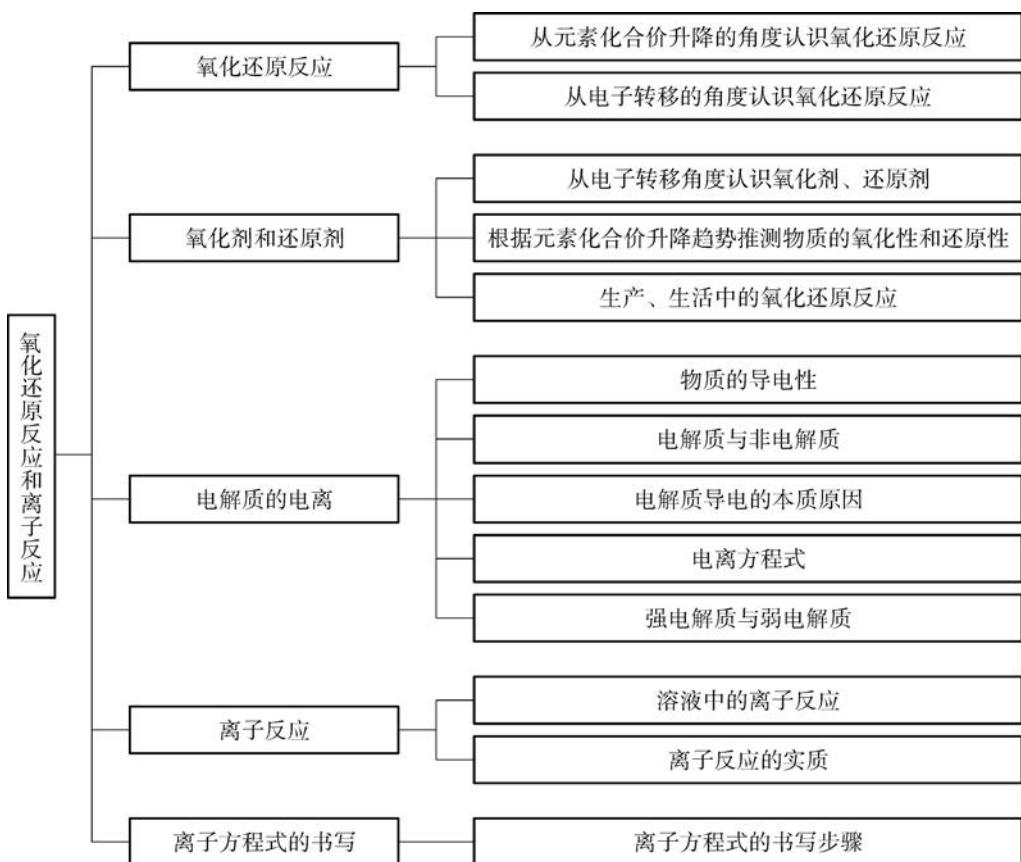
一、教材设计思路

在学生已掌握常见元素化合价的基础上，从初中阶段得氧、失氧的初步认识过渡到化合价升降的基本规律，再进一步扩展到电子转移的反应本质，结合学生的认知规律逐渐深化氧化还原反应的概念，建立氧化剂、还原剂与元素化合价的升降及相关概念之间的具体联系：还原剂→失电子→化合价升高→被氧化→具有还原性→对应生成物是氧化产物；氧化剂→得电子→化合价降低→被还原→具有氧化性→对应生成物是还原产物。介绍生产、生活中常见的氧化还原反应，引导学生学会从化学的角度寻找解决实际问题的途径，感受化学的魅力。

接着，教材基于实验证据引导学生思考：为什么氯化钠、硝酸钾等物质的固体不导电，溶于水或者熔融状态能导电？为什么蔗糖等物质无论是固体还是水溶液都不能导电？从而引出电解质和非电解质的概念。结合氯化钠在水中溶解和形成水合离子的过程示意图，从微观角度阐明电解质导电的原因是体系中有可以自由移动的离子，从而建构电离和强、弱电解质等概念。引导学生用电离方程式这一符号工具来表示电解质的电离过程，并从电离的角度再来认识酸、碱、盐。

在理解电离和电离方程式的基础上，利用“实验探究”，引导学生分析反应前后各离子浓度的变化情况，体会这类化学反应的实质是离子间的相互作用，引出离子反应和离子方程式，介绍离子方程式的书写步骤。

二、本节内容结构



三、教材分析

2.2 氧化还原反应和离子反应

以 $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta}$
 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 为载体，引导学生思考：得氧物质、失氧物质及其发生的反应，反应前后元素化合价变化情况，氧化反应和还原反应与化合价升降的关系。

将氧化还原反应的内涵从得氧、失氧扩展到元素化合价发生变化，帮助学生准确理解氧化还原反应的概念，学会从宏观角度——元素化合价升降对氧化还原反应进行辨识。

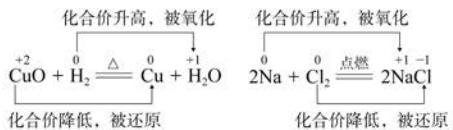
“书写表达”：通过具体反应引导学生熟识氧化还原基本概念、理解化合价升降和氧化、还原的关系。其中反应(3)：Cl的化合价分别从 $0 \rightarrow +1$ 价和 $0 \rightarrow -1$ 价，Cl同时被氧化和还原， Cl_2 发生了歧化反应。

上一节的内容中涉及了氯及其重要化合物性质的反应。在这些类型不同而且多变的化学反应中蕴藏着一定的规律，氧化还原反应、离子反应都是从内在规律上认识这些化学反应的重要视角。本节中我们将初步学习这两类化学反应的基本原理。

氧化还原反应

初中时，我们已经从得氧和失氧的角度初步认识了氧化反应和还原反应。氧化反应和还原反应总是同时发生、相互依存在一个氧化还原反应中。在学习氯及其重要化合物的性质中，我们也接触了许多氧化还原反应，学习时会发现，有些化学反应并没有氧原子的得失，如氯气与钠的反应中就没有氧原子的参与，那么这个反应为什么也是氧化还原反应呢？

让我们从元素的化合价入手，进一步来认识氧化还原反应。



上述两个反应都有元素化合价的升降，反应前后元素化合价的变化是氧化还原反应的重要特征。

凡有元素化合价升降的化学反应就是氧化还原反应。物质所含元素化合价升高的反应是氧化反应，物质所含元素化合价降低的反应是还原反应。

书写表达

请用元素化合价的升降来分析下列氧化还原反应：

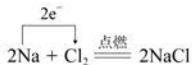
- (1) $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$
(2) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃或光照}} 2\text{HCl}$
(3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

53



- 人们对氧化还原反应的认识经历了从外在表现到本质的过程，先是观察到得氧、失氧的反应，然后是与化合价升降有关的宏观现象，最后揭示电子转移的微观本质。鼓励学生培养这种由现象到本质的探究意识和层层深入的逻辑推理能力。
- 阐述氧化、还原既相反又相互依存的关系，并借助一些其他实例，如中和与水解、化合与分解、放热与吸热等，让学生体会对立与统一规律在化学学科中的体现。

我们知道原子是由原子核和核外电子构成的，元素化合价的升降与电子的得失或偏移有密切的关系。在钠与氯气的反应中，一个钠原子失去1个电子变为 Na^+ ，化合价由0升高到+1；一个氯原子得到1个电子变为 Cl^- ，化合价由0降低到-1。可以用箭头表示反应物中不同元素间电子转移的情况。



在氧化还原反应中，有原子失去电子，必然有原子同时得到电子，而且失去电子的总数必定等于得到电子的总数。因此，从本质上讲，氧化还原反应是有电子转移（得失或偏移）的反应。

氧化剂和还原剂

在氧化还原反应中得到电子的物质称为氧化剂，具有氧化性，能氧化其他物质而自身被还原，化合价降低而发生还原反应。失去电子的物质称为还原剂，具有还原性，能还原其他物质而自身被氧化，化合价升高而发生氧化反应。

根据物质中所含元素的化合价，可推断该物质在某个氧化还原反应中是氧化剂还是还原剂。例如，高锰酸钾(KMnO_4)中锰元素显+7价，是锰元素的最高正化合价，因此高锰酸钾可做氧化剂。常用的氧化剂除高锰酸钾外，还有氧气、氯气、硝酸和浓硫酸等。

碘化钾(KI)中碘元素显-1价，是碘元素的最低负化合价，所以碘化钾可做还原剂。常用的还原剂还有碳、氢气、一氧化碳，以及钠、钙等金属单质。

有些具有中间价态的化合物既可做氧化剂，又可做还原剂。例如，过氧化氢(H_2O_2)做氧化剂时，它被还原为水；当遇到强氧化剂时，过氧化氢也可做还原剂，它被氧化为氧气。一般来说，过氧化氢主要用作氧化剂，在氧化还原反应中被还原为水，故有绿色氧化剂之称。过氧化氢可用于工业生产和生活废水处理等，也可取代氯气用作漂白剂。

在理论分析的基础上，可通过锌与硫酸铜反应（原电池装置）的实验证据（电流表指针的偏转）进一步证实氧化还原反应中发生了电子转移。

单线桥式明确表示了电子转移的方向和数目，代表电子转移的箭头方向从还原剂中化合价升高的元素指向氧化剂中化合价降低的元素，线桥上不再标注“得”或“失”。

组织学生从化合价变化进一步关注有变价元素的物质，建立氧化剂、还原剂与元素化合价的升降及相关概念之间的具体关系。



- 教学中可适时归纳氧化还原相关概念（氧化剂和还原剂、氧化性和还原性、还原反应和氧化反应、还原产物和氧化产物）间的联系，建立“元素化合价变化—得失电子—物质具有氧化性或还原性—发生氧化反应或还原反应”的氧化还原反应分析模型。
- 以教材第53页“书写表达”中的反应为例，让学生再次从电子转移角度分析这些氧化还原反应。

书写表达

在化学实验室中，常利用氧化还原反应制取 O_2 、 H_2 、 $NaClO$ 等物质。请写出制备这些物质的化学方程式，并指出反应中的氧化剂和还原剂。

学生只需知道氧化性与还原性是存在强弱差异的，对于如何比较氧化性与还原性强弱不做要求。

不同的氧化剂或还原剂，因其得失电子的能力不同，氧化性或还原性的强弱会有所不同。

氧化还原反应是一类重要的化学反应，广泛存在于工农业生产、科学技术和日常生活中，如酿造、金属的冶炼、燃料的燃烧、生物的呼吸等。但是，并非所有的氧化还原反应都能造福人类，有些氧化还原反应会带来危害，如食品变质、钢铁锈蚀等。我们运用化学知识，可以趋利避害，为科学技术的发展和人类生活质量的提高服务。



铁丝在氧气中燃烧



钢铁的锈蚀



铜与硝酸银溶液的置换反应



金属的冶炼



电池放电



体育运动

图 2.11 广泛存在的氧化还原反应



1. 可以借助金属活动性顺序，引导学生初步体会金属单质还原性的相对强弱。
2. 可用常见的氧化剂（如高锰酸钾）或还原剂（如碘化钾）设计实验验证过氧化氢既有氧化性又有还原性。

电解质的电离



物质的导电性



1. 按图 2.12 装置，在容器中，可以分别放入以下物质：氯化钠固体和氯化钠水溶液、氢氧化钠固体和氢氧化钠水溶液、硝酸钾固体和硝酸钾水溶液、蔗糖固体和蔗糖水溶液、无水酒精和酒精水溶液、盐酸。接通电源，观察实验现象并做好记录。



图 2.12 物质导电实验装置



图 2.13 熔融固体的导电性实验装置示意图

2. 按图 2.13 装置，在 V 形玻璃管里装入少量硝酸钾固体，加热玻璃管，待固体熔化时，再插入电极，观察实验现象并做好记录。

现象	固体	溶液	熔融状态
灯泡发亮			
灯泡不亮			

实验表明，有一类化合物，如氯化钠、氢氧化钠和氯化氢的水溶液能导电，硝酸钾固体加热至熔融时也能导电，这类能在水溶液中或熔融状态下导电的化合物叫做电解质。另有一类化合物，如蔗糖、酒精等，在水溶液中和熔融状态下均不能导电，这类化合物叫做非电解质。常见的酸、碱、盐大多数都是电解质，蔗糖、酒精等有机化合物大多数都是非电解质。



物质导电的必要条件是什么？为什么氯化钠水溶液和盐酸能导电，而氯化钠固体和氯气却不能导电呢？

“实验探究”：

教学中可根据学生的实际情况，将“物质的导电性”实验设计为几组实验，指导学生观察并记录现象、归纳总结。根据实验现象（证据），通过分析推理，建立“电离”概念。

硝酸钾固体不能使灯泡发亮；硝酸钾的水溶液和熔融状态都能使灯泡发亮。根据实验现象推测硝酸钾溶液和熔融硝酸钾中存在能够导电的微粒。

通过对金属导电是由于有自由电子的知识回顾，得到结论：物质导电必须有可自由移动的带电微粒。再引导学生思考：氯化钠水溶液和盐酸能导电，说明溶液中存在可自由移动的带电微粒，是什么微粒呢？



- “物质的导电性”实验也可以用电导率传感器直接测定相同浓度的盐酸、氢氧化钠溶液、硝酸钾溶液、蔗糖溶液、无水酒精等的电导率，引导学生从物质类别角度分析归纳酸、碱、盐、有机化合物的水溶液电导率数据不同的原因是离子浓度存在差异。此处比较仅限于电解质（强电解质）与非电解质，不拓展至弱电解质。
- 在“电解质与非电解质”的概念教学中，可关注学生“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的培育。

电解质的水溶液或熔融状态之所以能够导电，是因为在水溶液中或熔融状态下，产生了可以自由移动的离子，与外接电源形成闭合通路时，就产生了电流。例如，氯化钠溶于水时，在水分子的作用下，钠离子和氯离子脱离氯化钠固体表面进入水中，与水分子结合形成能够自由移动的水合钠离子和水合氯离子。氯化钠熔融时也能产生自由移动的钠离子和氯离子。

引导学生从图示到文字叙述再到符号表征，体会化学符号表征的特点。

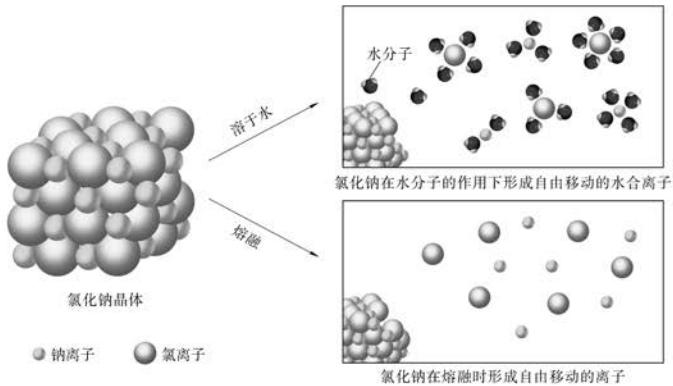
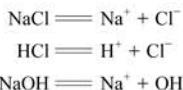


图 2.14 氯化钠电离过程的示意图

介绍强酸、强碱与可溶性盐的电离方程式的书写。

电解质在水溶液中或熔融状态下，形成可以自由移动离子的过程称为电离。这一过程可用电离方程式表示如下（为了书写简便，用离子符号表示水合离子）：



书写表达

写出下列电解质的电离方程式。

Ba(OH)₂: _____。

Na₂SO₄: _____。

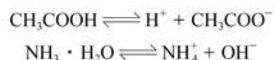
BaCl₂: _____。

57



1. 引导学生通过实验现象思考并建构氯化钠溶于水与熔融时的模型，启发学生将宏观的导电现象与离子定向移动相联系，培育学生“宏观辨识与微观探析”的化学学科核心素养。
2. 电离方程式是对电离过程的符号表征，电解质溶于水或熔融时就是电解质电离的过程，是一个微观过程。通过对电离过程的符号表征帮助学生建立“宏观—微观—符号”的联系，让学生书写电离方程式，能真实反映学生对这一过程的理解，同时帮助学生将电解质概念引入微观层面。

像氯化钠、氯化氢、氢氧化钠等在水溶液中能够全部电离为自由移动离子的电解质称为强电解质。像醋酸、一水合氨 ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 等在水溶液中仅有部分分子能电离出自由移动离子的电解质称为弱电解质。弱电解质的电离是一个可逆过程，因此电离方程式中用“ \rightleftharpoons ”来表示。醋酸、一水合氨的电离方程式可表示为：



强酸、强碱和大多数盐都是强电解质，弱酸、弱碱等是弱电解质，水则是极弱的电解质。

书写表达

水分子会发生非常微弱的电离（图 2.15），写出水的电离方程式（用简单离子符号来表示）。

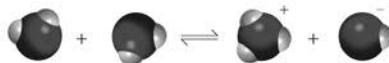


图 2.15 水分子电离过程的示意图

化学史话

电离学说

阿伦尼乌斯 (Svante August Arrhenius, 1859—1927) 是瑞典物理化学家，他在化学上的主要贡献是建立电离学说。他在探索电解质溶液的导电性时，借鉴了物理学的研究成果，1887 年他在《关于溶质在水中的离解》一文中阐述了电离学说的基本观点：

- (1) 由于溶剂的作用，电解质在水中自动离解成带相反电荷的正、负离子。
- (2) 在水溶液中每一种电解质都是由已离解的分子和未离解的分子构成，溶液稀释时未离解的分子继续离解，以致在无限稀释的溶液中只有已离解的分子存在。

阿伦尼乌斯的观点当时被认为是离经叛道之说，遭到多数人的排斥。因为当时电离理论的研究尚处于定性描述阶段，并没有关注和吸纳物理等其他学科的成果。化学界对此展开了近 20 年的争论，最终电离理论被广泛认可，阿伦尼乌斯也因此荣获 1903 年诺贝尔化学奖。

根据电离的程度定义强电解质和弱电解质的概念，介绍电离方程式的书写，从电离的角度对酸、碱、盐进行分类。

介绍弱电解质的电离方程式，为选择性必修课程的相关学习打下基础。

“书写表达”：将模型与符号表征进行匹配。可以将水合氢离子 H_3O^+ 简写为 H^+ ，因此，该电离方程式可表示为：
 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

“化学史话”：不仅仅讲述了一个历史故事，故事的背后隐藏着历史留给我们的智慧，引导学生从化学家的经历中获得启发，学习有益的科学思想和方法，同时要做到尊重事实，不迷信权威。



1. 学生基于实验现象（证据）和微观分析建构了“电离”的概念，教学中教师需强调电解质电离的性质，尤其是电解质在水溶液中电离出离子的性质。很多化学反应都是在水溶液中进行的，如酸碱反应、难溶盐的沉淀与溶解、配合物的生成与解离、氧化还原反应等，掌握物质在水中发生的变化，可为之后的学习打好基础。
2. 建议教师挖掘日常生活中应用电解质概念的真实情境素材，如“运动饮料与电解质平衡”，引导学生利用所学知识进行分析、判断，感受学习化学的意义和价值，提升“科学态度与社会责任”的化学学科核心素养。

科学的发展启示我们：很多理论建立和问题的攻克单靠一门学科是难以完成的，必须学会用跨学科、多维度的知识或思维去探究。

离子反应



溶液中的离子反应



在试管中完成下列两组反应：(1) 硫酸钠溶液与氯化钡溶液反应；(2) 硫酸铜溶液与氯化钡溶液反应。

硫酸钠、氯化钡、硫酸铜是盐，在溶液中均电离产生自由移动的离子，如 Na^+ 、 Ba^{2+} 、 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-} 等。根据实验现象，将相关变化情况填入下表。

反应物	生成物	反应前溶液中浓度较大的离子	反应后溶液中浓度较大的离子	反应前后溶液中浓度有明显变化的离子
硫酸钠溶液与氯化钡溶液				
硫酸铜溶液与氯化钡溶液				

问题：通过本实验，你认为是否所有的离子均参与了相应的反应？

引导学生通过分析熟悉的化学反应了解离子反应的本质。

两组溶液反应后均产生了白色硫酸钡沉淀。反应后，第一组溶液中还存在大量的 Na^+ 和 Cl^- ；第二组溶液中还存在大量的 Cu^{2+} 和 Cl^- ，显然两组溶液实质上发生变化的都是 Ba^{2+} 和 SO_4^{2-} 结合生成硫酸钡沉淀，而其他离子并未参与反应。

化学上把有离子参加或生成的反应叫做离子反应。酸、碱、盐在溶液中反应的实质就是离子之间的反应。上述两组离子反应的实质都可以表示为：



- 从实验着手，观察现象，引导学生用电解质、电离等知识分析反应实质，最后得出离子反应的概念，认识离子方程式的意义。
- “实验探究”活动中，可以用氯离子浓度传感器、钠离子浓度传感器、分光光度计等直接测定这些离子的浓度，为学生提供证据（具体的数据、直观的图像），帮助学生理解离子反应的本质。

这种用实际参加反应的离子符号来表示反应的方程式叫做离子方程式。可见，离子方程式能更好地表示出上述两组化学反应属于同一类离子反应的本质。

离子方程式的书写

我们以碳酸钙与盐酸的反应为例，说明离子方程式的书写步骤。

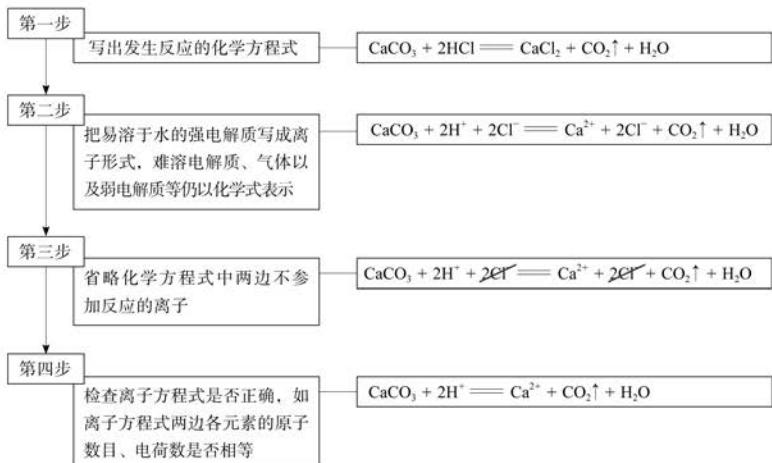


图 2.16 离子方程式的书写步骤示例

书写表达

判断下列各组溶液之间能否发生离子反应？若能发生反应，请写出相应的离子方程式。

组别	能否发生离子反应 (在“□”中画“√”)		离子方程式
① 硫酸与氢氧化钾	<input type="checkbox"/> 能	<input type="checkbox"/> 否	
② 碳酸钾与硝酸	<input type="checkbox"/> 能	<input type="checkbox"/> 否	
③ 硫酸铜与氢氧化钠	<input type="checkbox"/> 能	<input type="checkbox"/> 否	

60

离子方程式不仅能表示某一个反应的实质，还能表示一类反应的实质。

教师可指导学生阅读常见的酸、碱和盐的溶解性表（教材附录 I），引导学生能对一些知识作积累。

在教学过程中应注意选择典型的离子方程式进行书写。



- 溶液中的离子反应是培育“宏观辨识与微观探析”这一化学学科核心素养的很好的素材。教学中要突出对实验现象、数据、图像等证据的宏观辨识，从微观层面对溶液中的离子反应进行探析，学会如何用电离方程式来表示上述反应的微观过程。对于“书写表达”中涉及的反应，建议提供相关试剂，进行实验教学：可以让学生先理论推测，后实验验证；也可以让学生先做实验，根据实验现象分析发生反应的离子，最后用离子方程式表示溶液中发生的反应。
- 根据不同的学生情况，教师可以给出学生更具挑战的任务，如：分析将稀硫酸滴入氢氧化钡溶液中，哪些离子发生了反应？如何设计实验证明？离子方程式如何书写？等等。

电解质溶液中发生的氧化还原反应也可用离子方程式表示。例如：



“想一想”：从宏观现象来看，酸、碱、盐发生离子反应的条件是能生成难溶物质或难电离物质或易挥发物质。从热力学角度来看，应该是正反应方向 $\Delta G < 0$ 的反应，这也是反应发生最本质的原因。



归纳酸、碱、盐在溶液中能够发生离子反应的条件。

学习指南

例题导引

问题: 铁黑 (Fe_3O_4) 是常见的含铁颜料。工业上可利用钛白工业的副产品硫酸亚铁，以及氨水、空气等，经过如图 2.17 所示的一系列生产步骤来制取铁黑。

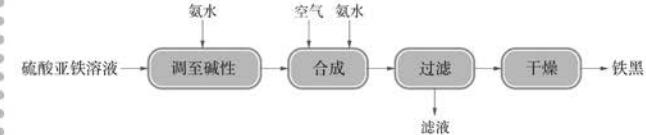
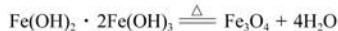
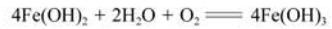


图 2.17 工业制取铁黑的流程

从合成到干燥阶段发生反应的化学方程式如下：



- (1) 加入氨水调节溶液至碱性时，主要是哪些离子之间发生了反应？
- (2) 合成步骤中通入了空气，其作用是什么？

分析:

- (1) 硫酸亚铁溶液中加入氨水，两者发生离子反应生成氢氧化亚铁沉淀和硫酸铵。从生成物判断应是 Fe^{2+} 与 OH^- 之间发生了离子反应。
- (2) 从上述已知信息可知，通入空气的目的主要是利用氧气将生成的氢氧化亚铁部分氧化为氢氧化铁。该反应是氧化还原反应，其中氧气做氧化剂，起到氧化作用。



在“离子反应”的教学中，只要求学生掌握复分解反应及有离子参加的置换反应两类，注意不再扩展。复分解反应发生的条件可由初中所描述的“生成沉淀或气体或水”扩展为“生成难溶物质或易挥发或难电离物质”。

2.3 溴和碘的提取

▶ 教学目标

1. 从化工生产和资源有效利用角度，理解海洋提溴和碘的主要流程。
2. 通过实验以及离子反应知识认识 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的检验。
3. 在认识卤素单质性质及其变化规律的过程中，感悟物质性质与变化的规律性，培养严谨求实的科学态度。

▶ 教材解析

一、教材设计思路

教材首先通过回顾从海水中提取食盐，引出本节的学习内容和学习目的。

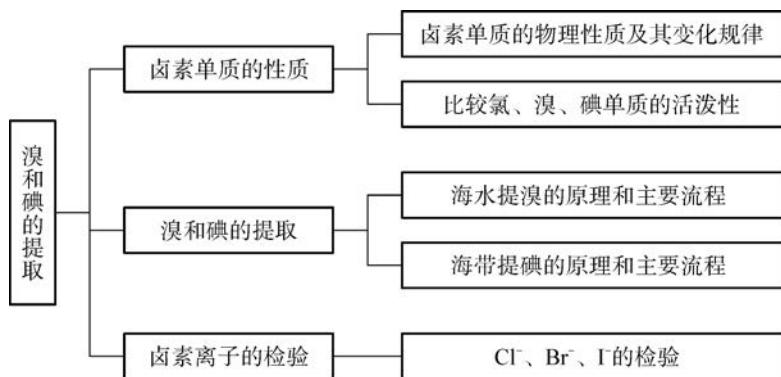
结合实物图片及表格，介绍了氯、溴、碘单质的物理性质，通过“想一想”的问题设置，引导学生总结卤素单质物理性质的变化规律；再在学生已有萃取概念的基础上，介绍溴和碘在不同溶剂中的溶解情况以及溶解后溶液呈现的颜色。在化学性质方面，教材在说明卤素单质的化学性质有相似性的同时，也指出了其活泼性有差异，希望学生通过教材中有关氯、溴、碘单质活泼性的实验探究，得出活泼性强弱比较的正确结论。由于学生初次涉及这种形式的学习活动，所以实验探究中首先给出了必要的提示，如比较单质活泼性的思路、需要用到的试剂，以及具体的实验方案的样例等，引导学生设计实验方案，并通过实验得出结论。

在溴和碘的提取中，首先阐明从海水中提取物质的原则，让学生对此化工生产的意义有初步认识。

海水提溴，首先给出了浓缩、氧化和提取三个步骤，再分别采用描述、呈现离子方程式和提问方式逐一展开。以海水晒盐的卤水作为原料，实际上就是海水浓缩、富集的过程；通氯气是将溴离子氧化为溴单质的过程，并用离子方程式呈现原理；向溶液中鼓入热空气或水蒸气是提取过程。最后用示意图总结了海水提溴的主要流程，并介绍溴的主要用途。有了海水提溴的基础，教材只简单介绍了海带提碘的主要流程，通过“书写表达”，让学生理解海带提碘的原理，还拓展介绍了离子交换法提碘。“拓展视野”介绍了海水提镁的例子，旨在丰富学生关于海洋资源利用的知识。

本节最后介绍了卤素离子的检验，在第1章物质检验的基础上，首先通过“实验探究”，介绍氯、溴、碘离子的检验方法和相关原理；通过“资料库”中的例子提醒学生，在物质检验（卤素离子）时需要排除一些物质的干扰，并通过“想一想”巩固和强化学生对卤素离子检验的认识。

二、本节内容结构



三、教材分析

2.3 溴和碘的提取

从海水中不仅可以获得氯碱工业的原料——氯化钠，还可提取溴、碘、镁、钾等多种物质。其中，溴和碘在陆地上的含量较少，主要是从海洋中提取。我们在掌握了氧化还原反应和离子反应的知识后，将继续学习从海洋中提取溴、碘单质等资源的一般方法和主要步骤，进而理解卤素单质活泼性的递变规律以及卤素离子的检验方法等，对以氯为代表的卤族元素的性质形成较为全面的认识。

卤素单质的性质

氯、溴、碘元素的单质都是双原子分子，随着相对分子质量的增大，它们的物理性质呈现规律性的变化。

常温常压下，溴是深棕红色液体，密度比水大，容易挥发，具有强烈的腐蚀性，所以把溴存放在试剂瓶里时应密封保存，同时需要在瓶中加一些水覆盖，以减少溴的挥发。

常温常压下，碘是紫黑色固体，几乎不溶于水，但能溶于酒精，形成碘酒。常压下固体碘受热易升华，蒸气遇冷，重新凝聚成固体。碘还能使淀粉溶液变蓝色，这一特征反应常用于检验碘单质。

表 2.1 氯、溴、碘单质的物理性质

卤素单质	常温下状态	颜色	密度	熔点 ℃	沸点 ℃	溶解度
Cl ₂	气体	黄绿色	2.98 g · L ⁻¹ (293 K)	-101.5	-34.0	199 cm ³ · (100 g H ₂ O) ⁻¹ (298 K)
Br ₂	液体	深棕红色	3.10 g · cm ⁻³ (298 K)	-7.2	58.8	3.4 g · (100 g H ₂ O) ⁻¹ (293 K)
I ₂	固体	紫黑色	4.63 g · cm ⁻³ (298 K)	113.6	185.2	0.029 g · (100 g H ₂ O) ⁻¹ (293 K)

根据表 2.1 中的信息，归纳 Cl₂、Br₂ 和 I₂ 在常温下的状态、颜色等物理性质的变化规律。

学习聚焦

- ✓ 了解卤素单质的性质及其应用
- ✓ 了解从海洋中提溴和提碘的主要原理
- ✓ 了解 Cl⁻、Br⁻、I⁻ 的检验方法

知识回放

- 氯及其重要化合物的性质
- 氧化还原反应
- 离子反应及其发生条件



图 2.18 氯、溴、碘的单质

通过文字和图片说明溴和碘单质的物理性质、液溴的保存方法，以及碘的特性。

通过表格呈现卤素单质的物理性质。为下面“想一想”提供证据素材。不建议通过氯、溴、碘单质的溶解度来归纳变化规律。

63



1. 在“溴、碘单质的物理性质”的教学中，可通过教师演示实验或学生实验，增强学生感性认识，也可适当拓展，如“如何从液溴试剂瓶中取出液溴？”“如何分离碘和氯化钠固体？”等。
2. 对于“想一想”，可采用以下教学方式：在学生独立思考的基础上，组织学生交流，共同总结卤素单质物理性质的变化规律，并初步形成物质性质规律性变化的认识。

进一步拓展溴、碘的物理性质。溴、碘在有机溶剂中的溶解度比在水中的大，利用该性质从溴水和碘水中提取溴和碘。溴、碘在有机溶剂中呈现的颜色深，利用颜色可以检验是否有溴或碘生成。

溴、碘在有机溶剂中的溶解度比它们在水中的溶解度大得多。利用这一性质，可以用有机溶剂把溴或碘从水溶液中提取出来。溴和碘在不同溶剂中的颜色如表 2.2 所示。

表 2.2 溴和碘在不同溶剂中呈现的颜色

物质	颜色	物质	颜色
饱和溴水	橙色	碘水	黄色到浅棕色
稀溴水	黄色	碘的酒精溶液	棕色
溴在苯、四氯化碳等有机溶剂中	红棕色	碘的四氯化碳溶液	紫色

卤素单质的化学性质有相似之处，都容易形成-1价的离子，但卤素单质的活泼性有一定的差异，我们可以通过实验来进行比较。

实验探究



比较氯、溴、碘单质的活泼性



“实验探究”：示范比较单质活泼性的方法，为比较氯、溴、碘单质的活泼性提供方法和思路。

提供试剂和实验方案样例并用表格辅助，适当降低了学生探究实验的难度。

注意：四氯化碳有毒，小心别溅出，也不要闻气味；实验过程中应强调关注有机层的颜色变化，水层不一定能完全褪为无色。

我们可以通过一种元素的单质能否把另一种元素的单质从它的化合物中置换出来，来推断它们的活泼性。如何比较 Cl_2 、 Br_2 和 I_2 的活泼性？你能设计实验方案进行探究吗？

现有氯水、溴水、碘水、氯化钠溶液、溴化钠溶液、碘化钾溶液和四氯化碳等试剂，请根据编号 1 的提示，设计其他实验来比较卤素单质的活泼性顺序，填入下表中。

编号	实验过程	现象记录	离子方程式
1	在 2 mL 溴化钠溶液中滴入 2 mL 新制氯水，振荡；再加入 1 mL 四氯化碳，振荡，静置		
2			
3			

实验结论：氯、溴、碘单质活泼性的强弱顺序为_____。



- 本页内容有助于学生在氯气性质的基础上形成对卤素单质性质较为全面的认识，可适当从“相似性”“递变性”“特殊性”等角度归纳总结卤素单质的物理性质和化学性质，体会从代表物出发认识一类物质的思路和方法。
- 用相互置换的方法比较卤素单质的活泼性，学生设计实验及实验操作并不困难，关键是实验方案如何完整表达以及如何判断置换反应是否发生的问题。溴和碘在不同溶剂中呈现的颜色可为判断置换反应的发生提供证据支持。但要注意，比较氯气与碘的活泼性时，氯水不能过量。还可以引导学生进一步思考比较卤素单质的活泼性的其他方法。

溴和碘的提取

目前，从海洋中提取的两类物质有：一类是海水中含量较高，提取成本相对较低的物质，如镁、钾等；另一类是陆地上含量极少，只能从海洋中提取的物质，如溴、碘等。

地球上99%的溴元素分布在海洋中。从海水中提取溴，一般要经过浓缩、氧化和提取三个步骤。

苦卤（海水提盐后的母液）是海水制盐工业的副产品，其中溴离子的含量较海水而言已提高很多，可直接用作提取溴的原料。要将海水中的溴离子氧化成溴单质，常用的氧化剂是氯气。氯气通入苦卤中，将溴离子转化为溴单质。



反应生成的溴仍然溶解在苦卤中，怎样才能将溴提取出来呢？根据溴的沸点比水低的性质，可以向溶液中鼓入热空气或水蒸气，使溴和水蒸气一起挥发出来，冷凝后得到含有杂质的粗溴，其主要流程如图2.19所示。再将粗溴精制，就可以得到高纯度的溴单质。



图2.19 从海水中提取粗溴的主要流程

在工业上，大量的溴被用来制造燃料的抗爆剂；在农业生产中，含溴元素的杀虫剂被广泛使用；在医药方面，溴化钠、溴化钾常被用作镇静剂；此外，溴化银见光容易分解，可被用作感光材料。

虽然海洋中碘的总量不少，但由于海水中碘的浓度很低，工业上一般不直接从海水中提取碘。海洋中的海带等海藻类植物具有富集碘的能力，海带或海带灰在水中浸泡时，所含的 I^- 进入水中，然后再用氯气氧化得到碘单质。这是工业上获取碘的重要途径，其主要流程如图2.20所示。

通过海水提溴的流程图让学生形成完整认识。硫酸酸化主要是因为海水呈弱碱性，酸化可防止氯、溴歧化。



在“海水提溴”的教学中，可将海水中溴的含量与苦卤中溴的含量进行对比，再结合海水晒盐，让学生感受资源的综合利用价值。可以组织学生交流“浓缩、氧化和提取”步骤设计的科学性。可适时补充热空气吹出溴水中的实验，增进学生体验，帮助学生感受化学工业生产与实验室提取溴的差异。

浸取液氧化前也需要酸化。



图 2.20 从海带中提取碘的主要流程

书写表达

写出海带浸泡液中通入氯气后发生反应的离子方程式。

目前工业上从海带中提取碘时，选用离子交换法处理含碘离子的溶液，这样能提高碘的提取效率。

拓展视野

海水中镁的提取

除卤素之外，海洋中还蕴藏着多种金属元素的资源。例如，海水中镁的含量仅次于氯和钠，位居第三，总储量约为 1.8×10^{15} t。从海水中提取镁的流程是：先将石灰乳加入海水沉淀池中，生成氢氧化镁沉淀，以此达到富集镁离子的目的；然后用盐酸将沉淀溶解，得到氯化镁溶液，通过蒸发浓缩，可获得六水合氯化镁晶体($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)；再将六水合氯化镁在一定条件下加热脱水，生成无水氯化镁；电解熔融的氯化镁便可得到金属镁。

卤素离子的检验

实验探究



卤素离子与银离子反应



把少量硝酸银溶液分别滴入盛有氯化钠溶液、溴化钠溶液和碘化钾溶液的3支试管中，再向3支试管中各加入少量稀硝酸，观察实验现象。

现象记录：_____。

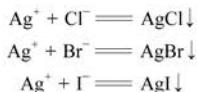
实验结论：_____。

在上述反应中，3支试管里的氯化钠、溴化钠、碘化钾分别与硝酸银反应，生成了相应的卤化银沉淀。卤化银



- 结合学生已有知识，通过“如何鉴别自来水和蒸馏水？”引入氯离子检验，再追问如何检验溴、碘离子。
- 氯、溴、碘离子的检验是学生高中阶段学习了离子反应后要学习的第一个离子检验知识，要求掌握检验方法和实验技能。

的颜色分别为白色、浅黄色、黄色，且均不溶于稀硝酸。利用上述反应现象，可以鉴别卤素离子。



1. 如何检验烧杯中的水是蒸馏水还是自来水？
2. 归纳检验卤素离子的实验步骤和实验现象。

资料库

Ag^+ 与 CO_3^{2-} 的反应

Ag^+ 离子与 CO_3^{2-} 离子也会反应生成 Ag_2CO_3 沉淀：

$$2\text{Ag}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$$
。
 但 Ag_2CO_3 溶于稀硝酸：

$$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}^+ = 2\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$$
。

说明卤素离子检验时的现象和原理，科学描述检验过程。

学习指南

例题导引

问题：● 海洋中化学资源的综合利用包含许多方面。图 2.21 所示的是从海水中提取粗盐和溴的一种流程。

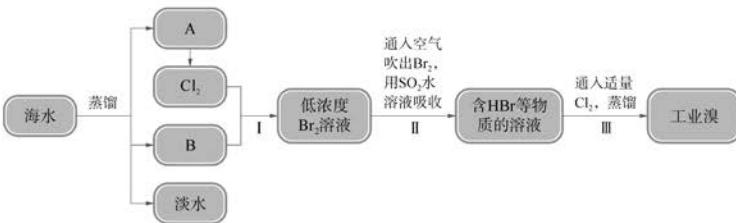


图 2.21 海水中提取粗盐和溴的过程

- (1) 利用蒸馏法淡化海水，处理后得到的 A 和 B 分别是什么物质？
- (2) 经过步骤 I 后已经获得了粗溴，步骤 II、III 又将起到什么作用？
- (3) 步骤 II 用 SO_2 水溶液吸收 Br_2 ，吸收率可以达到 95%。在该反应中， SO_2 起到什么作用？

分析：● (1) 蒸馏法淡化海水后，产物除了淡水还有结晶产生的粗盐和苦卤。
 ● A 通过化学反应生成 Cl_2 ，因此可判断 A 为粗盐，B 为苦卤。

67



1. 通过氯、溴、碘离子的检验，可进一步巩固离子反应知识。
2. 结合氯、溴、碘单质间的置换，设计基于氧化还原反应的溴离子、碘离子检验方法，并对不同检验方法进行评价。

本章教学案例

离子反应

教学目标

- 分别从物质角度和离子角度认识电解质在溶液中的反应，建立离子反应的概念。
- 根据实验现象，分析离子浓度的变化规律，认识离子反应发生的条件。
- 通过“宏观—微观—符号”三重表征，理解离子反应，学会书写离子方程式，并构建分析溶液中离子反应的思路与方法。
- 通过创设处理工业酸性废水的真实情境，感受离子反应在生产、生活中的应用，培养社会责任感。

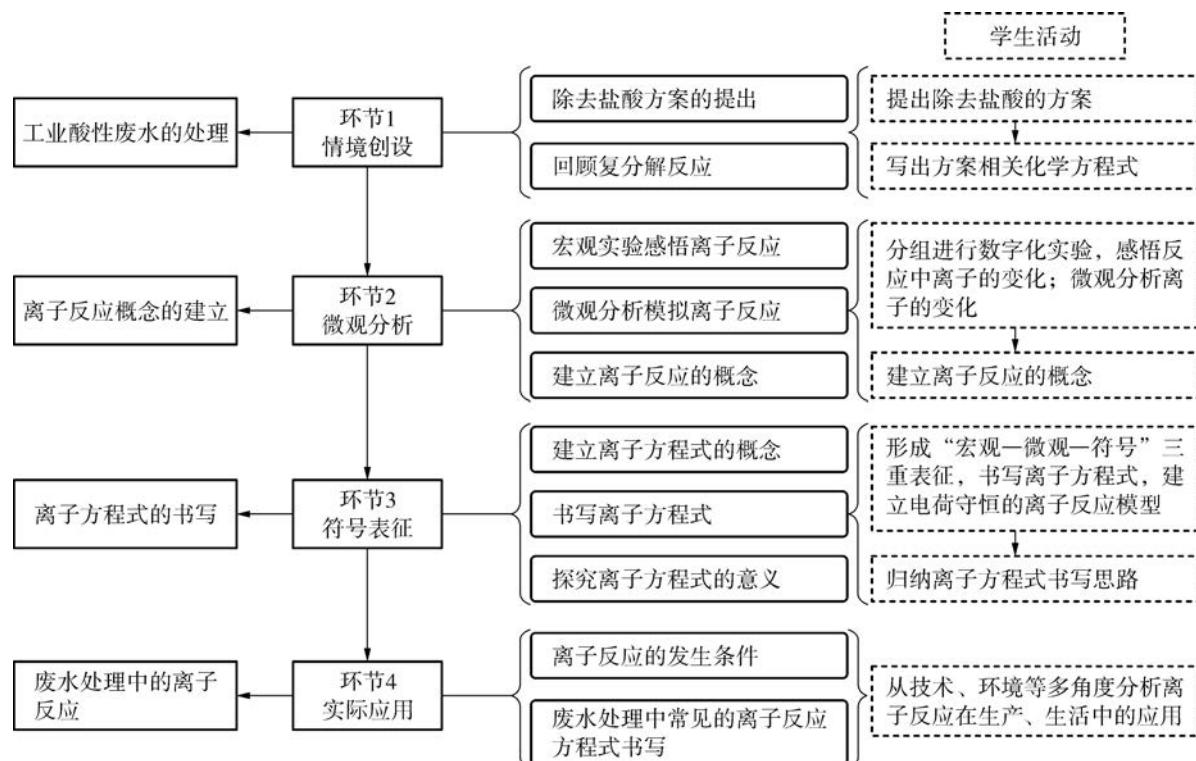
教学重点

溶液中离子反应的实质及发生条件；离子方程式的书写。

教学难点

分析离子反应的思路与方法。

教学思路



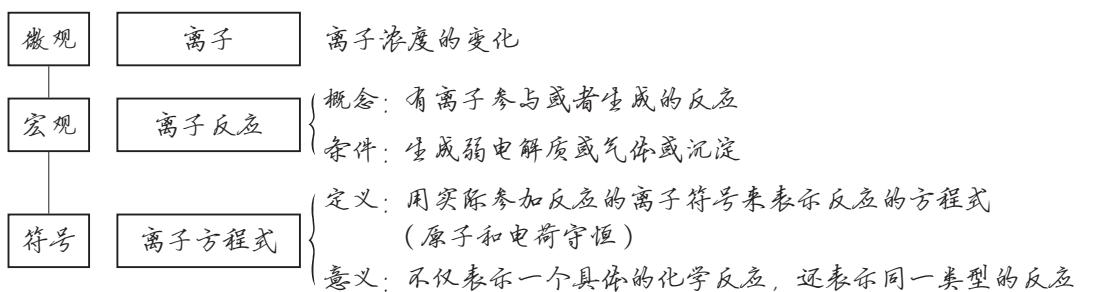
教师活动	学生活动	设计意图																									
<p>【情境创设】在金属加工、硫酸工业、制碱工业中均会产生大量酸性或碱性废水，需要进行废水处理。若某化工厂排放的废水的主要成分为盐酸，请思考可以用哪些试剂除去废水中的盐酸，写出相关的化学反应方程式。</p> <p>【归纳】从物质分类角度看，盐酸可以与碱以及某些盐反应。</p> <p>【提问】盐酸分别与 NaOH、Na₂CO₃、AgNO₃ 溶液混合后，哪些离子起作用了？你是如何判断的？</p> <p>【过渡】盐酸与 NaOH 溶液混合后没有明显现象，我们可以借助 pH 传感器和氯离子浓度传感器实时测定反应过程中 H⁺、Cl⁻ 的变化情况。</p>	<p>【回答】根据已有知识可能提出用以下物质处理废水中的盐酸：① NaOH；② KOH；③ Ca(OH)₂；④ Ba(OH)₂；⑤ Na₂CO₃；⑥ AgNO₃。</p> <p>【回答】根据盐酸与 Na₂CO₃ 溶液混合后产生气泡，以及与 AgNO₃ 溶液混合产生沉淀的宏观现象推测发生反应的离子。</p>	<p>提出“酸性废水处理”这一真实问题情境，引导学生用已有知识自主解决问题，培养学生的社会责任感。</p> <p>回顾复分解反应，为学生学习离子反应进行铺垫。</p>																									
<p>【学生实验】学生分成三组，分别用离子浓度传感器测定 0.01 mol · L⁻¹ 盐酸和等物质的量浓度 NaOH、Na₂CO₃、AgNO₃ 溶液反应过程中 H⁺、Cl⁻ 的变化情况，并描述实验现象。</p> <p>① 盐酸与 NaOH 溶液反应：</p> <p>【现象】石蕊试剂从红变蓝。</p>	<p>② 盐酸与 Na₂CO₃ 溶液反应：</p> <p>【现象】出现气泡。</p>	<p>③ 盐酸与 AgNO₃ 溶液反应：</p> <p>【现象】出现白色沉淀。</p>																									
<p>【提问】运用电解质电离的知识和实验数据分析上述三个反应。</p> <p>【引导】① 盐酸中存在氯化氢分子吗？② 不考虑溶液体积的变化，三个反应过程中哪个离子浓度明显减小？③ 浓度减小的离子生成了什么物质？其他离子有没有发生变化？④ 推测另一反应物微粒的变化情况，并最后汇总成表格。</p>	<p>【学生活动】学生讨论并完成活动单，再进行分组交流。</p> <p>【小组交流】① 氯化氢是强电解质，在水溶液中不存在氯化氢分子，只存在氢离子和氯离子：HCl = H⁺ + Cl⁻。② 不考虑溶液体积的变化，分析数字化实验得到的图像可知：盐酸与 NaOH 溶液混合、盐酸与 Na₂CO₃ 溶液混合后，H⁺ 浓度明显减小，Cl⁻ 浓度基本没有变化；盐酸与 AgNO₃ 溶液混合后，Cl⁻ 浓度明显减小，H⁺ 浓度基本没有变化。</p>	<p>通过讨论微粒的浓度变化，帮助学生认识这三个反应中某些离子结合生成了新物质，为给出离子反应的概念以及发生的条件埋下伏笔。</p> <p>从学生已有的电解质知识出发，基于实验数据（离子浓度的变化），通过微粒间发生的反应，解释宏观实验现象，构建宏观和微观之间的联系。</p>																									
【学生活动单展示】																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">反应物</th> <th rowspan="2">生成物 (水、气体或沉淀)</th> <th colspan="2">反应前溶液中浓度较大的离子</th> <th rowspan="2">反应后溶液中浓度 较大的离子</th> <th rowspan="2">反应前后浓度明显 变化的离子</th> </tr> <tr> <th>溶液 1</th> <th>溶液 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCl、NaOH 溶液</td> <td>H₂O</td> <td rowspan="3">H⁺、Cl⁻</td> <td>Na⁺、OH⁻</td> <td>Na⁺、Cl⁻</td> <td>H⁺、OH⁻</td> </tr> <tr> <td>HCl、Na₂CO₃ 溶液</td> <td>H₂O、CO₂</td> <td>Na⁺、CO₃²⁻</td> <td>Na⁺、Cl⁻</td> <td>H⁺、CO₃²⁻</td> </tr> <tr> <td>HCl、AgNO₃ 溶液</td> <td>AgCl</td> <td>Ag⁺、NO₃⁻</td> <td>H⁺、NO₃⁻</td> <td>Ag⁺、Cl⁻</td> </tr> </tbody> </table>				反应物	生成物 (水、气体或沉淀)	反应前溶液中浓度较大的离子		反应后溶液中浓度 较大的离子	反应前后浓度明显 变化的离子	溶液 1	溶液 2	HCl、NaOH 溶液	H ₂ O	H ⁺ 、Cl ⁻	Na ⁺ 、OH ⁻	Na ⁺ 、Cl ⁻	H ⁺ 、OH ⁻	HCl、Na ₂ CO ₃ 溶液	H ₂ O、CO ₂	Na ⁺ 、CO ₃ ²⁻	Na ⁺ 、Cl ⁻	H ⁺ 、CO ₃ ²⁻	HCl、AgNO ₃ 溶液	AgCl	Ag ⁺ 、NO ₃ ⁻	H ⁺ 、NO ₃ ⁻	Ag ⁺ 、Cl ⁻
反应物	生成物 (水、气体或沉淀)	反应前溶液中浓度较大的离子				反应后溶液中浓度 较大的离子	反应前后浓度明显 变化的离子																				
		溶液 1	溶液 2																								
HCl、NaOH 溶液	H ₂ O	H ⁺ 、Cl ⁻	Na ⁺ 、OH ⁻	Na ⁺ 、Cl ⁻	H ⁺ 、OH ⁻																						
HCl、Na ₂ CO ₃ 溶液	H ₂ O、CO ₂		Na ⁺ 、CO ₃ ²⁻	Na ⁺ 、Cl ⁻	H ⁺ 、CO ₃ ²⁻																						
HCl、AgNO ₃ 溶液	AgCl		Ag ⁺ 、NO ₃ ⁻	H ⁺ 、NO ₃ ⁻	Ag ⁺ 、Cl ⁻																						
【叙述】有离子参与或者生成的反应叫做离子反应。	【观看视频】离子反应的微观模拟视频。	通过微观分析和动画模拟，帮助学生理解离子反应的概念。																									

(续表)

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【提问】根据实际参与反应的微粒改写上述反应的方程式。</p> <p>【叙述】用实际参加反应的离子符号表示反应的方程式叫做离子方程式。</p> <p>【归纳】请归纳一下离子反应的认识思路：明确反应溶液中的微粒→确定微粒发生的反应→找到反应实质。</p>		帮助学生初步建立宏观观察、微观分析、符号表达的学习思路与方法。
<p>【过渡】离子反应书写时需注意：离子反应前后不仅原子个数要守恒，电荷也必须守恒。</p> <p>【提问】用离子方程式表示稀硫酸与氢氧化钡的反应。</p> <p>【讲述】写法 3 和写法 4 都表示了反应过程中的离子反应，但两个反应的定量关系不一样。</p> <p>【提问】如何用实验来判断哪一种表达方式更准确呢？</p> <p>【数字化实验】请同学们观察稀硫酸与氢氧化钡溶液（已滴加酚酞）反应过程中溶液的颜色变化及电导率变化。</p> <p>【小结】离子方程式描述的不仅包括参加反应的离子种类，还包括它们之间量的关系。</p>	<p>【交流并分析】写法 1: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$。写法 2: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$。写法 3: $\text{Ba}^{2+} + \text{H}^+ + \text{OH}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$。写法 4: $\text{Ba}^{2+} + 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$。写法 1 和写法 2 没有完整表达反应实质，故错误。</p> <p>【观察现象】随着稀硫酸的加入，电导率逐渐减小，酚酞褪色的同时电导率接近于零，继续加稀硫酸，电导率升高。</p> <p>【讨论】滴入稀硫酸时，由于氢离子与硫酸根离子分别反应生成难电离的水和硫酸钡沉淀，离子浓度大大减小，导电能力显著减弱，恰好完全反应时，体系导电能力最弱。故写法 4 正确。</p>	帮助学生加深对离子方程式概念的理解，即强调描述一个离子反应，不仅包括实际参加反应的离子种类，还应包括它们之间量的关系，完善离子反应的认识模型。
<p>【提问】$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$ 还可以表示哪些反应？</p> <p>【小结】离子方程式的意义：离子方程式除了表示反应的实质，还表示一类反应。</p>	<p>【归纳】表示可溶性强酸与可溶性强碱反应且没有沉淀生成的一类反应。</p>	通过一类反应的离子方程式的讨论，理解离子方程式的本质意义，感悟离子方程式的价值和意义。
<p>【提问】结合课堂上的几个实验，归纳酸、碱、盐在溶液中能发生离子反应的条件。</p> <p>【追问】结合数字化实验数据，说说实际参与反应的离子都发生了什么变化。</p> <p>【小结】本质：离子反应是向着有关离子浓度减小的方向进行。</p>	<p>【归纳】酸、碱、盐在溶液中能发生离子反应的条件：生成沉淀或气体或弱电解质。</p> <p>【归纳】溶液中某些离子浓度减小。</p>	
<p>【作业】在实际生产中对工业酸性废水的处理方案的选择还要考虑成本、环保、技术等问题，请查阅资料后谈谈工业上对不同酸性废水的处理方案，并写出相关的离子方程式。</p>		回归课前的问题，综合解决废水处理问题。希望通过“真实情境—实际问题—化学知识”的相互作用，提升学生的化学学科核心素养，让学生感悟化学学科的价值。

板书设计

离子反应



案例提供者: 上海市民立中学 尤蕾蕾

小小化学工程师 ——“溴和碘的提取”单元教学设计

一、单元设计思路

化学工程师是能够独立完成化学工程专门技术的设计、施工、生产的人员，是化学实验室和化工厂之间的纽带，是实现有价值化学品大批量生产的关键人物之一。

本单元以化学产品的生产为核心，基于实际生产情境开展学习，利用海洋中提取溴、碘的工艺，让学生学习从自然界中提取物质的一般方法和主要步骤，体会元素及其化合物知识与化学反应原理在解决实际化学问题中的重要作用，感受化学对现代社会发展的重要意义。

单元教学内容突出了从理论学习向实际应用的延伸，强调了化学知识的综合应用，从溴、碘的性质到卤族元素性质的变化规律，再到从海洋中溴、碘的提取工艺，结构完整，展现了元素及其化合物的学习对社会发展的价值，在实际教学中可以“如何从海洋中提取溴和碘”问题驱动，构建教学单元。

二、单元学习规划

单元主题：溴和碘的提取

课时数：3课时

单元分析	本单元中，学生以“小小化学工程师”的职业身份参与，直接体验真实化学问题的解决过程。从卤素及其化合物性质的学习到提取自然资源的一般思路的确立，再到综合各方因素的权衡和考量，优化提取自然资源的设计方案，在整个过程中帮助学生建立解决复杂化学问题的基本思路，认识元素化合物知识的应用价值，了解化学学科与环境资源、社会发展之间的密切联系，树立正确的化学价值观。同时在单元设计中也通过多样化的学习活动，培育学生发展必需的关键能力。 本单元的学习对学生“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”“科学态度与社会责任”等方面的化学学科核心素养发展起到积极作用。
单元目标	<ol style="list-style-type: none">结合各种情境素材，了解卤素及其化合物的物理、化学性质，认识化学物质的多样性。设计简单的实验方案，比较氯、溴、碘单质的活泼性，尝试通过化学反应实现卤素及其化合物相互转化的途径。观察和分析实验现象，依据氧化还原反应，推测卤素单质活泼性的变化规律。了解卤素离子检验的方法。描述海水中溴的提取的主要原理和过程，书写相关化学反应的离子方程式，认识学习溴单质物理、化学性质对解决实际工业生产问题的重要价值。多渠道获取信息，归纳从海带中提取碘的主要原理和过程，书写相关化学反应的离子方程式，认识化学原理和技术对综合利用自然资源的促进作用。结合溴和碘的提取方案设计，提升运用“绿色化学”思想综合分析、解决问题的能力，了解综合利用海洋资源的一般方法。

三、课时学习规划

第1课时：卤素及其化合物的性质

课时目标	1-1 知道氯、溴、碘元素单质物理性质的变化规律。 1-2 能从元素价态角度，依据氧化还原原理，设计实验，探究氯、溴、碘单质活泼性的差异，并用离子方程式表示上述化学反应。 1-3 理解卤素离子检验的原理。 1-4 描述卤素离子检验的实验步骤。 1-5 认识卤素及其化合物的多样性，了解实验是探索物质化学性质的重要途径。			
	学习活动	活动1：卤素单质的物理性质。 【情境】实物、图表数据。 【问题】观察氯、溴、碘单质在常温常压下的状态，结合表2.1的数据，说出它们物理性质的变化规律。 【任务】归纳氯、溴、碘单质物理性质的变化规律。	活动2：比较氯、溴、碘单质的活泼性。 【情境】学生实验。 【问题】①如何从氧化还原角度看待卤素单质在化学反应中都容易形成-1价的离子？②如何设计氧化还原反应验证单质氧化性的强弱？ 【任务】设计实验方案，通过观察和分析实验现象，推测氯、溴、碘单质活泼性的变化规律。	活动3：卤素离子的检验。 【情境】学生实验。 【问题】①有什么化学方法可以辨别蒸馏水和自来水？②如果上述两种液体中都不小心混入了碳酸钠，还有办法分辨哪杯原来是自来水吗？③向含有溴离子和碘离子的溶液中加入硝酸银溶液会有什么现象呢？ 【任务】观察卤素离子与硝酸银的反应现象，理解反应原理。
学习规划	评价要点	①能准确描述卤素单质的颜色和状态。 ②能准确获取图表数据信息。 ③能够将实物状态与数据信息相联系，形成结论。	①可以将已学知识转化为合理的实验方案。 ②客观记录实验现象，分析并提出可能的变化规律。 ③小组内学生能够有效地合作、交流和讨论。 ④实验操作规范。	①有实验探究的意识。 ②能依据探究目的设计方案，完成操作。 ③在避免碳酸钠干扰时，能描述使用“足量”稀硝酸进行除杂。 ④能理解离子反应实质，准确描述实验现象并书写离子方程式。
	教学资源	装有氯、溴、碘单质的密封容器，教材表2.1。	试剂：氯化钠溶液、溴化钠溶液、碘化钾溶液、氯水、溴水、碘水、四氯化碳、淀粉。 仪器：滴瓶、试管。	试剂：蒸馏水、自来水、碳酸钠溶液、氯化钠溶液、溴化钠溶液、碘化钾溶液、硝酸银溶液、稀硝酸。 仪器：滴瓶、试管。

第2课时：溴的提取

课时目标	2-1 回顾已有氯及其化合物的知识，梳理生产氯化钠和氯气的主要原理和过程，并从中提炼获取海洋资源的基本思路，感受海洋中丰富的化学资源及其可持续开发的重要意义。 2-2 能借助氯化钠和氯气的生产思路，推演海水提溴的主要原理和过程，书写相关化学反应的离子方程式。 2-3 依据氯、溴单质物理、化学性质的变化规律，分析氯、溴单质提取过程的差异，认识物质性质对化工生产的指导意义。			
	学习活动	活动1：海洋中的卤素资源——氯。 【情境】文本。 【问题】①如何利用海洋资源生产氯的单质？②能不能用一些简单的示意图，梳理工业上获得氯化钠和氯气的过程？③海洋资源与陆地资源相比有什么特点？④除了氯化钠和淡水资源外，还有哪些化学资源主要从海洋中获取？ 【任务】画出氯化钠和氯气的生产流程图，完成海洋资源小调查。	活动2：海洋中的卤素资源——溴。 【情境】文本、视频。 【问题】溴的提取一般要经过浓缩、氧化和提取三个步骤，与氯化钠和氯气的生产过程既有区别，又有相似之处。①为什么不直接使用海水为原料？②溴的“氧化”与氯气的“转化”步骤的区别是什么？为什么？③从水溶液中“提取”溴单质的方法是什么？ 【任务】小组合作设计溴的提取流程，并书写反应的离子方程式；分析、评价图2.21的溴的提取方案。	

(续表)

学习规划	评价要点	<p>①能从已完成的海水晒盐、粗盐提纯和氯碱工业的过程提炼工业上生产氯化钠和氯气的方法。</p> <p>②工艺流程图的绘制主线清晰、要素得当、用语规范。</p> <p>③在氯气的工业生产流程中，能独立或在教师的引导下，进行“浓缩→转化”等主要步骤的划分。</p> <p>④能从教材及自身已有知识出发认识海洋中化学资源的特点和分布。</p>	<p>①能有效进行方法的迁移，运用活动1中工业流程图的表述形式设计溴单质的生产步骤。</p> <p>②能有效进行知识迁移，运用卤素单质的性质和氧化还原理论指出“氧化、提取”步骤的具体方法，解释溴与氯生产上的区别。</p> <p>③能将化学原理与实际生产相联系，分析图2.21方案中步骤Ⅱ、Ⅲ的意图及选用试剂，评价这些试剂在反应中的作用。</p> <p>④在整个设计研究过程中体现严谨求实的职业素养。</p>
	教学资源	交互白板，海水晒盐、粗盐提纯、氯碱工业等相关材料。	溴的用途、溴的发现史、溴在自然界的分布、图2.21等材料，交互白板。

第3课时：碘的提取

课时目标	3-1 设计实验室中碘的提取的主要原理和过程，书写相关化学反应的离子方程式。 3-2 归纳碘的提取的主要原理和过程，绘制流程图。 3-3 具有“绿色化学”思想，构建综合利用海洋资源的一般方法。认识化学原理和技术在自然资源开发利用方面的促进作用，能够正确处理资源开发与环境保护的关系。				
学习规划	学习活动	<p>活动1：化工生产有关政策、法规小调查（课外活动）。</p> <p>【情境】工程师政策理论学习。</p> <p>【问题】你知道我国颁布了哪些与化工生产相关的政策、法规吗？</p> <p>【任务】查阅资料获取与自然资源开发、环境保护、安全生产方面的政策、法规，制作成一页演示文稿进行课堂交流。</p>	<p>活动2：实验室中碘的提取方案设计。</p> <p>【情境】文本、实验。</p> <p>【问题】从“浓缩→氧化”两个步骤设计思考实验室中碘的提取过程。</p> <p>①选择什么为原料？②如何氧化？③如何检验生成了碘单质？</p> <p>【任务】设计实验室中提取碘的流程，分组实验，并使用淀粉或四氯化碳萃取的方法检验溶液中的碘单质。</p>	<p>活动3：碘的提取方案优化。</p> <p>【情境】文本、视频、实验。</p> <p>【问题】①权衡氧化剂的选择。②如何提取碘水中的碘单质？③离子交换树脂是如何提取碘离子的？</p> <p>【任务】完成碘的提取的流程优化。</p>	<p>活动4：海水中镁的提取（课外活动）。</p> <p>【情境】课本、文献。</p> <p>【问题】①如何从海水中获得金属镁？画出流程图。②对这个流程还有什么疑问吗？查阅资料，尽量多地找到答案，也可以帮助身边的同学寻找答案。</p> <p>【任务】画出流程图；质疑；寻找证据。</p>
	评价要点	<p>①引用的条文、选择的案例应与单元主题相关。</p> <p>②法律条文需注明出处。</p> <p>③语言表达流畅，信息传达准确。</p>	<p>①能够进行知识迁移，推测碘的提取方案与溴的提取的相似性。</p> <p>②能够从文本、实验资源中提取信息细化调整碘的提取工业流程。</p> <p>③可以合理解释滴入氯水后无法检验出碘单质的原因，并优化操作。</p>	<p>①从原理和成本两个角度权衡氧化剂的选择（合理即可）。</p> <p>②能从碘的升华温度和水的沸点角度分析常压蒸馏很难实现碘和四氯化碳的完全分离。</p> <p>③能正确描述离子交换柱流出液体中的离子种类。</p> <p>④能将对化工生产原理的考量融入流程设计中，选择当下最恰当的方法。</p>	

(续表)

学习规划	教学资源	图书馆、网络资源，交互白板。	碘的用途，海水、苦卤、干海带中碘含量的比较，碘单质的检验等文字、视频、实验资源；交互白板。	常用氧化剂的价格表，常压蒸馏分离碘与四氯化碳的实验视频，我国碘的工业生产概况、离子交换法处理含碘离子溶液等文字、视频、实验资源，交互白板。	图书馆、网络资源。
------	------	----------------	---	---	-----------

四、单元教学（课时）设计

第3课时 碘的提取

教学目标

- 3-1 设计实验室中碘的提取的主要原理和过程，书写相关化学反应的离子方程式。
- 3-2 归纳碘的提取的主要原理和过程，绘制流程图。
- 3-3 具有“绿色化学”思想，构建综合利用海洋资源的一般方法。认识化学原理和技术在自然资源开发利用方面的促进作用，能够正确处理资源开发与环境保护的关系。

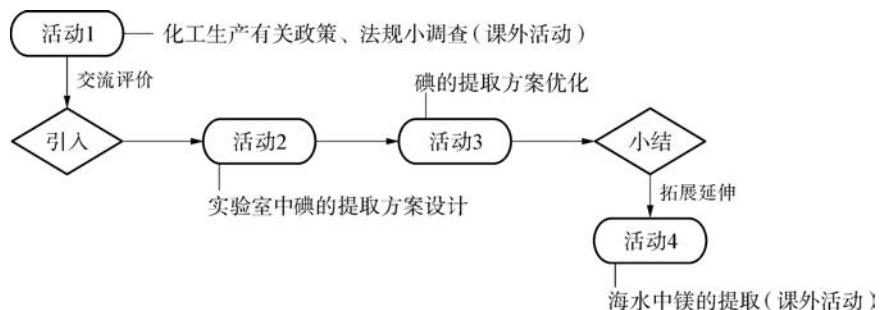
教学重点

从海洋中进行碘的提取的一般方法和主要步骤。

教学难点

归纳碘的提取的主要原理和过程。

教学流程



教学过程

活动 1：化工生产有关政策、法规小调查（课外活动）

活动要求	评价说明
①查找与化工生产有关的政策、法规。 ②选择合适案例说明、解释相关条文。 ③小组合作，每组至少完成两条说明，制作一页演示文稿进行组间交流。 ④各小组保持沟通，尽量避免雷同。	①能够从至少 2 项政策、法规中查找条文。 ②引用条文时，说明出处。 ③案例选择符合高中生的认知水平。 ④案例能较贴切地说明条文内容。 ⑤演示文稿制作简洁美观，无科学性错误，交流表达流畅。

学生活动	教师活动
部分演示文稿展示交流	<p>【评价】各位工程师从安全生产、环境保护、资源开发的角度，查找政策、法规条文并匹配案例进行说明。通过交流相信大家对化学技术与社会发展、环境保护之间的关系有了更清晰的认识。</p> <p>一方面，化学原理的应用与化学技术的创新对化工生产发展革新具有重要的价值；另一方面，大规模工业生产的最优选择不仅仅要考虑原理和技术，更是安全、环保、节能、成本等多方面综合因素的思考。</p>

活动 2：实验室中碘的提取方案设计

教师活动	学生活动
【活动任务布置】碘和溴及其化合物在性质上具有相似性，碘和溴的提取过程也有相似之处，请利用桌上的试剂和仪器，从“浓缩→氧化”两个步骤，设计碘的提取的实验方案，进行实验，并检验生成的碘单质。	<pre> graph LR A[干海带] --> B[浸泡 过滤] B --> C[滤液] C --> D[氯气 氧化] D --> E[含碘的水溶液] F((圆圈1 四氯化碳)) --> G[检验] G --> E H((圆圈2 淀粉)) --> I[检验] I --> E </pre>
从原料选择、氧化剂选择，以及碘单质检验原理三个方面进行提问。	解释方案设计时的思考。
【异常情况分析】有小组选用氯水作氧化剂，但最终无法检验出碘单质，这是为什么呢？	【查阅资料】氯水的氧化性较强，加入过量时可以将碘化钾氧化生成碘酸钾，致使无法检验出碘单质。
【优化方案】实际的碘的生产和上述流程有何异同？我们一起来探讨两个现实问题，并进行设计方案的优化。	
实验资源	100 mL 卤水、100 mL 模拟海水、10 g 干海带、氯水、10% H ₂ O ₂ 溶液、NaClO 溶液、NaNO ₂ 溶液、淀粉、CCl ₄ 、相关仪器、连接网络的电脑。

活动 3：碘的提取方案优化

教师活动	学生活动															
<p>【现实问题 1】氧化剂的选择。</p> <p>展示常用氧化剂的批发价格：</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="5">单位：元 / 吨</td> </tr> <tr> <td>品名</td> <td>液氯</td> <td>30% H₂O₂ 溶液</td> <td>10% NaClO 溶液</td> <td>NaNO₂ 固体</td> </tr> <tr> <td>价格</td> <td>650</td> <td>1 250</td> <td>500</td> <td>3 000</td> </tr> </table>	单位：元 / 吨					品名	液氯	30% H ₂ O ₂ 溶液	10% NaClO 溶液	NaNO ₂ 固体	价格	650	1 250	500	3 000	思考、讨论从成本、氧化效果、污染的角度进行分析，感受和实验室制法不同的分析思路。
单位：元 / 吨																
品名	液氯	30% H ₂ O ₂ 溶液	10% NaClO 溶液	NaNO ₂ 固体												
价格	650	1 250	500	3 000												
<p>【现实问题 2】碘单质分离方法的选择。</p> <p>碘、水、四氯化碳在常压下的几个温度：</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>碘单质</td> <td>水</td> <td>四氯化碳</td> </tr> <tr> <td>45℃开始升华</td> <td>100℃汽化</td> <td>76.8℃汽化</td> </tr> </table>	碘单质	水	四氯化碳	45℃开始升华	100℃汽化	76.8℃汽化	思考，分析采用常压蒸馏分离碘单质的可行性，认识常用实验室分离方法的局限性。									
碘单质	水	四氯化碳														
45℃开始升华	100℃汽化	76.8℃汽化														

(续表)

教师活动	学生活动
<p>【工业技术介绍】离子交换法。</p> <p>目前工业上从海带中提取碘时，选用离子交换法处理含碘离子的溶液，提高碘的提取效率。以下是离子交换法提碘的工艺流程：</p> <p>【演示实验】“氧化→交换→洗脱”步骤。 【视频演示】“碘析→分离”步骤。</p>	<p>阅读材料，了解离子交换法的基本原理： “离子交换法是利用离子交换剂与溶液中的离子发生交换，进行分离的方法。当目标离子的溶液经过离子交换树脂时，目标离子被选择性地吸附在树脂上，而溶液中的其他离子和从树脂上交换下来的离子则会被溶液带走，再用合适的洗脱液将被吸附的目标离子洗脱下来，就可以达到分离和富集的目的。”</p>
<p>【离子交换法中的化学反应分析】展示上述流程中的反应方程式（顺序打乱），你能将方程式与流程步骤关联吗？</p>	尝试匹配，进一步理解离子交换法的实验过程。
请将上述流程改画为以物质为主线的流程图。	
能在我们学过的工业流程中找出和上述碘的提取相似的富集过程吗？	溴的提取中，用亚硫酸吸收挥发出的溴蒸气，再用氯气氧化、富集。
【小结1】对照教材中碘的提取流程图。	感受化学语言的简洁之美，认识实验室模拟制备生产与大规模工业生产的区别与联系。
【小结2】受到碘资源的限制，我国大多采用海藻或海带进行碘的富集与提取，工艺流程成本高，技术含量低，亟需突破资源制约，进行提碘新技术的开发。	感悟化学技术的发展对社会发展的重要意义，增强社会责任感和使命感。

活动4：海水中镁的提取（课外活动）

活动要求	评价说明
<p>①海洋中金属元素含量排名（前三）。</p> <p>②参考教材“拓展视野”，画出海水提镁的工艺流程。</p> <p>③对上述流程你有什么问题吗？写下你的疑问。</p> <p>④查阅资料，尽量多地解答你的困惑，也可以帮助身边的朋友进行解答，记录获得答案的渠道。</p>	<p>①Na、Mg、Ca。</p> <p>②流程图要素完整、逻辑清晰。</p> <p>③能从化学原理、方法技术或联系实际生产，提出有价值的问题。</p> <p>④具备一定的文献检索和分析的能力，能从资料中找到问题的正确解答。</p>

案例提供者：风华中学 余瑾

本章教学问题讨论与教学资源链接

实验讨论

1. 粗盐的提纯

第2章第1节介绍粗盐提纯时，通过“实验探究”引入“粗盐的提纯”实验，旨在让学生掌握沉淀法除杂的基本原理和方法，复习过滤、蒸发等实验操作技能，体会实验中涉及的方法原理在生产、生活中的应用。

化学除杂时需要考虑的原则为：①除杂的同时不引入新的杂质；②尽可能不减少被提纯物的量；③除杂时引入的新杂质能在后续处理中被进一步除去；④操作简单易行；⑤试剂价廉易得。综合考虑上述几个要求，选择用 Na_2CO_3 除去 Ca^{2+} ，用 NaOH 除去 Mg^{2+} ，用 BaCl_2 除去 SO_4^{2-} 。

需要注意一点，杂质是不可能绝对除尽的，因为难溶电解质在水溶液中的沉淀与溶解平衡总是存在的，沉淀反应不可能进行到底。通常，溶液中离子浓度达到 $10^{-6}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时，即可认为该离子已沉淀完全。

用沉淀法除杂时，沉淀试剂的使用量取决于所生成沉淀的溶度积常数(K_{sp})。如果所生成沉淀的 K_{sp} 值很小，如 AgI ($K_{\text{sp}}=1.5\times 10^{-16}$)，那么除去 Ag^+ 或 I^- 时，加入相应沉淀试剂的量只要和理论计算值相等即可。对于 K_{sp} 中等大小的物质($K_{\text{sp}}\approx 10^{-10}$)，借助同离子效应，加入比理论计算值稍过量的沉淀试剂就可以达到要求；对于 K_{sp} 稍大的物质，如 CaSO_4 ($K_{\text{sp}}=2.4\times 10^{-5}$)，即使加入过量沉淀试剂也难以使沉淀完全。由于 CaCO_3 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 BaSO_4 、 BaCO_3 的 K_{sp} 分别为 8.7×10^{-9} 、 1.2×10^{-11} 、 1.1×10^{-10} 、 8.1×10^{-9} ，都属于中等大小，除杂时，需要加入稍过量的沉淀试剂。

除 SO_4^{2-} 时引入的 Ba^{2+} ，需加 CO_3^{2-} 除去，故 SO_4^{2-} 应先于 Ca^{2+} 除去。

综上所述，粗盐提纯的实验步骤为：①加入适量水溶解粗盐；②加入稍过量的 BaCl_2 溶液，除去 SO_4^{2-} ；③加入稍过量的 NaOH 溶液，除去 Mg^{2+} ；④加入稍过量的 Na_2CO_3 溶液，除去 Ca^{2+} 和 Ba^{2+} ；⑤过滤除去沉淀；⑥在滤液中滴入稀盐酸至无气泡冒出，除去 OH^- 和 CO_3^{2-} ，可以使用pH试纸检验溶液是否达到中性；⑦蒸发结晶。

2. 电解饱和食盐水

第2章第1节在介绍电解饱和食盐水时，通过“实验探究”设置了“电解饱和食盐水”实验，让学生观察实验现象，学会对产物进行分析、推测及检验的化学方法。

电解池的阴、阳极由电源电极决定，与电源正极（电流流出端、电子流入端）相连的电极是电解池的阳极，与电源负极（电流流入端、电子流出端）相连的电极是阴极。通电前，溶液中的离子状态如下： $\text{NaCl}=\text{Na}^++\text{Cl}^-$ ； $\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{H}^++\text{OH}^-$ 。

溶液中进行的涉及离子或气体参与的电极反应，需要借助一个导电固体材料把电子传出去或者送进来，通常选用石墨或者铂金作为电极材料来担任传输电子的任务。

接通电源后，石墨棒（阳极）表面有气泡冒出，注射器内收集的气体呈黄绿色，能使淀粉碘化钾溶液变蓝，该气体是氯气。阳极上， Cl^- 失去电子被氧化，生成氯气，电极反应为： $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ 。

铁棒（阴极）表面也有气体生成，收集该气体，点燃后产生淡蓝色火焰，阴极附近的溶液变红，说明有碱性物质产生使酚酞变色。阴极上， H^+ 得电子被还原生成氢气，电极反应为： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$ 。由于反应体系中有 OH^- 生成使溶液呈碱性，因此，阴极的电极反应式不适合用 H^+ 表示（与实际情况不符），应改写为： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 。因此，阴极反应式通常表示为： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 。电解食盐水的离子方程式为： $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通直流电}} \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ 。

实际上，不管是酸性溶液还是碱性溶液， H^+/H_2 的电极反应式无论用 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$ 表示还是用 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 表示，电极电势相同。

3. 物质的导电性

第2章第2节在介绍电解质的电离时，通过“实验探究”引入了“物质的导电性”实验，让学生通过比较不同物质的水溶液或熔融状态下的导电情况，完善电解质和非电解质的概念，进一步理解电解质的电离过程。

实验结果见表2-2。

表2-2 物质的导电性实验结果

物质	状态	灯泡是否发亮	物质属性
NaCl、NaOH	固体	不亮	电解质
	水溶液	亮	
KNO ₃	固体	不亮	电解质
	水溶液	亮	
	熔融状态	亮	
蔗糖	固体	不亮	非电解质
	水溶液	不亮	
HCl	水溶液	亮	电解质
酒精	无水	不亮	非电解质
	水溶液	不亮	

电解质一般是离子化合物或能发生离解的共价化合物，在电离过程中，所含的化学键遭到破坏，电离出可自由移动的离子。水溶液和熔融状态两个条件，只需满足其中一个即可，无需同时满足。需要注意的是，电解质是指本身包含离子或者在一定条件下电离出离子的化合物。例如，SO₃的水溶液能导电，是由于SO₃溶于水后生成的H₂SO₄是电解质，而SO₃本身是非电解质。

教学疑难问题解析

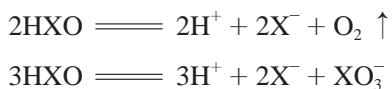
1. 次卤酸能稳定存在吗？

卤素含氧酸的历史始于1774年，当时人们发现氯水能够漂白各种颜色的植物，于1789年制得了漂白溶液，并用干燥的氢氧化钙吸收氯气制成了漂白粉。巴拉德（A. J. Balard）首先鉴定了漂白液的化

学组成，制得次氯酸溶液，并分离出无水的一氧化二氯(Cl_2O)。后来，人们将黄色氧化汞逐渐加入溴水中制得次溴酸。次碘酸极不稳定，直到1897年才被制得。

次卤酸中，只有次氟酸(HFO)可得到纯化合物，但在常温下并不稳定。次氯酸(HClO)、次溴酸(HBrO)、次碘酸(HIO)都不稳定，最简便的制备方法是根据卤素的歧化反应： $\text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{X}^- + \text{HXO}$ ，再加入氧化银或氧化汞与 X^- 作用生成难溶物除去 X^- ，使平衡向正反应方向移动，得到的次氯酸、次溴酸可采用减压蒸馏法进行纯化。

次卤酸都是弱酸，由于很不稳定，因此难以精确测定电离平衡常数。次卤酸(除次氟酸外)的分解一般按照以下两种方式进行：



次氯酸比次氯酸盐更易分解，在碱性溶液中，次氯酸盐是比较稳定的，故常以次氯酸盐的形式保存，即用氯气与消石灰制成漂白粉： $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

次卤酸及其盐的分解速率取决于溶液的浓度、pH和温度，在溶液中若加入其他盐类或进行光照，都会对分解速率产生影响。

2. F_2 、 Cl_2 、 Br_2 颜色由浅到深变化的原因

可见光的波长为400~760 nm，太阳光照射物质后，物质吸收了一部分可见光，剩下未被吸收的可见光的复合颜色，就是人眼所能看到的物质的颜色。物质吸收光时，电子被激发，如果电子的基态和激发态之间的能量差在可见光能量范围内，物质就能显色被肉眼观察到。基态和激发态之间的能量差越小，发生电子跃迁时吸收光波的波长越长，观察到的颜色就越深。卤素双原子分子的基态电子构型为： $\text{KK}(\sigma_{ns})^2(\sigma_{ns}^*)^2(\sigma_{np})^2(\pi_{np})^4(\pi_{np}^*)^4$ 。对它们电子光谱的研究表明，吸收谱带对应于以下电子跃迁： $(\sigma_{np})^2(\pi_{np})^4(\pi_{np}^*)^4 \rightarrow (\sigma_{np})^2(\pi_{np})^4(\pi_{np}^*)^3(\sigma_{np}^*)^1$ 。其中，一个电子从反键轨道 π_{np}^* 被激发到反键轨道 σ_{np}^* ，随着原子序数增大，这两个轨道的能量差变小。 F_2 基态分子轨道图如图2-2所示，氟分子从基态到激发态，能量差大，电子不易激发，氟分子吸收能量大、波长短的光，因此在可见光范围内只能吸收一部分紫色光，透射的可见光颜色很浅，是紫色光的互补色，氟气呈淡黄绿色；氯分子基态与激发态能量差相较于氟分子变小，激发电子所需要的能量较低，故氯分子的吸收光带在蓝色部分，吸收后透射过来的是蓝色光的互补色，氯气呈黄绿色；溴分子的吸收光带波长比氯分子的吸收光带波长更长，其补

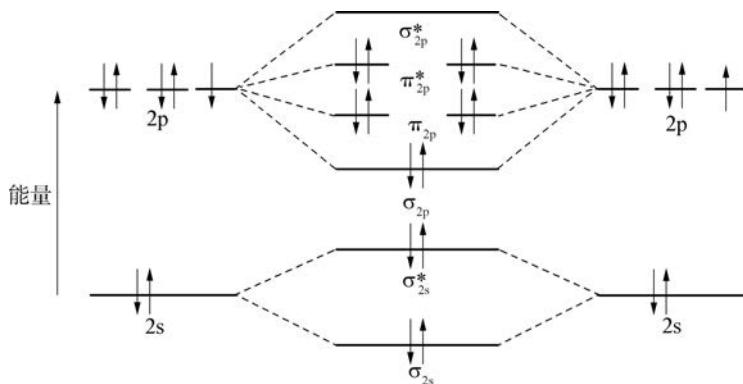


图2-2 F_2 基态分子轨道能级示意图

色光的颜色为红色，液溴呈深红色；碘分子的吸收光带移到可见光谱的中间部分，透射的光是可见光谱两侧的补色光，呈红色和紫色，即碘蒸气的颜色。

3. 卤族元素及其化合物化学性质的递变规律及例外

(1) 单质的氧化性(从 F_2 至 I_2)逐渐减弱，原子序数较小的卤素可以置换原子序数较大的卤素，如：



(2) 卤素离子的还原性(从 F^- 至 I^-)逐渐增强，还原能力： $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$ 。

(3) 卤素原子最外层电子数为7，都能形成气态氢化物，其热稳定性(从 HF 至 HI)逐渐减弱，还原性与酸性逐渐增强。

(4) 最高价氧化物对应的水化物的化学式为 HXO_4 (除 F 外)，酸性逐渐减弱。

除了上述规律，卤素及其化合物也有如下一些例外：

(1) AgX 一般难溶于水，具有感光性能，但 AgF 例外， AgF 易溶于水，不具有感光性能。 CaX_2 一般易溶于水，但 CaF_2 例外， CaF_2 难溶于水。

(2) HX 随分子量增大，熔、沸点升高，但 HF 例外， HF 的熔、沸点反常。

(3) X_2 单质与水的反应一般为 $\text{H}_2\text{O} + \text{X}_2 \rightleftharpoons \text{HX} + \text{H}\text{XO}$ ，但 F_2 例外，其反应为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 \rightleftharpoons 4\text{HF} + \text{O}_2$ 。

(4) X_2 单质与强碱反应通常为 $\text{X}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaX} + \text{Na}\text{XO} + \text{H}_2\text{O}$ 或 $3\text{X}_2 + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 5\text{X}^- + \text{XO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ ，但 F_2 例外，其反应为 $2\text{F}_2 + 2\text{NaOH}$ (稀) $\rightleftharpoons 2\text{NaF} + \text{OF}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(5) X_2 单质(F_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2)，前面的 X_2 单质能把后面的 X_2 单质从它们的无氧酸盐溶液中置换出来，但 F_2 例外， F_2 通入盐溶液中则与水发生反应。

(6) HX ($\text{X}=\text{Cl}$ 、 Br 、 I)是强酸，但 HF 是弱酸。

(7) 制取 HX 及 Cl_2 时，一般使用玻璃仪器，但制取 HF 时要用铅制仪器，因为 HF 能腐蚀玻璃，发生的反应为 $4\text{HF} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(8) 卤素的含氧酸包括了次卤酸 HXO 、亚卤酸 HXO_2 、正卤酸 HXO_3 和高卤酸 HXO_4 ，它们的化合价分别是+1、+3、+5和+7。 F 例外，因为氟原子半径小，得电子能力强，通常情况下显-1价。某些亲电性有机氟试剂，例如 N -氟- N' -(氯甲基)三乙二胺双(四氟硼酸)盐(图2-3)，在进行氟代反应时，相当于提供了 F^+ 。

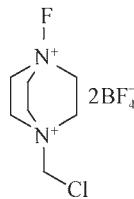


图2-3 N -氟- N' -(氯甲基)三乙二胺双(四氟硼酸)盐

教学资源

1. 卤族元素的发现过程

1774年，瑞典化学家卡尔·舍勒(C. W. Scheele)发现，把盐酸与软锰矿(主要成分是 MnO_2)混合在一起加热，生成了一种具有强烈刺激性气味的黄绿色气体。舍勒对它进行了研究，他将这种气体

溶解到水中，发现它的水溶液显酸性；该水溶液还能使花朵、纸张、叶子等的颜色褪去，这种黄绿色的气体就是氯气。从 1774 年舍勒发现氯气到 1810 年这段时间，氯气一直被当作一种化合物。直到 1810 年，盖-吕萨克、泰纳（L. J. Thénard）、戴维（H. Davy）等人的实验，才弄清楚氯气是一种单质而不是化合物。戴维将这种元素命名为“chlorine”，在希腊文中是“黄绿色”的意思。我国早年的译文曾将其译作“绿气”，后改为氯气。

1811 年，从事制硝业的法国人库特瓦（B. Courtois）发现了碘。有一次他在用硫酸处理海藻灰母液以除去硫化物时，由于用酸过多，溶液中突然产生了一种紫色的蒸气。库特瓦曾对这种新发现的物质进行了各种实验，并将样品送给了克雷蒙（N. Clément）、盖-吕萨克、安培和戴维。众人都各自对这一新元素进行了仔细的研究，提出了碘具有元素性的证据。1814 年，盖-吕萨克将这一元素定名为“iodine”，其希腊文意为“紫色”。同时，戴维也发现碘是一种与氯性质相似的新元素。虽然戴维和盖-吕萨克为谁第一个发现这一新元素而争论不休，但两人都承认是库特瓦第一个分离出了这种物质。

1825 年，德国海德堡大学学生罗威（C. B. Löwig）用氯气处理家乡的矿泉水，得到了一种红棕色的液体，当他和他的老师格美林正在对这种新物质进行认真研究的时候，1826 年的《理化会志》上发表了巴拉德（A. J. Balard）的论文，宣布发现了溴。1826 年，这种新元素被命名为“bromine”，希腊文即“恶臭”之意。

1886 年，法国化学家莫瓦桑（H. Moissan）经过无数次实验，于 -23°C 的低温下电解无水氢氟酸和氟氰化钾的混合物，分离出了氟单质，因此获得了 1906 年的诺贝尔化学奖。从氯到碘、溴、氟四种元素的发现历时 100 多年。

2. 含氯的消毒剂

含氯的消毒剂是最先被使用的一类化学消毒剂，有效氯是衡量其消毒能力的标志。1827 年英国开始使用次氯酸盐对环境进行消毒，1847 至 1849 年次氯酸盐开始应用于医务人员和病人皮肤的消毒，20 世纪初次氯酸盐应用于水的消毒处理。含氯消毒剂杀菌谱广，合成工艺简单、价格低廉，至今仍使用广泛。

次氯酸钠与表面活性剂等配制成液体，如“84”消毒液、含氯清洗消毒剂等，次氯酸钙（漂白粉、漂粉精）和辅形剂压制成泡腾片剂，常用于医疗用品、水、生活用品消毒及灾区预防性消毒。次氯酸钙和次氯酸钠消毒剂主要依靠溶于水后生成次氯酸，通过与细胞壁作用以及侵入微生物细胞内与蛋白质、核酸等发生氧化作用或破坏磷酸脱氢酶，使细菌糖代谢失调，从而杀死病原微生物。次氯酸钠水溶液不稳定，需避光密封保存，并应在有效期内使用。次氯酸钠水溶液能腐蚀金属，高浓度时对皮肤有刺激作用。新制次氯酸钠有效氯含量为 $9\% \sim 13\%$ 。漂白粉、漂粉精稳定性差，日光、热或潮湿条件下分解加速，应避光密封保存。它们对织物有腐蚀和漂白作用，不应做有色织物的消毒。漂白粉有效氯含量约为 35%，漂粉精有效氯可高达 70%。

三氯异氰尿酸和二氯异氰尿酸钠是有机含氯消毒剂，主要依靠溶于水后产生的次氯酸的氧化作用、新生氧的氧化作用以及活性氯对菌体蛋白的氯化作用杀灭微生物，常用于医疗用品、水、生活用品消毒。它们有刺激性气味，对金属有腐蚀性，对纺织品有损坏作用。二氯异氰尿酸钠，俗称优氯净，有粉剂、颗粒剂和片剂等多种剂型，有强氧化作用，有效氯含量 $55\% \sim 65\%$ 。二氯异氰尿酸钠杀菌力强，稳定，易溶于水，使用方便，应用范围广。三氯异氰尿酸为白色结晶固体，常见产品有含 20% 有效氯的颗粒和粉剂、含 50% 有效氯的泡腾片剂、含 85% 有效氯的缓释片等。三氯异氰尿酸、

二氯异腈尿酸钠为主要成分压制而成的泡腾片，以及以三氯异腈尿酸或二氯异腈尿酸钠为主要成分，加12烷基硫酸钠、三聚磷酸钠碳酸钠等制成的粉剂次氯酸钠发生器也大批投入对饮用水和污水处理应用中。

除了含氯消毒剂，二氧化氯也是一种含有氯元素的常用消毒剂。二氧化氯在常温下是一种红黄色气体，具有类似氯气的刺激性气味，主要用于纸浆和纸、纤维、小麦面粉、淀粉的漂白，油脂、蜂蜡等的精制和漂白，饮用水的消毒杀菌处理等，是国际上公认为安全、无毒的绿色消毒剂。二氧化氯分子的电子结构呈不饱和状态，最外层共有19个电子，具有强氧化性，主要表现为对富有电子（或供电子）的原子基团（如含巯基的酶和硫化物，氯化物）进行攻击，强行掠夺电子，使之失活或发生性质的改变。二氧化氯溶于水中，以单体存在，不解离，能有效氧化水中有有机化合物而不发生氯代反应。二氧化氯对微生物的作用主要通过以下途径：①对细菌细胞壁、细胞膜上构成的屏障结构造成破坏，使细胞膜通透性发生改变，细胞内外渗透压平衡被打破，细胞内容物泄漏导致菌体死亡；②造成细菌超微结构的改变，如引起细胞壁皱褶、电子密度增大及细胞质凝聚现象导致细菌死亡；③可导致细菌DNA二级结构改变和菌内质粒转化率下降；④可直接破坏病毒的核酸及衣壳蛋白，使其灭活进而丧失抗原性。

中国应用二氧化氯消毒技术始于20世纪80年代。1987年，广东省卫生监督部门批准其可以用于食品消毒、保鲜及食品设备、用具消毒。1990年，上海卫生管理部门批准其可以用于水处理、食品加工以及水产养殖、除臭等。我国卫生部也在2000年前明确提出，逐步用二氧化氯替代氯气进行饮用水的消毒^[1]。

3. 电离理论的建立

1800年，意大利物理学家伏打（A. G. A. A. Volta）发明了伏打电堆，为电化学的发展开辟了道路。同年，英国化学家尼科尔森（W. Nicholson）和卡里斯尔（A. Carlisle）用伏打银锌电堆实现了水的电解，拉开了溶液电性质研究的序幕。1806年前后，化学家戴维研究发现，金属盐类水溶液电解时正负电极附近溶液中产生了酸和碱，证明溶液中的盐在电的作用下发生了分解反应。

之后，戴维的助手法拉第（M. Faraday）致力于电流引起化学效应的研究，发现了电量与化学变化量之间的定量规律。1834年，法拉第在《关于电的实验研究》中把电解前未分解的物质叫做电解质；将电流通过它进入溶液的极为阳极；将电流通过它从溶液出来的极为阴极。他认为在溶液中，电流是由带电荷的电解产物传输的，把电解产物称为离子，带正电荷向阴极移动的离子称为正离子，带负电荷向阳极移动的离子称为负离子，这些术语至今仍在沿用。也就是说，法拉第认为电流通过电解质溶液时电解质发生分解，即先通电流后有离子，这一论断在当时获得了大多数科学家的认同。

当时，许多化学家认为，在外电力作用下正离子与负离子向两极移动的速度是相同的。从1851至1859年间，德国化学家希托夫（J. W. Hittorf）通过大量盐溶液电解实验，证明电解时两种离子移动的速度、载运的电流都不相等。1874年，德国物理学家科尔劳希（F. W. G. Kohlrausch）证明，稀的盐溶液的当量电导等于两项之和，一项和正离子有关，另一项和负离子有关。两人的发现都暗示着，不论是否有电流通过，电解质在溶液中均以离子形式存在。遗憾的是，他们两人并没有意识到，没有电流通过时，离子已经存在于溶液中。

1882年，法国化学家拉乌尔（F. M. Raoult）发表了凝固点降低的报告，发现将有机化合物溶解

在水中，溶液的凝固点降低值和有机化合物的分子量成反比： $\Delta T = K \frac{W}{M}$ 。对大部分有机化合物来说， $K=18.5$ 。1884年，拉乌尔发现，对于强酸、强碱化合而成的盐， $K \approx 37$ ，约为有机化合物水溶液的两倍。拉乌尔认为凝固点降低公式可以用在组成盐的基（即现在的离子）上，这些基在溶液中简单地混合在一起，可以说从某种程度上拉乌尔已经假定了盐有某种电离。拉乌尔也研究了溶液蒸气压下降的规律性，不久之后，人们便发现溶液的沸点升高服从于类似的规律。德国植物学家菲菲尔（W. Pfeffer）首先研究了渗透压，接着，荷兰化学家范霍夫（J. H. Van't Hoff）根据菲菲尔的研究结果，证明了溶质在溶液中产生的渗透压等于占有和溶液相同的体积的气体产生的压力。应用热力学原理，范霍夫推导出渗透压和凝固点下降或蒸气压降低之间的定量关系，但是盐类水溶液的渗透压比范霍夫的理论值要高。实际上，这些科学家的观点中已经暗含了电解质在溶液中电离的思想，但他们都没有提出明确的观点和系统的表述。

1887年，瑞典化学家阿伦尼乌斯（S. A. Arrhenius）在充分的实验验证和前人实验成果的基础上，发表了《关于溶质在水中的离解》的论文，明确提出了电离理论，奠定了现代溶液理论的基础。他认为：当盐溶于水中，就自发地大量离解成正、负离子，并非只有在电流通过时才发生离解。将等量的盐溶于不等量的水中，溶液越稀则电离度越高，分子电导 μ 也就越大，溶液无限稀释时，分子全部变成离子，溶液电导 μ_{∞} 就有最大的值。他称 μ/μ_{∞} 为“活度系数”（现在称离解度）。他指出，凡是不遵守范霍夫导出的凝固点降低公式和渗透压公式的溶液都是能够导电的溶液（酸、碱、盐溶液）。他的观点主要基于下列事实：与不导电的有机化合物相比，电解质溶液具有更高的凝固点降低值、沸点升高值及渗透压；正离子与负离子有独立的当量电导值；电解质溶液的折光指数及毛细管现象也都具有正、负离子的加和性。在此基础上，阿伦尼乌斯又提出了阿伦尼乌斯酸碱电离理论，认为酸是在水溶液中能够电离出 H^+ 的含氢化合物，碱是在水溶液中电离出 OH^- 的化合物。阿伦尼乌斯还对酸碱的强弱进行了解释：凡能100%电离的酸称为强酸，部分电离的是弱酸；100%电离出 OH^- 的物质是强碱，部分电离的是弱碱。

然而，当时科学界主流的观点认为溶液是溶质分子与溶剂分子间发生的化学结合，没有外在的电，电解质不可能自动离解。为此，阿伦尼乌斯电离学说遭到了许多科学家的怀疑和反对。范霍夫和德国物理化学家奥斯特瓦尔德（F. W. Ostwald）是阿伦尼乌斯电离理论学说的拥护者。范霍夫、奥斯特瓦尔德和阿伦尼乌斯组成了“离子主义者联盟”，共同向保守势力展开了斗争，这三人就是后来鼎鼎大名的“物理化学三剑客”。

电离学说的建立，消除了电解质溶液渗透反常的矛盾，促进了酸碱理论的发展，推动了酸碱质子理论、路易斯酸碱理论的提出。电离理论对理解溶液的性质、离子的行为、平衡等概念具有重要的意义，是继原子论、分子论和元素周期表之后，在化学发展中取得的又一重大理论成果。阿伦尼乌斯也因此荣获1903年诺贝尔化学奖。

4. 化合价、氧化数、电荷数的关系

化合价是原子之间互相化合时原子得失电子的数目，即该元素达到稳定结构时得失电子的数量。例如，钠原子和氯原子进行化合时，钠原子失去一个电子变成钠离子（+1价），氯原子获得一个电子变成氯离子（-1价），这样正、负离子都具有了类似稀有气体元素原子的稳定电子构型 ns^2np^6 。

对于生成离子化合物的氧化还原反应来说，电子得失是明确的。但是，对于共价化合物来说，电子并不是明显的得到或失去，而是成键电子对更偏向于电负性大的原子一边。例如， $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

的反应中，氢原子没有完全给出电子变成 H^+ ，氧原子也没有完全得到电子变成 O^{2-} ，而是氢原子、氧原子共用了这对电子，以共用电子对的形式形成了 2 个 H—O 共价键。但是，这两个电子也不完全在氧原子和氢原子中间，而是靠近电负性比较大的氧原子一边。于是，就人为地把这对电子归属于氧原子，形式上相当于氢原子失去了一个电子，氧原子得到了 2 个电子。所以，在水分子中，氧原子就有一个 -2 价态的形式电荷（因为是有 2 个共价键），而氢原子的形式电荷为 $+1$ 。人们把反映电子偏移情况的“形式电荷数”称为氧化数。单质中元素的氧化数为零。二元离子化合物中，元素的氧化数和离子的电荷数一致。化合物中同种元素原子成共价键的情况可能不完全相同、每个原子的“形式电荷数”不同，但元素氧化数表示的是它们的平均“形式电荷数”，因此，氧化数可以有小数或分数。中学阶段用元素化合价的升降来表示电子转移的情况，这里的化合价实际上就是指氧化数，但化合价必须是整数。

在表示离子电荷数时，正、负号放在数字之后，如 Mn^{2+} 、 K^+ 等。而此时 Mn 的氧化数则表示为 $+2$ 、K 的氧化数则表示为 $+1$ 。在无机化学研究中，也用 Mn(II) 表示其氧化数（也叫氧化态）为 $+2$ 、用 K(I) 表示其氧化数为 $+1$ 。电荷数反映了离子的带电情况，而氧化数则反映电子的偏移情况，仅仅是“形式电荷”。

5. 碘在不同溶液中的颜色为什么不同？

碘溶液的颜色随溶剂不同而变化，例如在四氯化碳和脂肪族碳氢化合物中呈紫色，而在乙醇、乙醚和苯中则呈棕色。1930 年，夏特莱（M. Chatelet）首先提出了分子配位化合物的概念，对这种现象有了本质的认识。随后，希尔登布兰德（J. H. Hildebrand）通过对碘在苯及其他芳香族溶剂的溶液的可见和紫外光谱的研究，发现近 300 nm 处有一个灵敏的紫外吸收峰，它既不归属于溶剂，也不属于碘，是碘与苯生成的 $1:1$ 配合物。在此类配合物中，卤素分子具有 σ 反键空轨道，表现为电子接受体，苯等溶剂分子作为电子给予体，这类配合物称为电荷转移配合物，这种给予体-接受体的相互作用称为电荷转移作用。

溶剂一般可以分成两类，一类是强电子给予体，如苯、乙醚、乙醇。苯有 π 电子，是 π 给予体，乙醚、乙醇有孤电子对，是 σ 给予体；另一类是弱电子给予体，如四氯化碳、环己烷等。四氯化碳给出孤电子对的能力很弱，环己烷则没有孤电子对可以给出。碘溶解在强电子给予体中，碘与溶剂分子形成分子加合物，碘提供的空轨道和溶剂提供的孤对电子形成配位键，因此碘在强电子给予体溶剂中的颜色，既不是碘分子的颜色，也不是溶剂分子的颜色，而是电荷转移配合物的颜色。弱电子给予体与碘无法形成电荷转移配合物，所以碘在四氯化碳、环己烷这类溶剂中仍呈现出碘分子的紫色^[2]。

淀粉遇碘有着灵敏的显色反应，因此，碘与淀粉可以互相作为检验对方存在的试剂。而且碘在不同淀粉溶液中会呈现出不同的颜色，这是为什么？

淀粉是一种混合物，含有两种不同类型的淀粉分子：一种是直链淀粉，另一种是支链淀粉（图 2-4）。

直链淀粉是由大量 D- 葡萄糖通过 $\alpha-1,4$ - 糖苷键形成的无分支的链状结构，但它的构象并不是一条伸开的链。由于每个葡萄糖单元之间都有一定的角度，因此淀粉链是螺旋状的，平均每六个葡萄糖单位形成一圈螺旋，整个直链淀粉分子的螺旋圈数是很多的。直链淀粉遇碘时，碘分子能进入淀粉分子的螺旋内部，通过分子间力形成了淀粉-碘的复合物，改变了碘分子原来的电子能级，使得淀粉-碘的复合物能吸收除了蓝色以外的其他可见光，因此碘的直链淀粉溶液呈蓝色。

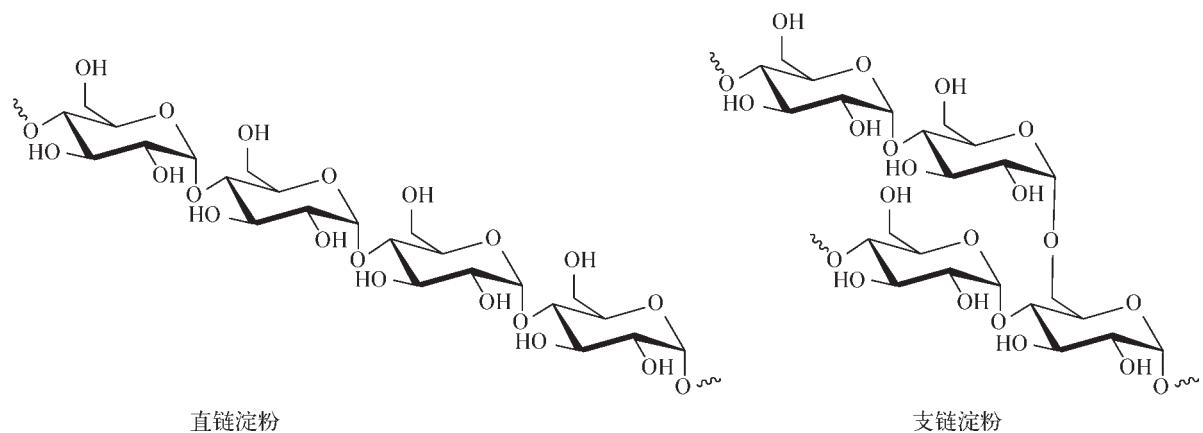


图 2-4 淀粉的结构示意图

支链淀粉结构中有分支存在，其分支点是通过 α -1,6-糖苷键而形成的。虽然支链淀粉分子中也有螺旋状结构，但由于支链淀粉每个分支的平均长度较短，螺旋状结构少，结合碘分子后溶液一般呈紫红色。普通淀粉含直链淀粉较多，故遇碘呈现蓝色。淀粉与碘的混合物受热时，淀粉螺旋结构被破坏，淀粉-碘复合物解体，蓝色消失。当溶液冷却后，淀粉和碘又重新形成螺旋状复合物，颜色恢复。

参考文献

- [1] 陈昭斌. 消毒剂 [M]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [2] 钟兴厚, 萧文锦, 袁启华, 等. 无机化学丛书: 第 6 卷 卤素 铜分族 锌分族 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.

本章习题分析与答案

2.1 海水中的氯

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	氯气的物理性质	C
2	氯气的化学性质	C。氯气与水反应生成盐酸和次氯酸，腐蚀钢瓶
3	氯气、次氯酸的性质	A。氯气与水反应生成的氯化氢使试液变红，生成的次氯酸使红色溶液褪色，过量的氯气溶于溶液，溶液呈浅黄绿色
4	氯气的化学性质	(1) $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$ (2) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ (3) $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{NaCl}$ (4) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ (5) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ (6) $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

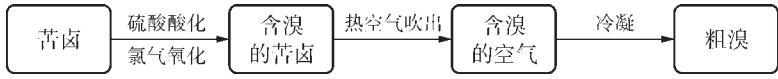
2.2 氧化还原反应和离子反应

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)																	
1	还原反应	B																	
2	强电解质	C																	
3	离子方程式	B																	
4	离子方程式	(1) $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (2) $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ (3) $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (4) $\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (5) $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{FeCl}_2$																	
5	氧化剂		<table border="1"><thead><tr><th>物质</th><th>用途</th><th>化学方程式</th></tr></thead><tbody><tr><td>O_2</td><td>助燃剂</td><td>$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$</td></tr><tr><td>$\text{Cl}_2$</td><td>制盐酸</td><td>$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$</td></tr><tr><td>$\text{H}_2\text{O}_2$</td><td>制氧气</td><td>$2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$</td></tr><tr><td>$\text{Ca}(\text{ClO})_2$</td><td>消毒剂</td><td>$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$</td></tr></tbody></table>	物质	用途	化学方程式	O_2	助燃剂	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$	Cl_2	制盐酸	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$	H_2O_2	制氧气	$2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	消毒剂	$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$	
物质	用途	化学方程式																	
O_2	助燃剂	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$																	
Cl_2	制盐酸	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$																	
H_2O_2	制氧气	$2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$																	
$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	消毒剂	$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$																	

2.3 溴和碘的提取

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	碘的性质	B
2	氯、溴、碘单质的活泼性, 溴和碘的性质	A。足量的氯气与碘化钠、溴化钠反应, 生成氯化钠和易挥发的溴单质以及易升华的碘单质, 溶液经蒸干灼烧后, 残留的物质只有氯化钠
3	碘的性质	方法一: 取少量黄色溶液, 滴加淀粉溶液, 若溶液变蓝, 说明原来黄色溶液是碘水。 方法二: 取少量黄色溶液, 加入 1 滴管四氯化碳, 振荡后静置, 溶液分层后, 若下层呈紫色, 说明原来黄色溶液是碘水
4	卤素离子的检验	方法一: 分别取未知液于 3 支试管中并编号, 各滴加少量硝酸银溶液和少量稀硝酸。若出现白色沉淀, 则该试管中的溶液是氯化钠; 若出现浅黄色沉淀, 则该试管中的溶液是溴化钠; 若出现黄色沉淀, 则该试管中的溶液是碘化钠。 方法二: 分别取未知液于 3 支试管中并编号, 各滴加少量氯水和四氯化碳, 振荡静置。分层后, 若下层溶液呈红棕色, 则该试管中的溶液是溴化钠; 分层后, 若下层溶液呈紫色, 则该试管中的溶液是碘化钠

本章复习

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	氯气的性质	A
2	氯气及碘单质的性质	D。干燥的氯气没有漂白性
3	氯离子的性质	C
4	还原剂	B。根据题干信息, 该缓冲剂的作用是去除溶解在水基漆中的氧气, 故作用是还原剂
5	离子方程式	D
6	氧化剂与还原剂	(1) ①③④ ②⑤⑥ (2) 氧化剂 还原剂 (3) NH ₃ 根据反应前后原子守恒就可推出
7	海水的综合利用	(1) 蒸发 通电 (2) NaClO 白醋中的醋酸与 NaClO 反应生成具有杀菌消毒作用的 HClO, 提高了消毒效果 (3)  ① 避免单质溴在碱性条件下发生自身氧化还原反应: Br ₂ + 2OH ⁻ = Br ⁻ + BrO ⁻ + H ₂ O ② 溴单质的沸点较低, 易挥发, 用热空气即可使其从溶液中挥发出来
*8	氧化还原反应	因为反应生成了碘单质, 其溶于水溶液中, 所以溶液呈浅棕色。离子方程式: H ₂ O ₂ + 2I ⁻ + 2H ⁺ = I ₂ + 2H ₂ O

*9. 译文如下：

一些大气层中自然发生的、化学发光氧化还原反应都是由闪电引起的。当大气层排出电子形成闪电时， O_2 和 N_2 气体分子中的电子就会被激活到更高的能量水平。电流中的能量破坏了 O_2 和 N_2 分子的结构，把它们变成原子核。当这些原子重组成为其他分子，并且电子回到了较低的能量水平时，光能就会通过化学发光反应释放。

其他化学发光反应还有鲁米诺试验。鲁米诺是一种在被氧化时会发出蓝绿色冷光的有机化合物。它是一种白色或淡黄色的晶状固体，可溶于水。鲁米诺反应被广泛应用于刑事案件中的痕迹检验。调查人员会将鲁米诺洒在他们怀疑有血迹的地方。如果确实有血迹，血红蛋白中的亚铁离子会氧化鲁米诺，形成的化学发光化合物就会在黑暗中显现出来。铁元素由于鲁米诺而减少，而鲁米诺被氧化了。

(1) 鲁米诺又称发光氨。你知道鲁米诺与亚铁离子接触时为什么会发出蓝绿光吗？

(2) 你了解化学发光的原理吗？在你所学的化学反应中，哪些反应伴随着光能的释放？

第3章 硫、氮及其循环

本章概述

► 本章地位和内容结构

一、本章地位

本章是学生系统学习非金属元素及其化合物的重要章节，主要是在氧化还原反应、离子反应等理论知识的基础上，通过对硫、氮及其化合物的学习，进一步认识元素及其化合物研究的基本思路和方法。本章内容强调从物质类别和元素价态角度认识物质之间的转化路径，并通过实验探究深入了解物质之间的转化规律。

本章旨在帮助学生形成认识物质性质的角度，认识元素及其化合物的内在联系及其转化的重要价值，形成物质转化观。本章是在前面卤素及其化合物的基础上对非金属元素板块的进一步拓展，关注学生能利用刚学习的氧化还原反应、离子反应等理论知识，从物质类别和元素价态的二维角度去认识物质之间的相互转化，为学生后续进一步认识元素周期律等化学理论，建立“结构决定性质”的化学观念奠定重要的基础。

二、《课程标准》要求

本章内容与《课程标准》“课程内容”中“必修课程”的“主题2：常见的无机物及其应用”直接对应，具体对该主题的“元素与物质”“非金属及其化合物”“物质性质及物质转化的价值”“学生必做实验”四个部分的内容。本章的具体内容要求和学业要求见表3-1。

表3-1 第3章内容要求和学业要求

内容要求		学业要求
元素与物质	认识元素可以组成不同种类的物质，根据物质的组成和性质可以对物质进行分类；同类物质具有相似的性质，一定条件下各类物质可以相互转化；认识元素在物质中可以具有不同价态，可通过氧化还原反应实现含有不同价态同种元素的物质的相互转化。	1. 能依据物质类别和元素价态列举某种元素的典型代表物。能利用电离、离子反应、氧化还原反应等概念对常见的反应进行分类和分析说明。 2. 能从物质类别和元素价态变化的角度，说明物质的转化路径。

内容要求		学业要求
非金属及其化合物	结合真实情境中的应用实例或通过实验探究，了解氮、硫及其重要化合物的主要性质，认识这些物质在生产中的应用和对生态环境的影响。	1. 能列举、描述、辨识典型物质重要的物理和化学性质及实验现象。能用化学方程式、离子方程式正确表示典型物质的主要化学性质。 2. 能从物质类别、元素价态等角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。 3. 能利用典型代表物的性质和反应，设计常见物质制备、分离、提纯、检验等简单任务的方案。
物质性质及物质转化的价值	结合实例认识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促进社会文明进步、自然资源综合利用和环境保护中的重要价值。	1. 能根据物质的性质分析实验室、生产、生活及环境中的某些常见问题，说明妥善保存、合理使用化学品的常见方法。 2. 能说明常见元素及其化合物的应用（如合成氨）对社会发展的价值、对环境的影响。能有意识运用所学的知识或寻求相关证据参与社会性议题的讨论（如酸雨和雾霾防治、水体保护、食品安全等）。
学生必做实验	不同价态含硫物质的转化。	能从物质类别、元素价态等角度，依据氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。

本章学习主要为促进学生“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”“科学探究与创新意识”和“科学态度与社会责任”等方面化学学科核心素养的发展。本章的学科核心素养要求如下：

- 能根据硫、氮及其化合物的性质、检验等实验现象，归纳这些物质及其反应的类型。能运用化学符号描述硫、氮及其化合物，以及它们的变化。能联系硫、氮及其化合物的组成和结构、主要性质等解释宏观现象。
- 能从硫、氮及其化合物的组成、构成微粒、主要性质等方面解释化学变化的本质特征。能运用化学符号表征硫、氮及其化合物的转化，能说明化学变化的本质特征和变化规律。能对具体物质的性质和化学变化作出解释和预测。
- 能根据教材中给出的硫、氮及其化合物的问题，设计简单的实验方案，完成实验操作，观察物质及其变化的现象，客观地进行记录，对实验现象作出解释，发现和提出需要进一步研究的问题。
- 能举例说明硫、氮及其化合物的应用对社会发展的价值，以及化学对人类文明的伟大贡献。主动关心与环境保护、资源开发等有关的社会热点问题（如酸雨防治），形成“绿色化学”观念。能运用化学知识分析和探讨硫、氮循环对人类健康、社会可持续发展可能带来的双重影响。

三、教材内容结构

本章内容包括硫、氮及其重要的化合物，硫循环、氮循环等知识。教材编写的内容结构如图 3-1 所示。本章的内容编写结构主要呈现“总一分一总”的基本思路。

学生已有氯及其化合物的元素化合物知识，也学习了氧化还原反应、离子反应等核心概念。通过真实的问题情境，展现硫、氮及其化合物与生产、生活和环境的密切联系，引导学生进一步认识研究元素及其化合物的方法和思路。本章按照单质、氧化物（氢化物）、酸、盐等的顺序，引导学生学习硫、氮及其化合物，在此基础上，结合自然界中硫循环、氮循环的真实情境，强化学生对物质之间相互转化规律的认识，帮助学生形成与环境和谐共处、人与自然和谐共生的理念。

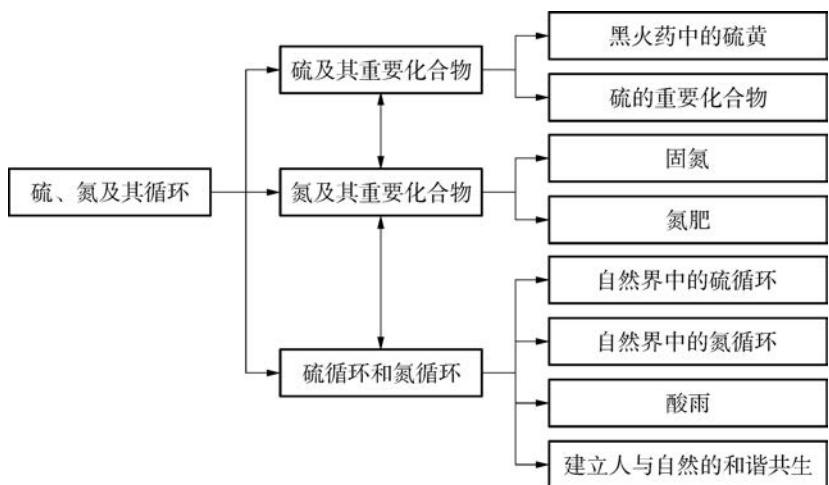


图 3-1 第 3 章内容结构

本章在内容上，选取与生产、生活实际联系紧密的素材情境，如黑火药中的硫黄、固氮、氮肥，以及硫循环、氮循环等，帮助学生认识物质间的转化。本章重视实验探究，强调从物质类别、元素价态的角度，依据复分解反应和氧化还原反应的原理，预测物质的化学性质及变化，并通过实验进行验证和探究，深化学生对元素化合物的理解，增强学生的实验能力。

▶ 本章教学与课时建议

一、教学建议

本章教学建立在第1、2章的基础上，第1章为元素及其化合物知识的学习搭建方法平台，第2章初步介绍了研究元素及其化合物性质的方法。本章可通过“组成、类别”“结构、化合价、氧化还原反应、物质的转化”及“联系生产、生活实际”三条主线展开教学。

例如，在“二氧化硫”的教学中，引导学生：从组成上判断二氧化硫是酸性氧化物，具有酸性氧化物的性质；从化合价角度分析二氧化硫中的硫是+4价，既有氧化性又有还原性，以还原性为主；从联系生产、生活实际视角分析二氧化硫是生产硫酸的原料，又是造成酸雨、污染环境的主要污染源。

本章教学可运用“自然到物质、物质到社会”的思路，在自然界和生产、生活的大背景中进行“硫、氮及其循环”的教学。通过创设教学情境，让知识置于真实的情境中——从生活到化学、从化学到社会，从自然界到实验室、从实验室到生产与生活中的实际应用，引导学生在人与自然和谐发展的理念下学习硫、氮及其循环知识。

例如，在“氮单质”的教学中，以“雷雨发庄稼”的情境激发学生的探究兴趣，然后通过资料视频、问题设计、交流讨论、实验探究等活动，引导学生在探究“雷雨发庄稼”的过程中，自主归纳氮单质及氮氧化物的性质。

本章教学以探究为核心进行多样化活动。初中阶段学生经历了科学探究的一般过程，在本章的教学中可重点加强科学探究的核心要素：提出化学探究问题，明确探究目的，依据实验目的作出预测与假设、设计解决问题的实验方案；实施实验方案，获取证据，分析与推理，得出结论；表达与展示。在教学中，让学生进行观察思考、合作交流、自主探究、信息搜集与加工等多种学习活动，引导学生用“变化的观

念”“氧化还原的观点”观察和理解本章中涉及的化学变化，探寻硫的转化、氮的循环中物质相互转化的内在规律。

本章教学要抓住知识的核心内容进行整合教学。教学中，引导学生通过“化合价-类别”（以下简称“价-类”）关系，从化学视角解决社会、环境问题等学习，构建硫的转化、氮的循环的知识结构，从物质的分类观、转化观等视角，建立研究物质性质的思想方法。

例如，在“硫的转化”的教学中，教师可以通过以下问题：

- (1) 请写出常见含硫元素的物质、物质分类与依据。
- (2) 请写出常见含硫元素的物质之间转化的化学方程式、指出反应类型与依据。
- (3) 硫及含硫化合物之间的转化在生产、生活中有哪些重要应用？请举例说明。

让学生对以上问题进行思考、交流，并引导学生总结硫及其化合物的“价-类”关系，硫及其化合物之间的转化在生产、生活中的重要应用。

二、课时建议

3.1 硫及其重要化合物	2 课时
3.2 氮及其重要化合物	2 课时
3.3 硫循环和氮循环	1 课时
学生必做实验 二氧化硫的性质、二氧化硫的还原性、浓硫酸与铜的反应	1 课时

3.1 硫及其重要化合物

▶ 教学目标

- 通过对硫黄、二氧化硫、浓硫酸、一些硫酸盐的常见物理、化学性质的实验探究与分析，掌握研究物质性质的实验方法，体会证据推理、宏观辨识与微观探析在化学学科中的重要性。
- 能用化学方程式表达含硫物质之间的转化过程，通过不同含硫物质中硫元素价态高低的比较分析，认识含硫物质的氧化性和还原性，进一步巩固研究物质化学性质的方法和思路，初步感悟物质变化的规律，感受化学世界的奇妙。
- 了解实验室中安全使用二氧化硫、浓硫酸等含硫物质的注意事项；通过对二氧化硫、硫酸等含硫物质用途的学习，体会化学对人类社会的重要贡献。

▶ 教材解析

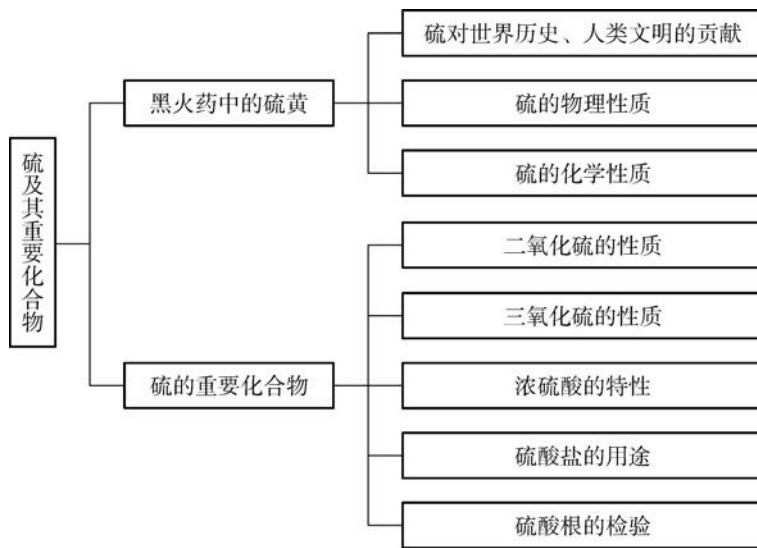
一、教材设计思路

本节教材的内容有两条并行的线索，其中一条是硫及其化合物之间相互转化过程的明线，另一条是硫及其化合物的用途、对人类社会重要贡献的暗线。

利用第2章第2节中已经学过的氧化还原反应和离子反应等理论知识，不仅将明线中各类含硫物质相互之间的转化串联起来，同时还将硫及其化合物的性质与第2章的卤族元素进行了比较。此外，充分利用“实验探究”“想一想”“书写表达”等栏目需要学生进一步仔细观察、深入思考讨论的环节，使学生认识一些物质性质的变化规律，体验研究物质性质的思想方法和实验探究中的宏观辨识与微观探析环节。

暗线则是将学生对自然界的客观认识、对社会生活实际的了解，作为明线内容的展开或者进一步补充的实际场景的铺垫。从标题“黑火药中的硫黄”到后续的正文、“拓展视野”，以及最后的“练习巩固”，都分别介绍了一些硫及其化合物的重要用途。通过这些暗线中的内容，使学生认识到化学对推动社会发展的重要作用，以及为满足人们日益增长的美好生活需求所做的重要贡献。

二、本节内容结构



三、教材分析

3.1

硫及其重要化合物

硫是重要的非金属元素，也是人类较早认识的化学元素之一。自然界中的硫元素主要以单质硫、硫化物和硫酸盐等形式存在。人们对硫元素的利用，其本质就是通过各种化学反应，实现含硫元素的物质之间的转化。这种转化既可在含不同价态硫元素的物质之间进行，也可在含相同价态硫元素的物质之间实现。

黑火药中的硫黄

据记载，我国古代炼丹家在长期炼丹的过程中，发现硝石、硫和木炭混合后加热会燃烧甚至发生爆炸，由此得到了黑火药。黑火药后来传入欧洲，影响了世界历史发展的进程。

纯净的硫是一种黄色或淡黄色的固体，俗称硫黄。硫很脆，容易研磨成粉末，不溶于水，微溶于酒精，易溶于二硫化碳。

硫的化学性质比较活泼，与氧气相似，容易与金属、其他非金属发生反应。

学习聚焦

- ✓ 了解硫的化学性质
- ✓ 理解二氧化硫的化学性质
- ✓ 理解浓硫酸的特性

知识回放

- 硫与氧气反应
- 酸性氧化物
- 酸的通性
- 氧化还原反应

资料库

硫

密度： $1.92 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

熔点： 106.8°C

沸点： 444.7°C

实验探究



硫与铁的反应

将 4 g 铁粉与 2.5 g 硫粉在研钵中充分混合，然后装入干燥的石英试管中。在试管口塞上带长导管的橡皮塞，并在导管末端放入一小团蘸有氢氧化钠溶液的棉花。加热试管，待混合物开始出现红热现象后，立即移开热源，观察现象。



图 3.1 硫与铁的反应

现象记录：_____。

实验结论：_____。

引导学生从元素价态的变化和物质类别的分析入手，研究含硫物质的相互转化。

“实验探究”：利用“资料库”中硫单质的熔点启发学生，解释装置中试管口向上的原因。

75

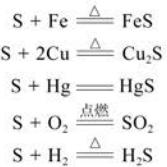


贴士

通过实物、实验，引导学生归纳研究物质性质的基本程序：观察物质的外观性状→预测物质性质→实验和观察→分析与解释→归纳与结论。

引导学生比较硫、氯气分别与铁、铜、氢气反应的条件，生成物中铁、铜元素的化合价，分析硫、氯气氧化性强弱。

硫在一定条件下与金属反应生成硫化物，如硫与铁粉混合加热生成硫化亚铁，铜在硫蒸气中燃烧生成硫化亚铜，常温下硫与汞反应生成硫化汞。硫在空气中燃烧会生成二氧化硫，与氢气加热生成硫化氢。



2

通过之前的学习，我们知道氯气也能与铁、铜等金属反应，从反应条件、生成物中金属元素的价态等角度，比较硫和氯气的化学性质。

二氧化硫是一种酸性氧化物，引导学生从分类和价态变化的视角，预测二氧化硫的化学性质；联系酸、碱、盐、氧化物间的相互转化关系和氧化还原反应的有关知识，设计实验进行验证。

硫的重要化合物

硫元素有-2、+4、+6等几种常见的价态，有些硫的化合物有着十分重要的应用。

1. 硫的氧化物

二氧化硫(SO_2)和三氧化硫(SO_3)是硫的常见氧化物。

实验探究



二氧化硫的性质



- 将集满二氧化硫气体的试管倒立于水槽中，在水下打开试管口的橡皮塞，观察现象。在水下塞上橡皮塞，将试管移出水面，从试管中取出少量液体，并滴加紫色石蕊试液。

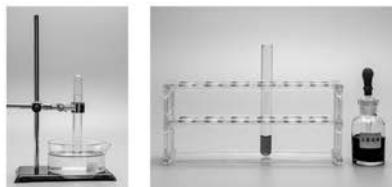


图 3.2 二氧化硫溶于水实验



通过实验、分析文献资料，比较单质硫与氯气的化学性质，归纳得出硫的化学性质比较活泼，能与许多金属单质及非金属单质发生化学反应，氧化性比氯气弱等结论。

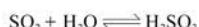
2. 封管中封闭了少许溶有二氧化硫的品红试液，将封管加热至试液变红后，停止加热（封管实验加热时间不宜过长），上下颠倒几下封管，冷却后观察试液颜色变化。



图 3.3 溶有二氧化硫的品红试液加热后再冷却

编号	现象记录	二氧化硫的性质
1		
2		

二氧化硫是无色、有刺激性气味的有毒气体，密度比空气大，易溶于水，通常情况下，1体积的水可溶解40体积的二氧化硫。溶于水的二氧化硫与水反应生成亚硫酸。亚硫酸是一种不稳定的弱酸，易分解成二氧化硫和水。这个可逆反应可表示为：



我们还发现，二氧化硫有漂白作用，能漂白品红等某些有色物质。这是由于它能与这些有色物质反应生成不稳定的无色物质，这种无色物质受热后容易分解，从而使有色物质恢复至原来的颜色。



二氧化硫的漂白作用和氯水相比有何不同？为什么？

在讨论二氧化硫的漂白性时，可补充氯气与品红的实验作为对照，从反应原理上进行比较，注意它们的区别。

77



贴士

1. 教学中可以采取灵活多样的方式，如采用收集资料、实验观察、阅读、讨论的方式进行。
2. 要强调 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ 是可逆反应，为学习化学平衡打下知识基础。
3. 二氧化硫并不能漂白所有的有色物质，它只能漂白某些有色物质，要避免学生形成片面认识，例如，可以用二氧化硫通入紫色石蕊试液中的现象来说明。
4. 可补充二氧化硫通入滴有酚酞的氢氧化钠溶液使溶液红色褪去的实验，引导学生分析原因。



二氧化硫的用途

二氧化硫具有杀菌防腐和漂白作用，故可用作食品加工的防腐剂和漂白剂。当然使用时必须严格遵守国家相关规定和使用标准，否则会影响健康。例如，我国规定二氧化硫可用于葡萄酒和果酒的生产，最大使用量为 $0.25\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ （甜型葡萄酒及果酒系列产品最大使用量为 $0.4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，最大使用量以二氧化硫残留量计）。

工业上常用二氧化硫来漂白纸浆、毛、丝、草编制品等，但时间久了，纸张、草帽又会发黄，这就是因为二氧化硫漂白后的生成物不稳定，加热或经过一段时间后又会恢复原色。

可采用视频方式，简要介绍二氧化硫与硫化氢气体混合的实验，引导学生关注集气瓶壁上出现的淡黄色固体与水的痕迹。

“实验探究”：可让学生思考“先滴加氯化钡溶液再滴加过氧化氢溶液”与“先滴加过氧化氢溶液再滴加氯化钡溶液”的不同，引导学生观察实验现象并进行合理解释。



二氧化硫的还原性



取一支试管，向其中加入 5 mL 二氧化硫水溶液，滴加氯化钡溶液和 $0.5\text{ mL}\ 3\%$ 的过氧化氢溶液。振荡，静置片刻后，滴加稀盐酸，观察实验现象。

现象记录： 。

实验结论： 。

在一定温度并有催化剂存在的条件下，二氧化硫可以被氧气氧化成三氧化硫。



三氧化硫也是一种酸性氧化物，它易与水反应生成硫酸。



2. 硫酸

硫酸是一种用途很广的无机强酸。纯硫酸是一种难挥



1. 指导学生画出以S、 SO_2 化学性质展开的不同含硫物质的化合价、物质类别关系图，从“价—类”二维角度认识物质化学性质。
2. 可联系铁与硫的化合实验，引导学生分析导管中蘸有氢氧化钠溶液棉花的用途，并尝试改进装置验证其中有二氧化硫产生。

发的无色油状液体，可与水以任意比例混合，并释放出大量热。市售硫酸的质量分数有 92.5% 和 98% 两种。

浓硫酸有强烈的吸水性，常被用来干燥不与它起反应的气体。由于浓硫酸也会吸收空气中的水分，使酸的浓度下降，因此使用浓硫酸后需将瓶盖拧紧。

浓硫酸具有脱水性，能把棉花、纸屑、蔗糖等有机化合物中的氢、氧元素按水的组成脱去，使其发生炭化。

实验室往往利用浓硫酸的脱水性制备某些气体，如乙醇脱水制乙烯、甲酸脱水制一氧化碳等。

实验探究



浓硫酸使蔗糖脱水



取 15 g 蔗糖放入 100 mL 烧杯中，加入 1 mL 水后，再加入约 15 mL 浓硫酸并迅速用玻璃棒搅拌后静置。观察并记录实验现象。

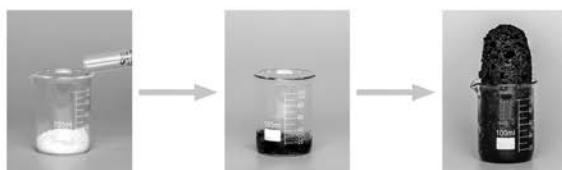


图 3.4 浓硫酸与蔗糖的反应

现象记录：_____。

实验结论：_____。

我们知道稀硫酸不能与铜、木炭等发生反应，那么浓硫酸遇到这些物质会发生什么变化呢？

实验探究



浓硫酸与铜的反应



按图 3.5 搭好装置，关闭双连球上的活塞，在从左至右的第 1 支试管中加入约 2~3 mL 浓硫酸，第 2 支试管中加入 3 mL 0.1% 品红试液，第 3 支试管中加入约 3 mL 高锰酸钾的酸性稀溶液，烧杯中加入约 50 mL 氢氧化钠稀溶液。将插在橡皮塞上的粗铜丝缓慢旋入浓硫酸中，加热试管。反应后，将铜丝慢慢旋出液体，打开双连球上的活塞，用双连球将装置内残留的气体吹入氢氧化钠溶液，随后打开橡皮塞，用长滴管吸取第 1 支试管中的悬浊液，小心注入另一支盛有少量水的试管中，观察溶液颜色。



- 通过文献、图片、视频等让学生认识硫酸的广泛用途，体会化学物质对人类社会发展的巨大促进作用，同时关注不合理地利用化学物质对生产、生活和环境造成危害。
- 可在浓硫酸使蔗糖脱水的实验中，使用湿润的蓝色石蕊试纸检验反应产生的气体，引导学生用合适的反应原理进行分析，为后续学习碳与浓硫酸的反应做好铺垫。

“实验探究”：铜与浓硫酸在常温下是能够反应的，但是反应很慢，观察不到明显的现象，加热则可使反应加快，现象更明显。

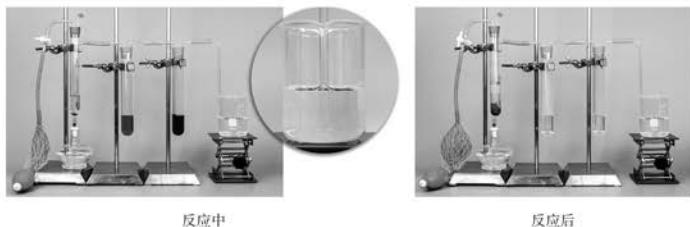


图 3.5 浓硫酸与铜的反应

现象记录：_____。

实验结论：_____。

书写表达

写出浓硫酸与铜反应的化学方程式，并指出反应中的氧化剂和还原剂。

浓硫酸具有强氧化性，它可以将金属铜氧化成+2价的铜离子，而浓硫酸中的硫元素被还原为+4价，生成二氧化硫。

与铜一样，在加热条件下，多数金属（除铂、金外）可以与浓硫酸反应，生成相应的硫酸盐、二氧化硫和水。常温下，浓硫酸还可以“钝化”铁、铝等金属，在这些金属的表面形成一层致密氧化物，从而阻止金属内部继续与浓硫酸反应。利用“钝化”现象，冷的浓硫酸可用铁或铝制的容器进行贮存。

在加热条件下，浓硫酸还可以氧化一些非金属。例如，将烧红的木炭加入热的浓硫酸中，会发生剧烈反应。



3. 硫酸盐

三氧化硫、硫酸与碱性氧化物、碱反应都可以生成硫酸盐。硫酸盐的种类很多，重晶石、石膏、明矾和胆矾等都是常见的硫酸盐。



- 对于浓硫酸与木炭反应，可引导学生设计实验证明产物。结合浓硫酸与铜反应的实验探究，引导学生构建基于实验的科学探究的模型。
- 在“金属钝化”的教学中，可以介绍金属钝化在工业生产与生活中的一些应用，如工业上为防止钢铁制品生锈，常采用发蓝（或发黑）处理，引导学生延伸到课外进行项目化学习研究。
- 可设置一些问题或情境，帮助学生认识硫酸与金属反应时，酸浓度对反应的影响。例如：铜与浓硫酸共热反应时，若金属铜有剩余，则硫酸都消耗完了吗？如何通过实验证？

表 3.1 常见硫酸盐的用途

名称	化学式	用途
重晶石	BaSO ₄	白色颜料、胃肠镜的内服药剂等
石膏	CaSO ₄ ·2H ₂ O	医学、工业、建筑等使用的材料
胆矾	CuSO ₄ ·5H ₂ O	媒染剂、杀虫剂、消毒剂、饲料添加剂和镀铜电解液等
明矾	KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	净水剂、灭火剂、膨化剂、药物等

硫酸和硫酸盐溶于水时均会产生硫酸根离子，怎样检验硫酸根离子呢？

在硫酸、硫酸钠溶液等中加入氯化钡，则生成白色的硫酸钡沉淀，即可检验溶液中的硫酸根离子。



检验硫酸根离子时，应如何防止其他离子的干扰？

在碳酸钠溶液中加入氯化钡，同样可观察到白色的碳酸钡沉淀。但是，与硫酸钡不同的是，碳酸钡溶于盐酸或稀硝酸，并放出二氧化碳气体。因此，常先用盐酸把待测液酸化，以排除碳酸根等离子可能造成的干扰，再加入氯化钡溶液，如果有白色沉淀出现，则说明待测液中含有硫酸根离子。



学习指南

例题导引

- 问题：某化学兴趣小组成员在讨论鉴别浓硫酸和稀硫酸的方法时，设计了如下表所示几种方案。

可以通过课前任务，让学生查阅相关资料，了解：这些硫酸盐中哪些是天然存在的，哪些只能依靠工业制备，制备上利用了硫酸的什么性质。课上可以组织交流。

在氯、溴、碘离子检验的基础上，引导学生进一步体会离子检验过程中排除干扰与试剂加入顺序的重要性。例如，检验硫酸根离子，先要滴加盐酸，排除碳酸根离子与亚硫酸根离子的干扰。同时巩固离子方程式对离子反应过程的表征。



通过硫酸根离子检验的学习，引导学生归纳检验简单离子的一般方法。在“价-类”二维图中完成含硫物质的转化关系。

3.2 氮及其重要化合物

▶ 教学目标

1. 运用类比的思想方法，了解自然界和人工固氮的过程。通过对固氮过程和各类氮肥的性质、用途的学习，体会化学对农业生产、人类社会发展的重大影响。
2. 通过对含氮化合物的实验探究、归纳整理、综合分析，掌握基于物质性质的分类思想和方法，体会证据推理、宏观辨识和微观探析在化学学科中的重要性。
3. 运用离子反应和氧化还原的规律，通过分析预测、证据推理等方法，认识含氮物质之间相互转化的过程。能用化学方程式表达含氮物质之间的转化过程，初步体会物质的浓度对化学反应产物的影响，进一步感悟实验中变量控制的思想。

▶ 教材解析

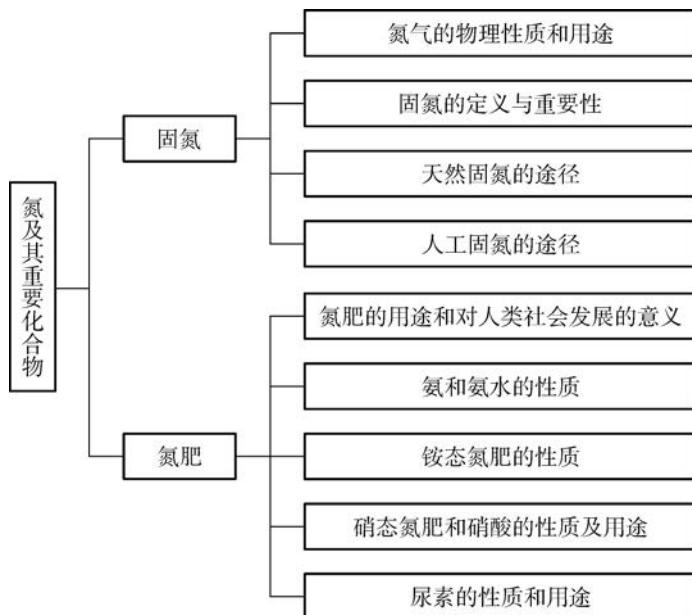
一、教材设计思路

继硫及其化合物的学习之后，本节教材的内容关注了另一种重要的非金属元素氮及其化合物。两者相比，有很多类似的地方，如：它们的化合价从最低负价到最高正价之间，均有很多不同的价态；含同种元素不同价态物质之间的转化过程也较为相似；元素及其化合物都对人类社会有着重要的作用。因此，本节教材的内容同样是介绍各类不同价态的含氮物质及其性质。但在具体处理这些内容的时候，则更多地关注了对农业生产、人类社会的高速发展起到重要作用的固氮过程和各类氮肥，从而将本节内容分为两大部分。

本节的第一部分首先介绍了 N_2 的性质，紧接着给出了固氮的定义及其对人类社会发展的重要性。之后，通过图片、正文等形式分别介绍了固氮过程及其涉及的一些含氮化合物的性质，以及植物对这些含氮化合物吸收利用的过程。同时，通过类比的思想方法和“链接学科”的进一步介绍，使学生体会人类如何从自然界中获得灵感，运用化学方法生产人类社会的必需品。这部分内容不仅使学生感受到“创新”对人类社会的贡献，而且增强了“科学态度与社会责任”的化学学科核心素养。

第二部分介绍“氮肥”，依据不同价态的含氮物质中氮的化合价由低到高的顺序展开。除了需要运用已经掌握的离子反应、氧化还原等相关知识来预测、理解含氮化合物之间的相互转化，更多的是通过实验探究和归纳总结，使学生体会物质分类和控制变量的思想方法在研究物质性质中起到的作用。同时，穿插“想一想”等环节，在进一步提升物质“变化观念”的同时，使学生感受化学对农业发展、社会进步的重大贡献，增强学生“科学态度与社会责任”的化学学科核心素养。

二、本节内容结构



三、教材分析

3.2

氮及其重要化合物

学习聚焦

- ✓ 知道氮的固定
- ✓ 知道氮气的性质
- ✓ 了解一氧化氮、二氧化氮的化学性质
- ✓ 理解氨的化学性质
- ✓ 了解铵盐、硝酸的化学性质

知识回放

- 空气的组成
- 常见的化肥



图 3.6 液氮

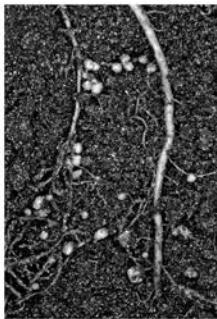


图 3.7 根瘤菌固氮

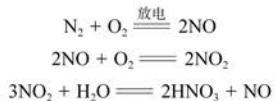
自然界中的氮元素以氮气、氮氧化物和硝酸盐等形式存在，人类对氮元素的利用，就是实现氮元素在不同物质之间的转化。氮肥是化学肥料中使用量很大的一类，为世界粮食增产做出了重大贡献。工业上生产氮肥的原理是什么？有哪些供农业使用的常见氮肥？让我们带着这些问题，先来认识氮及其重要化合物的性质吧。

固氮

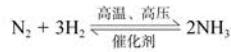
纯净的氮气是一种无色、无味的气体。氮气在101 kPa、-195.8°C时变成无色的液体。液氮不活泼，常被用作低温实验的冷冻剂。

大部分氮元素以游离态存在于空气中。游离态的氮气很难被植物吸收，而植物通常是从含氮化合物中获得氮元素的。采用天然或人工的方式，将空气中的游离态氮转化为化合态氮的过程称为固氮，固氮对植物生长尤为重要。

天然固氮有两种方式。一种是生物固氮，氮气在豆科植物的根瘤菌体内所含的固氮酶作用下还原为氨。另一种是大气固氮，在放电或高温下，空气中的氮气与氧气直接化合，生成无色的一氧化氮。一氧化氮难溶于水，在常温下很容易与空气中的氧气化合，生成红棕色并有刺激性气味的二氧化氮。二氧化氮有毒，易溶于水，溶于水后生成硝酸和一氧化氮。发生雷电时，大气中的氮转化为氮的氧化物，经降水生成极稀的硝态氮肥——硝酸，渗入土壤被植物根系吸收。



人工固氮目前主要通过工业合成氨来实现。氮气和氢气在高温、高压并有催化剂的条件下，直接化合生成氨。



84

以“固氮”过程作为线索和途径，介绍其重要性，并逐一介绍含有氮元素的重要物质，如 N₂、NO、NO₂ 等的物理性质和化学性质。

结合化学方程式，介绍了几种“固氮”途径，包括天然固氮的两种方式（生物固氮和大气固氮），以及人工固氮——合成氨工业。通过对“固氮”的介绍，使学生初步建立对含有氮元素的物质“价-类”二维图的认知。



1. 可请学生提前查阅相关资料，策划一个课前活动，使学生更清晰地感受到“固氮”对于植被、粮食生产以及人类社会发展的重大意义：①了解自然界中各类氮元素的存在形式；②对比合成氨工业建立前后，世界粮食产量和世界人口数的变化；③对比目前天然固氮、人工固氮的比例。
2. 共价键键能是选择性必修课程的教学内容，此处“氮气化学性质稳定”不宜由“氮分子结构稳定”导出。
3. 可以利用实验视频或课堂教师演示实验，使学生更直观地感受到一氧化氮、二氧化氮的物理、化学性质。

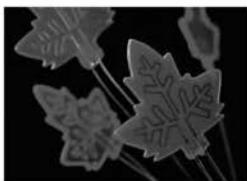


图 3.8 合成氨工厂

链接学科

化学仿生学

化学仿生学是一门横跨化学与分子生物学领域的交叉科学，模拟生物体内的化学反应过程、模拟生物体内的物质输送过程，以及模拟生物体内的能量转换等是其主要研究内容。化学仿生学的关键技术就是模拟，以生物为原型，模拟其行为以制备某种物质或者模拟某种行为来满足实际需要。例如，科学家研发了一种“人工树叶”来模拟自然界

图 3.9 科学家研发“人工树叶”
来生产药物

的光合作用、合成药物。
氮气和氢气在化工厂合成氨，须在约 $400\sim500^{\circ}\text{C}$ 的高温、 $2\times10^4\sim5\times10^4\text{ kPa}$ 的高压以及催化剂等条件下完成。但是，豆科植物的根瘤菌具有特殊的固氮本领，科学家根据根瘤菌的固氮机理，用化学方法模拟生物固氮，实现在常温、常压的温和条件下固定空气中的氮。近年来，功能高分子材料、人工膜技术、活性酶催化剂的研发取得了许多成果，其中仿蛛丝纤维、生物陶瓷、人工肌肉等已被广泛应用。化学仿生学是在分子水平上模拟生物的功能，也是人们打开科学的奇思妙想之门的钥匙。

氮肥

氮肥对农作物生长起着非常重要的作用，施用氮肥能提高农产品的产量。工业上生产氮肥的主要原料就是人工固氮获得的氨。

通过图 3.8 中合成氨工厂生产装置的复杂性，引导学生初步了解从实验室的化学反应到现实中的化工生产所面临问题的复杂性和挑战性。

“链接学科”：使学生感受到推动人类发展和进步的灵感离不开自然界，而化学正是使这些灵感创意转变为现实的学科保障。同时，也使学生意识到科学的发展不是一蹴而就的，需要更多的创意和长期的探索。



1. 建议补充工业合成氨的发展历程资料，渗透化学教育和工业生产之间的密切关系，同时引导学生体会合成氨反应对社会发展做出的巨大贡献。
2. 可以请学生查阅“化学仿生学”相关资料，引导学生进一步认识化学仿生学的发展对社会发展做出的巨大贡献，提升学习兴趣。

以图 3.10 作为线索和途径，引导学生关注粮食产量与化肥施用量的整体变化趋势，认识化肥在生产、生活中举足轻重的作用。

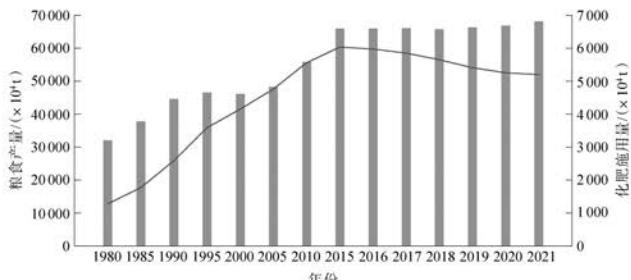


图 3.10 我国粮食产量和化肥施用量



阅读图 3.10，找出粮食产量和化肥施用量之间的关联。

资料库

氨

密度： $0.771 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (STP)
熔点： -77.75°C
沸点： -33.35°C

1. 氨和氨水

氨 (NH_3) 是氮的氢化物，一般是无色、有刺激性气味的气体。氨冷却或加压后易被液化，液氨汽化时要吸收大量的热，使周围的温度急剧下降，所以液氨常用作制冷剂。

实验探究



氨的“喷泉”实验

用干燥的圆底烧瓶集满氨，立即倒置烧瓶，将带有玻璃管（连有活塞）和胶头滴管（预先吸入水）的塞子塞紧瓶口，使玻璃管插入盛有水的烧杯里（水中预先加入少量酚酞试液）。如图 3.11 所示，安装好装置，挤压滴管的胶头，使少量水进入烧瓶后，打开活塞。观察并记录实验现象。

现象记录：_____。

实验结论：_____。

问题：从上述实验中，可得出氨具有哪些性质？



图 3.11 氨的“喷泉”实验



1. 氨的“喷泉”实验建议由教师进行演示。先请学生观察实验操作步骤和实验现象，再通过逐层递进的问题引导学生自行总结出“喷泉”实验的原理及形成条件。
2. 建议进一步通过实验装置设计、实验操作的改进，对各类引发喷泉实验的条件和研究思路进行梳理和拓展，加深学生对于喷泉实验原理的理解，提升学生的分析能力、观察能力、创新能力等。

氨极易溶于水，在常温常压下，1体积水约可溶解700体积的氨。氨的水溶液叫做氨水。氨水能使酚酞试液变红色，说明氨水显碱性。

氨溶于水中，大部分与水结合成一水合氨。一水合氨不稳定，受热后容易分解成氨和水。



一水合氨是弱电解质，可少部分电离出铵根离子(NH_4^+)和氢氧根离子(OH^-)，使溶液显弱碱性。



2. 铵态氮肥

氨水可以作为氮肥，但不便于运输和使用，所以，人们常将氨水制成铵盐来获得铵态氮肥。



氨与氯化氢的反应

向容积约500 mL的塑料瓶中滴入几滴浓氨水，在瓶盖内侧贴一小张滤纸，向滤纸上滴几滴浓盐酸后，立即将瓶盖拧上，观察现象。

现象记录：_____。

实验结论：_____。

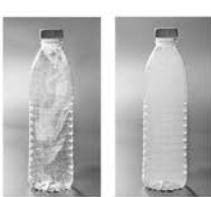
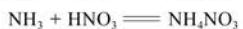
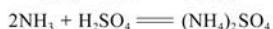
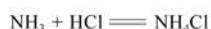


图3.12 氨与氯化氢反应的实验现象

氨与浓盐酸挥发出的氯化氢气体反应，生成白色氯化铵固体。氨同样能与其他的酸反应生成铵盐，如把氨通入硫酸或硝酸中，就会生成硫酸铵或硝酸铵。铵盐都是晶体，能溶于水，受热容易分解，分解时一般放出氨。



87

用化学方程式和电离方程式表征相关物质的化学性质及转化。氨水中溶质的主要存在形式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ， NH_3 与 H_2O 之间通过氢键连接，一般认为是水分子提供氢原子，而氨分子给出孤电子对形成氢键。为了应用方便，计量氨水浓度时一般将 NH_3 视为溶质。

可以用加有各类酸(挥发性或不具有挥发性)的点滴板进行氨与酸反应的微量实验，观察出现白烟现象的酸的共同特点。通过归纳总结得出氨与酸制备各类铵盐的常规途径。



- 建议教师引导学生了解氨与水反应的化学方程式用可逆符号。
- 在必修课程中，对于弱电解质的电离不做要求，因此此处对于氨水的电离方程式也不做要求，只要求学生知道电离方程式用可逆符号表示即可。

“实验探究”：

1. 得出铵盐的不稳定性，注意与碘升华的区别，通过设计实验证明该过程是化学变化。

2. 归纳总结 NH_4^+ 与 OH^- 在加热条件下反应的相同点，加强学生证据推理和实验验证的能力。

实验探究 键 盐的性质

- 如图 3.13 所示，在封管内一端盛有少量白色氯化铵晶体，小火加热封管内晶体，观察现象。
- 取氯化铵、硝酸铵和硫酸铵晶体各约 1 g，分别放在三支试管里，各加入 2 mL 1 mol · L⁻¹ 氢氧化钠溶液。加热试管，并将湿润的红色石蕊试纸靠近试管口上方，观察试纸的颜色变化。



图 3.13 氯化铵受热分解

编号	现象记录	铵盐的性质	化学方程式或离子方程式
1			
2			

硝酸铵、重铬酸铵等氧化性酸的铵盐在受热时会发生氧化还原反应，通常没有氨生成。

氯化铵晶体受热时会分解出氨和氯化氢，冷却时，它们又重新结合生成氯化铵。铵盐能与碱起反应放出氨，实验室常利用铵盐的这一性质来制备氨和检验 NH_4^+ 的存在。

氯化铵、硫酸铵（俗称硫铵）、硝酸铵（俗称硝铵）等都是重要的铵态氮肥，易被植物吸收。

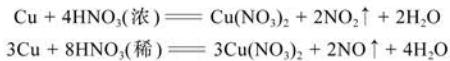
3. 硝态氮肥和硝酸

硝态氮肥是以硝酸盐为主要成分的氮肥，常见的有硝酸铵、硝酸钠、硝酸钙等。硝态氮肥的水溶性好，肥效快，但土壤对其吸收能力弱，容易随水流失。

硝酸除了可制取硝态氮肥之外，也是制造炸药、染料、塑料、硝酸盐等化工产品的重要原料。硝酸是一种很强的氧化剂，不论稀硝酸还是浓硝酸都有强氧化性，能与几乎所有的金属（除金、铂等少数金属外）或部分非金属发生氧化还原反应。



- 教师可以补充实验室制备氨的方法（如铵盐与熟石灰共热、加热浓氨水等）和检验氨是否收集满的方法，并要求学生用离子方程式表征 NH_4^+ 检验的原理。
- 引导学生从物质类别和化合价的角度出发，让学生自主进行开放性的硝酸性质的预测活动，重点猜测硝酸的强氧化性以及硝酸在与金属反应时体现的性质。
- 建议使用视频、图片等感性素材，使学生了解硝酸及硝酸盐不仅可用于制作氮肥，在其他行业中也有着重要用途。



4. 尿素

尿素是一种重要的有机氮肥，为白色结晶，易溶于水，水溶液呈中性。尿素与水反应的生成物 NH_4^+ 和 HCO_3^- 均可被作物吸收利用，施用后对土壤一般无不良影响。尿素还可作为反刍动物的蛋白质补充饲料，尿素中的氮在反刍动物胃中，经微生物酶作用转化成氨基酸等，最后形成组织蛋白和奶蛋白等。

通过化学方程式，结合氧化还原相关知识，引导学生感悟不同浓度硝酸与金属反应的异同点。硝酸浓度不同，还原产物中氮元素的价态不同。



例题导引

- 问题：**
- 含氮量是衡量氮肥肥效的指标之一。现有三种氮肥： $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 NH_4NO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。
 - (1) 通过计算指出哪种氮肥的肥效最高。
 - (2) 目前 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (尿素) 是使用量最多的氮肥之一；与上述三种氮肥相比，氨的含氮量更高，然而氨却很少直接施用在土壤中作为肥料。通过查阅资料，分析上述事实的原因。

分析：

- (1) 我们可以通过比较含氮量来确定氮肥肥效的高低。

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ 的含氮量: } \frac{2M(\text{N})}{M[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]} = \frac{2 \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.467$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ 的含氮量: } \frac{2M(\text{N})}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{2 \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.350$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ 的含氮量: } \frac{2M(\text{N})}{M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]} = \frac{2 \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{132 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.212$$

从以上数值分析得出， $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的含氮量最高，其肥效最好。

- (2) 尿素是使用量最多的氮肥之一，主要是由于：尿素的含氮量较其他氮肥高，肥效也高；尿素在土壤中会与水缓慢反应，生成物可被作物吸收利用，肥效较其他氮肥持久；尿素属于中性肥料，与其他氮肥相比，对土壤一般无不良影响；等等。

在土壤中通常很少直接施用氨水的原因，可从以下方面思考：氨

介绍以尿素为代表的有机氮肥，一方面介绍了尿素作为氮肥的优势，另一方面也开阔了学生的视野，即氮肥包含无机氮肥和有机氮肥。



- 硝酸与金属或非金属单质反应实质，可以由上一节中浓硫酸的强氧化性作为铺垫引入，使学生更容易理解硝酸的强氧化性。同时，还可以和稀硫酸或稀盐酸与金属单质的反应进行对比，讨论两者在氧化性上的差异。关于浓硝酸、稀硝酸氧化性强弱不宜深入比较。
- 建议回顾浓硫酸与铁、铝的钝化现象，并指出冷的浓硝酸遇到铁、铝也存在钝化现象。
- 可以请学生课前预先查询资料，了解更多常用的无机氮肥和有机氮肥及其性质，并结合学过的化学知识解释施用这些氮肥时的注意事项，进一步增强学生对身边含氮化合物性质和用途的了解。

3.3 硫循环和氮循环

▶ 教学目标

1. 运用硫循环和氮循环模型，了解自然界中的硫循环和氮循环的基本过程。建立从物质类别、元素价态角度研究物质性质和实现物质之间相互转化的思路和方法，进一步体会科学探究的意义。
2. 通过提出问题、举例说明、反思总结等过程，认识酸雨的形成、危害及防治措施。了解现阶段人类活动对自然界生态平衡的影响以及建立人与自然和谐共生的重要性，体会化学科学对社会可持续发展的巨大贡献。
3. 结合具体物质用途的学习，能全面地看待物质对人类社会的影响，认识到事物的两面性。能够发现和提出有探究价值的化学问题，逐步形成独立思考的能力。

▶ 教材解析

一、教材设计思路

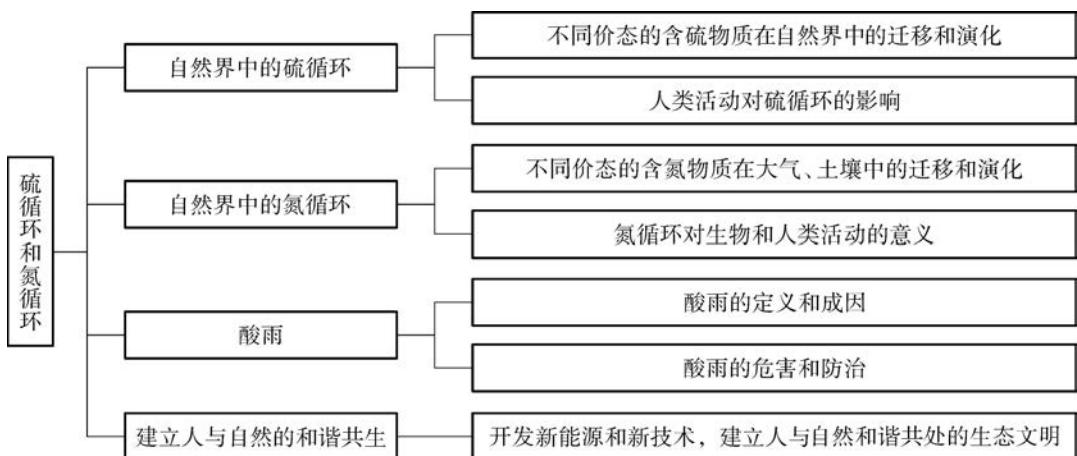
本节教材内容是对本章教学内容提纲挈领性的总结和整理。在前两节分别介绍了各种不同价态的含硫和含氮物质的性质、用途及其相互之间的转化过程后，本节教材不仅仅局限于化学学科的角度，而是从一个更广阔的视角（包括时间、空间）去把握这些化学物质在自然界中的转化过程。随着人类社会的发展，人类在这些自然界化学演化过程中所扮演的角色和对这些过程的影响也逐渐显露端倪。如何利用化学学科的知识和方法，建立人与自然和谐共处的生态文明关系是摆在人类面前的重要课题。

本节的第一部分介绍了自然界中的硫循环和氮循环，将不同含硫和含氮物质相互之间的转化过程放置于具体的自然界化学演化过程中，不仅能更好地增强化学物质之间的“变化观念”，更是通过“拓展视野”“想一想”等环节的设计，使学生初步建立元素在自然界中的循环模型。

第二部分以酸雨问题为例，介绍了人类活动在自然界的硫循环和氮循环中所扮演的角色以及造成的影响。通过逐层递进地对酸雨的形成、危害及防治进行介绍，既展现了人类活动导致的环境问题，又体现了化学学科为治理、改善这些环境问题所发挥的积极作用。

在第二部分的基础上，展开本节最后一部分，即对人与自然关系的深入思考。认识社会发展、人类活动引发的自然界平衡的破坏和环境问题，使得我们赖以生存的生态系统出现了一些问题。通过所学的化学知识和方法，建立人与自然和谐共处的生态文明，这不仅是一种科学态度，也是一种社会责任，充分体现了化学学科核心素养。

二、本节内容结构



三、教材分析

3.3

硫循环和氮循环

从自然环境对人类文明历程的影响和人类活动对自然界平衡的破坏引入，提出了各种元素在自然界中循环的概念，引发人与自然应该如何和谐共处的思考讨论。

通过自然界硫循环过程的介绍，展示了元素是如何在自然界中以不同价态形式的物质进行转化、迁移和循环的过程，为后续氮循环的介绍、碳循环的讨论建立元素循环的基本模型。

利用图示，更清晰地展现不同地质系统之间含硫物质的迁移演化，使学生能结合实际情境充分掌握含硫物质的性质及相互之间转化的过程。

人类的文明历程与自然环境的变化密切相关。自然界中，陆地、海洋、大气中的硫元素和氮元素，通过各种循环建立起生态平衡。工业革命以来，过度的资源开发和利用，打破了自然界的平衡。生态危机是人类生存与发展的最大威胁，人类必须探索新的发展道路。下面我们就通过认识自然界中硫、氮的循环，探讨人与自然和谐共处的出路和前景。

自然界中的硫循环

硫循环是硫元素在岩石圈、水圈、大气圈、生物圈以及各种地质系统之间迁移演化的地球化学过程。在硫循环中各种含硫的物质会呈现-2、+4、+6等不同的价态，如海水中溶解的硫酸盐，大气中存在的二氧化硫、硫化氢等气体，这些物质通过氧化还原反应等转化过程构成了复杂的全球循环。

地球上硫最主要的储积库是岩石和海洋，而地球表面体系中硫的主要循环转化发生在海洋、大气、生物和人为活动之间。硫循环的基本过程是：陆地和海洋中的硫通过生物分解、火山喷发等进入大气；大气中的硫通过降水、沉降和表面吸收等作用，回到陆地和海洋；地表径流又带着硫进入河流，输往海洋，并沉积于海底。

学习聚焦

- ✓ 知道酸雨的成因、主要危害及其防治措施
- ✓ 知道人类活动对硫循环和氮循环的影响
- ✓ 感悟化学对促进人与自然和谐相处的意义
- ✓ 认识物质及其转化在促进社会文明进步、自然资源综合利用和环境保护中的重要价值

知识回放

- 二氧化硫的化学性质
- 一氧化氮、二氧化氮的化学性质

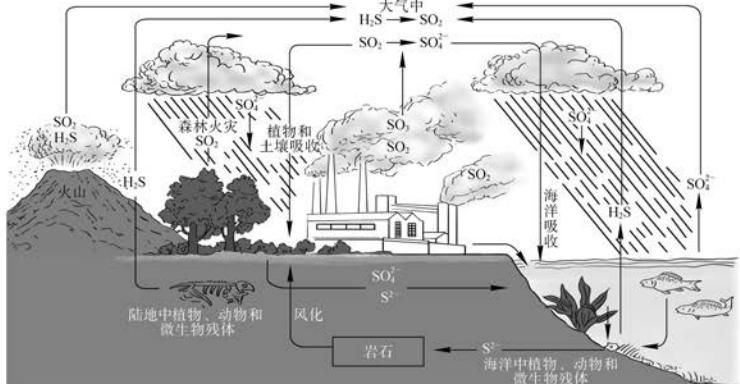


图 3.14 自然界中的硫循环

91



1. 本节蕴含“科学态度与社会责任”的化学学科核心素养。因此，激发学生对本节内容学习和讨论的兴趣是教学关键。建议在引入阶段和硫循环知识点讲解的阶段，充分利用历史资料和相关视频创设生动形象的教学情境，引发学生的学习兴趣。
2. 自然界硫循环的介绍过程中，可引导学生对硫循环过程中涉及的含不同价态的硫元素的物质，从氧化还原、物质分类等视角寻找其在不同地质系统中的存在，探寻并讨论相应的规律，为后续氮循环的学习做好准备。
3. 利用 3.1 节中含硫物质相互转化的“价-类”二维图，分析、梳理自然界中的硫循环。

陆地火山喷发，使地壳和岩浆中的硫以二氧化硫、硫化氢、硫酸盐等形式排入大气；陆地和海洋中的一些动植物腐后，其机体中的硫经微生物的厌氧活动还原产生硫化氢，并向大气释放；海水中硫酸盐也会随着波浪翻涌进入大气。

大气中的二氧化硫、硫化氢被氧化成硫酸根离子，随降水落到陆地和海洋；大气中的二氧化硫、硫酸根离子还可经自然沉降被土壤、植物或海水吸收，或随大气运动参与海陆间循环。

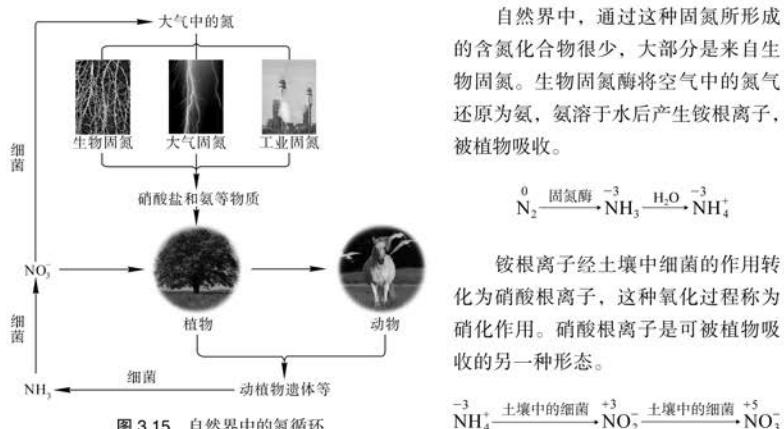
人类的工农业活动对硫循环有重要影响。燃烧、冶炼含硫矿物而排入大气的二氧化硫远高于因风化作用进入大气圈和水圈的硫，城市和工矿区的大气二氧化硫污染和酸雨灾害引起了各国的普遍关注。

详细说明图3.14中硫元素在自然界中的迁移和循环路径。同时，为后续酸雨的介绍做好铺垫。

自然界中的氮循环

氮循环是自然界中又一种重要的物质循环方式，其主要的化学过程如下：

空气中的氮气与氧气在放电条件下反应，使游离态的氮转化为化合态的氮。



92

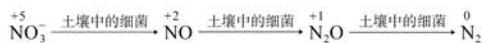
通过回顾第2节“氮及其重要化合物”的内容，介绍自然界氮循环过程中不同价态的氮及其相互之间的转化关系。

通过图示，介绍了氮循环过程中氮元素对动植物成长的重要作用以及动植物死亡后，土壤中的细菌如何将动植物遗体中的氮元素重新转化为大气中的氮。



1. 氮循环中涉及的含氮物质相互之间的转化可通过书写表达来呈现和促进学生理解。
2. 建议通过图片、视频等资源介绍现阶段固氮取得的最新成就，增强学生的创新意识和社会责任。
3. 可通过3.2节中含氮物质相互转化的“价-类”二维图完成氮循环路线的分析。

在氧气不足的条件下，土壤中的细菌又将硝酸根转化为氮气，且从土壤中释放出来。这是硝酸根在土壤中的细菌作用下被还原的过程，称为反硝化作用。



拓展视野

汽车尾气与氮氧化物

汽车尾气对城市大气环境的污染引起了广泛的关注，尾气中的氮氧化物主要指一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)。一氧化氮很容易被氧化成有刺激性气味的二氧化氮。对儿童来说，氮氧化物可能会造成肺部发育受损。研究指出，长期吸入氮氧化物可导致肺部构造改变。二氧化氮受日光照射，光解产生原子氧($\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{光}} \text{NO} + \text{O}$)，原子氧与氧气结合生成臭氧($\text{O}_2 + \text{O} \xrightarrow{\text{光}} \text{O}_3$)，臭氧将烃类物质氧化成醛、酮等刺激性很强的物质，光化学烟雾就是这些气体的混合物。

1943年美国洛杉矶的光化学烟雾事件，持续数十天之久，这种烟雾使人眼睛发红、咽喉疼痛、呼吸憋闷、头昏、头痛，不少老人因呼吸衰竭而死亡。光化学烟雾还使远离城市100 km以外的海拔2 km高山上大片松林枯死，柑橘减产。这是世界上的第一次光化学污染事件。此后，日本、英国、加拿大、澳大利亚等国的城市曾出现过光化学烟雾。

目前，国际上减少汽车尾气污染的措施主要有以下三种：用甲醇、液化气代替汽油；安装汽车尾气净化器，将氮氧化物转化为中性的、无污染的氮气，排向大气；使用高效燃料电池的汽车替代燃气汽车。



图3.16 氢燃料电池汽车结构示意图

总之，氮循环是大气中的氮气经微生物等作用进入土壤与海洋，为动植物所利用，最终又在微生物的参与下返回大气，如此反复循环，建立起的平衡。氮循环为动植物的生长提供所需的营养物质，对生物和人类活动具有重要意义。



- 限于篇幅和课程标准的要求，关于自然界的氮循环，教材主要介绍了大气圈、土壤圈中氮的转化过程。事实上，自然界的氮循环非常复杂，建议请学生在课后查阅相关资料，补充完整自然界氮循环的过程，并进行交流和讨论。
- 可利用生态瓶等密闭养鱼生态系统等例子激发学生对氮循环过程的探究兴趣，指导学生思考、理解在密闭的水生系统中氮循环是如何进行的，加强对氮循环的不同环节中含氮物质之间转化的认识。

想一想

?

- 在硫循环和氮循环中涉及自然界中的众多物质，从氧化还原反应等视角分析，硫、氮元素能够形成循环的奥秘有哪些？
- 碳循环是自然界另一重要的元素循环，该循环对地球自然环境产生了哪些重要影响？

酸雨

大量的二氧化硫散发到大气中，被雨水吸收就会形成对自然界危害较大的酸雨。

未污染的大气降水的pH一般小于7，大于5.6，这是由于溶解了二氧化碳气体的缘故。如果其他酸性污染物也溶于降水中，其pH会明显变小。当大气降水的pH小于5.6时，我们就称之为酸雨。

酸雨的成因很复杂。化学分析表明，酸雨中含有硫酸、硝酸和有机酸，多数情况下以硫酸为主。硫酸和硝酸是由人为排放的二氧化硫和氮氧化物（主要指一氧化氮和二氧化氮）转化而成的。

空气中的二氧化硫溶于水生成亚硫酸，亚硫酸被氧化生成硫酸。空气中少量的二氧化硫在催化剂（烟尘中的金属氧化物）作用下，被氧化成三氧化硫，三氧化硫溶于水也形成硫酸。空气中的二氧化硫主要来自含硫的煤和石油的燃烧。

资料库

pH

pH是表示水溶液酸碱性的一种标度，其定义为： $pH = -\lg c(H^+)$ 。在水溶液中， H^+ 的浓度越大，pH越小，酸性越强。

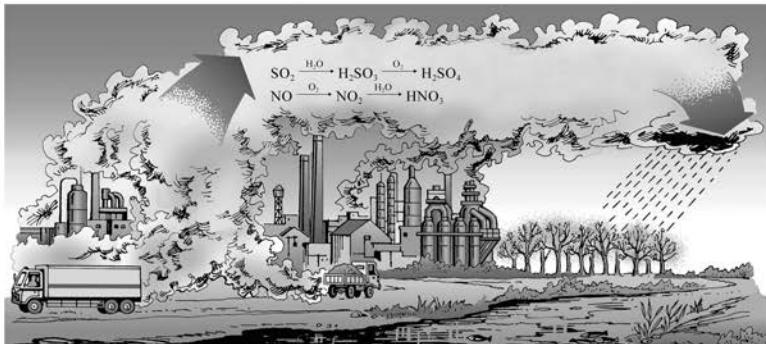


图3.17 酸雨形成示意图

“想一想”：利用类比、建模的思想方法，建立自然界碳循环的过程，可以是类似氮循环的局部循环模型，也可以是类似硫循环的全局循环模型，从而加深自然界元素循环、生生不息的观念。

以酸雨为例，通过示意图、“资料库”信息和正文等介绍了人类活动影响自然界的硫循环和氮循环，从而引发一系列环境问题，引发对人与自然之间关系的思考。



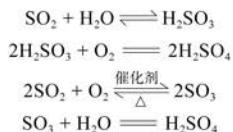
- “想一想”的问题具有一定的开放性，建议教师可以从其中的一些角度引导学生进行思考和探索，在课前或课后请学生独立或分组查阅相关资料，在课堂上进行展示和讨论。
- 在条件许可的情况下，可用pH计测定正常的大气降水或酸雨的pH，并且利用DIS（数字化信息系统）连续测定并实时绘图的优点，展示酸雨pH随时间的变化情况，更好地理解含硫化合物之间转化的过程。
- 可请学生课前运用生物学科与地理学科相关知识完成碳循环的相关图示。

可用 pH 试纸或 pH 计测定 SO_2 水溶液的 pH；放置一段时间后，再次测定溶液的 pH。观察实验，记录现象。

通过介绍酸雨的危害，使学生意识到自然界的生态平衡和元素循环一旦被人类活动破坏，会反过来影响人类自身的生态环境。

通过介绍酸雨的治理方法，使学生感受到化学学科对维护生态平衡、促进人类社会健康发展的重要性。

“化学史话”：通过介绍酸雨的发现过程，使学生体会到，化学的研究和发现往往需要细心地留意身边的现象，进而通过宏观辨识和微观探析，找到事物的真相。



酸雨中存在硝酸，主要是因为高温燃烧生成的一氧化氮，排入大气后转化成二氧化氮，遇水则生成硝酸和亚硝酸。

硫和氮是营养元素，弱酸性降水可溶解地壳中的矿物质，供动植物吸收，可一旦酸性过强，土壤中的营养成分溶解后流失，就会对动植物生长产生危害。此外，湖泊、河流酸化后，鱼的繁殖和发育会受到严重影响；土壤酸化后，植物生长所必需的细菌大多无法存活，致使农业减产；酸雨还会伤害植物的新生芽叶或树叶，从而影响其发育生长。

酸雨容易腐蚀建筑材料、金属结构等，使大理石雕像受损、钢铁表面生锈、古建筑物被破坏。作为水源的湖泊和地下水酸化后，由于金属的溶出，可能对饮用者的健康产生有害影响。

如何防治酸雨？减少酸雨的生成，必须控制空气中二氧化硫、氮氧化物等气体的含量。目前世界上减少二氧化硫排放量的措施主要有：优先使用低硫燃料，如含硫量较低的煤和天然气等；对煤和石油进行脱硫，或对它们燃烧后形成的烟气在排放之前除去硫的氧化物等。



图 3.18 酸雨致树木凋零

化学史话

酸雨的发现

近代工业革命后，蒸汽机广泛应用于生活中，通过锅炉烧煤产生蒸汽推动机器。火力电厂星罗棋布，燃煤数量日益增加。由于煤炭中含硫，在燃烧过程中会产生二氧化硫气体，进而形成酸雨。17世纪英国作家约翰·伊夫林（John Evelyn, 1620—1706）首次注意到大理石被酸性大气腐蚀的现象。

1852年，英国化学家罗伯特·安格斯·史密斯（Robert Angus Smith, 1817—1884）分析了工业城市曼彻斯特的酸雨和大气污染之间的关联。他对酸雨进行了20多年持续研究，发现了酸雨对金属的腐蚀、城市雨水中含硫酸和酸性较强的硫酸盐等，并在《空气和降雨：化学气候学的开端》一书中首次提出了“酸雨”的概念。



- 利用酸雨的形成过程，结合化学方程式的书写表达，可进一步加深学生对含硫和含氮物质之间相互转化过程的理解。
- 可利用视频资源充分展示酸雨的危害、防治措施等，通过画面和实际情境使学生意识到生态环境的破坏对人类自身发展的影响。
- 可以请学生自行查阅相关资料，探寻其他酸雨防治措施，并在课堂上进行交流汇报，感受化学在治理环境中的作用和重要性。

挪威科学家还发现英国酸雨长距离转移到挪威的过程，这种转移使酸雨逐渐扩展到北美和亚洲，进而成为全球性的环境问题。1979年，30多个国家共同签署了《远程跨界空气污染公约》，自此各国都加大了对酸雨的预防与监测规模。20世纪80年代以来，我国在全国开展了大规模的酸雨调查与监测，酸雨被列入气象观测项目。我国于2017年颁布了《酸雨观测规范》(GB/T 19117—2017)，并于2021年正式启动了酸雨自动观测业务，不断提升酸雨观测数据质量，为防治酸雨提供重要科学支撑。



2

1. 氮氧化物是造成酸雨的原因之一，说出天然和人为排放氮氧化物的主要途径。
2. 阅读酸雨对金属和大理石危害的资料，讨论如何减少酸雨对室外建筑的侵蚀。

建立人与自然的和谐共生

自然界中，陆地、海洋、大气中的硫、氮、碳等元素，建立起各自的循环和平衡。随着社会的发展，过度开采、消耗资源，破坏了自然界的平衡，从而出现了气候变暖、资源减少、臭氧层破坏、生物多样性减少、土地荒漠化等现象，使生态系统不断遭受破坏。很明显，不受限制的增长方式是不可持续的，因此人类开始开发新能源和新技术，尽可能减少人为的二氧化硫和氮氧化物大量排放，建立人与自然和谐共处的生态文明。

生态文明是人类社会进步的重大成果，是实现人与自然和谐共生的必然要求。人与自然的关系是人类社会最基本的关系。自然界是人类社会产生、存在和发展的基础和前提，人类社会可以通过社会实践活动有目的地利用、改造自然，但人类的行为方式必须符合自然规律。



图3.19 浙江湖州桑基鱼塘系统体现人与自然和谐发展



2

生态兴则文明兴，生态衰则文明衰。古今中外，这方面的事例很多，你能举出一些实例吗？

“想一想”：

1. 加深对含氮物质之间转化的过程、自然界氮循环的过程的理解。同时，通过天然和人为排放的氮氧化物的对比，引导学生意识到人类活动排放出的氮氧化物已经严重破坏了自然界的氮循环。

2. 从实际的应用场景出发，引导学生通过阅读相关资料，归纳总结如何减少酸雨对室外建筑侵蚀的措施，增强学生的社会责任感。

针对人类活动对自然环境的破坏，提出了只有建立人与自然和谐共处的关系，才是可持续发展的基石。

“想一想”：使学生进一步意识到自然环境与人类社会发展之间的紧密联系，增强学生的社会责任感。



1. 建议在第一个“想一想”的第一问后给出现阶段天然和人为排放氮氧化物的数据，通过对比使学生意识到人类活动导致过量氮氧化物的排放对自然环境造成的危害。
2. 可请学生查阅资料，介绍各类环境问题产生的原因和治理思路。在体会人与自然紧密联系的同时，感受化学在建立人与自然和谐共处的关系中的重要作用。
3. 建议从正、反两方面进行举例、讲解，使学生认识到建立人与自然和谐共处的生态文明是人类社会能否进一步向着更加美好的方向发展的关键。同时，可以利用正面典型例子充分开展爱国主义教育。

链接学科

“链接学科”：进一步增强学生对化学学科在为人类文明发展过程中所做贡献的认同。

环境化学

环境化学是在化学科学的传统理论和方法基础上发展起来的，以化学物质在环境中出现而引起的环境问题为研究对象，以解决环境问题为目标而兴起的一门综合性、基础性的新型学科。环境化学主要应用化学的基本原理和方法，研究大气、水、土壤等环境介质中化学物质的特性、存在状态、化学转化过程及其变化规律、化学行为与化学效应及其控制的科学。它是环境科学的核心组成部分，也是化学科学的一个新的重要分支。



例题导引

问题：● ● 阅读图 3.15 后，回答下列问题。

- (1) 大气中的氮以什么形式存在？图 3.15 中显示了哪些氮的固定途径？
- (2) 土壤中的硝酸盐会被细菌分解。有一种脱氮硫杆菌能够利用土壤中的硫化物来分解硝酸盐，其主要化学反应原理如下：



上述过程的发生改变了土壤的成分，从而对农业生产带来一定的不利影响，请选择某一角度进行简要说明。

- 分析：● ● (1) 大气中的氮以游离态 N_2 的形式存在，图 3.15 主要展示了天然固氮、人工固氮等两类氮的固定途径。
- ● (2) 土壤中的硝酸盐被脱氮硫杆菌与硫化物分解成 N_2 ，使得土壤中氮元素流失，肥力下降。同时土壤中的硝酸盐与硫化物在脱氮硫杆菌的作用下发生反应，生成 KOH ，使得土壤 pH 增大，易盐碱化。

练习巩固

1. 在生产、生活中，与 NO_2 的大量排放有关的环境问题是（ ）。
- (A) 酸雨 (B) $\text{PM}_{2.5}$ (C) 全球变暖 (D) 白色污染

本章教学案例

硫及其重要化合物（第2课时） ——不同价态含硫物质的相互转化

教学目标

1. 列举单质硫、二氧化硫、硫酸的性质与用途，认识化学对人类生活和生产的贡献。
2. 能从元素价态变化和物质类别的视角说明含硫物质的转化路径，总结归纳不同反应类型中含硫物质相互转化的规律，构建其知识网络，深化对含硫物质性质的理解。
3. 能依据复分解反应和氧化还原反应原理，设计含硫物质的转化实验，进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象，用化学方程式、离子方程式正确表示含硫物质的相互转化。
4. 结合含硫物质相互转化规律在生产中的应用，认识物质及其转化在促进社会文明进步、自然资源综合利用和环境保护中的重要价值，养成关心社会和生活的态度，树立合理利用资源、可持续发展的观念。

教学重点

含硫物质的相互转化的规律，构建知识结构图。

教学难点

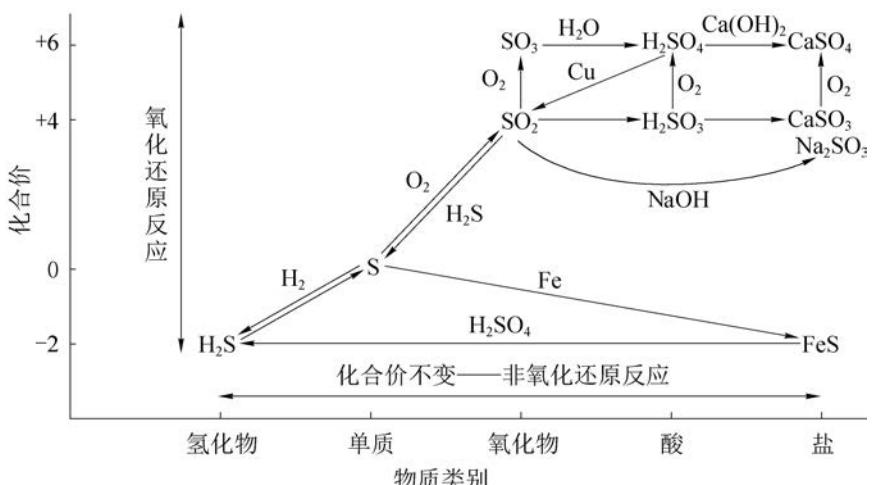
含硫物质相互转化规律的应用。

教学过程

教师活动	学生活动	设计意图																														
<p>【情境】图片（或视频）展示自然界、生产生活中常用的含硫物质及用途。</p> <p>【任务】写出这些物质的化学式，标出这些物质中硫元素的化合价。</p>	<p>【观看】图片（或视频）。</p> <p>【书写】化学式，标出硫元素的化合价。</p>	回顾已学的含硫物质，激活学生 的相关知识经验，为总结“价-类” 关系进行铺垫。																														
<p>【提问】对这些常见含硫物质进行分类，说 出分类的依据。</p> <p>【任务】如果用纵向表示化合价，横向表示 物质类别，画出含硫物质的“价-类” 二维图。</p> <p>【板书】把含硫物质按硫元素的化合价有 规律地排列在“价-类” 二维图中。</p>	<p>【思考、回答】在下图中填写物 质的化学式。</p> <table border="1"><caption>含硫物质的“价-类”二维图</caption><thead><tr><th>物质类别</th><th>-2</th><th>0</th><th>+4</th><th>+6</th></tr></thead><tbody><tr><th>氢化物</th><td>S₂H₈</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><th>单质</th><td>S</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><th>氧化物</th><td></td><td></td><td>SO₂</td><td>SO₃</td></tr><tr><th>酸</th><td></td><td></td><td></td><td>H₂SO₄</td></tr><tr><th>盐</th><td></td><td></td><td></td><td>Na₂SO₄</td></tr></tbody></table>	物质类别	-2	0	+4	+6	氢化物	S ₂ H ₈				单质	S				氧化物			SO ₂	SO ₃	酸				H ₂ SO ₄	盐				Na ₂ SO ₄	基于价态变化和类别通性两个维度来 认识物质，形成研究元素及其化合物 化学性质的一般思路，建构元素及其 化合物学习的基本认知模型：价态与 类别的二维模型。
物质类别	-2	0	+4	+6																												
氢化物	S ₂ H ₈																															
单质	S																															
氧化物			SO ₂	SO ₃																												
酸				H ₂ SO ₄																												
盐				Na ₂ SO ₄																												

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【问题】如何实现含硫物质中硫的化合价从-2价转化到+6价、从+6价转化到-2价?</p> <p>【任务】写出 SO_2 转化为其他含硫物质的化学方程式: $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$; $\text{SO}_2 \rightarrow \text{S}$; $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$; $\text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$。</p> <p>【问题】如何通过实验验证上述转化?</p> <p>【任务】设计实验方案、讨论实验方案的可行性。</p> <p>【引导】思考含有相同价态和不同价态硫元素的物质如何转化。</p> <p>【归纳】方案 1:</p> <p>方案 2:</p> <p>【实验】按照设计的方案进行实验。</p> <p>【归纳】含硫物质相互转化的规律，在“价-类”二维图上标出转化关系，不同价态之间发生氧化还原反应，同一价态之间发生非氧化还原反应，溶液中发生离子反应。</p>	<p>【分析、交流】含硫物质从-2价转化到+6价，需要寻找氧化剂；从+6价转化到-2价，需要寻找还原剂。</p> <p>【分组设计】实验方案。</p> <p>【交流】设计思路（二氧化硫的酸性、还原性、氧化性、漂白性）。</p> <p>【预测实验现象】</p> <p>【讨论】实验的改进与优化。</p> <p>【书写】化学方程式: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$; 硫价态变化的有关化学方程式（略）; $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$。</p> <p>【标示】在下图中标出转化关系。</p>	<p>联系之前的学习，对含硫物质的相互转化知识进行系统的梳理。</p> <p>以 SO_2 为核心，设计实验方案，深度探究，收集证据，归纳含硫物质相互转化的规律；通过实验方案的设计与改进，感受创新的乐趣，养成环保意识；锻炼分析和解决问题能力、观察实验、动手、互助合作、口头表达等能力，提高学习化学的兴趣。</p>
<p>【问题】含硫物质之间的转化在生产、生活中有哪些重要应用？请举例说明。</p> <p>【任务】控制酸雨的根本措施在于减少二氧化硫排放，工业上是如何减少二氧化硫排放和回收再利用的？写出化学方程式，如果是在水溶液中进行的反应，写出离子方程式。</p> <p>【归纳】人们对含硫物质的利用，从本质上讲，就是实现含硫物质的相互转化，有通过氧化还原反应，实现不同价态之间的转化，也有通过非氧化还原反应，实现同一价态物质之间的转化。</p>	<p>【讨论、交流】火药制品（烟花炮竹、火柴头等）、防治酸雨、用硫制取硫酸。</p> <p>【思考、交流】矿物燃料的脱硫处理，防止二氧化硫的产生；含二氧化硫废气用碱溶液吸收后再利用。</p> <p>【书写】有关化学方程式。</p>	<p>通过硫元素在生产、生活中的转化实例，形成自然、物质、社会整体认识的思想方法与学以致用的思想；体会在应用过程中的资源充分利用、环境保护等问题，利用已学的知识分析解决问题的能力，提升分析、归纳、总结、表达的能力。</p>

板书设计



案例提供者：上海徐汇区教育学院 姚秋平

“氮及其重要化合物”单元教学设计

一、单元设计思路

以第3章第2节“氮及其重要化合物”为基础构建教学单元。本单元主要的教学内容是氮及其重要化合物的性质和应用，包括氮气、氮氧化物、氨和铵盐。学习的主要目的除了学习氮的代表物质的性质、用途等具体知识外，重点是将零散的知识系统化，完善认识元素化合物及其性质的一般方法，并且应用元素化合物知识解决一些实际问题。

本单元共分为2课时，课时设计如下：

第1课时教学内容以“氮肥的来源”作为总体思路，结合氮及其化合物的“价-类”二维表，引导学生学习“人工固氮”过程中氮气表现出的性质，结合二氧化氮溶于水的探究实验，归纳氮氧化物的物理、化学性质，得出“大气固氮”中的相关反应；通过资料、数据的分析，介绍生物固氮中催化剂的重要作用、人工固氮反应的条件选择的重要意义；在设计制备硝态氮肥的过程中引导学生学习硝酸的特性。

第2课时教学内容以铵态氮肥的“使用历史变迁”和“合理使用铵态氮肥”为总体思路，通过化学探究实验、资料阅读等活动，采用演绎的方式降低相关知识学习的难度。同时在教学中设计了“评价不同形式铵态氮肥使用的利弊”“铵态氮肥使用时的注意事项”等真实情境的问题，使学生在应用中、在建立知识联系中学习氨与铵盐的性质，促进学生对知识的自主建构。

二、单元学习规划（单元目标与课时学习规划）

单元主题：氮及其重要化合物

课时数：2课时

单元分析	本单元内容学习是建立在学生已经学过常见物质的分类、氧化还原、卤素、硫及其化合物的基础之上。教材在卤素部分引入离子反应及氧化还原反应，旨在要求学生在元素及其化合物的学习中，运用化学基本理论指导元素化合物的物理性质、化学性质、保存、用途等的学习，因此，在硫及其化合物中，学生已经初步体验了这样的学习过程。 教材的呈现顺序是固氮和氮肥，从教材内容安排上看，旨在要求学生通过文献阅读、化学实验、数据分析等方法认识氮及其重要化合物的性质，认识氮肥的生产及使用注意事项。 结合以上分析，本单元以化学实验、数据分析、文献资料作为学习情境，从物质分类及氧化还原角度发展学生认识元素及其化合物的思想方法，建构学习元素化合物的系统性思维模型。

(续表)

单元目标	<p>1. 列举氮气的物理性质，能说出氮气化学性质稳定的事例依据，建立起物质性质与物质用途之间的关系。</p> <p>2. 列举固氮的途径，知道固氮反应中的不同化合物之间的相互转化过程。形成从氧化还原角度学习元素化合物的认知模型。</p> <p>3. 通过硝酸特性、氨性质的学习，在实验寻证的过程中加深基于物质类别、元素化合价等角度对物质性质进行预测的认知模型。</p> <p>4. 根据铵态氮肥保存、使用注意事项，推测铵盐的物理、化学性质，并设计实验验证。提升证据推理和科学探究的能力，树立合理利用资源、可持续发展的理念。</p> <p>5. 通过氮及其重要化合物与社会、生活、环境的联系，激发学习化学的兴趣和求知欲望，形成学以致用的意识和能力，养成关心社会和生活的态度。</p>
------	---

课时	行为目标	教学活动	教学资源	评价内容
第1课时 固氮及 氮肥的 来源	1-1 知道氮气的性质，能解释氮气性质稳定的原因。 1-2 知道固氮的途径，正确书写固氮的反应方程式。 1-3 知道硝酸具有氧化性，书写硝酸与铜反应的化学方程式。 1-4 设计氮单质到硝酸的转化关系，形成基于化合价变化实现物质转化的变化观念。 1-5 能对有关文献和数据进行分析、评价，获取问题解决的关键信息，提升证据推理的能力。	任务一：认识氮肥的来源——氮气。 情境：大气中氮气的总量和含氮化合物的年产量比较。分析导致数据差别的原因。 问题：数据存在明显差别，反映了氮气的哪些性质？ 任务：通过数据分析归纳氮气的物理、化学性质。 归纳：氮气的物理性质、氮气中氮氮三键的结构，化学性质稳定。	大气中氮气的总量和含氮化合物的年产量数据。	能通过数据推测氮气的化学性质。 能从“空气中氧气化学性质活泼，但氧气能与氮气共存”推断氮气化学性质稳定。
	任务二：氮肥的来源——氮气的“固定”。 情境：含氮化合物的“价-类”二维表。 问题：根据化合价和物质类别，推测氮气可以转化为哪些物质。 任务：推测氮气可能发生的反应。 归纳：“固氮”的定义及固氮的途径。	含氮化合物的“价-类”二维表。	能根据元素守恒和化合价推断人工固氮、大气固氮中，氮元素价态的有关化学反应。	
	任务三：深入认识“大气固氮”。 情境：大气固氮的资料说明；二氧化氮与水反应的探究。 问题：实验中观察到什么现象？这些现象说明一氧化氮、二氧化氮有哪些性质？ 任务：完成由氮气转化为硝酸的化学方程式。 归纳：一氧化氮、二氧化氮的物理、化学性质。	大气固氮的资料；充满二氧化氮的大试管，水槽。	能正确描述实验现象，说明一氧化氮、二氧化氮的物理性质，能正确推断一氧化氮转化为硝酸的化学方程式。	
	任务四：硝态氮肥的来源。 情境：工业固氮与大气固氮反应程度的对比。 问题：工业上适合用什么作为原料制取硝酸？如何实现氨到一氧化氮的转化？ 任务：数据分析，尝试推断氨转化为一氧化氮的化学方程式。 归纳：氮及其化合物的转化关系。	工业固氮与大气固氮反应程度的数据。	能基于数据选择合适的工业生产原理。 完成氮从-3价到+2价转化的化学方程式。	
	任务五：硝酸的特性。 情境：化学史话——硝酸的发现史及用途。硝酸与铜反应的微型实验。 问题：根据史实，推测硝酸可以溶解不活泼金属的原因；根据实验现象，推断硝酸与铜反应的化学方程式。 任务：硝酸与铜反应实验，性质、反应方程式的推断。 归纳：硝酸的特性，补全氮及其化合物的“价-类”二维表。	对比演示实验：部分用稀硝酸与铜进行实验，部分用浓硝酸与铜进行实验。	能基于实验事实结合氧化还原原理分析陌生反应的产物。	

课时	行为目标	教学活动	教学资源	评价内容
第2课时 氨及铵盐(正确使用铵态氮肥)	2-1 说出氨的物理、化学性质，解释喷泉实验的原理，用化学方程式表示氨水呈碱性的原因。 2-2 根据铵态氮肥的相关资料归纳铵盐的性质，写出有关反应的化学方程式，说明实验室制备氨的不同方法及反应发生装置。 2-3 在“氮肥使用的变迁及存储、使用的注意事项”情境中，形成学以致用的意识和能力，养成关心社会、生活的态度和可持续发展的观念。	任务一：合成氨工业的重要作用。 情境：合成氨与粮食产量、人口增长图；观察氨水的性状。 问题：对于数据变化图，有何感悟？观察氨水，可以得到关于氨的哪些重要信息？ 任务：归纳氨的物理性质。 归纳：氨是一种无色具有刺激性气味的气体，易溶于水；氨水具有挥发性。	合成氨与粮食产量、人口增长图；一瓶氨水（浓度不能太大）。	能找到数据之间的联系，分析原因。能基于事实证据推测氨的物理性质。
	任务二：氨、氨水能直接作为氮肥使用吗？ 情境：喷泉实验。 问题：喷泉产生的原理是什么？说明氨具有怎样的性质？氨、氨水适合直接作为氮肥使用吗？ 任务：推测氨、氨水的性质；评价氨、氨水作为氮肥的利弊。 归纳：氨水的成分；由于挥发性强，具有碱性，不利于植物的生长和吸收。	氨喷泉实验的装置。	能根据实验过程和现象推测实验原理，归纳氨的物理性质和氨水的成分。从实际出发，能评价氨、氨水作为氮肥使用不广泛的原因。	
	任务三：如何将氨也“固定”起来？ 情境：氨与盐酸的反应。 问题：回忆氮肥的种类，如何将氨转变为固体？ 任务：建立氨与铵盐的转化。 归纳：氨能与酸反应生成铵盐。	浓氨水、浓盐酸、玻璃棒。	从物质类别角度推测氨到铵盐转化的反应，并设计实验验证。	
	任务四：铵态氮肥使用、保存时有何注意事项？ 情境：三种铵态氮肥使用说明书。 问题：根据说明书推测铵盐的性质，并设计实验证明。 任务：推测铵盐性质，实验证。	氯化铵分解实验。铵根离子的检验。	能根据说明书获取问题解决的关键信息。能设计简单实验方案并实施。	
	任务五：施用铵态氮肥还有什么注意事项？ 情境：硝酸铵爆炸视频、过度使用铵态氮肥、土壤板结的照片及文献资料。 任务：从视频中获取铵态氮肥施用时的其他注意事项。 归纳：对于物质性质的全面认识有利于合理利用资源和可持续发展。	硝酸铵爆炸视频；过度施用化肥、土壤板结的照片及文献资料。	能从物质性质的角度对铵态氮肥的使用提出建议。	

三、单元教学(课时)设计

第2课时 氨及铵盐(正确使用铵态氮肥)

教学目标

- 2-1 说出氨的物理、化学性质，解释喷泉实验的原理，用化学方程式表示氨水呈碱性的原因。
- 2-2 根据铵态氮肥的相关资料归纳铵盐的性质，写出有关反应的化学方程式，说明实验室制备氨的不同方法及反应发生装置。
- 2-3 在“氮肥使用的变迁及存储、使用的注意事项”情境中，形成学以致用的意识和能力，养成关心社会、生活的态度和可持续发展的观念。

关心社会、生活的态度和可持续发展的观念。

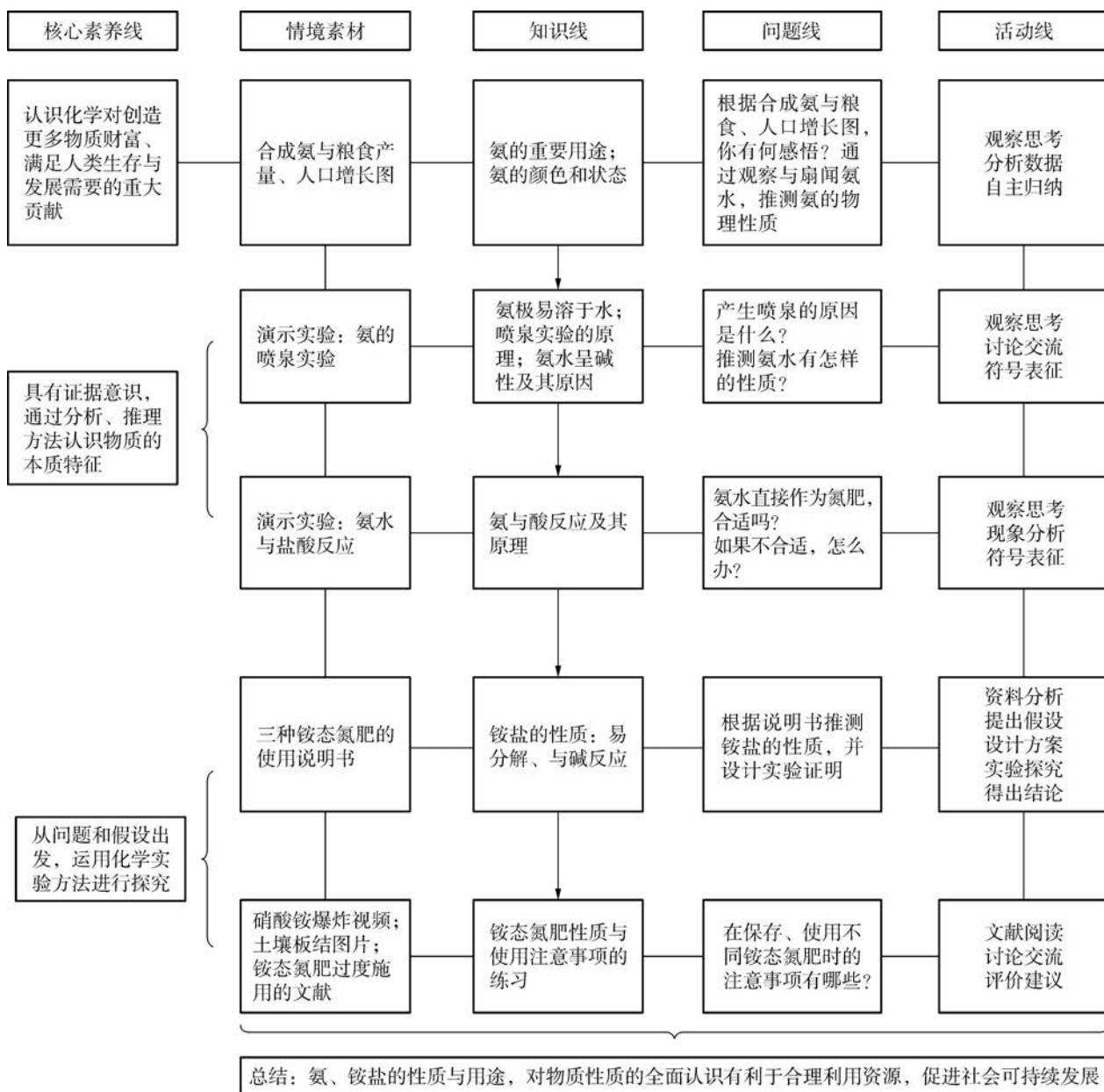
教学重点

氨、铵盐的性质。

教学难点

基于实验探究、学习资料的证据推理过程。

教学过程



案例提供者：上海市第二中学 黄炎维

项目学习活动 如何测定硫酸铜晶体中结晶水的含量

一、项目学习活动设计思路

《普通高中化学课程标准（2017年版2020年修订）》提倡使用实验探究等方式开展主题性实践活动和项目式学习活动。通过项目学习活动，发展学生运用化学知识和实验方法开展综合项目研究的能力。

本项目学习活动的主题为如何测定硫酸铜晶体中结晶水的含量，主要涉及定量实验。项目学习活动的流程与定量实验的流程能较好地匹配，如图3-2所示，因此学生通过项目学习活动更积极、主动地参与定量实验探究活动中，学习定量实验方法，认识科学探究过程，体会、认识定量实验对化学学科的重要价值，形成严谨求实、勇于实践的科学态度，发展实践能力。

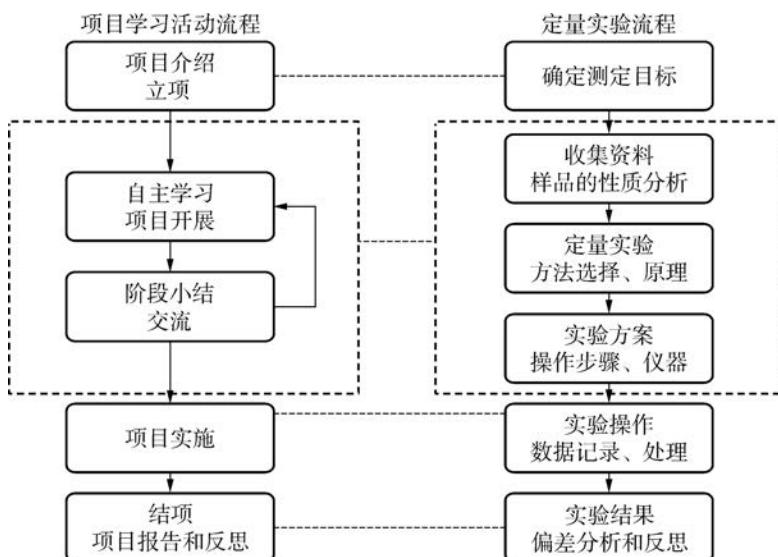


图3-2 项目学习活动、定量实验流程

本项目学习活动的课堂教学时间共2课时，但要完成整个项目学生还需要在课外完成如资料的收集、适当的自学、交流汇报的准备、项目报告的撰写等任务。宝贵的课堂时间用于解决项目中的核心或关键问题、进行安全的实验探究。因此第1课时可以在教室中进行，主要让学生在明确实验目的的基础上理解实验原理，以定量实验的“准确”作为讨论和评价依据，不断完善实验步骤，直至完成实验方案。第2课时需要在化学实验室中进行学生实验，要求学生完成实验操作后，根据实验数据处理和计算结果进行实验偏差的原因分析并进行交流，最终形成一份项目报告。

二、项目学习活动规划

主题：如何测定硫酸铜晶体中结晶水的含量 课时数：2课时

活动分析	在本项目学习活动前，学生已经完成了必修第一册教材前三章的学习，已经具备了物质的量的相关计算、常见硫酸盐（硫酸铜）的部分物理和化学性质等相关化学知识，但还缺少综合运用，尚未达到较高的认识水平。学生只有较简单的定量实验（配制一定物质的量浓度的溶液）的学习和操作经历，而测定硫酸铜晶体结晶水的含量需要学生运用物质的量的计算、查阅硫酸铜晶体分解温度等数据，得出测定原理，再从理论向实践转化，最终设计成定量实验方案，完成实验操作，对实验偏差原因进行分析和反思。
------	---

(续表)

活动目标	<p>通过本项目学习活动，要求学生理解确定物质化学式的一种定量分析方法——重量法，掌握定量分析的一般过程和常用定量仪器的使用方法，以及如何记录和处理实验数据、如何书写定量分析实验报告等。感受化学学习的目的是应用化学知识解决实际问题，同时感悟严谨求实的科学态度对定量实验的重要性。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 解释硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验原理。 2. 复述恒重操作的概念和操作要点。 3. 设计并描述硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验步骤。 4. 完成硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验操作。 5. 能对实验数据进行准确的处理和计算，并分析产生实验偏差的原因。 6. 初步形成定量探究意识，认识定量实验对化学科学的重要价值，形成严谨求实、勇于实践的科学态度。
------	--

课时	行为目标	教学活动（活动组 / 问题链 / 任务单）	教学资源	评价内容
第1课时 测定硫酸铜晶体结晶水含量的实验方案设计	<p>1-1 能运用化学符号和定量计算说明硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验原理。</p> <p>1-2 能根据资料数据、实验条件、实验操作、仪器简介等信息合理选择实验仪器。</p> <p>1-3 能复述恒重操作的概念和操作要点。</p> <p>1-4 能根据实验原理设计并描述硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验步骤和数据记录表。</p> <p>1-5 初步形成定量探究意识，认识定量实验对化学科学的重要价值，形成严谨求实的科学态度。</p>	<p>课前活动一：项目介绍、立项。</p> <p>【情境】展示胆矾、石膏、明矾的图片。通过定性实验可知它们都是硫酸盐的结晶水合物。</p> <p>【问题】不同结晶水合物中的结晶水含量不同，通过什么方法得知结晶水含量？</p> <p>【任务】明确本次项目活动要通过定量实验确定硫酸铜晶体的结晶水含量，表达硫酸铜晶体化学式的微观含义，用含x的化学式表示未确定结晶水含量的硫酸铜晶体。</p>	各种试剂的图片。	能正确书写化学式： $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。能说出项目活动的主题。
		<p>课前活动二：收集相关性质资料，选择实验方法。</p> <p>【情境】拉瓦锡、卡文迪什、道尔顿等科学家都使用过天平称量物质的质量，从而确定被测物质的组分含量，这种方法称为重量法。</p> <p>他们根据样品的不同性质，选择不同的分离途径，然后称量分析物质成分。有的样品利用沉淀反应将被测组分以难溶化合物的形式沉淀下来，称重计算出被测组分的含量。有的样品利用物质的挥发性质，通过加热使被测组分转化为挥发性物质从样品中逸出，根据气体逸出前后的质量之差来计算被测组分含量。</p> <p>【问题】硫酸铜晶体有哪些物理性质和化学性质？哪个性质可用于重量法分析？硫酸铜晶体在不同温度下会发生不同的分解反应吗？</p> <p>【任务】观察硫酸铜晶体样品，说出其物理性质。回忆硫酸铜的化学性质。选择用加热硫酸铜晶体失水的方法来测定硫酸铜晶体中结晶水的含量。查阅资料，写出两个分解反应的化学方程式和对应的分解温度。</p>	化学史料、分析化学教材节选。	说出硫酸铜晶体是蓝色的块状固体。能正确书写硫酸铜晶体失水和硫酸铜分解的化学方程式。从可靠的途径查得两个分解反应的温度数据。

(续表)

课时	行为目标	教学活动(活动组/问题链/任务单)	教学资源	评价内容
第1课时 测定硫酸铜晶体结晶水含量的实验方案设计		课前活动三:确定实验原理。 【问题】实验中要测哪些量?怎么样计算出 x 的值? 【任务】用公式表达结晶水含量 x 的测定方法。		能说出必须要测结晶水的质量和无水硫酸铜的质量。 写出正确的计算 x 的公式。
		课前活动四:初步设计实验方案。 【情境】提供已经学过的实验方案为范例(配制一定物质的量浓度的溶液: ①计算;②称量……)。 【问题】根据实验原理设计实验方案中的主要操作,选择相应的仪器。 【任务】设计出初步方案:①称量;②加热;③冷却;④称量。选择仪器:电子天平、酒精灯、坩埚、泥三角、坩埚钳。	教材、教材配套实验部分中的仪器介绍。	能说出主要操作为:称量→加热→冷却→称量。能说出所需的称量仪器和加热仪器。能有依据地选择各步骤中所用仪器。
		课堂活动一:汇报交流,优化实验方案。 【情境】“精准”对定量实验的意义和价值。确保定量实验的精准要做到“仪器精准”和“操作精准”。 【问题】评价初步方案中的操作和仪器是否“精准”?怎样修改、调整? 【引导】加热操作中要做到“不多失重”“不少失重”“恰好完全失水”。 【任务】汇报交流、讨论,发现初步方案中不够准确的步骤。 发现加热块状硫酸铜晶体这步操作中有不够准确之处:一是加热时会有飞溅现象,造成样品损失,即会“多失重”;二是加热后块状晶体内部仍然为蓝色,没有完全失去结晶水,即会“少失重”。 提出在称量前应将样品研磨成粉末。 发现在空气中冷却时无水硫酸铜会吸收空气中的水,造成“少失重”。提出将加热后的样品置于干燥器中冷却。 根据“恰好完全失水”,用恒重操作来判断是否完全失去结晶水。	研钵、坩埚、干燥器的实物和简介。	能描述实验步骤为:研磨→称量→加热→冷却→称量→重复加热、冷却、称量至恒重。
		课堂活动二:设计实验数据记录表。 【情境】提供资料介绍随机误差(偶然误差),用平行实验减少偶然误差。 【任务】根据实验方案设计数据记录表(含平行实验),交流展示。	分析化学教材节选。	能设计实验数据记录表,不遗漏数据,物理量名称或符号及单位能规范书写。
第2课时 测定硫酸铜晶体结晶水含量的实验操作	2-1 完成硫酸铜晶体中结晶水含量测定的实验操作。 2-2 客观地记录实验数据,准确运算、处理数据。 2-3 分析产生实验偏差的原因。	课前活动:视频学习各步操作。 【情境】提供两个视频:第一个视频是实验各步规范操作的演示视频,第二个视频是含有一些错误操作的“找错视频”。 【问题】从“找错视频”中指出错误操作并纠正。 【任务】先观看规范操作的演示视频,再观看“找错视频”,找出其中的错误操作并纠正。	用坩埚灼烧固体、研钵和干燥器的操作视频。 含有错误操作的“找错视频”。	能从“找错视频”中指出错误操作,并说出正确的操作。

(续表)

课时	行为目标	教学活动(活动组/问题链/任务单)	教学资源	评价内容
第2课时 测定硫酸铜晶体结晶水含量的实验操作	2-4 形成严谨求实、勇于实践的科学态度。	课堂活动一：实验准备。 【情境】播放实验安全教育视频。 【任务】观看实验安全教育视频，知晓实验过程中可能产生的危险情况和应急处理的方法，清点实验仪器和试剂，确认仪器齐全且完好。	烫伤、割伤预防和应急处理视频。	能正确说出应急处理的方法。
		课堂活动二：学生实验。 【巡视和指导】 【任务】实验操作，数据记录、处理、运算。	教师操作演示仪器，学生实验的仪器和药品。	能按照步骤规范操作，准确记录、处理数据。
		课堂活动三：偏差原因分析。 【布置】请同学分析自己的实验偏差原因，听取其他小组的分析交流后归纳产生实验偏差的原因。 【任务】分析并汇报自己的实验偏差原因，倾听并评价其他小组的分析。 【归纳】产生实验偏差的原因。		能正确分析自己的实验偏差原因。 能正确评价其他小组的实验偏差原因，并分析归纳出错误操作产生的对应的实验偏差。

三、项目学案与报告

项目学案

【活动预习】

在硫及其重要化合物这一章节中我们学过了胆矾、明矾、石膏等这些硫酸盐的结晶水合物。请观赏它们的照片，并写出它们的化学式。

1. 项目活动介绍和主题

纯净物的组成用化学式表示，确定化学式是研究物质的重要一步。化学式在学习、研究、生产等方面有着重要的作用，如用硫酸铜晶体和熟石灰配制农药波尔多液，就需要用硫酸铜晶体的化学式计算摩尔质量，从而估算出量取硫酸铜晶体的质量。

硫酸铜晶体的化学式可以用实验的方法测定。首先通过定性实验确定硫酸铜晶体中含有铜离子、硫酸根离子和结晶水分子。不同的结晶水合物中结晶水含量不同，硫酸铜晶体中为“5”，明矾中为“12”，石膏中为“2”。

如何测定硫酸铜晶体中的结晶水含量是“5”呢？让我们开始这次项目活动。

问题：

(1) 本次项目活动的主题是什么？

(2) 表述硫酸铜晶体化学式中的“5”的微观含义。

(3) 在未测定出具体数值前，用未知数x代替“5”，请书写待测硫酸铜晶体样品的化学式。

2. 选择实验方法

阅读资料：

在定量分析中，一般是先用适当的方法将被测组分与式样中的其他组分分离后，转化为一定的称量形式，然后称重，由称得的物质的质量计算该组分的含量，这种分析方法称为重量分析法。根据被测组分与其他组分性质的不同、分离方法的不同，重量分析法主要分为下述三种方法：

① 沉淀法是利用沉淀反应使被测组分以难溶化合物的形式沉淀出来，再将沉淀过滤、洗涤、烘干或灼烧，最后称重并计算其含量。

② 汽化法（又称为挥发法）是利用物质的挥发性质，通过加热或其他方法使试样中待测组分挥发逸出，然后根据试样质量的减少计算该组分的含量。

③ 电解法是利用电解的方法使待测金属离子在电极上还原析出，然后称量电极增加的质量，即金属的质量。

重量分析法是一种经典的化学分析方法，拉瓦锡、卡文迪什、道尔顿等科学家都使用过天平称量物质的质量，来确定被测物质的组分含量。

任务：

(1) 硫酸铜晶体的性质分析

观察教师提供的硫酸铜晶体样品，记录样品的颜色和状态。

① 颜色：

② 状态：

块状 粉末状

化学性质

① 写出硫酸铜晶体（用含 x 的化学式表示）受热失水的化学方程式。

② 通过查阅资料，了解硫酸铜晶体失水的温度。

③ 将硫酸铜晶体加热到超过失水温度以上，无水硫酸铜受热会分解吗？

请查阅资料，若能，写出化学方程式，并标出分解的温度。

④ 列举硫酸铜晶体的其他化学性质。

(2) 根据硫酸铜晶体的性质，你选择哪一种重量分析的方法？

3. 实验原理

问题：

(1) 根据你选择的定量分析方法，怎样计算出 x 的值？(用公式表达)

(2) 实验中要测哪些物理量?

4. 设计初步实验方案

提示:

- (1) 操作步骤书写可参考配制一定物质的量浓度的溶液的实验。
- (2) 仪器选择不限于所学过的仪器,可以查阅教材配套实验部分,选择其中列出的仪器。
- (3) 做好交流汇报准备。

步骤	初步方案	
	操作	仪器
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
.....		

请列出预习过程中你遇到的问题或困惑:

【课堂活动】

1. 优化你的初步方案

步骤	优化方案	
	操作	仪器
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
.....		

2. 根据你的实验方案设计实验数据记录表

参考：

步骤编号	待测物理量	数据 / 单位	平行实验的数据 / 单位

3. 学习与讨论

(1) 观看各步操作规范的演示视频。

(2) 观看找错视频，指出错误操作并纠正。

(3) 用给出的一组实验数据计算 x 值，判断实验结果是否合理。

单位：g

坩埚质量	11.704
坩埚和样品质量	22.663
第一次加热、冷却、称量质量	18.660
第二次加热、冷却、称量质量	18.654
第三次加热、冷却、称量质量	18.654

阅读资料：

1 mol 硫酸铜晶体中结晶水含量是 5 mol，这是一个参考值。实验使用的电子天平读数可以精确到 0.001 g，考虑到硫酸铜和水的摩尔质量的精确度（严格地说，铜和氢的摩尔质量应使用 $63.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $1.008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ），假如实验结果测得 1 mol 硫酸铜晶体的结晶水含量为 $4.90 \sim 5.10 \text{ mol}$ ，仍可认为是合理的结果。

【撰写项目报告】

项目报告

一、项目主题

二、研究目标

三、项目参与成员及分工

四、项目活动中遇到的问题和解决方式

五、实验报告

1. 实验原理（化学方程式、计算公式等）

2. 实验试剂和仪器

3. 实验方案

4. 实验数据

(1) 实验数据记录

步骤编号	待测物理量	数据 / 单位	平行实验的数据 / 单位

(2) 数据计算和处理

5. 偏差分析

六、项目学习活动的收获和反思

案例提供者：西南位育中学 陈浩

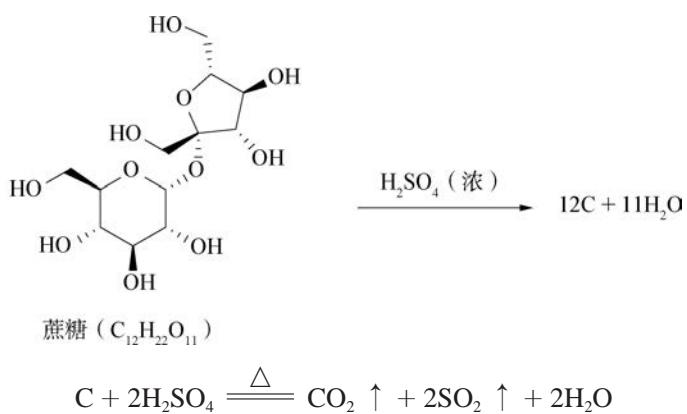
本章教学问题讨论与教学资源链接

实验讨论

1. 浓硫酸使蔗糖脱水

第3章第1节在介绍硫的重要化合物——硫酸的性质时，通过“实验探究”引入了“浓硫酸使蔗糖脱水”演示实验，旨在通过浓硫酸与蔗糖的反应，让学生经过仔细分析这一实验的设计思路、观察实验现象，理解浓硫酸具有吸水性、脱水性和氧化性三大特性。

教师在课堂上可以通过下述问题启发学生进行发散思维：①为什么要先用少量水润湿蔗糖后再与浓硫酸反应？该步骤的实验原理是什么？②两者反应后，为什么蔗糖颜色由白色逐渐变为棕色，最后变成黑色，生成“蜂窝状的黑色蛋糕”？③为什么实验过程中有刺激性气味？可以让学生小心地触摸一下烧杯的外壁，了解反应是吸热还是放热，引导学生综合分析后得出结论：①先将蔗糖润湿，是因为浓硫酸具有吸水性，正是利用浓硫酸吸水时放出的热来促进蔗糖与浓硫酸的反应。②有黑色物质生成，是因为蔗糖发生了炭化，证明浓硫酸具有脱水性。③反应后的特殊气味体现了浓硫酸的氧化性。蔗糖与浓硫酸反应生成的炭（具有还原性），与残余的浓硫酸（具有氧化性）发生化学反应，生成了有刺激性气味的二氧化硫。检验生成的具有特殊气味的气体是二氧化硫时，教师应提醒学生：由于二氧化硫的密度比空气大，如果将润湿的品红试纸贴在一个大烧杯底部，再将此烧杯倒扣在蔗糖与浓硫酸反应的小烧杯上方，试纸变色不明显，将反应气体通入品红试液中检验褪色现象更明显。



2. 浓硫酸与铜的反应

第3章第1节中的“浓硫酸与铜的反应”实验，旨在让学生通过直观的实验现象，更容易接受浓硫酸具有氧化性这个知识点，也进一步启发学生认识到，科学发现和发明是建立在实验事实基础上的。

该实验的操作存在一定的危险性，反应物浓硫酸和产物二氧化硫都可能存在安全隐患。因此在学生开始实验之前，建议教师先让学生根据已有的知识，讨论一下浓硫酸的危险性和操作注意事项，同时向学生介绍二氧化硫气体的有害性质，强调在进行实验时务必要规范操作，注意安全，特别要防止浓硫酸溅出造成伤害。为了保证每位学生都能成功完成实验，教师还应提醒学生在搭建实验装置时注

意下述关键问题：① 实验中为了控制反应的发生和终止，铜丝是内外相通的，连接装置时要将插铜丝的小孔涂上凡士林，并检验装置的气密性。② 实验用的品红试液和高锰酸钾的酸性溶液的浓度不宜过高，否则可能观察不到溶液褪色。③ 由于二氧化硫易溶于水，可能会发生倒吸，建议采用防倒吸装置。

教师引导学生按步骤进行操作，并提醒学生注意捕捉、分析实验过程中的关键现象。本实验的主要操作过程和关键现象如下：① 实验开始，可以把粗铜丝旋入浓硫酸中，但不加热，让学生观察装置最左侧的第一支试管中的溶液是否有变化。② 然后加热试管，请学生注意观察第一支试管里的现象和溶液的颜色变化——会观察到试管内有气泡生成，而且溶液变浑浊。③ 停止加热，将铜丝慢慢旋出液体，打开双连球上的活塞，用双连球将装置内残余的气体吹入装有品红试液的第二支试管、装有高锰酸钾的酸性溶液的第三支试管，最后吹入装有氢氧化钠溶液的烧杯中被完全吸收。学生可以观察到第二、第三支试管溶液变成无色了，让学生总结得出反应产生的气体应该是二氧化硫。④ 随后，用长滴管吸取第一支试管中的悬浊液，注入盛有少量水的试管中，能观察到溶液呈蓝色，说明金属铜被氧化成蓝色的硫酸铜了。本实验有时在第一支试管中会出现白色、黑色颗粒物，白色颗粒物是无水硫酸铜（浓硫酸吸收硫酸铜的结晶水产生）；黑色颗粒物成分非常复杂，可能含有硫化铜、硫化亚铜、氧化铜等，由于反应机理复杂，教学时不宜详细介绍。

3. 氨的“喷泉”实验

第3章第2节在介绍氮的重要化合物氨和氨水时，通过“实验探究”引入了氨的“喷泉”实验，旨在通过课堂上让学生观察“喷泉”实验的实验现象，用实验的趣味性激发学生的好奇心，使学生更好地理解氨极易溶于水、氨水呈碱性的性质。

要成功演示氨的“喷泉”实验，在装置连接和实验操作方面需注意下述关键问题：① 做喷泉实验用的烧瓶一定要干燥，而且气密性要好，否则烧瓶内的水会溶解氨气（常温下氨气在水中溶解的体积比约为 $700:1$ ），导致实验时烧瓶内外压强差不够大，不能形成喷泉；或喷泉持续时间太短，液体不能充满烧瓶。② 一定要将烧瓶中充满氨气，且氨气的纯度越高，形成喷泉的效果越好。建议采用加热浓氨水的方法制备高纯度的氨气，最好是当天制取、当天使用。③ 连接装置的操作要迅速，避免空气进入烧瓶，影响实验结果。酚酞加入量不宜太少，否则喷泉的红色不明显。④ 挤压预先吸入水的滴管的胶头时一定要迅速，这样才能使烧瓶内的压强瞬间减小，然后打开活塞，烧瓶内外的压强差使烧杯里的无色酚酞水溶液经导管流向烧瓶内，形成喷泉，而且无色溶液变成红色。

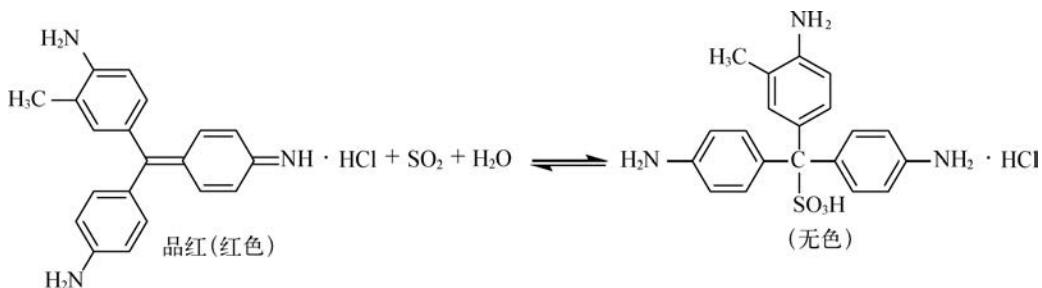
教师要引导学生用所学的知识分析以下几个问题：① 喷泉是如何形成的？② 无色酚酞溶液为什么变成了红色？③ 这个实验说明了什么问题？④ 除了氨气，你知道还有哪些气体可以做喷泉实验？这些气体是易溶于水还是难溶于水？⑤ 如果我想看到蓝色的喷泉，应如何操作？帮助学生加深对“喷泉”实验原理以及气体水溶液酸碱性的理解。

除了教材中图3.11所示的装置外，教师可引导学生设计、探究喷泉实验的其他装置。比如，为了减少氨气的用量，可用试管替换烧瓶收集满氨气，塞上插有针头的橡胶塞，而后将预先吸入酚酞水溶液的注射器塞在针头上，挤压少量溶液至试管中，试管内也可以形成红色喷泉，而且能观察到注射器的活塞随之自动向上移动，更好地说明试管内外的压强差是形成喷泉的原因。此外，还可以将喷泉实验装置与氨气的制取联合进行，无需事先收集好氨气，避免事先收集好的氨气外逸导致实验效果不佳甚至失败。

► 教学疑难问题解析

1. 二氧化硫的漂白性

二氧化硫具有漂白作用，能漂白品红等有色物质。漂白作用的原理是二氧化硫溶解于水，生成的亚硫酸可以跟某些含有特定官能团的有色的有机物质直接结合成无色化合物，使之褪色。例如，把二氧化硫通入微酸性的品红试液里，溶液颜色会由红色变为无色，就是亚硫酸直接跟品红结合的结果。品红的结构里有一个对苯醌式结构的发色团，当品红试液里通入二氧化硫后，相互结合改变了发色团的结构，形成不稳定的无色化合物。反应的化学方程式为：



该无色化合物不稳定，在加热时会分解，重新生成品红，所以将封闭了少许溶有二氧化硫的无色品红试液加热时，溶液会由无色变为红色。石蕊由于不具有类似品红的对苯醌式结构发色团，所以无法与亚硫酸结合变成无色化合物，因此，二氧化硫只能使紫色的石蕊试液变红，但不能使其褪色。同时，可以让学生思考已经学过的能使品红褪色的化学试剂还有哪些，如氯气、活性炭等，总结这几种试剂使品红褪色的原理是否相同。结论是：① 氯气能使品红试液褪色，是因为次氯酸具有氧化性，品红被氧化成较稳定的无色物质，因而这种褪色是不可逆的。② 活性炭能使品红试液褪色，是因为活性炭具有吸附性，吸附了有色物质。通过上述比较，加深学生对于常见漂白剂及漂白原理的理解。

2. 氮气和一氧化氮的结构

氮分子结构简单表达式为 :N≡N:, 根据分子轨道理论，由于氮原子的 2s 轨道和 2p 轨道的能量十分接近（能量差 <10 eV），2s 和 2p_z 轨道相对于对称轴又具有同样的对称性，满足对称性匹配的条件，因此会出现 sp 混杂现象，即两个原子的 2s 和 2p_z 四个原子轨道可以组合在一起，形成四个新的分子轨道（图 3-3），能量从低到高分别记作 2σ_g、2σ_u、3σ_g、3σ_u（下标 g 表示中心对称，下标 u 表示

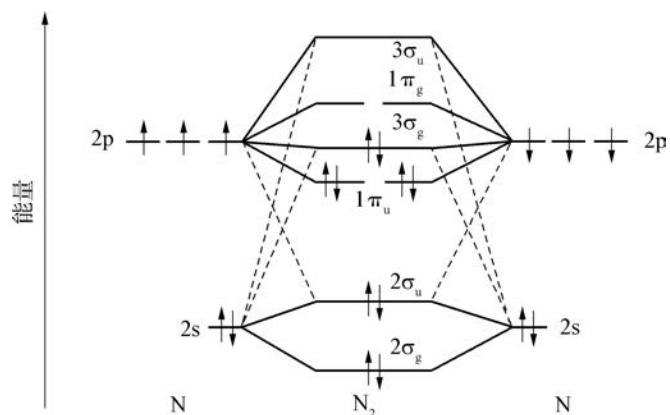


图 3-3 N₂ 基态分子轨道能级示意图

中心反对称)，其中 $3\sigma_g$ 轨道的能量高于 $1\pi_u$ 轨道的能量。光电子能谱得到的氮分子的分子轨道电离能为 $3\sigma_g$ 轨道15.57 eV， $1\pi_u$ 轨道16.69 eV，证明氮分子确实存在sp混杂现象(一般情况下 $3\sigma_g$ 轨道的能量低于 $1\pi_u$ ，如氧分子)。因此，氮分子的基态电子构型为 $\text{KK}(2\sigma_g)^2(2\sigma_u)^2(1\pi_u)^4(3\sigma_g)^2$ ，有6个成键电子，键级为3，氮氮三键由一个双电子 σ 键、两个双电子 π 键组成。由于无单电子，所以氮分子无顺磁性。

一氧化氮分子结构简单表达式为： $\cdot\ddot{\text{N}}=\ddot{\text{O}}:$ ，根据分子轨道理论，异核双原子分子没有对称中心(无g、u之分)，所以一氧化氮分子的基态电子构型为 $(1\sigma)^2(2\sigma)^2(3\sigma)^2(4\sigma)^2(1\pi)^4(5\sigma)^2(2\pi)^1$ 。氮和氧之间由一个双电子 σ 键、一个双电子 π 键和一个三电子 π 键构成(图3-4)。由于有单电子，所以一氧化氮分子呈顺磁性。众所周知，一氧化氮是造成空气污染的主要污染源之一。但是，近年来研究发现，一氧化氮广泛存在于生物体内的各组织中，在心脑血管、神经系统和免疫调节中起着重要的生理作用。例如，在血压调节过程中发挥重要作用的血管内皮舒张因子的化学本质就是一氧化氮。1992年，一氧化氮被《科学》杂志评为“年度明星分子”。1998年，美国科学家弗奇哥特(Robert F. Furchtgott)、伊格纳罗(Louis J. Ignarro)和穆拉德(Ferid Murad)三人“因发现一氧化氮在心血管系统中起信号分子作用”而共同获得诺贝尔生理学或医学奖。

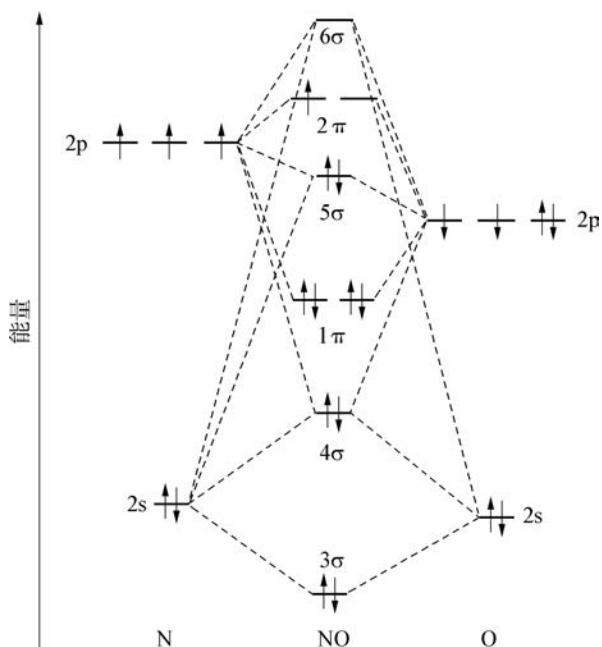


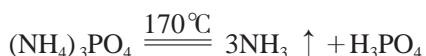
图3-4 NO基态分子轨道能级示意图

3. 铵盐及有关性质

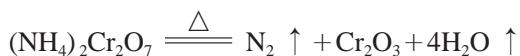
氨分子中氮原子上有孤对电子，可作为电子的给予体与具有空轨道的电子接受体(如 H^+ 、硼烷等)以配位键结合形成铵根离子(NH_4^+)、氨硼烷($\text{H}_3\text{B}\cdot\text{NH}_3$ ，新型固体储氢材料)。铵根离子的四个N—H键具有等同性，呈正四面体结构，带一个单位正电荷，与钠离子为等电子体。由于钠离子的核电荷数较大，而铵根离子中氮的核电荷数较小，所以钠离子的半径远小于铵根离子。与铵根离子具有接近的离子半径的是钾离子和铷离子，它们之间的性质更具相似性。铵盐与同类钾盐、铷盐有相似的性质，如它们具有相同的晶型及较强的溶解性等。铵根离子无色，所以只要铵盐的负离子无色，一般铵盐都是无色晶体。由于对应的氨水是弱碱，所以铵盐都会水解。由于 OH^- 结合氢离子的能力比氨

强烈，所以，铵盐都可以与碱反应放出氨气。该性质可用于检验铵盐、实验室制备氨气，也解释了铵态氮肥不可与碱性物质混用的原因。铵盐受热都易分解，如氯化铵受热分解为氨气和氯化氢。虽然冷却时氨气和氯化氢相遇又会生成氯化铵，但由于上述反应并不是在相同条件下发生的，所以不是可逆反应。

除氯化铵、碳酸氢铵以外的铵盐分解产物复杂，如多元酸的铵盐，分解会随条件不同而产生酸式盐或酸：



氧化性酸的铵盐分解会发生氧化性酸与氨的氧化还原反应：



容易看出，硝酸铵可在不同条件下分解出各种气体，因此是一种烈性炸药。硝酸铵若跟木炭、木屑等易燃物混合，由于其分解时不但产生大量气体，还会产生助燃的氧气，并且放出大量热，可制成硝铵炸药。

4. 浓、稀硝酸的强氧化性

要引导学生明确：

(1) 浓硝酸和稀硝酸都具有氧化性。

(2) 浓硝酸和稀硝酸与铜反应时都可以不需加热(稀硝酸与铜反应加热只是为了加快反应速率)。

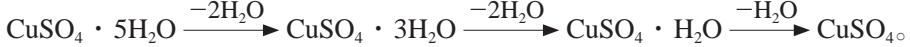
(3) 浓硝酸的还原产物是二氧化氮，且反应较快；稀硝酸的还原产物是一氧化氮，且开始时反应较慢。

(4) 常温下浓硝酸与金属铁或金属铝接触时会发生钝化现象，但加热后则可持续发生反应。

在上述基础上，可以引导学生写出红热的木炭与浓硝酸反应的化学方程式，通过练习突破正确书写各种反应的化学方程式这一学习难点。在此部分，建议不要介绍硝酸被还原为其他价态的含氮物质的反应，以免学生记忆混淆，增加学生的学习负担。可以让学生对浓硝酸、浓硫酸分别与铜发生反应的化学方程式、反应相同点和反应不同点进行比较，加深学生对于浓硝酸、浓硫酸氧化性的理解，帮助学生记忆。如果有条件，教师可以做演示实验，增加学生的直观印象，让学生能更清楚地观察到稀硝酸和浓硝酸都能与铜反应，但反应快慢和气体产物的颜色都不相同。由于硝酸具有腐蚀性，一氧化氮和二氧化氮都有毒性，所以演示实验时要注意防护和通风。选用1:2的稀硝酸反应，现象比较明显。硝酸与金属的反应是相当复杂的，其还原产物除取决于硝酸的浓度、金属的还原能力外，还与反应温度和反应中间产物的催化作用有关。

1. 胆矾的分步失水过程

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 俗称蓝矾或胆矾，在常温常压下很稳定，不潮解，呈蓝色，在干燥空气中会逐渐风化。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体结构（图 3-5）中， Cu^{2+} 呈八面体配位，被四个 H_2O 和两个 SO_4^{2-} 中的 O 所围绕。第五个 H_2O 被 Cu^{2+} 八面体中的两个 H_2O 和 SO_4^{2-} 中的两个 O 围绕。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的失水过程与加热速率、反应气氛等密切相关。一般认为加热速率较低时，反应体系与环境接近热平衡，失水过程分三步进行：



加热速率较高时，前两步失水过程较难分开， $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的失水过程分两步进行： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{-4\text{H}_2\text{O}} \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{CuSO}_4$ 。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 也可在浓硫酸的作用下失去五个结晶水，变成白色的无水硫酸铜。白色的无水硫酸铜易吸水转变为水合硫酸铜（蓝色），常利用这一特性对某些液态有机化合物（如酒精）中是否含有微量水分进行鉴定。硫酸铜在电镀、印染、颜料、农药等方面有广泛应用。比如，无机农药波尔多液（硫酸铜与熟石灰的混合液）是一种良好的杀菌剂，可用来防治多种作物的病害。

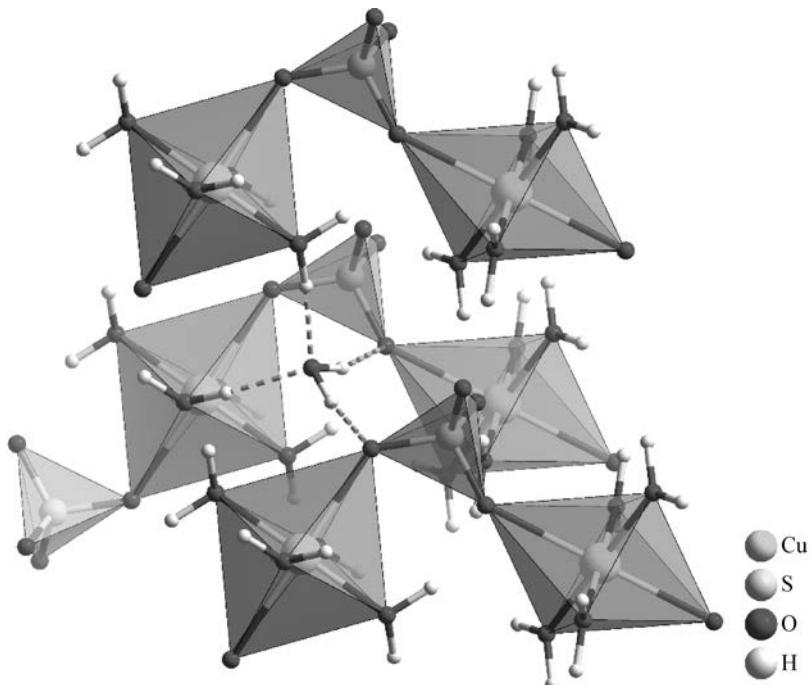


图 3-5 胆矾的晶体结构

还有很多含结晶水的硫酸盐被称为矾，如 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 称为皓矾， $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 称为绿矾。由一价金属（如钾、铵等）硫酸盐、三价金属（如铬、铁、矾等）硫酸盐与 24 分子水组成的硫酸复盐，通式为 $\text{R}_2\text{SO}_4 \cdot \text{M}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{RM}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，例如， $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 称为明矾； $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 称为铵铁矾； $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 称为钠铬矾； $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 称为钾铬矾。含结晶水的硫酸盐通常具有一些特殊功能。例如明矾可以作为净水剂、灭火剂、膨胀剂、中药等。再如，十水硫酸钠（俗称芒硝）因其潜热值和储能密度较大、热传导性能好、价格低廉等优点，作为最典型的一种相变储能材料受到国内外专家学者的

关注。如一种简易的利用太阳能调节室内温度的方法，就是将封装有芒硝的聚乙烯管安装在房屋的外墙内，在白天当太阳光照射时，将太阳能转化为化学能，从而达到蓄热作用，降低室内的温度；而到了晚上，它又能将化学能再转化为热能放出，使室内保持温暖。



2. 合成氨工业

氨是重要的无机化工产品之一，在国民经济中占有重要地位。除液氨可直接作为肥料外，农业上使用的氮肥，例如尿素、硝酸铵、磷酸铵、氯化铵以及各种含氮复合肥，都是以氨为原料的。科学研究表明，农作物要获得高产，需要比较丰富的氮素营养。多数作物形成 500 kg 经济产量，需要吸收的氮素在 1~4 kg 之间。而总的来说，各种土壤的含氮量在 0.05%~0.2% 之间，多数在 0.1% 左右，土壤的含氮量是不能满足作物生长需要的。

合成氨是指由氮气和氢气在高温高压和催化剂存在条件下直接合成氨气。由于氮气的化学性质很不活泼，氮分子中氮氮三键的键能高达 $946 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，要断裂氮原子间的键很困难，因此，合成氨的工业生产是一个很难的课题，是化学工业的重要组成部分。由于氨的人工合成，开创了化学肥料的产业。

合成氨从实验室研究到实现工业生产，大约经历了 150 年。1909 年，德国物理化学家哈伯 (F. Haber) 用金属锇作催化剂，将氮气与氢气在约 20 MPa 和 600 ℃ 下直接反应，合成得到 6% 的氨，建立了一个每小时 80 g 合成氨的试验装置。但是，氮气、氢气混合气每次通过反应器仅有一小部分转化为氨，因此哈伯又提出将未参与反应的气体返回反应器的循环工艺，该工艺被德国巴斯夫公司所采用。由于金属锇稀少、价格昂贵，问题又转向寻找合适的廉价催化剂。该公司委任著名的化工专家博施 (C. Bosch) 于 1912 年用两千多种不同的催化剂进行了六千余次试验，终于研制出以钾、铝氧化物作助催化剂的价廉易得的铁催化剂。而在工业化过程中碰到的一些难题，如高温下氢气对钢材的腐蚀、碳钢制的氨合成反应器寿命仅有 80 h 以及合成氨用氮氢混合气的制造方法等，也都被博施一一解决。此时，德国准备发动战争，急需大量炸药，而由氨制得的硝酸是生产炸药的理想原料，于是巴斯夫公司于 1912 年在德国奥堡建成世界上第一座合成氨的装置，1913 年 9 月 9 日开始运行，氨的日产量达 30 t。人们称这种合成氨法为哈伯-博施法，它标志着工业上实现高压催化反应的第一个里程碑。第一次世界大战结束后，合成氨工业从为战争服务，转向为农业、工业服务。合成氨研究领域迄今诞生过三位诺贝尔化学奖得主，分别为发明高温高压合成氨过程的哈伯（荣获 1918 年度诺贝尔化学奖），实现合成氨工业化研究、发展出哈伯-博施过程的博施（荣获 1931 年度诺贝尔化学奖），以及利用表面科学手段阐明合成氨机理的埃特尔 (G. Ertl，荣获 2007 年度诺贝尔化学奖），创造了一项工业技术的研究发展使三人获得诺贝尔化学奖的奇迹。

3. 海洋中氮、硫地球化学循环

氮、硫等元素的生物地球化学循环，与生命过程息息相关，是长久以来的研究热点。目前，相关研究多集中在通过同位素手段来重建氮、硫循环过程的变化，并反演海洋的氧化-还原状态，进而探讨其与生命演替的关系，如二叠纪末海洋缺氧与生物灭绝的关系^[1] 等。

海洋氮、硫循环过程主要表现为这两种元素的氧化态和还原态在水体中相对比例的变化。该比例

变化取决于海水中氮和硫元素不同价态化合物的输入和输出情况。海洋中硝酸盐和硫酸盐的还原是影响两元素氧化态和还原态收支的关键过程，海水中氧气的多寡决定了海洋硝酸盐和硫酸盐被还原的程度。在次氧或贫氧环境的水体中，通常硝酸盐与硫酸盐还原菌较为活跃，致使反硝化（将 NO_3^- 还原成 N_2 ）和硫酸盐还原（将 SO_4^{2-} 还原成 H_2S ）过程增强。由于细菌优先利用轻同位素（ ^{14}N 和 ^{32}S ），这两个过程均伴随着重同位素（ ^{15}N 和 ^{34}S ）富集在海水中剩余的硝酸盐和硫酸盐当中。但是，同位素变化最终是否能够被记录到还取决于还原反应中剩余的硝酸盐与硫酸盐的量。例如，在沉积物孔隙水中发生的反硝化过程，由于会将其中的硝酸盐消耗殆尽而不产生明显同位素分馏。

目前，氮、硫同位素（ $\delta^{15}\text{N}$ 和 $\delta^{34}\text{S}$ ）分析是研究海洋氧化或缺氧状态的有效手段。在众多研究载体中，有孔虫壳体碳酸盐中的有机质被认为是分析氮同位素的可靠对象，而重晶石（ BaSO_4 ）和有孔虫碳酸盐晶格中的硫酸盐则是分析硫同位素的理想材料，主要是因为它们代表海洋来源且较少受到成岩作用的影响。近期，美国普林斯顿大学地球科学系的卡斯特（Kast）等首次报道了来自北太平洋（ODP 1209）、北大西洋（IODP U1409）和南大西洋（ODP 1263）新生代以来有孔虫壳体碳酸盐中有机质氮同位素（foraminifera-bound $\delta^{15}\text{N}$, FB- $\delta^{15}\text{N}$ ）记录，并讨论了与海洋 O_2 含量相关的氮循环变化^[2]。他们的结果显示：古新世时，FB- $\delta^{15}\text{N}$ 值要比现在高出约 0.5%~1%，且表现出明显的空间差异（ODP 1209 的 $\delta^{15}\text{N}$ 要高于 ODP 1263 和 IODP U1409），表明全球海洋水体反硝化过程的增强，暗示古新世时海洋出现广泛的贫氧状态。此后，FB- $\delta^{15}\text{N}$ 表现出显著降低，说明反硝化减弱和海水中氧气含量增加，自 59 Ma 随着板块的汇聚海洋温跃层和中层水变得富氧。与此同时，海水中硫酸盐的 $\delta^{34}\text{S}$ 在古新世-始新世时段也经历了较大的变化。佩坦（Paytan）等人发表的重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 结果^[3] 和伦尼（Rennie）等人发表的有孔虫碳酸盐晶格中的硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 结果^[4] 均显示海洋硫同位素从 53~40 Ma (Ma: 百万年) 的显著升高，而且之后一直维持在相对高的水平。科学家认为，构造运动所导致的硫化物理藏海域的变化，如硫化物更多地埋藏至更深的海洋环境，是上述硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 变化的主要原因。综上所述，海洋中氮、硫地球化学循环的影响因素非常复杂，其研究需要多指标综合分析。

4. 人类发展与自然和谐共处：绿色化学

阿纳斯塔斯（P. T. Anastas）和沃纳（J. C. Warner）提出了绿色化学的 12 条原则^[5]：

① 防止产生废弃物。

② 提高原子经济性（指参与化学反应的所有原子被利用的程度。被利用程度越高，原子经济性越好）。

③ 合成路线尽可能选择使用无害或毒性很小的物质。

④ 生成的化学产品是安全的。

⑤ 溶剂和辅料是较安全的。

⑥ 设计中能源的使用要讲效率。

⑦ 用可再生的原料。

⑧ 减少不必要的衍生步骤。

⑨ 用催化循环取代化学计量试剂。

⑩ 设计的化学产品要考虑可降解性。

⑪ 防止污染进程能进行实时监测和在线控制。

⑫从化学反应的安全上防止事故发生。

以往社会的发展主要是经济发展，常常以损害或者牺牲环境的方式满足人类的需要，直到可持续发展理念的提出，人类的社会发展才进入了一个崭新的阶段。作为可持续发展战略在化学领域的体现，绿色化学不仅是一种理念，更是体现在它所带来的巨大的社会、经济、环境效益。面对如何解决经济发展与环境保护兼顾的问题，2005年习近平总书记就提出了“绿水青山就是金山银山”的理念，生动形象地表达了我们党和政府大力推进生态文明建设的鲜明态度和坚定决心。近年来，绿色化学受到了世界各国高度的重视，很多国家设立了绿色化学奖项，如美国始于1996年的“总统绿色化学挑战奖”、英国始于2000年的“Jerwood Salters环境奖”，以及日本自2002年起设立的绿色和可持续发展化学奖等。

以美国的“总统绿色化学挑战奖”为例，奖项分为绿色合成路线奖、绿色反应条件奖、绿色化学品设计奖、小企业奖和学术奖五项。1997年的绿色化学品设计奖授予奥布莱威尔逊美国公司，该公司开发了一种名为四羟甲基硫酸𬭸盐（THPS，图3-6）的环境友好的污水处理剂（生物杀灭剂）。传统上用于控制细菌、藻类和真菌的杀菌剂对人类和水栖生物的毒性很大且在环境不易降解。THPS具有较高的抗微生物性、较低的毒性、在环境中迅速降解为完全无害的物质和没有生物累积的特点，作为杀菌剂使用对人类健康和环境所造成的风险较低，因而被广泛地使用在水处理、油田、造纸等行业，大大减轻这类行业对环境的影响。此外，THPS还可用于纯棉、涤棉织物的永久性阻燃剂。

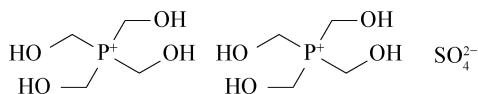


图3-6 四羟甲基硫酸𬭸盐（THPS）

2001年的绿色合成路线奖授予德国拜尔公司，该公司采用水、氢氧化钠和氨合成生产出了一种易生物降解、对环境友好的螯合剂——亚氨基琥珀酸钠（IDS，图3-7）。螯合剂是很多工业产品如洗涤剂、化肥、清洁剂中的重要成分，大多数传统的螯合剂在自然环境中很难稳定降解。而IDS这种新型的螯合剂无毒、无污染且易于生物降解，特别是对三价铁、二价铜和钙离子等金属离子具有很好的螯合能力，可用在洗衣液和洗碗清洁剂中作为增洁剂和漂白稳定剂，在软化水质方面和改进表面活性剂的清洁效用方面具有良好前景。此外，IDS能很好地消除胶卷生产过程中胶片表面的沉淀；在农业方面能螯合矿物质、防止农作物需要的矿物质流失，避免其他人造螯合剂的常见的环境残留问题。IDS生产过程中使用的唯一溶剂是水，产生的唯一副产物是氨，氨又可以溶解于水回到IDS的生产过程中循环利用，避免了甲醛和氰化氢等有毒原料的使用，对环境友好。

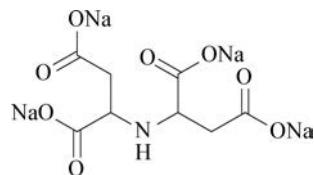


图3-7 亚氨基琥珀酸钠（IDS）

2020年6月16日，美国环境保护署公布了2020年“绿色化学挑战奖”的得主。2020年是美国污染防治法通过30周年，所以2020年的授奖具有更为特殊的意义。2020年绿色合成路线奖授予了化学品制造商吉诺玛蒂卡公司，以表彰他们利用糖发酵制备1,3-丁二醇的工艺。1,3-丁二醇主要用于化妆

品的保湿剂和植物萃取物的载体。常规化学法合成 1,3-丁二醇通常以乙醛为原料，在碱溶液中经自身缩合作用生成 3-羟基丁醛，然后加氢而制成。这一经典的合成路线使用不可再生的化石原料，而且还要使用对环境有害的重金属催化剂，反应步骤多，工艺废物量大。吉诺玛蒂卡公司利用大肠杆菌，发展了一种以可再生糖生物发酵一步转化为 1,3-丁二醇的工艺，解决了传统化学合成中需要使用重金属和乙醛等化石原料的问题。吉诺玛蒂卡生产的 1,3-丁二醇获得了美国农业部 100% 生物质基产品认证，评价分析表明其全球变暖潜力值比传统的 1,3-丁二醇减少了 51%。此外，化学法生产的 1,3-丁二醇通常是 R 构型和 S 构型的混合物，而通过生物发酵制备的 1,3-丁二醇为单一的 R 构型，并且纯度更高。吉诺玛蒂卡公司已把该合成工艺商业化，2019 年的产量超过了 1 500 t。据估算，如果所有 1,3-丁二醇的生产都被发酵工艺所取代，每年可以减少 100 000 t 的温室气体排放和 50 000~60 000 t 乙醛的使用。美国默克公司因设计了一种多功能催化剂来促进核苷类前药 ProTide 药物的立体选择性合成而获得 2020 年的绿色反应条件奖。佳斯迈威公司因开发了一种生物质基无甲醛热固性黏合剂，并将其应用于玻璃纤维的固化而获得 2020 年绿色化学品设计奖。

参考文献

- [1] SCHOBEN M, STEBBINS A, GHADERI A, et al. Flourishing ocean drives the end-Permian marine mass extinction [J]. Proc. Nat. Acad. Sci., 2015, 112(33): 10298–10303.
- [2] KAST E R, STOLPER D A, AUDERSET A, et al. Nitrogen isotope evidence for expanded ocean suboxia in the early Cenozoic [J]. Science, 2019, 364(6438): 386–389.
- [3] PAYTAN A, KASTNER M, CAMPBELL D, et al. Sulfur isotopic composition of cenozoic seawater sulfate [J]. Science, 1998, 282(5393): 1459–1462.
- [4] RENNIE V C F, PARIS G, SESSIONS A L, et al. Cenozoic record of $\delta^{34}\text{S}$ in foraminiferal calcite implies an early Eocene shift to deep-ocean sulfide burial [J]. Nature Geoscience, 2018, 11(10): 761–765.
- [5] ANASTAS P T, WARNER J C. Green Chemistry: Theory and Practice [M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.

本章习题分析与答案

3.1 硫及其重要化合物

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	S 的还原性	C (O ₂)、D (Cl ₂)
2	SO ₂ 、SO ₃ 的化学性质	SO ₂ : 与氧气反应、使紫色石蕊试液变红、由氧气与硫反应制得、使品红试液褪色 SO ₃ : 使紫色石蕊试液变红、与水反应生成强酸
3	含硫元素物质之间的转化	H ₂ S → S: 2H ₂ S + SO ₂ = 3S + 2H ₂ O S → SO ₂ : S + O ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ SO ₂ SO ₂ → SO ₃ : 2SO ₂ + O ₂ $\xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}}$ 2SO ₃ S → FeS: S + Fe $\xrightleftharpoons{\Delta}$ FeS SO ₂ → S: SO ₂ + 2H ₂ S = 3S + 2H ₂ O H ₂ SO ₄ → SO ₂ : 2H ₂ SO ₄ (浓) + Cu $\xrightarrow{\Delta}$ CuSO ₄ + SO ₂ ↑ + 2H ₂ O
4	Na ⁺ 与SO ₄ ²⁻ 的检验	(1) 取少量芒硝溶于水，配制成溶液。 (2) 用铂丝蘸取稀盐酸在无色火焰上灼烧至无色，蘸取配制的溶液，在无色火焰上灼烧观察火焰颜色，焰色试验为黄色，证明有钠离子。 (3) 在配制的溶液中加入盐酸酸化，再加入氯化钡溶液，有白色沉淀，证明有硫酸根离子

3.2 氮及其重要化合物

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	NO与NO ₂ 的性质	B
2	含氮物质之间的转化关系	(1) NH ₃ ← N ₂ → NO (2) 3H ₂ + N ₂ $\xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}}$ 2NH ₃ (3) NH ₃ 、HNO ₃ (4) HNO ₃ $\xrightarrow{+\text{Cu}}$ NO
3	化学、人与自然的关系	(1) 人口快速增长，耕地面积快速减少的变化趋势 (2) 论述“人口—耕地—粮食—化肥”关系，说明化肥对提高粮食生产的作用与弊端，以及合理使用化肥措施等

3.3 硫循环和氮循环

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	NO ₂ 性质与环境关系	A
2	硫的循环	SO ₂ 、H ₂ S H ₂ SO ₄ SO ₄ ²⁻ H ₂ S
3	氮循环与硫循环比较	③
4	硫酸性质 酸雨的测定	(1) 少量: NH ₃ +H ₂ SO ₄ = NH ₄ HSO ₄ , 过量: 2NH ₃ +H ₂ SO ₄ = (NH ₄) ₂ SO ₄ (2) 可以从硫酸型酸雨中, H ⁺ 来源与 SO ₄ ²⁻ 来源两个方面考虑

本章复习

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	S的化学性质	C
2	-2价含硫化合物的还原性	A
3	SO ₄ ²⁻ 的检验	C
4	硝酸的强氧化性	D
5	含氮氧化物性质与汽车尾气处理	D
6		(1) 2C ₁₂ H ₂₆ +37O ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 24CO ₂ +26H ₂ O (2) 含硫柴油+O ₂ → SO ₂ +CO ₂ +H ₂ O 或 S+O ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ SO ₂ (3) 降低了99.75%, ULSD 中硫含量是原有柴油的 $\frac{1}{400}$ (4) 加氢精制是降低硫含量; 用吸附脱硫, 深度脱除柴油中的有机硫; 等等
7	氨的性质	A
8	含硫物质转化 酸雨形成途径	(1) SO ₃ (2) 2H ₂ SO ₃ +O ₂ = 2H ₂ SO ₄
9	酸雨形成与防治	(1) 取某地雨水样本, 用pH试纸或pH计等测样本pH, 如果pH<5.6, 则为酸雨 (2) 酸雨中的亚硫酸氧化为硫酸, 化学方程式为: 2H ₂ SO ₃ +O ₂ = 2H ₂ SO ₄ (3) 国家立法, 如《中华人民共和国大气污染防治法》; 加强技术研究, 减少废气排放, 如使用低硫煤、烟气脱硫; 减少SO ₂ 排放, 如低氮燃烧、烟气脱硝、机动车尾气催化氧化; 减少NO _x 排放; 调整以矿物燃料为主的能源结构, 如发展太阳能、核能、水能、风能等不产生酸雨污染的能源

*10. 译文如下:

挥发性硫化物由陆地和海洋生物群排放。海洋排放几乎都是以二甲基硫(简称DMS)的形式, 而陆地排放则包含多种化学物质, 如H₂S、DMS、甲硫醇、CS₂、COS等。这种差异与硫挥发物产生的生物过程有关。地球表面的大部分硫都以硫酸盐的形式存在, 它是硫存在于氧气环境中的一种稳定形式。硫酸盐通过两种机制被微生物还原, 即“同化”和“异化”作用还原。异化硫酸盐还原作用仅限于某

些硫酸盐还原菌，一般在厌氧环境中发生。由于物理和微生物的限制，只有一小部分由这个过程产生的 H₂S 能够逃逸到大气中。同化硫酸盐还原作用的产物是多种有机硫化合物，大部分是半胱氨酸和蛋氨酸，它们参与合成蛋白质。

(1) 陆地和海洋生物排放的主要硫化物有哪些？

(2) 硫在地球表面的主要存在形式是什么？

第4章 原子结构和化学键

本章概述

► 本章地位和内容结构

一、本章地位

元素周期律、原子结构及微粒间相互作用是高中化学的重要基础理论知识。初中化学已经初步介绍了物质的微观构成，以及部分常见非金属、金属元素及其化合物的知识；本册教材第2、3章较为系统地介绍了卤素、硫、氮等元素及其化合物。这些都为学生在本章的学习中归纳总结元素周期律，以及基于微观结构角度再认识物质的性质及其变化规律奠定了基础。

通过本章内容的学习，学生能基于已有的知识和实验探究活动，进行概括、综合，总结出元素性质的内在规律；能从微粒结构角度进一步认识物质的性质和变化的本质；能从微粒间的相互作用认识物质的构成。在这个学习过程中，学生对物质性质及其变化的认识实现了从宏观到微观再到宏观的发展，经历了从感性到理性的提升。本章内容为后续章节深入探索、研究金属元素及其化合物和化学反应原理等奠定重要的理论基础。

二、《课程标准》要求

本章内容与《课程标准》“课程内容”中“必修课程”的“主题3：物质结构基础与化学反应规律”直接对应，具体对该主题的“原子结构与元素周期律”“化学键”“学生必做实验”三个部分的内容。本章的具体内容要求和学业要求见表4-1。

表4-1 第4章内容要求和学业要求

内容要求		学业要求
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，以第三周期的钠、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。	1. 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。 2. 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。 3. 能结合有关资料说明元素周期律（表）对合成新物质、制造新材料的指导作用。

内容要求		学业要求
化学键	认识构成物质的微粒之间存在相互作用，结合典型实例认识离子键和共价键的形成，建立化学键概念。知道分子存在一定的空间结构。	能判断简单离子化合物和共价化合物中的化学键类型。
学生必做实验	同周期元素性质的递变。	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。

本章学习主要为促进学生“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”和“科学探究与创新意识”等方面化学学科核心素养的发展。本章的学科核心素养要求如下：

- 能依据物质性质实验的事实进行分析，总结得出元素周期律。
- 能通过元素在元素周期表中的位置和原子结构，分析、比较和预测典型元素及其化合物的性质，建构“位”“构”“性”三维认识模型。
- 能通过科学家探索原子结构的历史事实，了解科学研究的一般方法，感受科学家创新求实的精神。
- 能分析原子核外电子排布与元素性质发生周期性变化的关系，形成“结构决定性质”的学科观念。
- 能从宏观和微观相结合的视角认识微粒间存在相互作用，建立化学键、离子键、共价键概念，能判断简单离子化合物和共价化合物中的化学键类型。

三、教材内容结构

本章内容包括元素周期律（表）、原子结构、化学键等知识。教材编写的内容结构如图 4-1 所示。

本章遵循从宏观辨识到微观探析的认识线索。基于已有的元素及其化合物知识认识元素周期表，通过对同周期、同主族元素性质的分析、比较，引导学生归纳总结元素周期律；建构原子结构模型，认

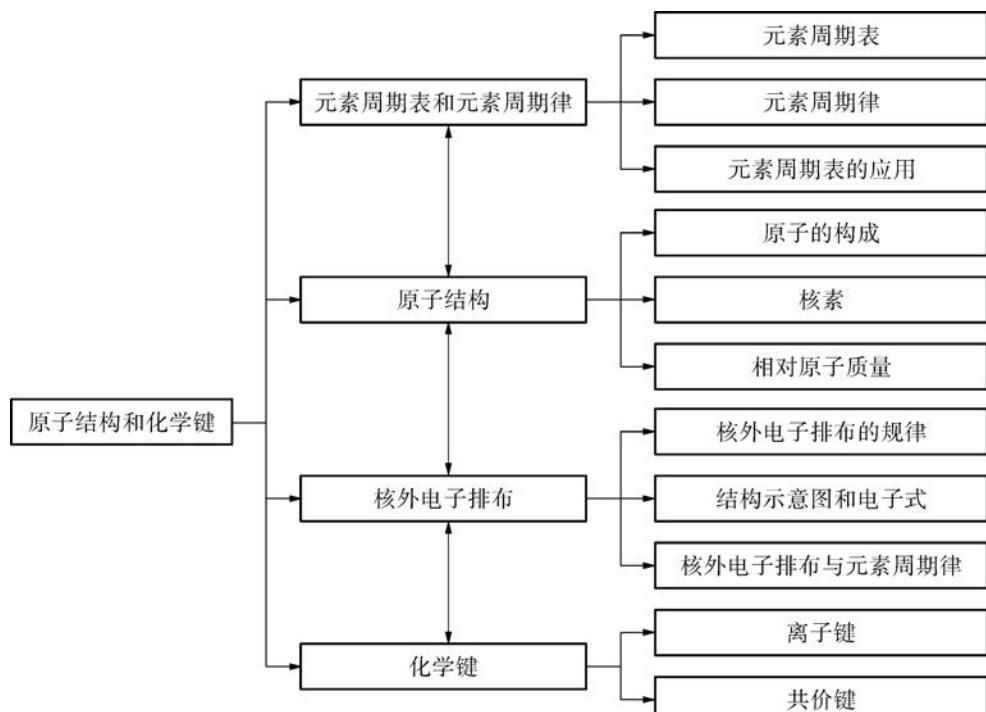


图 4-1 第 4 章内容结构

识元素在元素周期表中的位置与原子结构、元素性质的关系，突出“位”“构”“性”之间的关系，体现结构决定性质的化学观念；基于对微粒及其相互作用形式的认识构建化学键、离子键、共价键概念，为后续认识化学反应的本质做好铺垫。

本章在内容编排上，将理论性知识和事实性知识穿插、融合，使理论性知识的学习建立在具体的事实性知识基础之上，又能基于理论的认知促进学生对事实性知识的深刻理解；在呈现形式上，充分利用图、表等形式，化抽象为具象，帮助学生认识物质的微观结构；在学习活动设计上，充分利用实验探究活动引导学生探究发现元素性质的变化规律。

► 本章教学与课时建议

一、教学建议

本章的教学有两条主线，一是元素周期律与元素周期表，二是原子结构与化学键。教学要以学生的自主探究发现为主，利用教材提供的实验、数据、资料，指导学生进行理论分析和实验探究，发展归纳与演绎、分析与综合的能力。

元素周期表与元素周期律的教学，可从元素周期表的发展史引入，介绍门捷列夫基于元素周期律，成功地预测了许多未知的元素与这些未知元素的性质。这些预测在后来的科学探索中都被一一证实，让学生感受到化学的魅力，激发学生的好奇心和学习化学的兴趣。

探究钠、镁、铝金属性的相对强弱，以及锂、钠、钾金属性的相对强弱，可指导学生通过实验探究与分析获得结论。对于硅、磷、硫、氯非金属性强弱的比较，可指导学生阅读教材，分析科学事实资料，得出结论。对于卤族元素化学性质的相似性与递变性，可指导学生通过实验与阅读教材分析科学事实资料相结合的方法归纳得出。通过上述活动，让学生总结得出同周期元素性质的递变规律、同主族元素化学性质的相似性与递变性规律。

在“原子结构”的教学中，通过提问，引导学生分析教材提供的1~20号元素原子核外电子的分层排布数据，找出原子核外电子的排布规律，运用原子结构知识解释同周期、同主族元素性质的相似性与递变性规律，建立元素的“位”“构”“性”三维认识模型。

在“化学键”的教学中，要从原子（离子）结构入手分析离子键、共价键的形成过程及本质。要指导学生对图片、数据、文字等信息进行分析、比较、归纳，并学会用电子式表示常见原子、离子、分子和离子化合物、共价化合物的形成过程。

二、课时建议

4.1 元素周期表和元素周期律	3课时
4.2 原子结构	1课时
4.3 核外电子排布	2课时
4.4 化学键	2课时
学生必做实验 钠、镁、铝元素性质的递变	0.5课时

4.1 元素周期表和元素周期律

教学目标

- 从周期和族的角度认识元素在元素周期表的位置，理解元素在元素周期表的位置和元素的性质之间的关系，初步建构“位”“性”二维认识模型，学会基于此模型分析、预测、比较元素及其化合物的性质。
- 通过事实证据和实验探究，建构元素周期律，形成证据推理的基本思路，体验科学研究的一般过程。
- 通过对元素周期表发展史的学习，认识到人类对客观事物的认识是不断深入的。
- 通过运用元素周期律寻找新物质，感悟“性质决定用途”的学科观念，体会学以致用的学科价值。

教材解析

一、教材设计思路

在初中化学中，学生已经学习了部分典型元素及其化合物的性质，初步了解了元素及其化合物知识，而在第2、3章又比较系统地学习了卤素、硫、氮等元素及其化合物的知识，这些都为学生在本节探索元素性质的周期性变化规律、归纳出元素周期律奠定了良好的基础。元素周期律贯穿整个高中关于元素及其化合物的学习，因此本节内容也为第5章深入探索、研究金属元素及其化合物的性质打下了理论基础。

本节内容从书籍的分类摆放问题引出元素的编排，设计成三个部分，先介绍了元素周期表的结构，然后在此基础上，从同周期和同主族两个维度认识元素性质的相似性和递变性，最后列举了元素周期表的应用，帮助学生初步建立“位”与“性”的关系。

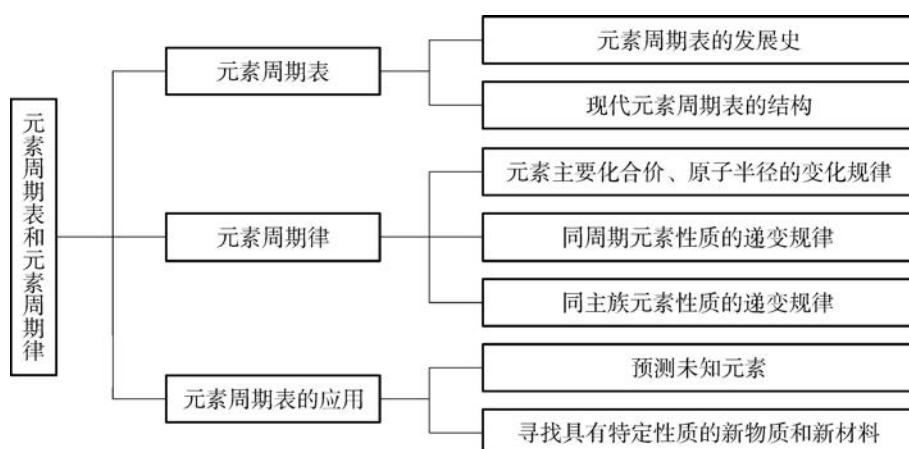
第一部分，以门捷列夫编制一份元素周期表的史实引入，然后向学生呈现了发展、完善后的现代元素周期表，引导学生认识元素周期表的结构；“化学史话”简述了门捷列夫元素周期表之前的基础和之后的发展，学生通过化学史这条情境线，可以发现和体会科学家的研究方法、学科观念和科学态度。

第二部分，“书写表达”要求学生分析表4.1数据绘制原子半径变化的折线图，引导学生在活动中认识元素周期律，初步尝试建构变量关系模型。“实验探究”通过设计“问题提出→实验验证→结论分析”的探究思路，运用观察、比较、推理等方法，引导学生体验探索规律的过程，学习科学的研究方法。第113页两个“想一想”则要求学生分别根据表4.2和图4.9提供的事实性证据，从不同的视角进行比较，推出合理的结论，体验证据推理的过程。其中第二个“想一想”则要求学生通过“预测→验证→结论”的思路比较碱金属元素的性质，引导学生更深层次地体验科学探究过程，培养创新意识。“书写表达”

引导学生通过回顾已学的卤族元素知识，探究性质变化规律。整体而言，内容的呈现重视知识逻辑性，通过演绎和归纳的方式得出元素性质的变化规律。

第三部分，教材呈现了元素周期律的重要价值，使学生能够通过元素在元素周期表中所处的位置和元素的原子结构，预测元素的性质，进而寻找具有特定性质的新物质和新材料。原子结构概念的提出，既有助于学生了解“位”“构”“性”三者之间存在关系，也为下一节内容的引出做好铺垫。本部分内容的学习，有助于学生树立理论联系实际的观念，形成将化学成果应用于生产、生活的意识。

二、本节内容结构



三、教材分析

4.1 元素周期表和元素周期律

当你走进图书馆，你会发现书籍是分类摆放的。想象一下，如果图书馆里的书籍都是混乱排列的，你要从中挑选需要的图书将会何等困难。百余种不同的元素，是构成大千世界中所有物质的“基石”。那么，科学家们是如何设计元素周期表对元素进行编排的？元素的性质又会遵循怎样的变化规律？

元素周期表

19世纪初，许多新的元素被相继发现，化学家开始关注这些元素在化学性质和物理性质上的相似性和递变性。1869年，俄国化学家门捷列夫（Dmitry Ivanovich Mendeleev, 1834—1907）在当时已知的63种元素的性质和原子量^①相互关系的基础上，编制了一份元素周期表。随着不断地研究和修正，现代的元素周期表逐渐发展为图4.1和附录IV所示的这种常见形式。

学习聚焦

- ✓ 知道元素周期表的结构
- ✓ 结合有关数据和实验事实，认识同周期和同主族元素性质的递变规律
- ✓ 感悟元素周期表在学习元素及其化合物知识与科学中的重要作用

知识回放

- 元素
- 硫的化学性质
- 氯气的化学性质
- 卤素单质的活泼性

引导学生认识不管任何形式的元素周期表都揭示出元素之间的紧密联系，其优美的框架结构和均衡稳定的外形，使其具有科学的预见性和创造性。

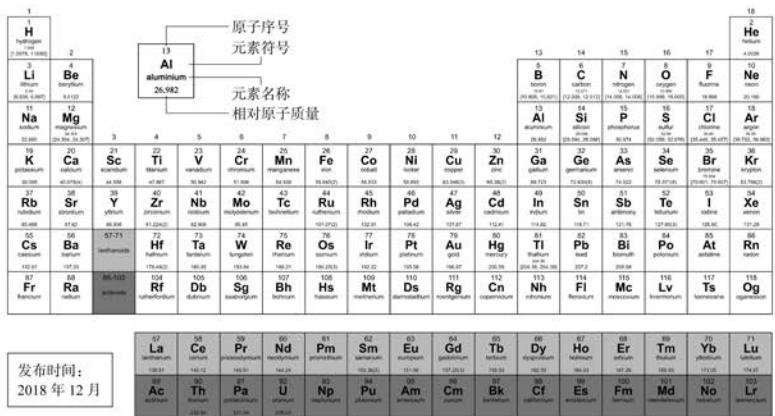


图4.1 国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）推荐使用的元素周期表

① 现在也称相对原子质量。



利用化学史进行教学，通过门捷列夫研制元素周期表与发现元素周期律的故事，激发学生的好奇心和浓厚的兴趣，让学生感受到化学的魅力，体会化学家们在发现与发明过程中所体现出的科学态度以及追求真理的精神境界。

化学史话

元素周期表的发展

三素组

早在 1829 年，当时已发现 54 种元素，德国化学家德贝菜纳 (Johann Wolfgang Döbereiner, 1780—1849) 把其中 15 种元素按 3 种元素为一组，编成 5 组。

Li	Ca	P	S	Cl
Na	Sr	As	Se	Br
K	Ba	Sb	Te	I

他发现每3种元素的化学性质很相似，称为“三素组”。后来，德国化学家迈尔（Julius Lothar Meyer, 1830—1895）又发表了“六元素表”。

八音律

英国化学家纽兰兹(John Newlands, 1837—1898)将所有已知的元素，按照原子量的递增次序，形成垂直的7族，和音符的八度相似。他发现每一族中第八种元素的物理性质与化学性质和第一种元素相似，这是科学家首次发现元素的性质规律，但仍未揭示元素分类的本质。

元素周期表

俄国化学家门捷列夫把当时已知的元素都制成类似纸牌的卡片，每张卡片上列出元素符号、化学性质和物理性质，然后按原子量的递增次序进行排列。1869年，他编制了一份元素周期表，即根据元素的原子量及其相似的化学性质所制定的元素系统表，表中化学性质

相似的元素排成同一横行。他还在表中为若干尚未发现的元素预留了空位。1871年，他把竖排的表格改为横列，突出了元素族和周期的规律性，划分了主族和副族，使之甚大且名不遐迩。元素周期律的发现，是化学史上的一个里程碑。



图 4.2 门捷列夫

期表的形式。

но въ ней, кнгж кажется, уже ясно выражается примѣнность выставленного мною начала ко всей совокупности элементовъ, пакоторыхъ известна съ достоинствомъ. На этот разъ я и желалъ преимущественно найти общую систему элементовъ. Вотъ этотт
смыслъ.

СИГМА: H-1 Be=9,4 D=11 C=13 N=14 O=16 F=19 Li-7 Na=23	Ti-50 V=51 Cr=52 Mn=55 Fe=56 Ni-Co=59 Cu=63 Mg=24 Zn=65,5 Si=28 P=31 S=32 Cl=35,5 K=39 Ca=40 Ar=44 TEO₄=56 Tl=60 Zn=75,5	Zr=90 Nb=94 Mo=96 Ru=104,4 Pt=197 Ru=104,4 Ir=198 Pd=106,8 Os=199 Ag=108 Co=112 Ta=182 U=238 Sn=118 Sc=122 Bi=210 Ts=1287 I=127 Cs=133 Ti=204 Fe=207 La=137 Fe=207 La=137 Th=119?
---	---	---

а потому приходится в разных разделах кидать различные количества разногочтетного языка в глазах читателя предыдущей главы. Или же не приходит предложить при составлении системы очень много недостатков членов. То и другое мало интересно. Мал известны пропаганда, каких-либо общественных составляющих публичной системе (предыдущими или последующими), но и попытки их в образовании не вложены ни наименее рогательно. Следующий раз в комиксах могут появляться разнообразные составляющие, такие возможны при доследовании основных начальных, выставленных в этой статье.

图 4.3 门捷列夫编制的元素周期表



教学中可结合化学史实，引导学生认识科学家研究元素性质与元素周期律的历程，知道在门捷列夫之前的化学家注重的是现有信息中规律的发掘，而门捷列夫的元素周期律能够预测未知元素的存在，更具有规律性。

0族元素的发现

1894年，英国物理学家瑞利（Third Baron Rayleigh, 1842—1919）和英国化学家拉姆齐（William Ramsay, 1852—1916）从空气中分离出氩。后来，拉姆齐又发现了氦、氖和氪这些稀有气体，因而在元素周期表中建立了一个新的族。



图 4.4 瑞利

1894 年

1914 年

20世纪中期

20世纪中后期

超铀元素

美国核化学家西博格（Glenn Theodore Seaborg, 1912—1999）等人发现了95～102号和106号的超铀元素，于是他对元素周期表做了修改，并把这些超铀元素放置在元素周期表的底部。

⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------

随着量子力学理论的创立和发展，人们逐渐认识到元素周期律的实质是与原子核外电子排布密切相关的，特别是最外层电子排布。

新元素的发现

从20世纪中后期至21世纪前期，科学家合成出的新元素已经将第7周期填满，元素周期表的边界也已推至118号元素。下一种新元素将是……

¹¹³ Nh Nhastium	¹¹⁴ Fl Florium	¹¹⁵ Mc Moscovium	¹¹⁶ Lv Livermorium	¹¹⁷ Ts Tsungsimium	¹¹⁸ Og Oganesson
-------------------------------	------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

提供新元素发现与元素周期表、元素周期律不断完善的资料。



新元素的发现离不开元素周期表的研制发展过程。教学中，可运用丰富的史实资料，让学生通过分析和处理文献资料，比较归纳并形成概念，进而掌握发现规律的思想方法。

呈现常用的元素周期表，进行观察与分析，总结归纳元素周期表的结构、编制原则等。对原子序数、周期、族的概念进行初步介绍。

资料库

主族的别名

主族元素中，IA~VIIA族也分别称作碱金属、碱土金属、硼族、碳族、氮族、氧族和卤族。

元素在元素周期表中排列的序号，我们称为原子序数。

在元素周期表中，原子序数从左到右、从上到下都是依次递增的。元素周期表中的横行称为周期，纵列称为族。

元素周期表中共有7个周期，其中第1、2、3周期称为短周期，第4、5、6、7周期称为长周期。周期表中有18个纵列，依次为1~18族。其中，第1、2、13~17族，即IA~VIIA族，为主族元素；第11、12、3~7族，即IB~VIIIB族，为副族元素；第8、9、10族，为VIII族；第18族为0族。

想一想

阅读元素周期表（图4.1或附录IV）。

(1)指出钠、硫、氯、铁等元素在周期表中的位置。

(2)第2、3周期中典型金属元素和典型非金属元素的出现是否有规律可循？

书写表达

“书写表达”：指出1~18号元素的主要化合价，画出元素主要化合价随原子序数增加而变化的曲线图；分析表4.1数据，画出原子半径随原子序数增加而变化的曲线图；寻找规律，得出结论。

元素周期律

对原子序数为1~18的元素进行研究，有助于我们认识更多种元素之间的关联和元素性质变化的规律性。

1. 随着原子序数的递增，依次列出第2、3周期主族元素的主要化合价（指最高正化合价和最低负化合价），找出其中变化的规律。

2. 原子半径是描述原子大小的参数，根据表4.1中数据，在图4.5中画出随着原子序数的递增，3~9号、11~17号元素的原子半径变化的折线图，分析原子半径变化的规律。

表4.1 原子序数为1~18的元素的原子半径^①

原子序数	元素名称	元素符号	原子半径 pm	原子序数	元素名称	元素符号	原子半径 pm
1	氢	H	37	10	氖	Ne	154
2	氦	He	140	11	钠	Na	186
3	锂	Li	152	12	镁	Mg	160
4	铍	Be	89	13	铝	Al	143
5	硼	B	82	14	硅	Si	117
6	碳	C	77	15	磷	P	110
7	氮	N	75	16	硫	S	102
8	氧	O	74	17	氯	Cl	99
9	氟	F	71	18	氩	Ar	192

①稀有气体元素的原子半径测定和相邻非金属元素的依据不同，数据作为参考但不具可比性，故无需绘出。



通过表格数据的分析、比较、总结，让学生形成通过分析和处理数据得出结论的能力。

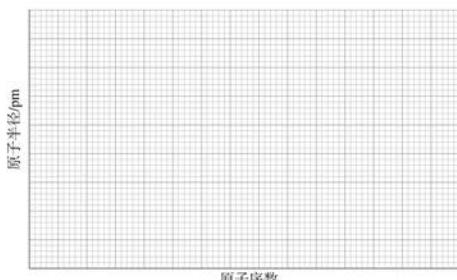


图 4.5 第 2、3 周期主族元素的原子半径随原子序数的变化

我们可以发现，随着原子序数的递增，元素的主要化合价、原子半径均呈现出周期性变化。



举例说明氯气和硫的氧化性哪一个更强。预测氯元素和硫元素的非金属性的相对强弱。

1. 同周期元素性质的递变规律

通过上述讨论我们知道，同周期元素（除稀有气体元素外），从左向右，随着原子序数的递增，原子半径依次减小，呈现周期性的变化。那么元素的化学性质是否也有类似的周期性变化规律呢？

资料库

金属性和非金属性的相对强弱

通常，元素非金属性越强，元素原子得电子能力越强，元素的单质越容易与氢气化合，生成的气态氢化物越稳定，元素最高价氧化物对应水化物的酸性越强。元素金属性越强，元素原子失电子能力越强，元素的单质与水（或酸）反应越容易置换出氢气，元素最高价氧化物对应水化物的碱性越强。

“想一想”：让学生结合已知的化学事实，比较氯元素与硫元素的非金属性相对强弱，进一步预测其他含氯、含硫物质性质的差异。

实验探究



钠、镁、铝元素性质的递变



- 取一小块绿豆大小的金属钠，用滤纸吸干其表面的煤油，将其投入滴有 2 滴酚酞试液的盛有 100 mL 水的烧杯中；另取一小段镁带和铝条，用砂纸打磨除去它们表面的氧化膜，分别放入两支试管中，各加入 2 mL 水，再滴入 2 滴酚酞试液，加热、观察并记录实验现象。
- 取一小段镁带和铝条，用砂纸打磨除去它们表面的氧化膜，分别放入两支试管中，再向试管中各加入 2 mL 2 mol · L⁻¹ 盐酸，观察并记录实验现象。
- 在试管中加入 2 mL 0.5 mol · L⁻¹ Al₂(SO₄)₃ 溶液，然后滴加氨水，直至

111



- 运用作图法分析第 2、3 周期主族元素原子半径随原子序数变化时，引导学生从点（同主族元素）、线（同周期元素）、面（周期与周期间的变化趋势）三个层次进行数据分析，归纳规律。有条件的学校可以让学生通过计算机完成数据处理、图形绘制的工作，发挥计算机软件在处理数据、作图等方面的优势。
- 通过资料分析与实验探究，引导学生通过实验观察、分析、比较、归纳与演绎，得出钠、镁、铝元素的金属性、单质的还原性、最高价氧化物对应水化物的碱性强弱的变化规律。

不再产生白色 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀为止。将所得沉淀分装在两支试管中，向一支试管中滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸，向另一支试管中滴加 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液。边滴边振荡，观察实验现象。用 $2 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ MgSO_4 溶液代替 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液做上述实验，观察现象，并进行比较。

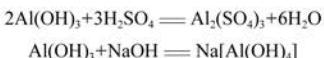
编号	现象记录	化学方程式或离子方程式
1		
2		
3		

问题：通过实验推断钠、镁、铝元素性质的递变规律。

资料库

氢氧化铝的两性

氢氧化铝溶于强酸生成相应的铝盐，也能溶于强碱生成四羟基合铝酸盐，因此它是一种两性氢氧化物。



实验表明（图 4.6）：金属钠与冷水发生剧烈反应，烧杯内溶液变红；金属镁与冷水反应缓慢，加热后镁带表面有少量气泡，试管内溶液变红；金属铝加热后与水的反应也不明显，滴入酚酞试液后溶液几乎不呈红色。镁与盐酸的反应比铝与盐酸的反应剧烈得多（图 4.7）。

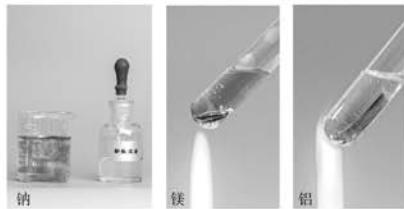


图 4.6 钠、镁、铝与水反应的现象

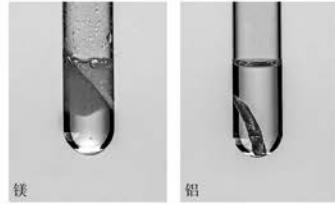


图 4.7 镁、铝与盐酸反应的现象

钠与水的反应突出现象观察、记录，分析现象与性质的联系。实验时注意安全。



通过实验，归纳得出同周期元素的金属性变化规律。实验中注意引导学生观察与分析实验现象，应用比较、归纳等方法得出结论，发展学生“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养。



?

利用表 4.2 中的信息，分析硅、磷、硫、氯等元素非金属性的相对强弱。

表 4.2 硅、磷、硫和氯元素的性质比较

元素	Si	P	S	Cl
单质与氢气的化合	高温下反应	磷蒸气与氢气能反应	加热时反应	光照或点燃时反应
气态氢化物及其热稳定性	SiH ₄ 很不稳定	PH ₃ 不稳定	H ₂ S 较稳定	HCl 稳定
最高价氧化物对应水化物的酸性强弱	H ₂ SiO ₃ 弱酸	H ₃ PO ₄ 中强酸	H ₂ SO ₄ 强酸	HClO ₄ 最强酸 ^①

通过对第 3 周期元素性质的比较可知：随着原子序数的递增，同周期元素（除稀有气体元素外），从左到右，元素的金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强。

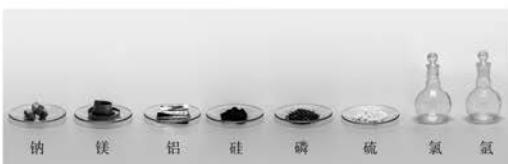


图 4.8 第 3 周期元素的单质

2. 同主族元素性质的递变规律

碱金属元素指元素周期表中第 1 族（或 IA 族）除氢以外的元素，包括锂、钠、钾、铷、铯和钫。



?

从图 4.9 的实验现象比较锂、钠、钾与水反应的难易程度。预测锂、钠、钾的最高价氧化物对应水化物碱性的强弱，你会用什么实验或事实加以验证？

① HClO₄ 是无机化合物中最强的酸之一。

“想一想”：回忆硫与氯气的化学性质，结合提供的信息与表 4.2，归纳硅、磷、硫、氯元素性质的递变规律。

归纳第 3 周期元素性质递变规律，并通过演绎的方法，得出同周期元素性质递变规律。

“想一想”：氢氧化锂、氢氧化钠、氢氧化钾都是强碱性的，验证它们的碱性强弱一般用间接方法，如通过比较锂、钠、钾单质的金属活动性等实验来验证碱性的强弱。



引导学生通过对第 3 周期元素性质递变规律的探究，归纳同周期元素性质的递变规律，认识事物变化由量变引起质变的规律，树立辩证唯物主义观念。

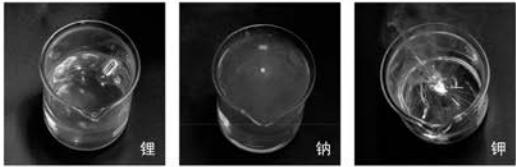


图 4.9 锂、钠、钾与水反应的现象

钾、钠活泼性较强，与水反应比较剧烈，应在烧杯中进行实验，实验时注意安全。

通常情况下，同主族元素的单质的密度往往随原子序数的增大而增大，碱金属中钠的密度大于钾。可引导学生从原子半径、原子质量两个方面进行分析。

人们发现碱金属元素的化学性质相似，其单质都能与氧气、水等发生反应，而最高价氧化物对应水化物一般都具有很强的碱性。不过，从锂到铯，最高价氧化物对应水化物的碱性逐渐增强，元素的金属性逐渐增强。与水发生反应时，铷、铯的反应要比钾、钠的反应更加剧烈。

碱金属在物理性质上也表现出一定的相似性和递变性，例如，它们都比较柔软、熔点较低等。

表 4.3 碱金属单质的物理常数

碱金属单质	熔点 /℃	沸点 /℃	密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
Li	180.5	1 341	0.534 (293 K)
Na	97.8	881.4	0.968 (293 K)
K	63.4	759	0.89 (298 K)
Rb	39.3	691	1.532 (298 K)
Cs	28.4	668.2	1.878 (288 K)

卤族元素是元素周期表中第 17 族（或 VII A 族）元素的总称，包括氟、氯、溴、碘和砹。在第 2 章“海洋中的卤素资源”我们知道 Cl_2 可将 Br^- 、 I^- 氧化成 Br_2 和 I_2 ， Br_2 可将 I^- 氧化成 I_2 。

书 写 表 达

完成下表，推测氯、溴、碘三种元素非金属性的相对强弱。

114



引导学生应用文献资料，通过填表，分析、归纳氟、氯、溴、碘的非金属性相对强弱以及单质的氧化性、负一价离子的还原性、气态氢化物的热稳定性等相似性与递变性规律。

化学反应	Cl_2 与 KBr 反应	Cl_2 与 KI 反应	Br_2 与 KI 反应
化学方程式			
Cl_2 、 Br_2 和 I_2 氧化性的强弱顺序			
氯、溴、碘元素非金属性的强弱顺序			

卤族元素单质的化学性质表现出相似性和递变性。从氟到碘，其气态氢化物的热稳定性逐渐减弱（表 4.4），其最高价氧化物对应水化物的酸性也逐渐减弱。总体而言，随着原子序数的递增，卤族元素的非金属性逐渐减弱。

表 4.4 卤族元素单质与氢气的反应及气态氢化物的热稳定性

元素	F	Cl	Br	I
单质与氯气的化合	冷暗处能剧烈化合并发生爆炸	光照或点燃时发生化合	加热时反应	加热时才能缓慢反应，同时生成的碘化氢又分解
气态氢化物及其热稳定性	HF 很稳定	HCl 稳定	HBr 较稳定	HI 较不稳定

对其他主族元素的化学性质进行探讨，也会得到类似的结论。总之，在同主族元素中，随着原子序数的递增，元素的金属性逐渐增强，非金属性逐渐减弱。

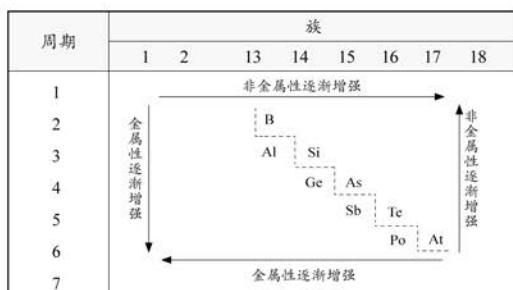


图 4.10 主族元素金属性和非金属性的递变规律

可引导学生思考，氟元素不存在最高价氧化物对应的水化物的原因。

分析同周期、同主族元素性质的递变规律，划分金属元素与非金属元素区域。



引导学生概括随着原子序数的递增，原子半径、主要化合价与元素金属性和非金属性的周期性变化规律，在学习中提高自学能力、阅读能力，抽象归纳以及演绎推理能力，感受元素的性质、元素在元素周期表中的位置与原子结构的关系。

在大量科学的研究基础上，人们归纳出这样一条规律：元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化，这个规律就称为元素周期律。

元素周期律建立的意义在于它把自然界的元素视为具有内在联系的统一体，表明元素性质的变化是一个由量变到质变的过程。元素周期律对于20世纪原子结构模型的建立也有重要的启示作用，促进了化学和物理学共同深入研究原子、分子的结构和性质。

元素周期表的应用

此处仅提出“位”“构”“性”三者之间存在密切联系的观点，仍以“位”“性”二维认识为主，不用拓展与结构有关的内容；可拓展介绍科学家发现及预测新元素、寻找新材料（如半导体材料、优良催化剂等）和工农业生产中研制农药等内容。

“想一想”：结合生物学、地理学科的知识，引导学生搜集资料，找出组成人体的主要元素、我国储量最大的矿产元素、地壳组成中含量最高的前10种元素在元素周期表中的位置等。

116



?

根据图4.11，讨论下列问题。

(1) 分别指出金属性和非金属性最强的元素。在图中适当位置写出其名称和元素符号。

(2) 在图中红色分界处能找到有何种用途的材料？

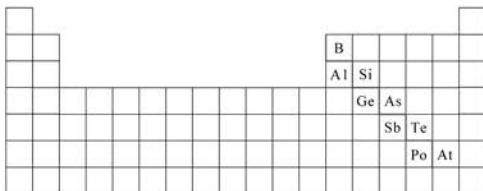


图4.11 元素性质的递变



- 通过实例，认识元素周期表与元素周期律在科学预测、寻找新材料、工农业生产等方面的应用，深化对元素周期律的认识。
- 通过知识拓展，进行跨学科内容整合，引导学生拓宽思维空间，认识元素“位”“性”之间的关系。

4.2 原子结构

▶ 教学目标

1. 认识构成原子的微粒，理解构成原子的微粒之间的数量关系，进而认识元素、核素和同位素的含义。
2. 通过对原子结构探索历程的学习，体会假说、模型、实验等方法在科学中的重要作用，感悟科学家的创新思维和探求真理的科学精神。
3. 通过对构成原子的微粒间的数量关系和元素的相对原子质量的计算等问题的探究，形成分析、处理数据的一般思路，初步学会运用比较、归纳等方法加工信息。
4. 通过学习放射性同位素的应用，认识到事物往往具有两面性，学会运用辩证的观点来认识事物。

▶ 教材解析

一、教材设计思路

在初中化学中，学生已经初步学习了原子结构，有了一定的知识储备，这为深入学习原子结构奠定了基础。揭示原子结构的奥秘，既是上一节最后所涉及的知识“构”的自然生成，又是完善元素周期表的关键，更有助于学生建构微粒观。本节在初中原子结构知识的基础上进一步研究了原子核的结构，并与下一节深入探讨核外电子排布共同构成了原子结构基础知识的核心。

本节内容从人类思考物质的构成引入，将学生的认识角度从宏观物质转向微观粒子，进而认识到原子是构成物质的基本微粒之一，需要深入研究原子的结构。本节包含三部分的内容，帮助学生在认识原子结构的基础上深入研究原子核的构成，以及理解由此延伸出的元素、核素、同位素和相对原子质量等重要概念。

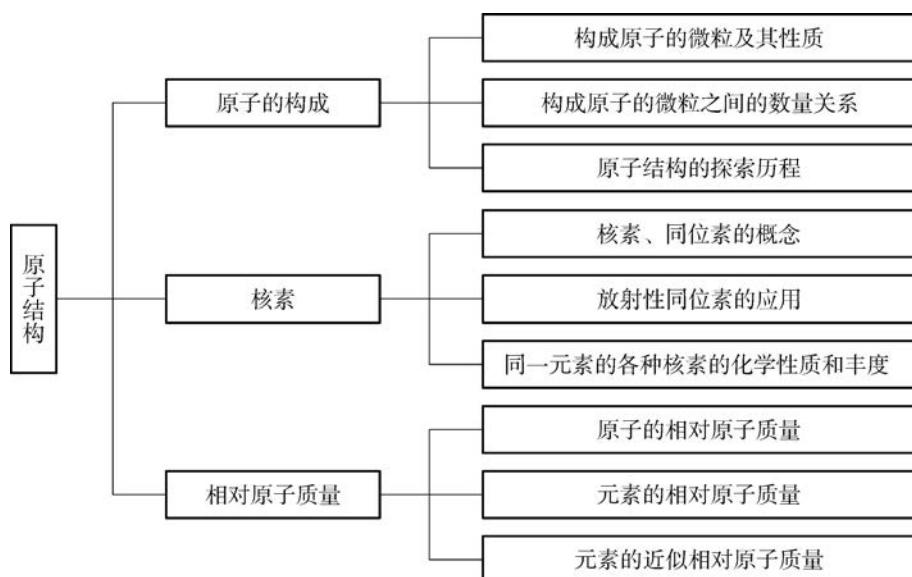
第一部分内容结合学生已有基础，开门见山地介绍了现代原子结构模型，将学生对原子结构的认识深入到原子核内部。通过向学生介绍构成原子的各种微粒的基本性质后，引导学生理解各种微粒之间的数量关系，实现由感性认识上升到理性认识的飞跃。“化学史话”讲述了原子结构探索历程中原子结构模型的演变，这有助于学生进一步理解科学模型的重要意义，也有助于学生深刻体会人类对客观事物的认识是一个不断深入和发展的过程，从而形成科学探究和创新意识。

第二部分内容从原子核内中子数不同的角度，引入了核素和同位素的概念。核素知识的呈现，是对元素概念的扩大，隐性地反映了原子核（“构”）与元素周期表（“位”）的关系。“拓展视野”揭示了原子序数（而非原子量）才是元素周期表中元素排序的依据，帮助学生更好地理解元素周期律的本质。接着，简单介绍了放射性同位素的知识，让学生学会辩证地认识事物。核素丰度的知识，则为后面元素的相对原子质量的计算做好了铺垫。“链接学科”介绍了化学分支学科——放射化学的研究对象、特

点和重大贡献，有助于学生更全面地认识化学学科，感悟化学的学科价值。

第三部分内容以原子质量过小而导致计量不便引出相对原子质量的概念，提出通过比较的方法进行计量。结合核素丰度的知识，介绍元素的相对原子质量的计算方法，让学生进一步理解原子与元素的关系，体会定量研究对化学科学的重要作用。元素的相对原子质量是元素周期表中所列元素信息之一，这也反映了“构”“位”关系。“想一想”“学习指南”等栏目对学生理解相对原子质量的内涵和学会计算元素的相对原子质量起到了促进作用。

二、本节内容结构



三、教材分析

4.2 原子结构

人类很早就开始观察、利用和改造自然界中形形色色的物质，也在不断探究物质的性质并尝试寻找其变化规律。随着科技的发展和进步，人们开始深入思索物质是怎样构成的。历史上，形成了不少有关物质构成的观点和理论。在本节中，我们将会了解先哲的观点，体验一段探索物质结构奥秘的历程。

原子的构成

按照现代原子结构理论，原子是由位于原子中心的原子核和核外电子构成的。原子很小，原子核更小。原子核是由带正电荷的质子和不带电荷的中子构成，每个质子带1个单位正电荷，所以原子核的电荷数等于其核内的质子数。

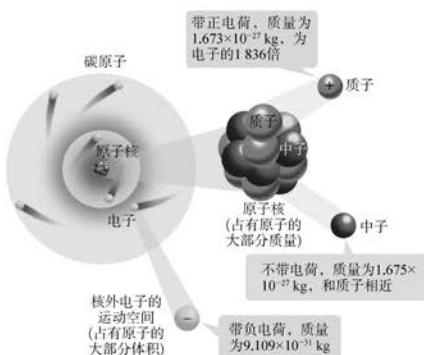


图 4.12 构成碳原子的微粒及其性质

原子整体显电中性，原子核所带正电荷的电量一定等于核外电子所带负电荷的总电量。因此，对一个原子而言：

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

电子的质量很小，相对于质子、中子的质量而言，可以忽略不计，因此原子的质量主要集中在原子核上。原子核中质子数 (Z) 和中子数 (N) 之和，称为质量数，用符号 A 表示。

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

学习聚焦

- ✓ 了解构成原子的微粒
- ✓ 理解构成原子的微粒之间的数量关系
- ✓ 知道元素、核素、同位素的含义
- ✓ 理解元素的相对原子质量

知识回放

- 分子和原子
- 元素
- 摩尔质量

引导学生通过对图 4.12 中相关数据的观察分析，自主发现原子序数、核电荷数、质子数、中子数、质量数、核外电子数等几个原子结构中重要概念之间的关系，有利于突破教学难点。

资料库

化合价	$\overset{\pm a}{X}$	$b \pm$ 离子电荷
质量数 A	Z	c 原子个数

图 4.13 化学符号各种角标的意义

119



学生通过初中化学的学习，已经了解原子中含有质子、中子和电子，但未能从数量角度认识它们的关系。建议补充关于原子序数、核电荷数、质子数、中子数、质量数、核外电子数之间的数量关系的练习。

化学史话

原子结构的探索历程

古代思想家关于物质构成的观点

古希腊哲学家德谟克利特 (Democritus, 约公元前 460—公元前 370) 是原子唯物论的创立者之一, 他认为物质是由极小的、不可分割的被称为“原子”的微粒构成。中国战国初墨家创始人墨子 (约公元前 468—公元前 376) 认为物质被分割是有条件的, “非半弗斫则不动, 说在端”, 这种“端”就是不能再被分割的部分。然而, 古代思想家没能用任何科学证据去证明这些观点。



图 4.14 墨子

约公元前 400 年

1803 年

发现电子

英国物理学家汤姆孙 (Sir Joseph John Thomson, 1856—1940) 通过阴极射线实验发现原子内有微小而带负电的粒子存在, 他称之为“电子”, 电子也是第一种被确认的粒子。

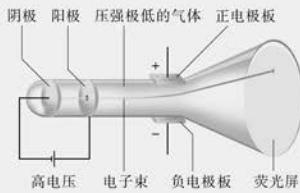


图 4.15 阴极射线管的简化结构图

道尔顿原子论

19世纪初, 英国化学家和物理学家道尔顿 (John Dalton, 1766—1844) 根据实验结果, 提出了原子论。其主要内容包括:

(1) 元素是由不可再分的极小微粒构成, 这种微粒称为原子。原子在一切化学变化中均保持其不可再分性。

(2) 同一元素的原子在质量和性质上都相同, 不同元素的原子在质量和性质上都不同。

(3) 不同元素化合时, 这些元素的原子按简单整数比结合。

1897 年

1903 年

葡萄干面包模型

根据原子是电中性的事实, 促使汤姆孙提出了葡萄干面包原子模型。他认为原子中的正电荷是均匀地分布在整個原子的球体内, 电子则均匀地嵌在其中。该原子模型说明原子是有结构的, 打破了原子不可再分的论点。

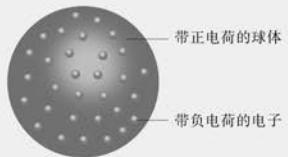


图 4.16 葡萄干面包模型

120



1. 在教学中, 可以适当补充原子结构探索过程中各重要阶段之间的衔接和过渡, 使学生能更好地置身于历史情境中。
2. 建议教师在教学过程中鼓励学生就不同阶段相关原子结构模型提出质疑, 引导学生认识“模型”这种科学的研究方法及其在化学研究中的重要价值, 同时帮助学生体会“模型”始终经历着修正和革新。

有核模型

英国物理学家 E. 卢瑟福 (Ernest Rutherford, 1871—1937) 领导的科研小组在用 α 粒子 (${}^4_2\text{He}^{2+}$) 轰击金箔时, 发现一个奇怪的现象: 绝大多数的 α 粒子都直线穿过金箔, 但有极少数 α 粒子发生偏转, 有个别 α 粒子甚至被直接反弹回去。

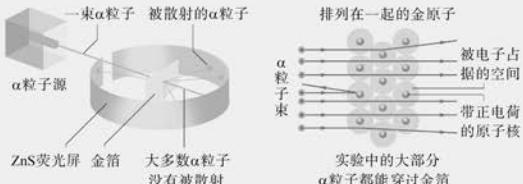


图 4.17 α 粒子轰击金箔示意图

在实验结果基础上, 卢瑟福提出了原子结构的有核模型: 原子是由体积极微小、质量很集中的、带正电荷的原子核, 以及在原子核周围空间做高速运动的带负电荷的电子构成的。

有核模型的提出, 标志着对原子结构的认识进入了新阶段, 为以后原子结构的现代模型奠定了基础, 但很快又被新的理论和模型取代。

1911 年

1913 年

1919 年

1932 年

玻尔模型

丹麦物理学家玻尔 (Niels Bohr, 1885—1962) 对原子的结构进行了更深入的研究和描述, 他认为电子是在一个特定的距离围绕原子核运动, 而且有着特定的轨道。



图 4.18 玻尔

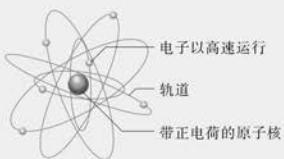


图 4.19 玻尔原子结构模型

发现质子

E. 卢瑟福用 α 粒子轰击氮反应时射出的一种带正电荷的亚原子粒子, 并称它为“质子”。

发现中子

英国实验物理学家查德威克 (Sir James Chadwick, 1891—1974) 发现原子核内另一种亚原子粒子, 由于它是电中性的, 故称之为“中子”。

现代原子结构理论在新的实验基础上保留了玻尔模型的合理部分, 并赋予其新的内容。随着科技迅速发展, 新的发现将继续解开原子更深层次结构的奥秘。

落实“证据推理与模型认知”这一化学学科核心素养的培养目标, 使学生建立证据、结论之间的关系, 同时让学生了解到现代原子结构模型是在证据之上逐步构建的, 它对于化学学科的发展做出的巨大贡献。



- 教师可以引导学生预测如果原子结构符合葡萄干面包原子模型, α 粒子轰击金箔会有什么现象, 并将 α 粒子散射实验现象与原子结构“有核模型”建立联系, 培养基于证据推理的能力。
- 教师可以先引导学生阅读卢瑟福的“有核模型”相关材料, 引发学生对于原子核的构成和核外电子运动状态的思考。然后, 向学生补充“玻尔模型”相关资料, 帮助学生对“玻尔模型”和“有核模型”进行比较, 使学生了解以前的科学家是如何研究核外电子的运动状态的。
- 在教学中, 可以设计问题串, 引导学生思考科学实验和原子结构模型研究之间的密切关系, 使学生进一步体会模型在科学研究中不可替代的作用。建议在教学过程中引导学生认识到关于原子结构的科学的研究和模型建构还在不断发展、完善的过程中。

核素

我们知道，元素是具有相同核电荷数的原子的总称。也就是说，同种元素原子的质子数相同，那么其中子数是否也相同呢？

科学家发现自然界中有三种不同的氢原子，这三种氢原子都含有1个质子，但它们所含的中子数都不相同。

表4.5 氢元素的三种不同氢原子

原子符号	原子名称 (俗称)	原子核		发现年代
		质子数	中子数	
${}^1\text{H}$ 或 H	氕	1	0	1766年，英国物理学家和化学家卡文迪什(Henry Cavendish, 1731—1810)制得氕气
${}^2\text{H}$ 或 D	氘(重氢)	1	1	1931年，美国化学家和天体化学家尤里(Harold Clayton Urey, 1893—1981)利用光谱检测的方法发现了氘
${}^3\text{H}$ 或 T	氚(超重氢)	1	2	1934年，E. 卢瑟福等人通过核反应发现人工氚，随后科学家又证实了重水中天然氚的存在

人们把具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子称为核素，例如， ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 和 ${}^3\text{H}$ 就各为一种核素。质子数相同而中子数不同的同种元素的不同核素互称为同位素，例如， ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 和 ${}^3\text{H}$ 互为同位素。许多元素都有同位素。例如，碳元素有 ${}^{12}\text{C}$ 、 ${}^{13}\text{C}$ 和 ${}^{14}\text{C}$ 等核素；氧元素有 ${}^{16}\text{O}$ 、 ${}^{17}\text{O}$ 和 ${}^{18}\text{O}$ 等核素；铁元素有 ${}^{54}\text{Fe}$ 、 ${}^{56}\text{Fe}$ 、 ${}^{57}\text{Fe}$ 和 ${}^{58}\text{Fe}$ 等核素；铀元素有 ${}^{234}\text{U}$ 、 ${}^{235}\text{U}$ 和 ${}^{238}\text{U}$ 等核素。

拓展视野

原子序数是元素分类的依据

门捷列夫设计的元素周期表是将元素按其原子量的大小依次排序，但会出现某些元素被归入不同性质元素一族的情况。例如，碲(原子序数为52)的原子量为128，而碘(原子序数为53)的原子量为127。若按原子量的大小排序，碲应该排到碘的后面，但是与氯性质相似的是碘元素。尽管门捷列夫在元素周期表

122



1. 在教学中，要向学生指明关注的重点，即氕、氘、氚原子中的质子、中子、电子之间的数量关系，便于学生进行思考、讨论。
2. 建议教师在进行“元素、核素、同位素”的教学时，要提醒学生注意对核素、同位素、元素三个不同概念的辨识，要通过实例，引导学生辨析“同一种原子”和“同一类原子”的区别。
3. 建议在教学过程中补充元素分类依据的演变过程，帮助学生更好地体会原子结构的发展和元素周期表的发展之间的密切联系。

中还是将碘排在了碲之后，并且坚信自己的判断，但这种原子量倒置的现象却让门捷列夫十分不解和苦恼。

直至科学家揭开原子结构的奥秘，人们才知道元素的本质区别在于核电荷数或质子数，而非原子量。

同位素分为稳定同位素和放射性同位素。放射性同位素在工农业生产、科学研究、医学等领域有着重要的应用。例如，放射性同位素放出的射线，可用于金属制品缺陷探测、食物保鲜、辐射育种、肿瘤诊断治疗和探究反应机理等方面。



图 4.20 断层放射治疗机

同一元素的各种核素虽然质量数不同，但它们的化学性质几乎完全相同。在天然存在的某种元素里，不论是游离态还是化合态，各种核素所占的丰度一般是不变的。

资料库

核素的丰度

核素的丰度指某特定核素的原子数与该元素的总原子数之比。

注意提醒学生对于天然存在的某种元素，各种核素所占的丰度一般不变，将对核素的辨识与实际应用结合起来。此处为下面“元素的相对原子质量”的引出做好了铺垫。

链接学科

放射化学

放射化学是研究放射性物质、与原子核转变过程相关的化学问题的化学分支学科，它的研究对象本身会含有放射性物质，或是进行研究而人为加入放射性物质。放射化学具有以下特点：很高的灵敏度，可测几百个乃至几个原子的质量，如 10^{-23} kg；利用放射性示踪研究化学反应的历程等。放射化学诞生于 19 世纪末法国科学家居里夫妇发现钋、镭的年代，随着 1942 年第一座核反应堆的建成，它与原子核物理一起走进人类合理利用核能的时代。放射化学也为我国研制原子弹、建设核电站等做出了重大贡献。

“链接学科”：引导学生关注核能等新能源的开发，树立可持续发展的观念。



1. 建议补充一些放射性同位素的具体应用，与核素中微粒之间关系的分析和应用有机结合起来。
2. 在教学中，建议教师向学生补充介绍一些“天然元素”和“人工合成元素”的相关知识。

相对原子质量

由于原子的实际质量非常小，如果用“千克”作单位来描述原子的质量，所得的数值极小，会给使用带来不便。在化学中，我们常用相对原子质量进行描述。相对原子质量是指以一个 ^{12}C 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准，任何一个原子的真实质量与这个标准之间的比值，称为该原子的相对原子质量。例如，一个 ^{12}C 的质量约为 $1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，一个 ^{16}O 的质量约为 $2.656 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，则该氧原子的相对原子质量是：

$$\frac{2.656 \times 10^{-26} \text{ kg}}{1.993 \times 10^{-26} \text{ kg} \times \frac{1}{12}} \approx 15.992$$

元素的相对原子质量，就是它的各种核素的相对原子质量，按各种核素的丰度而取的平均值。元素周期表中列出的就是元素的相对原子质量。

$$\bar{A} = A_1 \cdot a_1\% + A_2 \cdot a_2\% + \dots + A_n \cdot a_n\%$$

式中， \bar{A} 表示元素的相对原子质量， A_1, A_2, \dots, A_n 表示该元素各种核素的相对原子质量， $a_1\%, a_2\%, \dots, a_n\%$ 表示各种核素的丰度。根据核素的质量数，也可以算出元素的近似相对原子质量。



?

相对分子质量是分子式中各种原子的个数与相对原子质量乘积的代数和。你能说出 O_2 的相对分子质量和摩尔质量的区别与联系吗？



学习指南

例题导引

问题：氯元素有 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 两种核素，它们的相对原子质量及丰度如表所示。

124



1. 在教学中，建议先引导学生辨析“质量”和“相对质量”的区别，帮助学生体会引入“相对质量”概念的必要性。
2. 建议通过具体实例引导学生理解“核素的相对原子质量”“质量数”“元素的相对原子质量”“摩尔质量”之间的联系和区别。

4.3 核外电子排布

▶ 教学目标

1. 通过分析部分元素原子的电子排布数据，运用归纳的方法得出原子核外电子排布的规律，体验科学探究的过程，感悟学科知识的内在逻辑。
2. 通过运用结构示意图、电子式等化学符号，初步学会如何形象地表征物质的微观结构特征，体会化学符号的工具性和应用价值。
3. 通过研究原子结构和元素性质的关系，进一步建构“位”“构”“性”三维认识模型，并学习基于此模型分析和解决有关元素性质的问题，形成“结构决定性质”的学科观念。

▶ 教材解析

一、教材设计思路

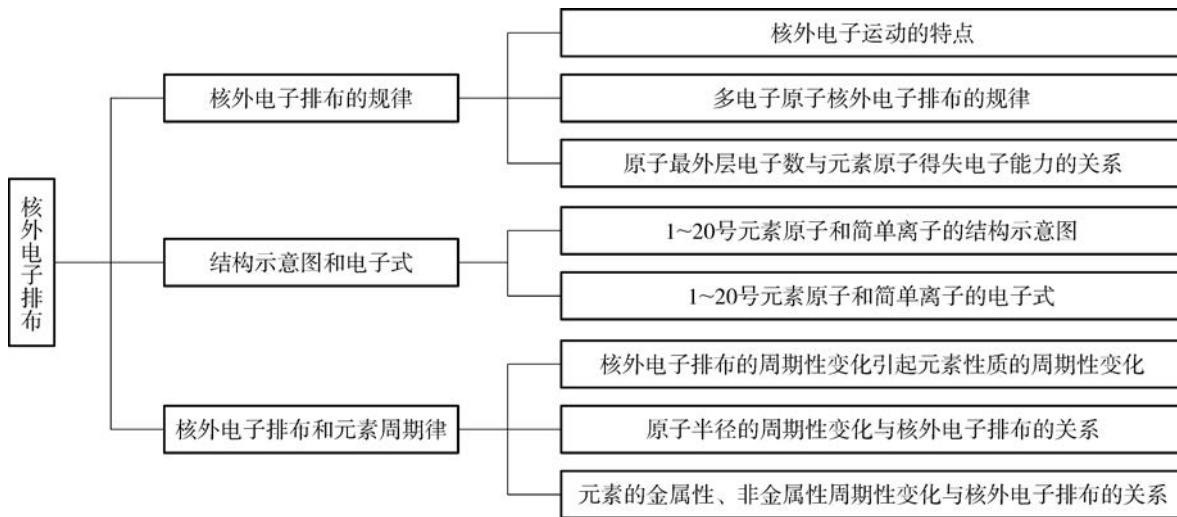
在上一节内容中，学生不仅知道了原子是由原子核和核外电子构成的，而且还认识到原子核也是由相关微粒构成的。本节内容将研究视角聚焦于核外电子这一与元素性质密切相关的微粒，根据相关信息探究核外电子排布的规律，通过符号工具形象地描述原子和简单离子核外电子的排布情况。通过原子结构和元素性质的讨论，将“位”“性”二维认识模型发展为“位”“构”“性”三维认识模型。上述内容也为学生学习下一节化学键知识奠定了基础。

本节第一部分以核外电子运动特点引入，介绍了其分层排布的特点。“想一想”结合表格信息，引导学生归纳出核外电子排布的规律，重在启发学生思考，培养逻辑思维能力。“书写表达”通过探究元素的原子结构特点和元素在元素周期表中的位置之间的关系建构“位”“构”二维认识模型。通过最外层电子排布与元素原子得失电子能力的讨论，初步建构“构”“性”二维认识模型。

第二部分介绍了如何用结构示意图和电子式表示原子或简单离子的核外电子排布，能让学生感受符号工具的形象性、简洁性和便利性。这也为下一节用电子式表示离子键、共价键的形成做好了铺垫。

第三部分详细讨论了核外电子排布与元素周期律的关系，得出了“核外电子排布的周期性变化是元素性质周期性变化的根本原因”这一结论。这促使学生整合原有的“位”“性”二维认识模型、“位”“构”二维认识模型和“构”“性”二维认识模型，建构“位”“构”“性”三维认识模型，认识同类物质性质的相似性和递变性的内在逻辑，发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”等方面的文化学科核心素养。

二、本节内容结构



三、教材分析

4.3

核外电子排布

电子带负电荷，质量仅为 9.109×10^{-31} kg，而原子内部大部分是空的，那么电子在原子内“广阔”的空间里是怎样运动的呢？

核外电子排布的规律

电子在原子核外空间做高速运动。20世纪以来，科学家主要运用量子力学等方法来研究核外电子的运动规律。

科学研究表明，通常在离核较近的区域内运动的电子能量较低，在离核较远的区域内运动的电子能量较高。在含有多个电子的原子中，电子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。通常用 n 来表示电子层。把离核最近、能量最低的电子层称为第一电子层 ($n=1$)，用符号 K 表示；其余由里往外依次类推，分别为第二、三、四、五、六、七电子层，依次用符号 L、M、N、O、P、Q 表示。每一层上最多可以容纳的电子数也各不相同。

表 4.6 核电荷数为 1 ~ 20 的元素原子的电子排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数				核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N				K	L	M	N
1	氢	H	1				11	钠	Na	2	8	1	
2	氦	He	2				12	镁	Mg	2	8	2	
3	锂	Li	2	1			13	铝	Al	2	8	3	
4	铍	Be	2	2			14	硅	Si	2	8	4	
5	硼	B	2	3			15	磷	P	2	8	5	
6	碳	C	2	4			16	硫	S	2	8	6	
7	氮	N	2	5			17	氯	Cl	2	8	7	
8	氧	O	2	6			18	氩	Ar	2	8	8	
9	氟	F	2	7			19	钾	K	2	8	8	1
10	氖	Ne	2	8			20	钙	Ca	2	8	8	2

127

学习聚焦

了解核外电子运动的特点

理解核外电子排布的规律

学会书写原子和离子的结构示意图和电子式

运用原子结构解释元素性质的递变规律

知识回放

- 构成原子的微粒
- 离子
- 元素周期律

引言通过“核外电子是如何运动的”这一问题引入本节内容。

学生只需了解科学家是运用量子力学等方法研究核外电子的运动的。关于核外电子运动状态的具体描述，将在选择性必修课程中详细介绍。

认识到核外电子是分层排布的，这为归纳得出核外电子排布规律做好铺垫。



- 在“核外电子运动”的教学中，可以适当补充相关资料，让学生了解百余年来科学家是如何研究核外电子运动状态的，从而体会假说和模型在科学探究中不可替代的作用。
- 目前，对于能量最低原理，只要求学生了解“电子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”即可，不宜深入探讨。
- 本部分内容比较抽象，教学时一方面引导学生在已有知识的基础上建构认识模型；另一方面可采用模型、图片、动画等进行微观模拟，增强对微观世界的可视化，加深学生对相关知识的理解。

表 4.7 第 18 族部分元素原子的电子排布

核电荷数 (元素名称 (元素符号))	各电子层的电子数					
	K	L	M	N	O	P
2 氦 (He)	2					
10 氖 (Ne)	2	8				
18 氩 (Ar)	2	8	8			
36 氪 (Kr)	2	8	18	8		
54 钯 (Xe)	2	8	18	18	8	
86 氡 (Rn)	2	8	18	32	18	8



2

依据表 4.6、表 4.7 中元素原子的电子排布，你能归纳出核外电子排布的规律吗？

多电子原子核外电子的排布主要遵循如下规律：

1. 各电子层最多可容纳的电子数为 $2n^2$ (n 代表电子层数)，例如，K 层 ($n=1$) 最多容纳 $2 \times 1^2=2$ 个电子，M 层 ($n=3$) 最多容纳 $2 \times 3^2=18$ 个电子。
2. 最外层电子数不超过 8 个 (K 层为最外层时则不超过 2 个)。当最外层电子数达到 8 (K 层为 2) 时，就达到第 18 族 (稀有气体元素) 的稳定结构。
3. 次外层电子数不超过 18，倒数第三层电子数不超过 32。



试分别写出图 4.21 中两种元素 Z 和 X 的原子的电子层数，以及最外层上的电子数。

5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01
13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97
30 Zn 65.38	Z	32 Ge 72.63
48 Cd 112.4	In 114.8	50 Sn 118.7
		X

图 4.21 元素 Z 和 X 在元素周期表中的位置



1. 归纳核外电子排布规律时，可以通过设置问题链，以问题为导向，以素材为载体，引导学生阅读素材、分析归纳、探寻规律。注重启发学生思考，培养逻辑思维能力，发展“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养。
2. 对于核外电子排布规律的认识，只要求能运用该规律判断元素原子的核外电子排布情况，不要求解释该规律，诸如“为什么各电子层最多可容纳的电子数为 $2n^2$ (n 表示电子层序数)？”等问题。

许多事实表明，元素的化学性质与原子的最外层电子排布密切相关。例如，金属元素原子最外层电子数较少，在化学反应中容易失去这些电子，使次外层变为最外层，达到稳定结构；反之，非金属元素原子最外层电子数比较多，反应时容易得到电子，使最外层达到8个电子的稳定结构；稀有气体元素原子最外层已达稳定结构，它们既不易得电子，也不易失电子，所以化学性质稳定。

结构示意图和电子式

原子的核外电子排布可以用原子结构示意图（图4.22）简明地表示。

我们常在元素符号周围用小黑点（或×）来表示元素原子的最外层上的电子，这种图式称为电子式。

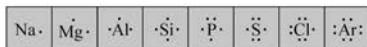


图4.23 第3周期元素原子的电子式

我们知道，离子是原子得到或失去电子后形成的微粒，故也可用结构示意图和电子式来表示，如图4.24所示。



图4.24 氧离子、钠离子的结构示意图和电子式

书写表达

填写下表。

名称	化学符号	结构示意图	电子式
氯原子			
硫离子			

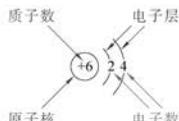


图4.22 碳原子的结构示意图

讨论最外层电子排布与元素原子得失电子能力的关系，也为下一节学习离子键的形成做好铺垫。

学会用结构示意图和电子式表示原子和简单离子的核外电子排布情况，同时也为下一节用电子式表示离子键和共价键的形成做好知识准备。

“书写表达”：诊断学生对1~20号元素原子和简单离子的结构示意图和电子式书写的掌握情况。



- 针对原子结构和元素性质的关系，可以引导学生结合已学的元素及其化合物知识展开讨论，从中寻找规律，同时注意规律的适用性，建构“构”“性”二维认识模型。
- 运用结构示意图、电子式等符号工具将微观、抽象的电子排布情况具体化、形象化，加深对核外电子排布的理解，体会符号工具的应用价值。
- 书写电子式时，应注意知识的可追溯性和概念的应用边界。以镁原子为例：按照核外电子排布规律，我们知道镁原子核外最外层有2个电子，而不知道这2个电子是否在同一“轨道”中成对出现；更重要的是，电子式是基于经典价键理论提出的，并不承载体现“轨道”的功能；因此书写时，不要求电子成对表示。

核外电子排布与元素周期律

在学生认识原子的核外电子排布后，开始思考元素性质周期性变化的根本原因，进一步探究“位”“构”与“性”的关系，通过设问引发讨论。

认识到原子核外电子排布的周期性变化既是元素在元素周期表排列的依据，也是元素性质周期性的根本原因，回答了前面的设问。

通过本章第1节内容的学习，我们已经知道元素性质呈周期性变化的规律。在这里，我们将进一步认识原子结构是如何决定元素性质的。

现在让我们回到前面的问题，为什么元素的性质会随着原子序数的递增呈现周期性变化呢？

随着原子序数的递增，各元素原子的最外层电子数增加，且每隔一定数目的元素，电子层数也在增加。也就是说，元素原子核外电子排布的周期性变化引起了元素性质的周期性变化。元素周期表中，元素就是按核电荷数和原子核外电子排布的周期性变化进行排列的。

同周期元素的原子半径随原子序数的递增依次减小，同主族元素的原子半径随原子序数的递增依次增大。这是因为同周期元素原子的电子层数相同，随着原子序数增大，原子的核电荷数增多，主要表现在原子核对最外层电子的吸引力增大，因而原子半径逐渐减小。同主族元素的原子半径主要取决于电子层数，从上到下，原子的电子层数逐渐增多，原子核对最外层电子的吸引力减弱，因而原子半径逐渐增大。

通过比较第3周期元素单质和化合物的性质，以及碱金属元素、卤族元素的性质变化，我们已经知道同周期和同主族元素的金属性和非金属性的递变规律。同周期元素，随着原子序数的递增，原子半径逐渐减小，失电子能力逐渐减弱，得电子能力逐渐增强，因而元素的金属性减弱，非金属性增强。同主族元素，随着原子序数的递增，原子半径逐渐增大，失电子能力逐渐增强，得电子能力逐渐减弱，因而元素的金属性增强，非金属性减弱。



学习指南

例题导引

- 问题：
- 元素周期表中第17族元素如图4.25所示。
 - (1)简述该族元素原子的核外电子排布的特点。
 - (2)比较碘和氯分别与金属铁反应的难易程度。

130



1. 具体教学过程中注意前后知识的联系，可以从挖掘已有知识的内在原因出发，引发思考，合理设置问题，帮助学生找出知识的内在逻辑，体验规律性知识的形成过程。
2. 关注知识背后的素养提升，发展原有的“位”“性”、“位”“构”或“构”“性”二维认识模型，建构“位”“构”“性”三维认识模型，形成结构决定性质的学科观念。
3. 本部分内容理论性强且抽象，可基于学生已有的元素及其化合物知识和氧化还原知识，创设合适的情境，进行解释，加深学生对概念、原理的理解。

4.4 化学键

教学目标

- 认识构成物质的微粒之间存在相互作用，结合典型实例认识离子键和共价键的形成，实现从“微粒观”到“微粒作用观”的学科观念发展。
- 通过电子式、结构式等化学符号表征离子键、共价键，以及利用分子结构模型反映分子的空间结构，学会将抽象概念具体化、形象化。
- 通过从宏观、微观和符号三个维度认识化学键，体验化学学科特征的思维方式，感悟化学学科的魅力。
- 通过建构不同类型的化学键理论模型，建立物质宏观性质和微观结构的联系，学会解释和推测物质的构成、结构、性质和变化，感悟“结构决定性质”的学科观念。

教材解析

一、教材设计思路

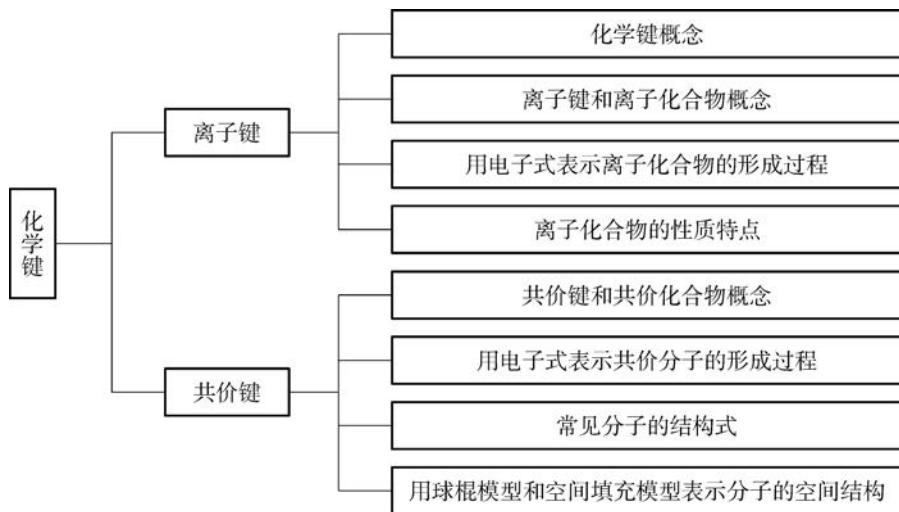
通过初中化学中原子、分子等相关概念的学习，再结合前两节学习的原子结构知识，使学生的认识角度开始从宏观物质转向微观粒子，思考原子是怎样结合成分子的、离子是怎样结合成物质的。本节从微粒间相互作用的视角，引导学生建立化学键的概念，再从相互作用方式的多样性认识离子键和共价键，同时也建立了新的化合物分类框架——离子化合物和共价化合物；此外，还通过共价键具有空间指向认识到分子存在空间结构。本节介绍的微观概念比较抽象，通过引入电子式、结构式、分子结构模型等符号工具，帮助学生形象地认识这些微观抽象的概念，从而加深对微观世界的理解。

本节第一部分以学生熟悉的氯化钠入手，从微观视角分析氯化钠的形成，提出钠原子和氯原子分别通过得失电子形成正、负离子，进而发生相互作用以达到稳定结构，从中引出了离子键的概念。从个别到一般，教材说明了形成像氯化钠这样的简单离子化合物大多应具备的条件，以及像氯化钠这样的离子化合物的性质特点。

第二部分与离子键的处理方式相似，以简单分子氯化氢分子的形成为例，提出原子之间可以通过共用电子对的方式达成稳定结构，从而引出共价键的概念。结合“想一想”中的问题，引导学生初步了解共价键的特点，进而指出分子具有一定的空间结构。最后的“想一想”和“拓展视野”通过设问的形式，介绍了分子间存在较弱的相互作用，这样处理既引导学生发现微粒间相互作用的普遍性，又使学生认识到化学键这种强烈的相互作用的特殊性，从而加深对化学键概念的理解，凸显概念教学的特征。

整体而言，本节内容只是使学生认识微粒间的相互作用和分子具有空间结构，并未做深入讨论，更多相关内容将在选择性必修课程中做系统说明。

二、本节内容结构



三、教材分析

4.4 化学键

元素周期表中的百余种元素是如何构成数量惊人的物质世界的？为何外观相似的盐和糖的性质会完全不同？我们将从原子结构的基础上，进一步认识原子在构成物质时不同的相互作用，并认识它们与物质性质之间的关联。

离子键

通常我们把物质中近邻的原子或离子之间强烈的相互作用称为化学键。

我们知道金属钠在氯气中燃烧生成氯化钠。现在可用学过的原子结构和元素性质的相关知识，来分析氯化钠的形成。

钠原子容易失去一个电子，而氯原子容易接受一个电子。当金属钠与氯气反应时，钠原子将电子给了氯原子，形成带一个正电荷的钠离子，最外层达到8电子稳定结构；氯原子接受一个电子，形成了带一个负电荷的氯离子，最外层也达到8电子稳定结构。于是带相反电荷的钠离子和氯离子通过静电作用结合在一起。这种正、负离子之间由静电作用所形成的化学键称为离子键。

以离子键结合的化合物叫做离子化合物，通常第1、2族的活泼金属和第16、17族的活泼非金属间易形成离子化合物。像氯化钠这样的离子化合物在室温下是以晶体形式存在的，晶体中正、负离子按一定的规律在空间排列，并通过离子键结合在一起，其结构如图4.26所示。

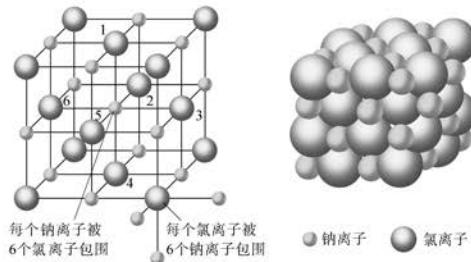


图4.26 氯化钠的晶体结构示意图

学习聚焦

- ✓ 知道化学键的含义
- ✓ 理解离子键和共价键的形成
- ✓ 学会用电子式和结构式表示分子和离子
- ✓ 知道分子存在一定的空间结构

知识回放

- 原子核外电子排布的规律
- 元素周期表
- 元素周期律

引言部分起到承上启下的作用。基于已经了解的元素周期表和原子结构的知识，引发学生思考原子是如何构成不同物质的，以及在构成物质时具有怎样不同的相互作用。

首先给出化学键的定义，进而基于熟悉的元素及其化合物（NaCl）知识和离子的概念介绍了离子键的形成过程。

引导学生从元素周期表中元素的位置、原子结构的角度解释离子键和离子化合物的形成过程，加强对“位”“构”“性”三者之间关系的理解。

利用示意图更形象、清晰地展现正、负离子是怎样通过空间的排列和离子键形成离子化合物。



1. 由于化学键的教学内容较为抽象，因此，在引言部分建议引用更多的化学式相似、性质不同的物质引发学生的思考和对化学键的学习产生兴趣，如NaCl和HCl、CO₂和SiO₂等。
2. 教材正文对于化学键未做太多展开，但实际教学中，应使学生明确以下几点：①化学键是指近邻而非相距较远的原子或离子间的相互作用；②“相互作用”包括相互吸引和相互排斥；③“强烈的相互作用”的“强烈”的体现，可以结合一些实际情景或数据获得具体感受。
3. NaCl中的离子键可以充分利用已经学过的Na、Cl的原子结构进行讨论，包括用动画或视频方式直观地展现离子的形成、相互吸引、相互排斥，直到吸引和排斥达到平衡形成离子键。

离子化合物性质的介绍，充分呈现“位”“构”“性”三者的关系。

“拓展视野”：在已经掌握原子半径大小比较的基础上，进一步介绍离子半径的大小变化规律，有助于加深学生对元素性质的递变性的理解。离子半径大小比较在必修课程中不要求掌握。

相对于离子化合物的形成，利用非金属元素之间结合可以形成分子引发思考，引出共价键。

“想一想”：利用与 NaCl 化学式形式类似的 HCl 进行对比，结合已经学过的元素及其化合物知识和离子键的形成过程产生新的认知冲突，引入共价键概念。

离子化合物的形成过程可用电子式来表示，例如，氯化钠的形成过程为：



在离子化合物中存在离子键，像氯化钠这样的离子化合物有较高的熔点和沸点，硬度也较大。高温下，由于离子键被破坏，离子可以自由运动，故离子化合物受热熔化时可以导电。当离子化合物溶于水后，由于水分子作用，离子键也被破坏而形成自由移动的离子，故离子化合物溶于水也能导电。

拓展视野

离子半径

离子半径是描述离子大小的参数，取决于离子所带电荷、电子分布和晶体结构类型。当原子失去电子并形成正离子时，半径一般会变小；当原子获得电子并形成负离子时，半径一般会增大。

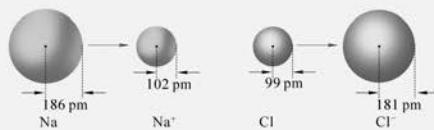


图 4.27 Na 和 Na^+ 、 Cl 和 Cl^- 的原子半径和离子半径

共价键

我们知道，两个氢原子可以结合成一个氢分子，两个氯原子可以结合成一个氯分子，一个氯原子和一个氢原子可以结合成一个氯化氢分子。那么，这些非金属元素原子之间又是怎样结合的呢？



尝试用学过的知识，解释氢原子和氯原子为何能结合成氯化氢分子，结合时原子的个数比例是不是任意的。



1. 离子化合物的性质可通过具体数据或图片、视频进行展示，引导学生根据这些数据进一步感受离子键中正、负离子之间存在的静电作用。
2. 原子（离子）半径比较的规则可结合元素周期表中元素所在的位置、原子（离子）的电子层结构进行归纳、总结，加强对“位”“构”“性”三者关系的理解。

氢和氯都属于非金属元素，氢原子最外层有1个电子，氯原子的最外层有7个电子。氢原子和氯原子分别要达到稳定的2电子和8电子稳定结构，都需要获得1个电子。由于氢原子、氯原子之间难以发生电子得失，唯有各自提供1个电子形成共用电子对使氢原子和氯原子都达到稳定结构。

像氯化氢分子这样，原子间通过共用电子对所形成的化学键，叫做共价键。仅由共价键构成的化合物叫做共价化合物，例如，水、乙醇(C_2H_6O)、蔗糖($C_{12}H_{22}O_{11}$)等都是共价化合物。

共价化合物的形成过程也可以用电子式表示，氯化氢的形成过程可表示为：



书写表达

试用电子式表示 N_2 的形成过程。

一般来说，一个原子中有几个可以共用的未成对电子，就可以形成几个共价键。例如，一个氧原子、氮原子和碳原子可以分别形成二、三、四个共价键，它们分别和氢原子结合成水分子、氨分子、甲烷分子等共价分子。

在化学上常用一条短线来表示一对共用电子，因此，氯化氢分子也可以表示为：H—Cl，这种式子叫做结构式。表4.8给出了几种常见分子的电子式和结构式。

表4.8 几种分子的电子式和结构式

分子式	H_2	Cl_2	H_2O	NH_3	CH_4
电子式	$H:H$	$\cdot\ddot{Cl}\cdot\ddot{Cl}\cdot$	$H\ddot{\cdot}O\cdot H$	$H\ddot{\cdot}N\cdot H$ H	$H\ddot{\cdot}C\cdot H$ H
结构式	$H-H$	$Cl-Cl$	$H-O-H$	$H-N-H$ H	$H-C-H$ H

与 $NaCl$ 的成键过程进行对比分析，通过“成键原子—成键过程—成键的相互作用”等角度，理解共价键形成的动力（形成稳定结构）和实质（共用电子对），理解这两种化学键之间的共同点和不同点。

表4.8介绍了常见分子的电子式和结构式的书写表达，可加强学生对共价键形成过程的理解，同时引导学生注意电子式和结构式在表达时的不同之处。



- 建议利用原子结构的知识，结合动画过程，解释 HCl 中共价键形成的过程，更容易使学生从微观层面理解共用电子的动力和共价键形成的实质。
- 建议教师引导学生从氮的原子结构去理解氮原子要形成稳定结构还需要多少电子，再书写 N_2 的电子式。
- 对于常见分子的电子式和结构式，建议用 H_2 、 Cl_2 为例进行详细讲解，使学生理解从电子式改写为结构式的方法和步骤后，其余分子的电子式和结构式的书写可请学生自行完成，加强学生对共价键形成过程的理解和书写表达能力。

“化学史话”：介绍了对不同化学键的认识历程，体现人类对于事物的认知从片面到全面，从局部到完整的过程，使学生体会证据推理、创新意识在化学学科发展中的重要作用和地位，感悟科学家们严谨的科学态度。

示意图有两方面作用，一方面展示了两种常见的分子模型：球棍模型和空间填充模型，另一方面印证了共价键具有空间指向的方向性。

“想一想”：厘清分子内部原子之间的共价键和分子之间存在的分子间作用力之间的不同，避免混淆概念。

“拓展视野”：对分子间作用力进行明确的解释，并通过具体例子理解分子间作用力对物质性质的影响。

化学史话

离子键和共价键的提出

1916年，德国物理学家柯塞尔（W. Kossel, 1888—1956）根据稀有气体元素原子的电子层结构具有高度稳定性的事实提出了离子键理论。他指出原子失去或获得电子变成正、负离子时，都使得原子结构中的电子处于最稳定状态，与原子序数相近的稀有气体元素原子具有相同的核外电子排布；它们之间靠离子键结合在一起而生成离子化合物。

1916年，美国物理化学家路易斯（Gilbert Newton Lewis, 1875—1946）提出共价键理论，指出原子间的价键可以通过原子间共享一对或多对电子来形成，每个原子外层的电子结构应和相近稀有气体元素原子所具有的最稳定电子层结构相同。



图 4.28 甲烷分子的球棍模型和空间填充模型

原子在结合形成共价键时，每个原子都有一个最大的成键数，结合原子的数目不是任意的。共价化合物分子中各原子间有一定的连接方式，共价键具有空间指向，所以共价键之间有夹角，因而分子有空间结构，常用球棍模型和空间填充模型来表示。例如，一个碳原子可以和四个氢原子结合形成甲烷分子，该分子具有正四面体结构，其球棍模型和空间填充模型如图 4.28 所示。



分子中近邻的原子之间存在着强烈的相互作用——共价键，那么在分子和分子之间是否也存在相互作用？试举例说明。

拓展视野

分子间作用力

许多事实证明分子间存在将分子聚集在一起的作用力，这种作用力叫做分子间作用力。分子间作用力比化学键弱得多，它主要影响由分子所构成的物质的熔点、沸点和溶解性等。水的三态变化中的能量变化，就是因为水分子之间存在着分子间的相互作用力。



- 与人类对原子结构的认识过程类似，人类对化学键的认识也经历了很多不同的阶段。建议通过展示相关资料，引导讨论，使学生感受到对事物的科学认识是不断发展的，而这个过程中离不开“科学探究与创新意识”“证据推理与模型认知”等。
- 分子模型的展示可以用实物，也可以请学生结合图片自己动手搭建，有助于学生初步认识分子是具有空间结构的。
- 对于分子间作用力和共价键之间的区别，可用学生熟悉的物质进行教学。例如：可以展示固态水→液态水→气态水的变化，分别只要在常压下加热到0℃和100℃即可；但将水分子分解为氢气和氧气则需要2200℃以上的高温。通过教师的引导和讨论，使学生直观地感受到分子间作用力和共价键存在的客观事实和两者之间的差异。

本章教学案例

“元素周期表和元素周期律”单元教学设计 (本单元共3课时)

一、单元设计思路

本单元教学以元素周期表和元素周期律为框架，首先从化学史导入元素周期表，再通过一些事实和实验归纳元素周期律，探索元素周期表和元素周期律的应用。

第1课时教学设计从化学史引入，直接呈现元素周期表的结构，引导学生观察元素周期表，结合有关数据、文献资料，从纵向与横向两个角度分析周期与族；让学生通过亲自编排元素周期表，深化对元素周期表的结构、周期与族的认识。在此基础上，通过1~20号元素的表格数据分析，指导学生绘制原子序数的递增与原子半径、元素主要化合价变化的曲线，得出随着原子序数的递增，原子半径、化合价变化的规律。

第2课时教学设计从探究同周期、同主族元素性质的递变规律着手，引导学生根据实验事实，结合有关数据、文献资料分析，得出同周期、同主族元素金属性和非金属性的递变性与相似性，认识元素在元素周期表中的位置与元素性质的关系，从而认识元素周期律。

第3课时教学设计从元素周期表与元素周期律的关系切入，重点围绕元素周期表的价值以及如何利用周期表来解决一些实际问题展开。教学中设计元素周期表在半导体材料的选择、催化剂与新材料的寻找、农药研究、矿物的勘探等方面应用的讨论与交流，让学生体会元素周期律与元素周期表在指导生产实践中的意义；引导学生在元素周期律和元素周期表的指引下，建构学习元素及其化合物的认识模型。

元素周期表与元素周期律是对前面学习的元素及其化合物知识的总结和升华，是学习化学的重要工具。因此，本单元的教学设计还要注意承上启下，引导学生从发展的视角认识元素周期表与元素周期律，认识化学的美；进行抽象与具体科学方法的指导，运用辩证唯物主义观点分析现象和本质的关系，认识量变引起质变这一唯物辩证法的基本规律。

二、单元学习规划

单元主题：元素周期表和元素周期律 课时数：3课时

单元分析	本单元内容是建立在学生已经学习了氧化还原反应，卤素、硫及其重要化合物，氮及其重要化合物的基础上开展，教材内容从元素周期表发展与新元素发现的化学史导入，旨在要求学生能运用文献资料、表格数据、实验事实分析，认识元素周期表与元素周期律，认识元素周期表中同周期、同主族元素的性质递变规律；能运用元素周期表和元素周期律知识解决实际问题，进而深化对元素周期表和元素周期律的认识。
单元目标	1. 知道元素周期表的结构、周期与族的概念，金属、非金属在元素周期表中的位置；画出随原子序数的递增3~9号、11~17号元素的原子半径、主要化合价变化的折线图，认识随原子序数的递增，元素的主要化合价、原子半径呈周期性变化的规律。 2. 以第3周期的钠、镁、铝、硅、磷、硫、氯，以及碱金属和卤族元素为例，结合有关数据和实验事实认识元素性质呈周期性变化的规律，认识同周期和主族元素性质的递变规律，建构元素周期律。

(续表)

单元目标	<p>3. 能利用元素在元素周期表中的位置，分析、预测、比较元素及其化合物的性质，认识元素的“位”“性”之间的关系，建立认识模型，并能运用模型解释化学现象，揭示现象的本质和规律。</p> <p>4. 能结合有关资料说明元素周期表和元素周期律对合成新物质、制造新材料的指导作用，体会元素周期表和元素周期律在学习元素及其化合物知识与科学探究中的重要作用。</p> <p>5. 感悟科学家追求真理的科学精神，形成元素周期表是一种认识物质世界的工具的观念，体会元素周期表中蕴含的量变引起质变、事物存在普遍联系等辩证唯物主义思想。</p>
------	--

课时	行为目标	教学活动(活动组/问题链/任务单)	教学资源	评价内容
第1课时 元素周期表与元素周期律	1-1 通过对文献资料与表格数据等信息进行分析处理，总结归纳元素周期表的结构、周期与族的概念。 1-2 通过表格数据分析，画出随原子序数的递增3~9号、11~17号元素的原子半径、主要化合价变化的折线图等，知道主要化合价、原子半径随原子序数递增发生周期性变化。 1-3 通过元素周期表的发展史，体会化学家们在发现与发明过程中所体现出的科学态度及追求真理的精神。	活动一：认识元素周期表的发展史。 情境：提供元素周期表的发展史料——门捷列夫研制元素周期表的故事。 问题：门捷列夫是怎样对元素进行排序的？按照什么原则？ 任务：分析门捷列夫研制元素周期表的科学基础。 归纳：编制元素周期表的原则。	元素周期表发展和元素周期律发现史料。	能整合文献、表格数据的分析，归纳编制元素周期表的原则，总结科学家研制元素周期表的目的。
	活动二：自主设计元素周期表。 情境：提供1~20号元素的原子量、质子数、核外电子数、主要性质（金属性、非金属性、氧化性、还原性）等资料。 问题：我们能不能像科学家一样，编成一张元素周期表呢？ 任务：把桌子上写有元素信息的卡片按一定规律，排成一张元素周期表。 归纳：编制元素周期表的方法。		自主设计元素周期表，设计的元素周期表至少反映一条内在联系。	
	活动三：归纳元素周期表的结构。 情境：展示科学家曾编制过的各种形式的元素周期表。 问题：元素周期表中共有几行？几列？包含哪些元素？ 任务：观察现代的元素周期表。 归纳：元素周期表结构。	各种元素周期表。	能描述元素周期表的结构。	
	活动四：探究元素周期律。 情境：提供1~20号元素的原子量、质子数、核外电子数、主要性质（金属性、非金属性、氧化性、还原性）等资料。 问题：元素周期表反映了元素之间哪些内在联系？哪些变化规律呢？ 任务：画出元素主要化合价、原子半径随原子序数增加而变化的平面图。 归纳：寻找规律，得出结论。	1~20号元素的原子半径数据表。	能绘制元素主要化合价、原子半径随原子序数增加而变化的图像。	
第2课时 探究同周期与同主族元素性质的递变规律	2-1 通过实验探究，归纳出同周期元素性质的递变规律，以及同主族元素性质的递变规律。	活动一：描述元素周期表结构及元素的内在联系。 情境：提供第3周期元素的信息。 问题：第3周期元素有哪些变化规律？ 任务：预测第3周期元素金属性、非金属性、氧化性、还原性、最高价氧化物对应水化物的酸碱性变化的规律。 归纳：归纳预测。	提供实验探究用的仪器与药品。	正确说出元素周期表结构及元素的内在联系。 有依据地预测第3周期元素金属性、非金属性。

(续表)

课时	行为目标	教学活动(活动组/问题链/任务单)	教学资源	评价内容
第2课时 探究同周期与同主族元素性质的递变规律	2-2 通过实验探究,提高实验观察及对实验结果的分析、处理和总结能力。 2-3 利用元素在元素周期表中的位置,分析、预测、比较元素及其化合物的性质,体会元素的“位”“性”之间的关系。	活动二:探究同周期元素性质递变规律。 情境1:提供钠、镁条、铝片、稀盐酸、蒸馏水、小试管、烧杯、砂纸等药品与仪器。 问题:利用给出的药品与仪器设计实验方案探究钠、镁、铝的金属性强弱顺序。 任务:实验验证钠、镁、铝的金属性强弱顺序。 归纳:钠、镁、铝的金属性强弱顺序(还原性、最高价氧化物对应水化物的酸碱性)。 情境2:提供硅、磷、硫、氯的有关信息。 问题:比较硅、磷、硫、氯的非金属性。 任务:阅读资料,分析硅、磷、硫、氯的非金属性强弱。 归纳:硅、磷、硫、氯非金属性强弱顺序(氧化性、最高价氧化物对应水化物的酸碱性)。 归纳:写出11~17号元素随着原子序数的递增,金属性和非金属性呈现出的变化规律(氧化性、还原性、最高价氧化物对应水化物的酸碱性)。	硅、磷、硫、氯化学性质的相关信息。	能利用提供的药品与仪器设计实验。能根据实验现象与文献分析得出结论,通过归纳与演绎,正确得出同周期元素性质的变化规律。
第3课时 元素周期表与元素周期律的应用	3-1 会分析、整合信息,对数据和事实进行总结、概括,从而得出结论。 3-2 举例说明元素周期表和元素周期律对科学预测、寻找新材料等方面的应用。	活动三:探究同主族元素性质递变规律。 情境1:提供锂、钠、钾、蒸馏水、小烧杯、小刀等药品与仪器。 问题:设计实验比较锂、钠、钾的金属活泼性。 任务:实验并观察锂、钠、钾在空气中的变化及与水的反应。 归纳:碱金属元素的金属活动性强弱顺序(还原性、最高价氧化物对应水化物的碱性)。 情境2:卤族元素的化学性质。 问题:比较卤族元素的非金属性。 任务:分析卤族元素的非金属性强弱(氧化性、气态氢化物热稳定性、最高价氧化物对应水化物的酸性)。 归纳:同主族元素性质递变规律,以及元素的“位”“性”之间的关系。	碱金属、卤族元素化学性质的相关信息。	能根据实验现象与文献分析得出结论,通过归纳与演绎,正确得出同主族元素性质的变化规律。

(续表)

课时	行为目标	教学活动(活动组/问题链/任务单)	教学资源	评价内容
第3课时 元素周期表与元素周期律的应用	3-3 体会元素周期表中蕴含的量变到质变、事物普遍联系等辩证唯物主义思想。	活动三: 归纳元素周期表的应用领域。 情境: 科学家寻找新元素、新材料、催化剂的实例。 问题: 元素周期表应用领域? 任务: 根据实例, 归纳元素周期表的应用领域。 归纳: 科学预测为新元素的发现及预测它们的原子结构和性质提供线索, 寻找新材料(半导体材料、优良催化剂等), 用于工农业生产(探矿、研制农药), 等等。		知道元素周期表应用领域。

三、单元教学(课时)设计

第1课时 元素周期表与元素周期律

教学目标

- 1-1 通过对文献资料与表格数据等信息进行分析处理, 总结归纳元素周期表的结构、周期与族的概念。
- 1-2 通过表格数据分析, 画出随原子序数的递增3~9号、11~17号元素的原子半径、主要化合价变化的折线图等, 知道主要化合价、原子半径随原子序数递增发生周期性变化。
- 1-3 通过元素周期表的发展史, 体会化学家们在发现与发明过程中所体现出的科学态度及追求真理的精神。

教学重点

元素周期表的结构; 原子半径、主要化合价随原子序数递增而呈现周期性变化。

教学难点

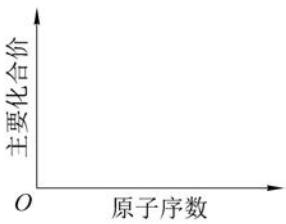
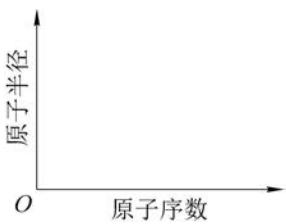
通过有关文献资料与表格数据分析处理, 归纳元素周期表结构与原子半径、主要化合价随原子序数递增发生周期性变化规律。

教学过程

教师活动	学生活动	设计意图
【情境】呈现元素周期表的发展史料, 讲解门捷列夫研制元素周期表的故事。 【问题】① 科学家们为什么要给当时的元素排序? ② 门捷列夫研制元素周期表有哪些基础? ③ 门捷列夫是怎样对元素排序的? 按照什么原则? 【归纳】新元素不断发现, 寻找元素性质的变化规律; 门捷列夫按照元素的原子量的递增, 编制了元素周期表。	【阅读】元素周期表的发展史料。 【倾听】化学故事。 【思考交流】	通过化学史, 创设情境, 激活思维, 调动学习的积极性。 通过对问题的思考, 感悟文献分析、归纳总结也是科学研究的重要方法。
【情境】提供1~20号元素的原子量、质子数、核外电子数、主要性质(金属性、非金属性、氧化性、还原性)等资料。	【阅读】提供的资料。	通过自制元素周期表, 训练抽象与逻辑思维; 认识化学的美; 体验实事求是、严谨作风与创新思维在研究中的重要意义。

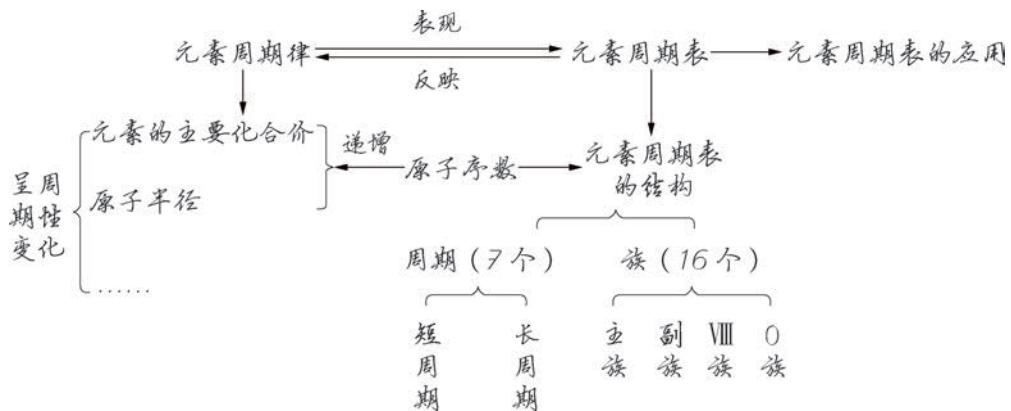
教师活动	学生活动	设计意图																										
<p>【问题】我们能不能像科学家一样，按照一定的原则，把1~20号元素编成一张反映元素内在联系的元素周期表呢？</p> <p>【任务】以2人为1组把桌子上写有元素信息的卡片按一定规律，排成一张元素周期表。</p> <p>【归纳】每一组同学编制的元素周期表都从不同的角度反映了元素的某些内在联系。元素周期表发生演变，但总的原则是：周期表结构必须简单明了；能揭示元素的内在联系与变化规律；能对未知新元素的存在与性质进行预测，为寻找新材料等提供指导。</p>	<p>【思考与制作】自制元素周期表。</p> <p>【交流】制作规则。</p> <p>【展示】自制的元素周期表。</p> <p>【倾听】</p>																											
<p>【情境】科学家也编制过各种形式的元素周期表。</p> <p>【展示】不同形式的元素周期表。</p> <p>【呈现】目前常用元素周期表。</p> <p>【任务】观察元素周期表。</p> <p>【问题】阅读教材了解元素周期表的结构，并回答下列问题：①元素周期表中共有几行？几列？②元素周期表中一个横行叫做什么？每一行各有多少种元素？③元素周期表中一个纵列叫做什么？每一纵列的名称分别是什么？用什么符号表示？④是否发现还有未发现的元素没有填入元素周期表？如何知道的？⑤元素周期表的每个方格内反映了哪些有关元素的信息？</p> <p>【归纳】根据元素周期表，填写完成表格内容。</p> <p>(1) 原子序数——元素在元素周期表中排列的序号。</p> <p>(2) 周期——周期表中的横行：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类别</th> <th>周期序数</th> <th>起止元素</th> <th>包括元素种数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">短周期</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">长周期</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	类别	周期序数	起止元素	包括元素种数	短周期	1			2			3			长周期	4			5			6			7			<p>【观察】元素周期表。</p> <p>【阅读】教材。</p> <p>【思考与交流】用原子序数、周期、族概念，描述元素周期表结构。</p> <p>【填写】周期与族的归纳表格。</p> <p>【交流】归纳的内容。</p> <p>通过多样化的周期表，感受科学的研究的多样视角，研究的角度不同，结果的呈现也会多样化。</p> <p>通过阅读、分析信息、填写、归纳，指导学生进行理论探究。</p> <p>通过直观的图表等，调动学生学习积极性，训练学生归纳与演绎、分析与综合的能力。</p> <p>让学生学习常用的数据处理方法和表示方式，培养学生分析、处理数据的能力和相互合作的意识，也让学生获得直观形象的感性知识，为归纳元素周期律奠定基础。</p>
类别	周期序数	起止元素	包括元素种数																									
短周期	1																											
	2																											
	3																											
长周期	4																											
	5																											
	6																											
	7																											

(续表)

教师活动		学生活动	设计意图																																									
(3)族——周期表中的纵列。																																												
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">主族</td> <td>列</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>族</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">副族</td> <td>列</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>族</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VII族</td> <td colspan="6">纵列</td></tr> <tr> <td>0族</td> <td colspan="6">第 纵列</td></tr> </table>		主族	列	1						族						副族	列	3						族						VII族	纵列						0族	第 纵列						
主族	列		1																																									
	族																																											
副族	列	3																																										
	族																																											
VII族	纵列																																											
0族	第 纵列																																											
<p>【问题】元素周期表反映了元素的哪些内在联系？哪些变化规律呢？</p> <p>【任务】阅读分析教材第110页表4.1。指出1~18号元素的主要化合价，画出元素主要化合价随原子序数增加而变化的平面图。</p> <p>【任务】分析表4.2数据，画出原子半径随原子序数增加而变化的平面图；寻找规律，得出结论。</p> <p>【归纳】随着原子序数递增，元素的主要化合价、原子半径均呈现周期性变化。</p>		<p>【思考】</p> <p>【阅读】教材第110页表4.1。</p> <p>【交流】1~18号元素的主要化合价。</p> <p>【画图】元素主要化合价随原子序数增加而变化的平面图。</p>  <p>画出原子半径随原子序数增加而变化图。</p> 	结合有关数据、文献资料，通过对1~18号元素的有关信息分析与整合，画出随着原子序数的递增，原子半径、元素主要化合价变化的曲线，感悟分析现象和本质的关系、抽象与具体的科学方法；归纳元素主要化合价、原子半径的递变规律，感悟元素的性质随原子序数的递增呈周期性变化的规律。																																									
<p>【小结】元素周期表把100多种无序的元素，按周期与族井然有序的排列起来，构成一个整体，反映着元素的内在联系与变化规律，体现了元素周期律。</p>		<p>【倾听】</p>	整体认识元素周期表的结构美。																																									

板书设计

元素周期表与元素周期律



案例提供者：上海徐汇区教育学院 姚秋平

4.3 核外电子排布（第2课时）

教学目标

1. 列举元素原子半径、主要化合价、金属性和非金属性等性质的周期性变化。
2. 理解元素周期表排列的依据。
3. 能够从原子结构的角度解释元素性质周期性变化的原因。
4. 能够根据“原子结构”“元素性质”“元素在元素周期表中的位置”三者之间的关系进行相互推断。

教学重点

能够从原子结构的角度解释元素性质周期性变化的原因。

教学难点

综合应用“原子结构”“元素性质”“元素在元素周期表中的位置”三者之间的关系解决有关问题。

教学过程

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【提问1】阅读下图（元素周期表中一部分），分析第3周期元素原子核外电子排布特点。</p> <p>(1) (2)</p> <p>He</p>	<p>【观察分析】说明核外电子的排布的相似性和递变性。</p>	<p>进一步体会元素周期表的排列依据，建立元素在元素周期表中的位置与原子结构之间的关系。</p>

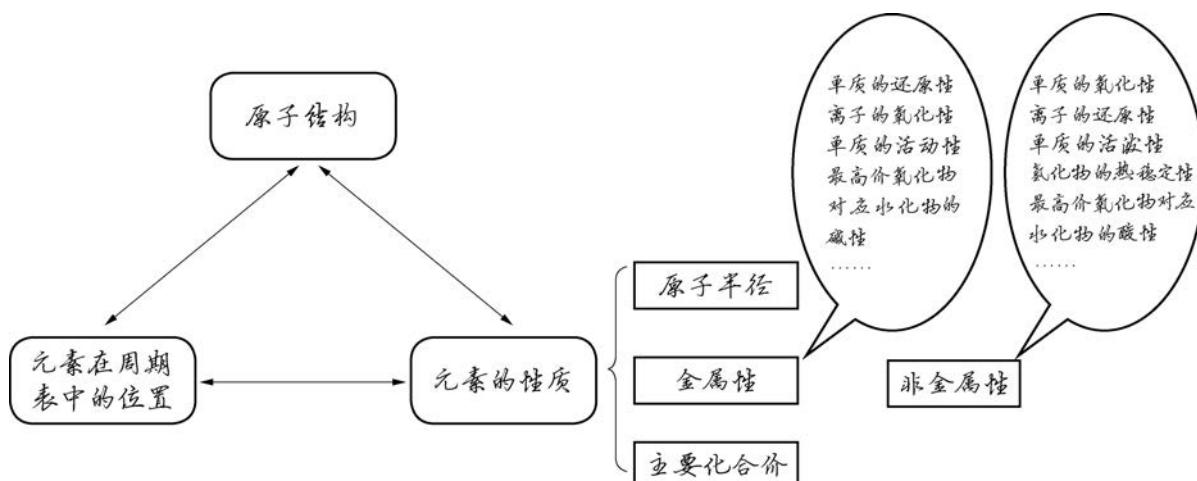
(续表)

教师活动	学生活动	设计意图																				
<p>【提问2】第3周期元素如何体现元素周期律？（原子半径、金属性、非金属性、化合价等）</p> <p>【提问3】如何用原子结构的知识解释上述规律（性质变化）？</p> <p>【规范表述】原子半径：第3周期元素电子层数相同，随着核电荷数增加，对核外电子的引力增加，故电子排列更紧密，原子半径越小。</p> <p>金属性：元素电子层数相同，随着核电荷数增加，对核外电子的引力增加，即失电子能力减弱，金属性减弱。</p> <p>非金属性：元素电子层数相同，随着核电荷数增加，对核外电子的引力增加，即得电子能力增强，故非金属性增强。</p>	<p>【思考】从原子半径的递变、金属性、非金属性的递变，主要化合价等角度进行思考。</p> <p>【回答】学生叙述。</p> <p>【表述】将自己的表述进行修正，规范表述。</p>	<p>建立元素周期律与原子结构的关系。</p> <p>强调从原子结构角度解释物质性质比较的规范表述。</p>																				
<p>【提问4】ⅦA族元素氯、溴、碘的单质的氧化性变化如何？Cl^-、Br^-、I^-的还原性变化如何？如何从原子结构的角度解释Cl^-、Br^-、I^-还原性的递变？</p> <p>【归纳】元素的非金属性的递变性同样也适合其构成的单质的氧化性以及其离子的还原性。</p> <p>【提问5】阅读下列表格，根据已知的卤族元素的非金属性递变规律，思考元素的非金属性与其氢化物的哪些性质相关。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>单质</th> <th>反应条件</th> <th>化学方程式</th> <th>气态氢化物热稳定性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F_2</td> <td>冷暗处爆炸</td> <td>$\text{H}_2 + \text{F}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HF}$</td> <td>很稳定</td> </tr> <tr> <td>Cl_2</td> <td>光照或点燃</td> <td>$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl}$</td> <td>稳定</td> </tr> <tr> <td>Br_2</td> <td>500℃高温</td> <td>$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 2\text{HBr}$</td> <td>较稳定</td> </tr> <tr> <td>I_2</td> <td>高温持续加热</td> <td>$\text{H}_2 + \text{I}_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{HI}$</td> <td>较不稳定</td> </tr> </tbody> </table> <p>【归纳补充】除了单质的氧化性、离子的还原性，其单质与氢气化合的难易程度以及氢化物的热稳定性等，氯、溴、碘对应的最高价氧化物水化物的酸性也与其非金属性呈正相关变化。</p> <p>【提问6】判断O和Si的非金属性强弱，如何证明？请举一实例说明。</p>	单质	反应条件	化学方程式	气态氢化物热稳定性	F_2	冷暗处爆炸	$\text{H}_2 + \text{F}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HF}$	很稳定	Cl_2	光照或点燃	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl}$	稳定	Br_2	500℃高温	$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 2\text{HBr}$	较稳定	I_2	高温持续加热	$\text{H}_2 + \text{I}_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{HI}$	较不稳定	<p>【思考】根据单质间的相互置换反应，从氧化剂、还原剂的角度分析比较。</p> <p>【回答】氧化性：$\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$。还原性：$\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$。</p> <p>【思考】从原子结构的角度分析。</p> <p>【回答】Cl^-、Br^-、I^-均达到稳定结构，电子层数依次增大，原子核对核外电子的吸引能力减弱，即失电子能力增强，还原性增强。</p> <p>【思考】根据表格数据，从反应难易程度和气态氢化物的热稳定性等角度分析。</p> <p>【回答】元素非金属性越强，元素原子得电子能力越强，元素的单质越容易与氢气化合，生成的气态氢化物越稳定。</p>	<p>元素周期律的拓展；拓展元素性质（单质、化合物、离子等）的规律性变化。</p> <p>元素性质拓展的应用。</p>
单质	反应条件	化学方程式	气态氢化物热稳定性																			
F_2	冷暗处爆炸	$\text{H}_2 + \text{F}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HF}$	很稳定																			
Cl_2	光照或点燃	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl}$	稳定																			
Br_2	500℃高温	$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 2\text{HBr}$	较稳定																			
I_2	高温持续加热	$\text{H}_2 + \text{I}_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{HI}$	较不稳定																			
<p>【过渡】如果告诉你元素周期表中任意一个未知元素的位置，你能否推断该元素可能有哪些性质呢？</p> <p>【提问7】铊(${}^{81}\text{Tl}$)是某种超导材料的组成元素之一，在元素周期表中与铝(Al)同主族，与铯(Cs)同周期。下列有关叙述错误的是（ ）。</p> <p>(A) 铷能生成+3价的离子 (B) 铷是易导电的银白色金属 (C) Tl原子半径小于Cs原子半径 (D) Tl元素最高价氧化物对应水化物呈两性</p>		<p>建立元素在元素周期表中位置与元素周期律的关系，完善“位”“构”“性”三者关系网络，建立认识模型。</p>																				

(续表)

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【提问8】若发现114号新元素X，下列有关X可能具有的性质合理的是（ ）。</p> <p>(A) X是金属元素 (B) 该元素位于第7周期ⅢA族 (C) X既能与强酸反应又能和强碱反应 (D) X的最高价氧化物对应水化物的酸性较强</p>	<p>【思考】 【回答】</p>	
<p>【归纳】原子结构、该元素在元素周期表中的位置与该元素的性质三者之间相互联系。原子结构决定了该元素在元素周期表中的位置，也决定了该元素的相关性质。根据元素在元素周期表中的位置，推断原子结构与元素性质。</p>	<p>【聆听】</p>	<p>理解和掌握“位”“构”“性”三者关系网络的意义。</p>

板书设计



案例提供者：上海徐汇中学 钱张敏

“化学键”（第1课时）教学片断设计

教学目标

- 通过水分子的组成认识化学键的概念。
- 通过NaCl的形成过程认识离子键的概念。
- 通过对化学键、离子键的学习，学会从宏观到微观、从现象到本质的认识事物的科学方法，发展抽象思维和综合概括能力。

教学重点

离子键的概念。

教学难点

化学键概念主要内涵的理解。

教学过程

教学片断 1——化学键的概念

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【情境】在科幻电影《流浪地球》中，地球在靠近木星的过程中，被木星的引力捕获。说明宏观物质之间具有相互作用，那么微观微粒之间是否也具有类似的相互作用呢？</p>	<p>【思考】通过对宏观物体之间相互作用的关系，思考微观微粒之间的相互作用。</p>	引出化学键的学习。
<p>【任务】分析资料并讨论：① 水加热至 100℃ 时，水会沸腾变成水蒸气。这一变化过程中，外界提供的能量的作用是什么？② 加热至 2 200℃ 以上时，水会分解。在这一过程中，外界提供的能量的作用是什么？③ 为什么使水分解需要加热到 2 200℃ 以上，而使水沸腾只需要加热到 100℃？</p> <p>【提问】通过这些问题的思考，你对“微粒之间是否存在相互作用”这一问题有了什么认识？</p> <p>【归纳】像水中氢原子和氧原子之间这样的作用，属于近邻原子之间的强烈相互作用，我们称为化学键。分子间将分子聚集在一起的作用力称为分子间作用力。例如水的三态变化中的能量变化，就是因为水分子之间存在着分子间作用力。水分子之间的作用力不是化学键，其作用力比化学键弱得多。</p>	<p>【分析交流】① 水沸腾由液态变成气态，扩大了分子之间的距离。水分子之间存在相互作用，加热提供能量用来破坏水分子之间的相互作用。② 水分子内氢原子和氧原子之间也存在相互作用，加热提供能量用来破坏这种作用力使水分解。③ 水分子内氢原子和氧原子之间的作用力，远远大于水分子之间的作用力。</p>	通过分析数据和对比，得出水的分解与水的汽化的区别与联系。目的是引出化学键的概念，并明确分子间作用力不是化学键。

教学片断 2——离子键和离子化合物的概念

教师活动	学生活动	设计意图						
<p>【情境】水是我们生活中常见的物质，NaCl 也是我们生活中常见的物质，既然水中含有化学键，在 NaCl 中是否也会有类似的相互作用呢？</p>	<p>【猜测回答】NaCl 中也含有类似的作用。</p>	为引出离子键做好铺垫。						
<p>【实验】① 将氯化钠固体置于导电性装置中，接通电源，观察现象。② 将氯化钠固体加热至熔融状态，接通电源，观察现象。</p> <p>【提问】一开始灯泡不亮，加热之后却亮了。为什么固态氯化钠不导电，熔融氯化钠可以导电？</p> <p>【引导】结合学生熟悉的金属，引导宏观物质导电的原因是其微观结构中是否含有自由移动的带电微粒。</p> <p>【出示表格】</p> <table border="1"><thead><tr><th>现象</th><th>原因分析</th></tr></thead><tbody><tr><td>灯泡不亮</td><td></td></tr><tr><td>灯泡亮</td><td></td></tr></tbody></table>	现象	原因分析	灯泡不亮		灯泡亮		<p>【观察】实验现象。</p> <p>【分析交流】固态氯化钠不导电，说明构成固态氯化钠的微粒不能自由移动，微粒之间具有相互作用。加热至熔融态可以导电，微粒能自由移动，说明微粒之间相互作用被破坏。还可以知道构成氯化钠的微粒相互作用被破坏之后，称为带电微粒。</p>	通过实验，得出熔融状态下的氯化钠导电是因为破坏了离子之间的相互作用，从而引出离子键的概念。学生已学过离子的概念，但还不知道氯化钠是由离子构成的。待本节课内容学习完毕，就会恍然大悟。
现象	原因分析							
灯泡不亮								
灯泡亮								
<p>【介绍】通过核外电子排布的知识，从微观角度解释氯化钠的形成过程。观看动画演示。</p> <p>【归纳】离子键和离子化合物的概念 正、负离子之间通过静电作用形成的化学键，叫做离子键。 以离子键结合的化合物叫做离子化合物。</p>	<p>【思考】根据核外电子排布图，提出得失电子形成离子的过程。</p>	在离子键概念的基础上，顺势引出离子化合物的概念。						

(续表)

教师活动	学生活动	设计意图
【引导】对照实验强化结论：氯化钠是由氯离子和钠离子构成的。室温下氯化钠以晶体形式存在，正、负离子按一定规律在空间排列，不能自由移动，不导电。受热熔化过程中，离子键被破坏，离子可以自由运动，故离子化合物受热熔化时可以导电。	【分析】观看动画演示，得出自己的结论。	结合实验建立起宏观物质和微观结构之间的联系。
【解释】离子键概念的辨析。 (1) 成键微粒：负离子、正离子。 (2) 这里的静电作用包括静电斥力和静电引力。 (3) 活泼金属（易失电子，Na、Mg、K、Ca、Ba）与活泼非金属（易得电子，F、Cl、Br、I、O、S）。	【倾听思考】 【学生笔记】	得出离子键的定义，并详加解释，以促进学生的理解。

案例提供者：上海位育中学 闫亚瑞

本章教学问题讨论与教学资源链接

实验讨论

第4章第1节在介绍元素周期律——同周期元素性质递变时，通过“实验探究”引入了“钠、镁、铝元素性质的递变”的实验，旨在让学生通过亲自操作，更直观地比较金属钠、镁、铝与水或盐酸反应条件的异同以及置换出氢气的难易程度，更好地了解钠、镁、铝元素失电子能力的相对强弱。同时，通过观察酚酞指示剂是否变色来判断反应生成的金属元素最高价氧化物对应水化物 $Mg(OH)_2$ 和 $Al(OH)_3$ 的碱性强弱。然后通过比较 $Mg(OH)_2$ 和 $Al(OH)_3$ 与硫酸和 $NaOH$ 反应现象的异同，进一步验证 $Mg(OH)_2$ 和 $Al(OH)_3$ 的碱性强弱，归纳出钠、镁、铝元素的性质递变规律。

钠的取用量一定不能太大，绿豆大小即可，以免发生危险。镁、铝单质虽然很活泼，但在常温下能够在空气中稳定存在、不易被腐蚀。这是因为镁、铝单质的表面存在一层致密而连续的氧化膜，这层氧化膜将整个金属表面覆盖起来，起到保护作用，阻止内部的镁、铝被继续氧化。因此，在比较金属镁、铝的活泼性时，需先充分打磨，除去其表面的氧化膜，以使得实验的现象更加明显。氧化膜除了可打磨除去，也可采用稀盐酸对镁条和铝片进行快洗、过滤除去。

在比较金属镁、铝与稀酸反应时，一般采用稀盐酸而不是稀硫酸，因为金属铝与稀盐酸反应比与同浓度的稀硫酸反应更快，反应现象更明显。金属铝在水溶液中易与水反应生成氧化膜（主要成分为 Al_2O_3 ）而钝化。氯离子半径较小，电子密度较大，能更有效地进攻铝离子并削弱其与氧离子的化学键，把氧离子取代出来。此外，氯离子可以与钝化膜中的铝离子配位、结合形成可溶性的稳定络离子 $[AlCl_4]^-$ ，从而渗透并破坏金属铝表面的钝化膜。而硫酸根离子半径比氯离子大，电子密度比氯离子小，且硫酸根离子对铝离子的配位作用很弱，所以稀硫酸较难破坏金属铝表面的钝化膜，致使稀硫酸与金属铝反应比盐酸要慢。除了金属铝，许多材料如不锈钢等，能耐腐蚀也全靠钝化膜，只要氯离子和这些材料直接接触就容易产生腐蚀。

金属钠的性质很活泼，贮存和使用都要注意安全，需隔绝空气和水，并与酸、氧化剂分开贮存，少量的钠一般保存在煤油中或石蜡油中，工业上大量用的钠一般密封保存在充氩气的铁桶中。由金属钠引起的火灾，不能用水或泡沫灭火器扑灭，而要用D型干粉灭火器（MFZ/D）扑灭，若无D型干粉灭火器，可使用沙土覆盖灭火。进行本实验时，教师务必强调、提醒学生注意实验过程的安全性，规范学生的实验习惯。加热两支试管时要先预热试管，使试管的底部均匀受热，避免试管因加热不均匀而炸裂，试管口方向不要对着人。

教师要引导学生准确观察和记录金属与水、酸反应的实验现象，重点提醒学生注意观察镁、铝表面生成气泡的快慢、溶液颜色的变化等现象。为了排除生成的气泡是由于水沸腾引起的，应该先停止加热，然后在水不沸腾的情况下观察。由于金属镁与水反应生成的 $Mg(OH)_2$ 容易在镁条表面形成薄膜，难以观察到 $Mg(OH)_2$ 沉淀，所以实验中是通过酚酞指示剂的变色来确定 $Mg(OH)_2$ 的生成的。在实验进行的同时，要组织好学生对反应现象的讨论，重点是如何引导学生根据反应现象认识碱金属的密度、

熔点等物理性质。让学生从“你看到了什么？”“你能获得什么有用信息？”“你知道为什么这样？”三方面对金属的性质进行归纳。通过归纳同周期金属的性质变化规律，使学生认识研究金属性质的基本流程，体验分类、比较等方法在研究和归纳物质性质变化规律过程中的应用。

教学疑难问题解析

1. “金属性”和“金属活动性”概念辨析

金属性的强弱通常用金属元素气态原子失去最外层的电子成为气态正离子时所需要的能量（即电离能 I ）的大小来衡量。影响电离能大小的因素是有效核电荷数、原子半径和原子的电子构型。而金属活动性是反映金属在水溶液中发生氧化反应形成水合离子的难易程度，以金属及其正离子组成的金属电极的标准电极电势为依据。金属的标准电极电势越小，其金属活动性越强，在水溶液中发生氧化生成水合离子的倾向越强。从能量上看，金属的电极电势不仅仅与金属元素原子的电离能（ I ）有关，还与金属固态单质变为气态原子所吸收的能量（升华焓 S ）、金属正离子与水化合时放出的能量（水合热 Q ）等因素有关。以上三者的能量总和才是金属在水溶液中氧化形成水合离子的能量变化 ΔH^\ominus ，即：

$$\Delta H^\ominus = S + I + Q$$

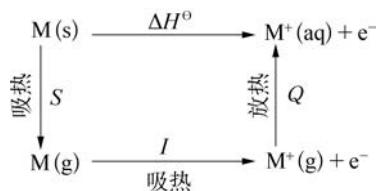


图 4-2 金属在水溶液中氧化形成水合离子的波恩-哈勃循环

因此，金属活动性和金属性会有不一致的情况。例如锂、钠、钾，其 M^+/M ($M=Li, Na, K$) 电极的标准电极电势分别为 -3.04 V 、 -2.71 V 和 -2.93 V ，由此得出它们的金属活动性顺序为：锂 > 钾 > 钠。但是，锂、钠、钾的第一电离能分别为 $520\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $496\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $419\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，据此它们的金属性强弱顺序为：钾 > 钠 > 锂。锂的金属活动性比钠强，但是钠的金属性更强。锂的金属活动性比钠强的主要原因是锂离子 (Li^+) 与钠离子 (Na^+) 所带电荷相等，但锂离子半径很小，锂离子水化时放出的热量大于钠离子，使得锂在水溶液中氧化形成水合锂离子的总过程中放出的热量大于钠。但在一般情况下，对于大多数金属元素来讲，元素金属性越强，其金属活动性也越强，金属与水（或酸）反应越容易置换出氢气。因此，教材中通过金属与水或者酸的反应来近似归纳金属性的变化规律。需要指出的是，尽管锂的金属活动性比钠强，但是金属锂与水反应比钠缓慢。这主要是因为金属锂的升华焓比钠大，且锂熔点 (180.5°C) 比钠 (97.8°C) 高许多，与水发生反应时不能像钠一样熔化，所以与水接触的面积小。此外，产物氢氧化锂在水中的溶解度比氢氧化钠小很多，会覆盖在金属锂表面，致使金属锂与水反应比钠缓慢。

2. 同位素和核素

许多元素都有同位素，同位素分为稳定同位素和放射性同位素两大类。但是，同位素只对某一种元素而言，不能概括各种原子形式。1947 年美国科学家科曼 (T. P. Kohman) 提出了“核素”的概念，

被国际公认并被广泛使用。核素是指具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子。例如，天然存在的铀元素由三种核素组成，它们的质子数均为 92，而中子数分别为 142、143 和 146，因而质量数分别为 234、235 和 238。这三种核素互为铀的同位素，它们的化学性质几乎相同，但具有不同的核特征，其中 $^{235}_{92}\text{U}$ 可直接用作核燃料，而另两种不能。已知的元素有一百多种，但核素有近两千种。

关于核素和同位素的教学，要通过实例，引导学生辨析“同一种原子”和“同一类原子”的区别。所谓同一种原子必须是质子数和中子数都相同的原子；而质子数相同、中子数不相同的原子不是同一种原子，而是同一类原子。例如 $^1\text{H}_2$ 和 $^1\text{H}_2\text{O}$ 分子中的氢原子是同一种氢原子，它们的质子数均为 1，中子数均为 0。而 $^1\text{H}_2\text{O}$ 和 $^2\text{H}_2\text{O}$ （俗称“重水”）分子中的氢原子不是同种氢原子。 $^1\text{H}_2\text{O}$ 分子中的氢原子中含 1 个质子，没有中子；而 $^2\text{H}_2\text{O}$ 分子中的氢原子含 1 个质子和 1 个中子，这两个氢原子是不同的氢原子。通过实例和概念辨析，有助于学生理解核素的概念，引导学生得出氕、氘、氚是同一类原子，是同一种元素；氕、氘、氚是不同种原子，各为一种核素，三者是氢元素的三种同位素的结论。

3. 相对原子质量与摩尔质量

首先，教学时应引导学生辨析质量和相对质量的区别。可先让学生观察图 4.12，从数值上分析构成原子的微粒质量很小，为了应用时更直观、方便，有必要引入相对质量的概念。

其次，要引导学生辨析“原子的相对原子质量”和“元素的相对原子质量”的联系和区别。“原子的相对原子质量”是指某一个原子（核素）的相对质量，是与一种碳原子 $^{12}_6\text{C}$ （原子核内有 6 个质子和 6 个中子的碳原子）质量的 $\frac{1}{12}$ 相比较所得的数值，由此可推导得出质子和中子的相对质量分别是 1.007 和 1.008。而“元素的相对原子质量”是根据该元素的各种天然核素的相对原子质量及其在自然界中的丰度计算而得的平均值。

再次，要引导学生辨析“原子的相对原子质量”和“原子的质量数”的联系和区别。“原子的质量数”是忽略电子的质量，将原子核内所有的质子和中子相对质量取近似整数值加起来所得的数值。质量数是化学上规定的原子的一种特征性数值，教学时要引导学生思考为什么质量数等于质子数加中子数，因为质子、中子的相对质量取近似整数值均为 1。要引导学生认识到对于某种原子而言，其质量数是整数，但是其原子的相对原子质量不为整数，而且与核素的丰度无关；而对于某种元素而言，其元素的相对原子质量不为整数，且与核素的丰度有关。

最后，要引导学生辨析“原子的相对原子质量”和“摩尔质量”的联系与区别。单位物质的量的物质（原子或分子）所具有的质量叫做“摩尔质量”，即含阿伏加德罗常数 N_A 个微粒（原子或分子）的总质量，其单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。摩尔质量是由物质质量除以物质的量得到的，在数值上等于该物质的相对原子（或分子）质量，但是单位不同。

4. 原子核外电子排布规律

引导学生仔细观察和比较核电荷数为 1~20 的元素原子（表 4.6）和第 18 族部分元素原子（表 4.7）的电子排布和最外层电子数目，为了指导学生寻找规律，教师可提出下列问题：① K、L、M 电子层最多能容纳多少个电子？② 原子的最外层电子最多是多少个？③ 次外层电子数目不超过几个？学生通过思考与分析，在教师的指导下可以自己归纳出原子核外电子排布的一些规律。因为课程标准规定，只要求 1~18 号元素的电子排布，所以重点要求掌握的电子层为 1~3 层。此外，教学时教师还可以提出问题“钠原子容易变成正离子还是负离子？是如何转变的？”“氯原子容易变成正离子还是负离

子，是如何转变的？”让学生根据自己的已有知识，通过思考归纳出金属、非金属及稀有气体元素的原子的最外层电子数目与其性质的关系，进一步理解原子和离子的区别，同时更深刻地认识到元素的性质与其最外层电子数目有关。

在介绍原子核外电子的排布时，教师可结合学生的认知水平，对排布规律进行形象化描述，将复杂抽象的微观问题形象化为简单易懂的宏观现象，使学生在理解的基础上牢记规律。比如，原子核外电子排布首先要遵循的是能量最低原理。一个体系的能量越低越稳定，这是自然界的一个普遍规律。原子中的电子同样遵循这一普遍规律，所以原子中的电子是分层排布的，总是尽可能排布在离核较近的能量较低的电子层上。电子层序数越大，最多能容纳的电子数越多，电子离核越远，电子的能量越高。实际上，更准确的描述电子在原子中的位置的话，原子中并没有真正的电子层，电子也不是颗粒状围绕原子核高速运动的，现代量子力学理论认为，原子核位于原子的中心，电子就像云团一样笼罩在原子核的周围，人们形象地称它为“电子云”，云厚的地方表示电子出现的“概率密度”较大。

5. 化学键的内涵与类型

化学键的概念有多种定义，教材中采用的是一种比较简洁的概念，重点体现化学键最本质的内涵：“近邻原子或离子”和“强烈的相互作用”。建议着重从“原子结合成分子后，破坏分子需要很大的能量”展开，举例说明分子中原子之间存在强烈的相互作用。比如一个氧原子和两个氢原子构成水分子，其中氧原子与两个氢原子之间存在强烈的相互作用，即构成O—H键，如果要拆开这种强烈的相互作用，需要消耗的能量约 $463\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，因此近邻原子间这种强烈的相互作用是原子间相互作用的主要因素。而非近邻原子间的相互作用是较弱的次要因素，如水分子中氢原子与氢原子之间的相互作用不强烈且相互排斥，不构成化学键。关于化学键的种类，教师应向学生说明由于原子结构的不同，有的原子容易失去电子，有的原子容易得到电子，有的原子既难失电子，又不容易得电子。因此，当原子相互结合时，不同特点的原子将会采用不同形式的化学键结合，如离子键和共价键。可提及金属原子之间形成的是金属键。

(1) 离子键

教学中注意引导学生理解离子键的本质是“静电作用”，而离子键的形成条件是“当正、负离子接近到某一定距离时，吸引与排斥作用达到平衡”。正、负离子通过库仑作用相互吸引，当这种吸引力与离子的电子云之间的排斥力达到平衡时，就形成了以离子键结合的离子晶体。通过离子键形成的物质是由离子构成的，离子的结构特征决定了离子的性质，而离子的性质直接影响离子化合物的性质，因此要求学生对离子的结构特征有基本的了解。离子有如下三个重要特征：离子的电荷、离子的电子层结构和离子半径。要求学生能正确书写离子的结构示意图，并知道离子的结构特征是影响离子化合物性质的主要因素，但对于离子半径变化规律不做要求。在教学中，教师应向学生说明离子化合物的化学式仅表示正、负离子个数比，而不是分子式。建议通过图4.26氯化钠的晶体结构示意图或实物模型，使学生更直观具体地感受微观钠离子、氯离子和宏观氯化钠固体的联系，了解钠离子和氯离子是怎样排列成氯化钠固体的，使学生明确氯化钠是离子化合物，其中没有氯化钠分子，故NaCl是化学式，并不是氯化钠的分子式。

(2) 共价键

共价键的定义是“原子间通过共用电子对所形成的化学键”。关于共价分子的教学，应让学生清晰

地明了以下几点：① 原子构成分子（共价分子），分子再聚集成宏观的物质，这是原子构建物质的主要途径。在人类迄今知道的物质种类总量中，绝大部分是共价分子物质。② 共价分子中的化学键全部是共价键，换言之，简单化合物中含有共价键又含有离子键的是离子化合物。③ 一般情况下共价分子的化学式就是分子式，分子式代表共价分子的组成。如氯化氢分子是由氢原子和氯原子构成的，化学式“HCl”就是氯化氢的分子式。注意提醒学生，共价分子的化学式有时也有不是分子式的情况，如在高分子中。描述共价分子结构的有电子式和结构式，它们均反映共价分子中原子的连接顺序。建议运用探究的方法使学生理解共价化合物中原子间按一定的个数比互相结合。书写共价分子的电子式的教学中，建议将氯化氢的电子式与氯化钠电子式进行比较，说明共价键是共用电子对，共价分子中没有“离子”，故不要标注“+”和“-”符号。共价分子的结构式应在电子式基础上引出，介绍其正确的书写方法，并说明与电子式的共同点、区别和联系。共同点是均表示共价分子中原子的连接顺序，区别是电子式用“:”表示共用电子对，结构式用“—”表示共用电子对，联系是一对共用电子对用一根短线表示。注意向学生强调说明离子化合物没有结构式，例如氯化钠不能书写为Na—Cl。

需要特别指出的是，其实从严格意义上讲，离子键和共价键是没有绝对的界限的。比如，氯化钠晶体中的化学键含有71%的离子键成分和29%的共价键成分。即使是金属性最强的金属铯（不考虑放射性元素）和非金属性最强的氟元素形成的氟化铯晶体，晶体中的化学键含有92%的离子键成分和8%的共价键成分。一般认为，如果成键的两种元素的电负性相差值为1.7以上，则形成的化学键中离子键成分大于50%，视为离子键；反之若成键的两种元素电负性差值小于1.7，则化学键中共价成分大于50%，视为极性共价键，同种元素的原子间所形成的是非极性共价键。

▶ 教学资源

1. 元素周期表的发展历史和应用

1869年门捷列夫（D. I. Mendeleev）提出元素周期律，根据原子量大小，将人们已经发现的60多种元素进行分类排队，并且为了更好地对学生进行元素知识的教学制成了第一张比较科学的元素周期表，但一开始这张元素周期表并不为其他科学家所重视。随后，门捷列夫对元素周期表又进行了几次大的改动：首先，在第二版排出的元素周期表中，门捷列夫卓有远见地为尚未发现的新元素在表中预留了空位，并预言了这些未知元素的一般化学性质。例如，他在1871年预测钙（Ca）和钛（Ti）之间应该存在原子量为44的元素，科学家于1879年发现了原子量为44.96的钪（Sc）。在门捷列夫预言存在的元素中，其中三种（镓、钪和锗）在其有生之年得到了证实，测得的这些元素的物理和化学性质都和门捷列夫的预言基本一致。其次，1894年，科学家发现了一种新的元素——氩（Ar），它的发现对门捷列夫的元素周期表提出了挑战，门捷列夫在随后的元素周期表中增加了一列0族元素，解决了稀有气体的问题。最后，对于门捷列夫始终不能解释的元素碲（原子量128）为什么排在元素碘（原子量127）之前，在对原子结构有了更进一步的认识之后，由英国科学家莫塞莱（H. G. J. Moseley）提出元素应该按照核电荷数（原子序数）排序的看法，元素周期表按核电荷数顺序排列使氩（Ar）与钾（K）、钴（Co）与镍（Ni）、碲（Te）与碘（I）的位置颠倒的情况得以纠正，元素周期表、元素周期律的正确性终于获得举世公认。需要指出的是，还有其他科学家也对元素周期表的确立做出了杰出贡献，如德国化学家迈耶尔（J. L. Meyer）也于1866至1870年排出一个有56种元素的周期表。1882年门捷列夫和迈耶尔共

同获得英国皇家学会的最高荣誉——戴维奖章。恩格斯对门捷列夫的元素周期表也作了高度评价。

元素周期表为发展现代物质（如镧系和锕系）结构理论提供了依据，为预测超重元素的原子结构和性质提供了线索，在化学、物理学和工农业方面的探索性研究中有广泛的应用。例如，围绕锗、硅等元素研制半导体材料；从ⅢB 到ⅥB 族过渡元素如钛、钽、铌、钨、铬等元素中寻找耐高温、耐腐蚀的特种材料；从含氯、磷、硫、砷等元素的化合物中寻找高效的农药；在过渡金属及其化合物中寻找高效催化剂等，都得益于元素周期表的指导作用。以寻找高性能的电池材料为例，众所周知，锂离子电池是智能手机、笔记本电脑以及新型混合动力汽车等产品不可缺少的组成部分。电池主要利用负极材料与正极材料释放电子的难易程度差异来产生电流。锂是所有元素中离子化倾向最大的元素，最容易释放电子，将锂嵌在层状碳的空隙中用作电池负极时电压最高。而且，锂是最轻的金属元素，锂离子半径较小，是实现电池小型化和轻便化的最佳元素。但是，锂的产地很少，如果产地因某些原因中断供应的话，全球将陷入锂资源缺乏的困境。在周期表中，钠和锂都属于ⅠA 族碱金属元素，性质非常相似，而且钠在海水中的浓度很高，产地非常广泛，既廉价又丰富。如果用钠取代锂的话，完全可以消除人们对锂供应不足的担心。按照锂离子电池基本相同的作用机制，科学家们又设计出钠离子电池。但是，钠的离子化倾向比锂低，电池的电压稍微变低；钠比锂重，钠离子比锂离子半径大，在电池的小型化与轻便化方面处于劣势。不过，钠离子在电解液中的移动速度比锂离子快，因此钠离子电池可以比锂离子电池更快地充电和放电。在未来，人们可以根据用途而选择不同的电池。比如，需要小型且电压高的电池，可以选择锂离子电池。不介意体积稍大、电压稍低，但是需要快速的充电和放电时，可以选择钠离子电池。

2. 元素周期表有边界吗？

根据现在的发现，自然界中存在 1~94 号天然元素，以前认为是人工合成的 43 号元素锝 (Tc)、85 号元素砹 (At)、93 号元素镎 (Np)、94 号元素钚 (Pu) 已经都在自然界中发现了。95~118 号元素均是人工合成的。1984 年科学家合成 108 号元素；1994 年 11 月宣布合成 110 号超重元素 (Ds)；1999 年合成 114 号元素，它蜕变成 112 号元素等；2004 年合成 115 号元素，它连续蜕变成 113、111 号等元素；2006 年又合成了 118 号元素。超重元素的合成方法一般是用较轻的原子核（如 20 号元素钙）去轰击重原子核，两者的原子核融合在一起而生成不稳定的“复合核”，“复合核”释放出中子从而生成新的元素原子。随着原子序数的增加，元素的寿命不断缩短（由于打出的原子数很少，已不能算半衰期，而是算寿命），例如，110 号元素的寿命只有几千分之一秒。到目前为止，元素周期表第 7 周期已经填满。现在的元素周期表是否到尽头了？元素周期表究竟能延长到哪里呢？

自从 2006 年合成 118 号元素后，科学家试图合成更大原子序数的元素，但是都没有成功的案例，甚至连高于 118 号的元素是否存在都不得而知。到目前为止，科学家们对于上述问题有所争论。众所周知，核电荷数越大，原子越来越不稳定，半衰期越来越短。因为 118 号元素存在时间已经极短，而 118 号的下一个元素，将会进入周期表中全新的第 8 周期，其原子核稳定性会大大降低，甚至可能无法形成有效的原子核。有些科学家根据理论计算推导出了截止到 172 号元素的周期表，预言会有一些元素能够稳定存在。根据核物理里的“超重元素稳定岛理论”，当原子核内的质子数和中子数存在幻数（如 2、8、14、20、28、50、82、126）时，原子核的稳定性会大大增加。自然界广泛存在的氦、氧、钙、镍、锡、铅元素的质子或中子数分别与 2 到 82 的幻数相对应，比如质子数 82、中子数 126 的铅同位素

$^{208}_{82}\text{Pb}$ 具有双幻数，其原子核异常稳定。所以，研究认为，126 也是一个原子核稳定的幻数，也就是说，126 号元素很可能寿命比其前后的元素都长。此外，只有当原子核被电子围绕，形成原子后，才能认定存在某种元素。有一些学者预测，作为“围绕”有电子的原子，173 号附近也许是一个极限，到 173 号元素附近后，原子核吸引电子的力就会变得相当大，电子将“坠入”原子核中，无法以原子的形式存在。研究表明，从生成新的原子核到围绕上电子大概需要 10^{-14} s 的时间，换言之，如果能合成存在时间长于 10^{-14} s 的原子核的话，理论上就可以说存在这种元素。然而，如何才能探测到生成了存在时间如此短暂的原子？这对探测装置提出了更高的要求，无法满足就无法观测到新元素的存在，换言之，有些元素可能还来不及被检测就已经蜕变了。总之，第 8 周期的元素迄今还没有发现，目前一切都不确定，人们正拭目以待。

3. 同位素概念的提出和放射性同位素的应用

同位素概念的提出标志着元素概念的发展，人们逐渐认识到区分元素不是按照其相对原子质量而是按照其核内质子数（核电荷数）的大小。比如人们发现有些核素的相对原子质量相同，但化学性质却不同，如 $^{210}_{81}\text{Tl}$ 、 $^{210}_{82}\text{Pb}$ 和 $^{210}_{83}\text{Bi}$ ；有些核素相对原子质量不同，但化学性质却相同，如 $^{234}_{92}\text{U}$ 和 $^{238}_{92}\text{U}$ 。1910 年英国化学家索迪（F. Soddy）提出同位素假说，即原子量不同，化学性质相同的元素都是同一种元素，称为某种元素的同位素。大多数元素的核素丰度在地球任何地方都基本上不变，也就是说地球上大多数核素的天然丰度是恒定的。通常来说，原子量是随着原子序数的增大而增大。但是，在现代的元素周期表中有 4 处出现了逆转现象，即原子序数增大了，但是原子量却变小了，这是由于同位素的存在。比如，因为碲较重的核素 $^{130}_{52}\text{Te}$ （质子数 52，中子数 78）的丰度更大，而碘的丰度大的核素为 $^{127}_{53}\text{I}$ ，所以原子序数小的碲的原子量（128）反而大于原子序数大的碘的原子量（127）。索迪因对放射化学的贡献及同位素的本质研究而获 1921 年诺贝尔化学奖。

同位素有广泛的应用，如可利用放射性辐射对生物遗传和变异的影响来选育动植物和微生物的优良品种；可用同位素示踪原子（如 ^{18}O 、 ^{13}C ）标记反应物，来研究化学反应的机理；通过 C-14 法推断化石、古画、种子的历史年代；利用硫同位素跟踪大气污染；利用同位素丰度差异辨别食品、农产品的真假，溯源解决食品安全问题；利用氟、碘等同位素进行生物功能影像学和分子核医学研究等。同位素溯源技术的理论依据是由于生物体内同位素组成受气候、环境、生物代谢类型等因素的影响，不同种类及来源的食品原料中碳、氢、氧、氮等同位素的自然丰度存在差异，以此区分不同种类的产品及其可能来源地。同位素溯源技术在鉴别食品成分掺假方面的研究有很多，比如利用 C 同位素值的差异来鉴别蜂蜜的真假、鉴定葡萄酒中是否加入食用酒精；利用 H/O 同位素值不同来鉴定非浓缩还原果汁、葡萄酒中是否掺水；利用 N 同位素鉴别有机和非有机食品等。此外，同位素广泛应用于生物功能影像学和分子核医学研究。据统计，全世界生产的同位素总量中，有 90% 以上用于医学。研究表明，采用 ^{131}I 治疗甲状腺癌、 ^{153}Sm 治疗骨关节炎、 ^{153}Sm -乙二胺四甲撑膦酸（ $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ ）、 ^{89}Sr 治疗骨转移癌及骨痛效果显著。同位素示踪方法的开创和推广应用是医学领域最重大的成就，正电子发射计算机断层显像的问世，使人们可以利用人体组织的同位素 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等正电子核素标记物进行分子水平的显像，揭开了人体内新陈代谢变化的内幕，使人类从此有机会洞悉疾病的发病原因和药物的作用机制。例如，将 ^{18}F 标记的氟代脱氧葡萄糖（ $^{18}\text{F-FDG}$ ）作为显像剂引入人体，进行 PET-CT 显像，即可精确定位肿瘤的部位、大小和范围，达到早期发现病灶的目的，对肿瘤良恶性鉴别、分期、预后及疗效判断等有重要作用。

本章习题分析与答案

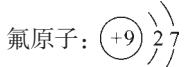
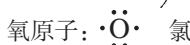
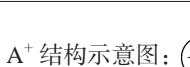
4.1 元素周期表和元素周期律

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	同主族元素性质的相似性	C
2	同主族元素性质的递变性	原子半径逐渐增大 金属性逐渐增强 最高价氧化物对应水化物的碱性逐渐增强 气态氢化物的热稳定性逐渐减弱
3	元素周期表中符号的意义	原子序数 元素名称 元素符号 元素的相对原子质量
4	元素周期律	(1) $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$ (2) $\text{Al} > \text{S} > \text{O}$ (3) $\text{F} > \text{O} > \text{N}$

4.2 原子结构

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	原子结构	B
2	化学符号意义	D
3	原子结构	8 8 10 $_{10}^{22}\text{Ne}$ 10 11 12
4	同位素概念、原子结构	同位素 核电荷数、质子数、核外电子数相同 质量数、中子数不同
5	同位素、核素	因为许多元素都有同位素，即同种元素有不同的核素，所以原子的种类要远多于元素种类
6	元素的近似相对原子质量的计算	$189 \times 25\% + 190 \times 30\% + 192 \times 45\% = 190.65$

4.3 核外电子排布

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	核外电子排布	C
2	微粒结构示意图与电子式书写	氟原子:  硫离子: 正确 氧原子:  氯离子: $[\text{:Cl}:]^-$
3	离子结构示意图与电子式书写	A^+ 结构示意图:  B^{3-} 的电子式: $[\text{:N}:]^{3-}$

(续表)

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)					
4	元素周期表与原子结构	元素在周期表的排列顺序 主族元素的化学性质 元素在周期表里处于哪一周期 主族元素在周期表里处于哪一族 主族元素的主要化合价					
5	原子结构与示意图、电子式	微粒符号	核内质子数	核外电子数	结构示意图	电子式	是否达到稳定结构
		C	6	6	(+6) 2 4	$\cdot \ddot{\text{C}} \cdot$	否
		K^+	19	18	(+19) 2 8 8	K^+	是
		Br^-	35	36	(+35) 2 8 18 8	$[\text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}]^-$	是
		Ar	18	18	(+18) 2 8 8	$:\ddot{\text{Ar}}:$	是

4.4 化学键

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)		
1	化学键概念	C		
2	电子式	A		
3	化学键类型	化合物	离子键	共价键
		HBr		✓
		KI	✓	
		KOH	✓	✓
		MgO	✓	
		CO_2		✓
4	元素周期表、离子键	Na_2O 、 MgO ; NaCl 、 MgCl_2 ; Na_2S 、 MgS		
5	离子键与共价键	化学键	离子键	共价键
		成键微粒	离子	原子
		组成元素	活泼金属元素与活泼非金属元素	非金属元素与非金属元素
		代表物质	NaCl	H_2O

本章复习

题号	知识点	答案(以及必要的解题思路提示)
1	原子结构、电子式	B
2	元素在元素周期表中位置与原子结构之间的关系	D
3	原子结构	A
4	化学键的类型	只含离子键: KCl 只含共价键: HI、H ₂ O、NH ₃ 、O ₂ 、CO ₂ 既含离子键又含共价键: RbOH、K ₂ SO ₄
5	元素在元素周期表中位置与原子结构、元素性质之间的关系	铂: Pt; 第6周期、VII族; 化学性质极稳定, 不溶于强酸强碱溶液, 在空气中不氧化 钯: Pd; 第5周期、VII族; 化学性质不活泼, 常温下在空气和潮湿环境中稳定 铑: Rh; 第5周期、VII族; 化学性质稳定, 不溶于多数酸
6	元素在元素周期表中位置与原子结构、元素性质之间的关系	错误(位于第6周期) 正确(卤素单质随原子序数递增, 熔、沸点升高) 正确(位于VIIA族, 最外层有7个电子) 错误 破是一种非金属元素, 破很不稳定。它的性质同碘很相似, 活泼性较碘低, 并有类似金属的性质

*7. 译文如下:

在上周写给该期刊的信中, 索迪先生讨论了我关于原子核放射现象的理论。基于事实, 我认为原子核是由带正电荷的物质构成……

我很认同范德布罗克先生的观点, 即: 原子核所带的电荷等于其原子序数, 而不是原子质量的一半。这一观点已被玻尔在他的原子结构理论中采用。支持这一观点最有力、最有说服力的证据, 是发表在本月的《哲学杂志》上的一篇论文, 作者是莫塞莱。他指出: 某些原子发出的X射线的频率可以通过“核电荷数=原子序数”这一观点来解释。由此看来, 核电荷数似乎是决定原子物理和化学性质的最根本因素, 而原子量的变化虽然大致与核电荷数的顺序保持一致, 但原子量的大小很可能是由核电荷数与原子核的内部更具体的结构共同决定的。

- (1) 这篇论文题为《原子结构》, 是由 E. 卢瑟福所著。你知道由他提出的原子结构模型吗?
- (2) 论文中还提到了其他著名科学家, 如索迪、玻尔、莫塞莱等。你知道他们的伟大成就吗?
- (3) 你能推测出这篇论文是什么时候发表的吗? 当时, 哪些构成原子的微粒还没有被发现?

《化学练习部分》参考答案

第1章 化学研究的天地

1.1 物质的分类

物质的分类

1. 要点：虽然构成 18 g 液态水和水蒸气的水分子数目相同，但是液态水中水分子之间的距离很小且水分子之间的作用力较强，而水蒸气中水分子之间的距离很大且水分子之间的作用力很小。

2. (1) Hg，常温下为液态的金属(或 Fe，金属活动性顺序中位于氢之前的金属) (2) 氧化钙，通常状况下为固态(或稀硫酸，混合物；或液氨，氨中不含氧，其余皆含氧) (3) KCl，无氧酸盐(或 NaHSO₄，钠盐；或 NaHSO₄，酸式盐；或 K₂CO₃，弱酸与强碱生成的盐) (4) P₂O₅，固体(或 CO，非酸性氧化物)

3. (1) $35.5 \div (2 \times 12 + 3 \times 1 + 35.5) = 0.568$ (2) 另含其他物质

分散系

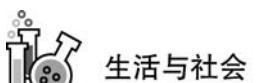
1. C 2. C 3. A 4. C 5. D

6. ② 要点：该胶体粒子吸附的是正离子，带正电荷，Fe(OH)₃胶体也带正电荷，混合后两种胶体粒子相互排斥，不会发生聚沉。MgSO₄溶液中有 Mg²⁺ 和 SO₄²⁻，该胶体粒子会吸附 SO₄²⁻ 使电荷中和，胶体粒子聚集成为较大的颗粒而发生聚沉；硅酸胶体粒子吸附负离子而带负电荷，该胶体中加入硅酸胶体后同样使电荷发生中和而聚沉。

7.

编号	选择的试剂或方法	现象与结论
①	用激光笔水平照射两瓶试剂	能够产生丁达尔现象的是淀粉溶液，无丁达尔现象的是氯化钠溶液
②	取少许溶液，分别滴入 1~2 滴硝酸银溶液	产生白色沉淀的是氯化钠溶液，无明显现象的是淀粉溶液
③	分别取少许溶液，然后在酒精灯火焰上加热	出现糊状的是淀粉溶液，无明显现象的是氯化钠溶液
④	取少许溶液，分别加入少量碘水	呈蓝色的是淀粉溶液，无明显现象的是氯化钠溶液
.....

①



编号	分类的依据或理由	示例
②	是否只含一种元素或多种元素的纯净物	单质：纯铜、氢气 化合物：蔗糖、蒸馏水、小苏打、二氧化碳、醋酸、乙醇、氯化钠、氢氧化钠
③	无机化合物还是有机化合物	无机化合物：蒸馏水、小苏打、二氧化碳、氯化钠、氢氧化钠 有机化合物：蔗糖、醋酸、乙醇

(续表)

编号	分类的依据或理由	示例
④	分散质粒子直径的大小 (小于1 nm、介于1~100 nm、大于100 nm)	溶液：盐酸、汽油、家用消毒液 胶体：空气溶胶、豆浆 浊液：石灰乳
⑤	根据化合物的组成可分为酸、碱、盐和氧化物	酸：醋酸 碱：氢氧化钠 盐：氯化钠、小苏打 氧化物：蒸馏水、二氧化碳
.....



实践与制作

(1) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl(胶体)} + \text{NaNO}_3$ (2) 要点： NaCl 和 AgNO_3 溶液的浓度较低，使生成的 AgCl 颗粒较小，直径介于1~100 nm之间，从而形成胶体；此外另一生成物 NaNO_3 的浓度较低，也不利于 AgCl 胶体发生聚沉。用激光笔水平照射所得混合物，若在侧面观察到明亮的光线轨迹，说明制得的是胶体。

1.2 物质的量

物质的量 阿伏加德罗常数

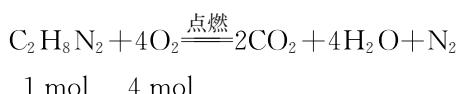
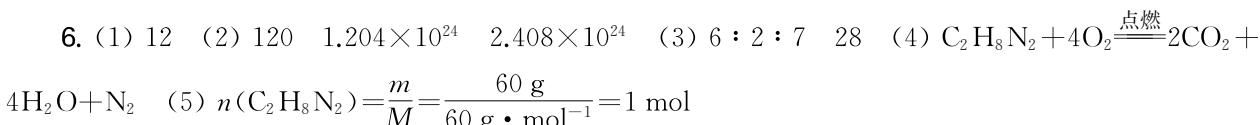
1. 物质中含有一定数目微粒的集合体 n 摩尔 mol $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本单元 阿伏加德罗常数 N_A

2. (1) 错误。物质的量是七个基本物理量之一，摩尔是物质的量的单位 (2) 错误。物质的量是一个物理量，表示物质中含有一定数目微粒的集合体 (3) 错误。摩尔是物质的量的单位 (4) 错误。1 mol 精确包含 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本单元，基本单元可以是原子、分子、离子、电子或其他任意微粒、微粒的特定组合，而米粒是宏观物质，不适合用物质的量来计量 (5) 错误。1 mol 氧要明确指出是哪一种微粒，1 mol 氧原子中约含有 6.02×10^{23} 个氧原子，1 mol 氧分子中约含有 1.204×10^{24} 个氧原子 (6) 正确。 $n(\text{O}_2) = 3.01 \times 10^{22} \div (6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 0.05 \text{ mol}$ (7) 错误。1个硫酸分子是由2个氢原子、1个硫原子、4个氧原子构成的， H_2SO_4 中不含氢分子。1 mol H_2SO_4 中含2 mol H，约是 1.204×10^{24} 个氢原子 (8) 错误。摩尔质量的单位是 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， H_2SO_4 的摩尔质量是 $98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (9) 错误。水的摩尔质量是 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，1 mol H_2O 的质量是 18 g，2 mol 水的质量是 36 g (10) 错误。等质量的 H_2SO_4 和 H_3PO_4 分子数相同而原子数不同

3. 6.02×10^{23} 2 6.02×10^{23}

4. 6.02×10^{23} 3.01×10^{23}

5. 6.4 0.1 0.2



消耗4 mol 氧气，4 mol 氧气所含分子数约为： $N(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times N_A = 4 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} =$

2.408×10^{24}

摩尔质量 气体摩尔体积

1. (1) 微粒数目 微粒大小 微粒大小 不相同 (2) 气体分子间的平均距离 分子本身的大小 分子间的平均距离 近似相等

2. 气体所具有的体积 V_m $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 越大 越小 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. (1) 错误。标准状况下, 1 mol 任何气体的体积约为 22.4 L, 固体和液体的体积不是 22.4 L
(2) 错误。在非标准状况下, 1 mol 气体的体积也可能约为 22.4 L (3) 正确。1 mol 混合气体在标准状况下的体积约为 22.4 L (4) 正确。标准状况下, 1 mol 空气的体积约为 22.4 L, 常温常压是指温度为 293 K、压强为 101 kPa, 温度升高, 气体分子间的平均距离增大, 气体体积增大 (5) 错误。标准状况下, 气体摩尔体积约为 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (6) 错误。没有指明温度和压强, 故两者不可比

4. B 5. D 6. D 7. D 8. C

9. 89.6 L 176 g

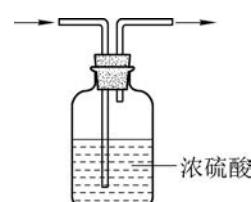
10. 0.15 mol 4.2 g

11. (1) 672 mL (2) $76.032 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (3) 碳、硫

1.3 化学中常用的实验方法

物质的制备

1. (1) A E 反应物的状态和反应条件 实验装置图及药品如右图所示
(2) B、D、E 要点: 纯碱和盐酸反应速率太快, 不利于收集 CO_2 。大理石与浓盐酸反应生成 CO_2 的速率太快, 不易控制, 且浓盐酸有挥发性, 使 CO_2 中含 HCl 杂质。



2. 要点: 制备 Cl_2 时, 反应加热的同时又产生 Cl_2 , 使圆底烧瓶中压强过大。装置 F: 分液漏斗中液体不能顺利滴落。装置 G: 分液漏斗和圆底烧瓶之间有一根导管相连, 使得分液漏斗和圆底烧瓶的压强始终相等, 分液漏斗中的液体能顺利滴落。

物质的分离与提纯

1. 溶解 过滤 蒸发结晶

2. (1) 操作 I: 溶解 操作 III: 过滤 (2) BaCl_2 溶液 Na_2CO_3 溶液 使 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 沉淀完全 在上层清液中继续滴加试剂 A 或试剂 B, 不再有沉淀生成 不能交换顺序 (3) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 BaSO_4 、 CaCO_3 、 BaCO_3 (4) 盐酸 与过量的 Na_2CO_3 、 NaOH 反应 (5) 不一定相等。要点: 为除去杂质加入了 NaOH 溶液、 BaCl_2 溶液、 Na_2CO_3 溶液、盐酸, 在除去杂质的同时, 也生成了 NaCl ; 若操作不当也可能会造成 NaCl 损失。

3. 蒸馏 C

4. A 5. C

6. 不能, 因为酒精易溶于水, 无法分层

物质的检验

1. D 2. C 3. D 4. C

5. 要点: 取一支小试管, 打开分液漏斗的活塞, 慢慢放出少量液体, 往其中加入少量水。如果加水后, 试管中的液体不分层, 说明分液漏斗中, 下层是“水层”; 反之, 上层是“水层”。也可以取分液漏斗内的上层液体进行类似实验, 加以判断。

配制一定物质的量浓度的溶液

1. (1) 不是。溶剂的体积是 1 L, 溶解后溶液的体积不是 1 L (2) 不是。溶液的体积不等于溶剂和

溶质的体积之和,溶液的质量等于溶质和溶剂的质量之和

2. 0.5 mol 49 2 1 0.5 0.5 0.1 0.5 2
3. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
4. 容量瓶 温度、容积、刻度线 电子天平(量筒) 烧杯 玻璃棒 胶头滴管(药匙)
5. A
6. (1) 13.6 mL (2) 15 偏低 (3) 混合均匀,使热量迅速扩散 (4) 冷却至室温 玻璃棒 500 mL
容量瓶 转移至容量瓶 (5) 1~2 cm 胶头滴管
7. 36.5% $11.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$



证据与推理

(1) 铁架台(带铁圈)、漏斗、滤纸、玻璃棒、烧杯 (2) KNO_3 晶体中仍含有少量的 K_2SO_4 ,为得到更纯净的 KNO_3 晶体需要重结晶 (3) 不相等,应少于试样中的 KNO_3 质量。残液是 KNO_3 的饱和溶液,每结晶一次,都会造成 KNO_3 损失



生活与社会

(1) 操作 I: 过滤 操作 II: 蒸馏 (2) 青蒿素可溶于乙醚且乙醚的沸点低,分离乙醚和青蒿素所需温度低,不破坏青蒿素结构



课题与研究

1.

实验步骤	预计产生的实验现象和由此得出的结论
① 各取少许溶液于试管中,分别滴加 2 滴酚酞试液。 ② 将步骤①中的滴加酚酞变红色的溶液分为 3 份,将另外 3 份溶液分别滴入其中	① 变红色的试管中是 NaOH 溶液。 ② 有白色沉淀生成的试管中是 MgCl_2 溶液,使溶液由红色变为无色的试管中是盐酸,另外一支试管中是 NaCl 溶液

2.

实验步骤	实验现象	实验结论
	棕黄	
硝酸银溶液	产生白色沉淀	$3\text{AgNO}_3 + \text{FeCl}_3 \rightleftharpoons 3\text{AgCl} \downarrow + \text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
氢氧化钠溶液	产生红褐色沉淀	含有 Fe^{3+} $3\text{NaOH} + \text{FeCl}_3 \rightleftharpoons 3\text{NaCl} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$

本章测试

一、选择题

1. B 2. C 3. B 4. B 5. C 6. D 7. B 8. C 9. C 10. A 11. C 12. B 13. C 14. B
15. B

二、综合题

16. 分液 蒸馏

17. (1) 1 : 1 7 : 11 2 : 3 (2) 1 : 4 40.8 g · mol⁻¹ (3) 0.375 mol · L⁻¹

18. K⁺ NO₃⁻、Cl⁻、CO₃²⁻、Cu²⁺、Fe³⁺ 要点: Cu²⁺、Fe³⁺是有颜色的,题目已明确说明是无色溶液,所以 Cu²⁺、Fe³⁺不存在;该溶液是强酸性溶液,较高浓度的 H⁺会与 CO₃²⁻反应,所以 CO₃²⁻不存在; Cl⁻与 Ag⁺会生成 AgCl 沉淀,有 Ag⁺存在,所以 Cl⁻不存在;溶液中有正离子,必须要有负离子,NO₃⁻是负离子,所以 NO₃⁻一定存在。焰色试验

19. (1) 16.7 mL (2) 先向烧杯加入约 30 mL 蒸馏水,然后将浓硫酸沿烧杯内壁缓慢倒入烧杯中,并用玻璃棒不断搅拌 (3) ① 偏小 ② 无影响 ③ 偏小 ④ 偏大

第 2 章 海洋中的卤素资源

2.1 海水中的氯

粗盐提纯

1. D

2. (1) 要点:一方面保证氯化钠全部溶解,加入水的量不能太少;另一方面加入水的量不能太大,否则过滤时间、蒸发时间会过长。 (2) 过滤 溶解 蒸发 (3) C (4) 要点:在“粗盐提纯”的实验中,操作步骤为“溶解→过滤→蒸发”,在溶解、过滤、蒸发操作中都要用到玻璃棒。在溶解操作中玻璃棒的作用是搅拌,加快溶解;在过滤操作中玻璃棒的作用是引流;蒸发时玻璃棒的作用是搅拌,防止局部温度过高,造成液滴飞溅。 (5) ① 甲同学的粗盐提纯实验只是除去了泥沙等难溶性杂质,得到的食盐中还含有 Mg²⁺、SO₄²⁻、Ca²⁺等离子 ② 过滤 蒸发结晶 ③ 过量 BaCl₂ 溶液 过量 Na₂CO₃ 溶液 适量 HCl 溶液 ④ BaCl₂+Na₂CO₃=BaCO₃↓+2NaCl, CaCl₂+Na₂CO₃=CaCO₃↓+2NaCl ⑤ 不能交换,因为盐酸能将前面生成的沉淀 Mg(OH)₂、CaCO₃ 和 BaCO₃ 溶解而产生新的杂质

电解饱和食盐水

1. C

2. (1) X 电极区域有气泡产生,溶液变红 (2) 用湿润的淀粉碘化钾试纸靠近管口,试纸变蓝



3. 要点:回答“是”或“否”均可,但对应解释需正确,表达清晰简洁,逻辑清楚,无歧义。若回答“否”,理由可以是:氯碱工业用电解产生氢气,发电需要燃烧大量化石燃料,会产生污染空气的气体,等等。若回答“是”,理由可以是:氢气燃烧只生成水,燃烧无污染;若有廉价能源来源(太阳能电池),通过电解生产氢气是一种不错的方法;等等。

氯气的性质

1. (1) 不合理。氯气密度比空气大,故地势较低的地方氯气浓度高 (2) 合理 (3) 不合理。氢氧化钠溶液具有强腐蚀性,不宜大量喷洒 (4) 合理

2. B 3. C 4. D

5. 要点:自来水中的余氯会导致观赏鱼死亡,所以不能使用新盛接的自来水直接养观赏鱼。处理方法一:将自来水煮沸 3~5 min 或将自来水在太阳下放置数天,加速氯气与水反应生成的次氯酸分解,从而除去自来水中的氯气。处理方法二:在自来水中加入大量的大苏打,也可除去自来水中的余氯。

6. (1) 有白色沉淀产生 氯水中的氯离子与银离子反应产生白色氯化银沉淀 (2) 有气泡产生 氯

水中的氢离子与碳酸氢钠反应产生二氧化碳气体 (3) 蓝色石蕊试纸先变红,最后红色褪去 氯水中的氢离子使蓝色石蕊试纸变红,而氯水中的次氯酸具有漂白性

7. (1) ① (2) 除去氯气中的水 吸收多余的氯气 (3) 次氯酸

8. (1) 烧瓶中溶液呈浅黄绿色并充满黄绿色气体 (2) 水、盐酸、次氯酸、氯气 (3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ (4) 要点: 从氯水的成分角度猜想溶液褪色的原因,合理即可,例如: 氯水中的 H^+ 中和了氢氧化钠溶液中的 OH^- , 氯水中的次氯酸把酚酞氧化了,等等。

次氯酸和次氯酸盐

1. B 2. D 3. B



生活与社会

要点: 工业上用氯气和消石灰制漂白粉: $2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。氯气可由电解饱和食盐水制得: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通直流电}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$, 而消石灰可以通过由加热贝壳产生的氧化钙与水反应得到: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$, $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 。从原料获取是否便利的角度分析,该工程师的建议有一定的理由。



证据与推理

(1) CaSO_4 CaSO_4 溶解度小 (2) MgCl_2 、 CaSO_4 、 MgSO_4 (3) 海水密度控制在 $1.21 \sim 1.26 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 之间时,析出的氯化钠多,而杂质相对较少



实践与制作

(1) 将电极如碳棒固定在塑料瓶内,碳棒一端连接电线后接至电池上,只要保证不短路、不断路即可。然后在塑料瓶内倒入饱和食盐水,接通电源后电解,达到实验目的后,即可断开电源 (2) 要点: 装置甲不能保证 Cl_2 和 NaOH 充分接触,得到的 NaClO 浓度低且 Cl_2 会大量溢出,污染空气。根据电解原理不难看出,装置乙与装置丙的区别是 Cl_2 产生在装置的下部(装置乙)或上部(装置丙),装置乙设计能确保在生成的 Cl_2 上升时,与产物 NaOH 充分接触反应,效果更好。



课题与研究

(1) 用强光照射氯水,利用将 pH 传感器、氯离子浓度传感器对氯水中氢离子和氯离子的浓度变化进行测定 (2) 氯气与水反应生成盐酸和次氯酸: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ 。在强光照射下,次氯酸分解生成盐酸和氧气: $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$ 。所以,氯水中氯离子的浓度随着光照时间不断增大

2.2 氧化还原反应和离子反应

氧化还原反应

1. 有元素化合价升降 化合价降低的物质 化合价升高的物质(或: 有电子得失 得到电子的物质 失去电子的物质) 电子转移

2. A 3. D 4. B

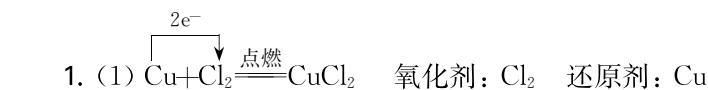
5. (1)



(2) ① 分解 ② $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ③ $2\text{Na} +$



氧化剂和还原剂

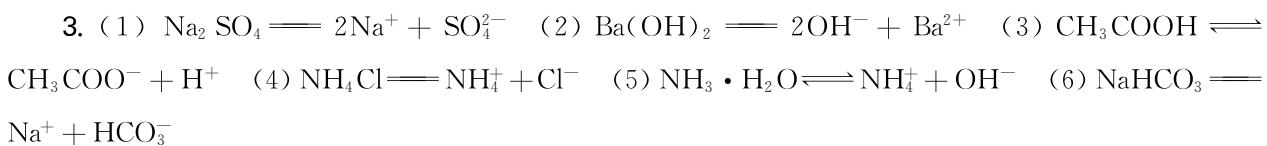


2. D 3. A 4. B

电解质的电离

1. B

2. (1) ③⑥ (2) ①②⑥ ④⑤ (3) ①⑥ (4) ①②⑥



4. 要点: (1) 氯化钠在熔融时形成自由移动的钠离子和氯离子, 所以熔融状态时能导电; 氯化钠溶于水, 在水分子作用下形成自由移动的水合钠离子和水合氯离子, 所以水溶液能导电; 固体氯化钠中没有自由移动的离子, 所以不能导电。 (2) 盐酸能全部电离形成氢离子和氯离子, 而醋酸只是少部分电离成氢离子和醋酸根离子, 大部分还是醋酸分子, 所以相同物质的量浓度的盐酸和醋酸中, 盐酸中自由移动的离子浓度比醋酸中大许多, 导电能力更强。

5. (1) 五种溶液的物质的量浓度、各电极间的距离、温度 (2) 要点: 本实验通过观察到灯泡的亮度差异说明电解质溶液导电能力不同。因为不同电解质在水中的电离程度是不同的, 溶液中可以自由移动的离子浓度就不同, 致使导电能力有差异。 (3) D

离子反应和离子方程式的书写

1. A 2. B 3. A

4. (1) 验证 Cu^{2+} 与 Cl^- 、 SO_4^{2-} 与 Na^+ 不反应 (2) SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} CuSO_4 溶液为蓝色, 若反应的溶液仍为蓝色, 则说明 Cu^{2+} 未参加反应 (3) Cl^- 、 Ag^+

5. K^+ 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 OH^- 、 Mg^{2+} 、 Ba^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^- (或其他合理答案)

6. (1) $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$ (2) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COO}^-$ (3) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{COOH}$ (4) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$ (5) $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ 酸、碱、盐在溶液中能发生离子反应的条件是生成气体、沉淀或弱电解质

7. (1) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ (2) $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$ (3) 盐酸 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ (4) AgNO_3 溶液 $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl} \downarrow$



生活与社会

要点：根据氧化还原知识可知，该消毒液与洁厕灵混合后发生如下反应： $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。反应产生有毒的氯气，故不能混合使用消毒液与洁厕灵。



实践与制作

(1) $\text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ， $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 可电离产生 OH^- ，所以滴入酚酞后溶液呈现红色。继续滴加硫酸，硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 发生反应： $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。可观察到白色沉淀，溶液的红色褪去。(2) a 点时溶液呈酸性， b 点时溶液呈酸性， c 点时溶液呈中性， d 点时溶液呈碱性。溶液处于 a 点时导电能力最强，处于 c 点时导电能力最弱。



课题与研究

要点：(1) 铁粉(亚硫酸钠等)能够将食品包装袋中的氧气还原，从而使食品在缺氧环境下储存，达到延长食品储存期的作用。(2) 准备两份新鲜蛋糕，用食品袋密封保存时，其中一份不放入脱氧剂，另一份放入 4 g 自制铁系脱氧剂，观察蛋糕霉点产生的.时间。做好记录，完成报告。

2.3 溴和碘的提取

卤素单质的性质

1. C 2. B 3. A 4. C 5. D

6. (1) 正确 (2) 错误。新制的氯水要保存在棕色细口瓶中，并放置在阴暗处 (3) 错误。固体碘要保存在棕色广口瓶中，并放置在阴凉处 (4) 正确

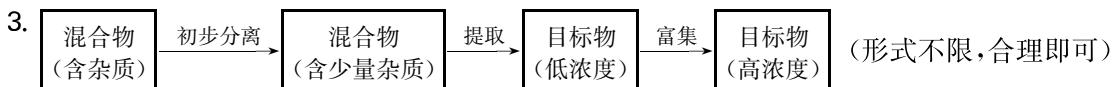
7. ① 黄绿色 KClO_3 与浓盐酸反应产生黄绿色的 Cl_2 ② 橙色 Cl_2 与 NaBr 溶液反应生成溴水
③ 蓝色 Cl_2 与 NaI 溶液反应生成 I_2 , I_2 遇淀粉变蓝色 ④ 白色 黄绿色的 Cl_2 被 NaOH 溶液吸收了

8. (1) 除去氯气中的氯化氢 装置 B 中长颈漏斗内的液面上升，形成水柱 (2) 湿润的有色布条无水氯化钙(或其他合理答案) 干燥的有色布条 (3) 橙 (4) 装置 E 中溶液分为两层，上层(苯层)为紫红色 (5) 吸收多余的氯气 装置 E 为敞口容器，氯气、苯等物质会泄漏挥发而污染空气(或装置 D 中若有未反应的氯气，也能与装置 E 中的碘化钾溶液反应；或其他合理答案)

溴和碘的提取

1. (1) 苦卤是海水制盐工业的副产物，其中溴离子的含量较海水已提高很多，可直接用作提取溴的原料 (2) $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ (3) B (4) 还原 (5) “ SO_2 吸收、氯化”的过程实际上是将 Br_2 浓缩的过程，因为尽管 99% 的溴元素存在于海水中，但含量很小，故需进一步浓缩 (6) 该过程需要解决反应产生的强酸对设备的严重腐蚀问题、 SO_2 对环境的污染问题等

2. (1) 漏斗、烧杯、玻璃棒 (2) $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$ (3) 萃取分液 酒精与水互溶 (4) 取样，加入少量淀粉溶液，若溶液变蓝，则水层内含有碘单质 (5) 要点：回答“是”或“否”均可，但对应解释需正确，表达清晰简洁，逻辑清楚，无歧义。若回答“是”，理由可以是：会挥发出有毒的氯气，氯水配制和保存也不方便，且浓度难以标定；氯水过浓会导致检验环节 I^- 直接被氧化为 IO_3^- ，无法得到碘单质；等等。



卤素离子的检验

1. D 2. B 3. B

4.

实验现象	目的和理由
产生大量气泡	除去 CO_3^{2-} , 防止碳酸钠对溴化钠检验的干扰
产生浅黄色沉淀	$\text{AgNO}_3 + \text{NaBr} \rightarrow \text{AgBr} \downarrow + \text{NaNO}_3$

5. (1) $\text{Br}_2 - \text{KI}$ (2) $\text{Br}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgBr} \downarrow$ (3) $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通直流电}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$
NaOH 和 H_2



证据与推理

(1) ……易挥发(升华)……遇淀粉固体(淀粉溶液)会呈现蓝色……健康成人体内的碘单质(碘元素)的……添加碘单质(碘)的标准为……

(2) 要点: 18世纪末和19世纪初, 法国皇帝拿破仑发动战争, 需要大量硝酸钾制造火药。当时欧洲的硝酸钾矿多取自印度, 但是储藏量是有限的。欧洲人从南美的智利找到了大量硝石矿床, 可是它的成分是硝酸钠, 具有吸湿性, 不适宜制造火药。在这种情况下, 1809年一位西班牙化学家找到了利用海草或海藻灰的溶液把天然的硝酸钠或其他硝酸盐转变成硝酸钾的方法。因为海草或海藻中含有钾的化合物。

当时法国第戎的硝石制造商人、药剂师库尔图瓦就按照这个方法生产着硝酸钾。他利用海草灰的溶液与硝酸钙作用。1811年他发觉盛装海草灰溶液的铜制容器很快就遭腐蚀。他认为这是因为海草灰溶液含有一种不明物质在与铜作用, 于是他进行了研究。

他将硫酸倾倒进海草灰溶液中, 发现放出一股美丽的紫色气体。这种气体在冷凝后不形成液体, 却变成暗黑色带有金属光泽的结晶体, 这就是碘。

上述资料的启示有: 库尔图瓦长期从事于利用含碘的海草灰制取硝酸钾的工作, 偶然取得了碘, 是因为他能够紧紧抓住偶然的发现, 更因为他具有一定的化学知识, 具有很强的求知欲, 而不是一个平凡的硝石制造商人。我们要学习科学家们追求真相、锲而不舍的精神, 努力提升自己, 实现人生目标和价值。另外, 碘是身体必要的元素, 平时要注意碘的补充。要珍惜美丽的地球带给我们的资源, 爱护地球。制取药物、染料过程中的污染物要及时、妥善处理, 防止污染环境。(或其他合理答案)

(3) 大部分国家的碘盐中加入的是碘酸钾。查阅资料可知, 碘酸钾在酸性条件下能与碘化钾溶液反应生成碘, 反应生成的碘遇淀粉溶液变蓝, 所以可以利用该原理, 用稀硫酸、淀粉碘化钾溶液等进行实验, 检验食盐中是否加碘。



生活与社会

(1) 碘盐中添加的碘酸钾, 受热易分解, 高温使碘损失, 所以建议待食品烧熟后才加入碘盐。不能, 因为碘单质与淀粉溶液反应变蓝, 而不是碘酸钾 (2) 因该碘盐中碘含量为 $(35 \pm 15) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 则由碘酸钾的相对分子质量可计算出碘酸钾的含量范围应该为 $34 \sim 84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 或 $(59 \pm 25) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$



实践与制作

方案编号	实验步骤	实验现象	实验结论
2	取样,滴加硝酸银溶液和稀硝酸	产生黄色沉淀	说明原无色溶液中含有 I^-
		无明显现象	说明原无色溶液中不含 I^-
3	取样,先滴加淀粉溶液,再加入氯水	溶液变蓝	说明原无色溶液中含有 I^-
		无明显现象	说明原无色溶液中不含 I^-



课题与研究

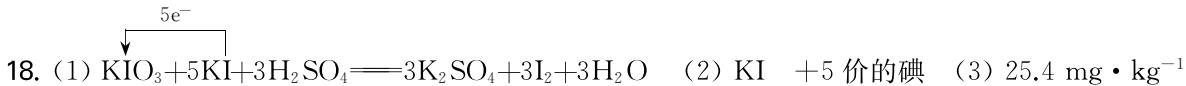
要点: 资料来源可靠, 主题突出; 研究成果无科学性错误, 呈现形式清晰, 逻辑性强; 图形、文字、符号规范、美观。

本章测试

一、选择题

1. B 2. A 3. B 4. D 5. C 6. C 7. C 8. A 9. B 10. B 11. C 12. D 13. D 14. A
15. A 16. C 17. B

二、综合题



19. (1) 要点: 当滴管中的水挤入烧瓶后, 由于 HCl 极易溶于水, 使烧瓶内的气体压强比大气压小得多, 故水通过导管被压入烧瓶, 形成喷泉。由于 HCl 的水溶液显酸性, 使石蕊试液变红, 形成红色喷泉。
(2) ① NH_3 滴加酚酞的水 红色 ② Cl_2 NaOH 溶液 无色 ③ CO_2 NaOH 溶液 无色(或其他合理答案)

20. (1) 过滤 (2) 溶液局部过热而飞溅 (3) 猜想 I: 产生气泡, 烧杯内壁有白色固体生成 猜想 II: 盐酸或硝酸 猜想 II 不成立 猜想 III: 加入 $BaCl_2$ 或 $Ba(NO_3)_2$ 溶液 有白色沉淀生成

第3章 硫、氮及其循环

3.1 硫及其重要化合物

黑火药中的硫黄

1. D 2. A

3. 要点: 硫与氯气都能分别与金属铁、铜反应, 但硫生成的是低价的硫化物, 氯气生成的是高价的氯化物, 所以氯气的氧化性比硫强。

4. 要点: (1) 固体 M 中一定有 Fe、FeS。Fe 与 S 在隔绝空气的条件下反应生成 FeS, 则所得固体 M

的成分可能有 Fe、S、FeS。稀硫酸(足量)与固体 M 充分反应,装置 B 增重,说明反应生成了 H₂S 气体,固体 M 中一定有 FeS;装置 C 中溶液无变化,说明 H₂S 气体已被完全吸收,反应后进入了量气管气体的体积为 V mL,说明还有另一种气体 H₂生成,固体 M 中一定还有 Fe。(2)依据硫的物理、化学性质可知该固体是硫,可用过滤操作分离出该固体,实验中用到的玻璃仪器为:烧杯、漏斗、玻璃棒。

硫的重要化合物(一)

1. A 2. A 3. D 4. D 5. D

6. (1) ⑤ (2) ④⑤ (3) ③④⑤⑥

7. (1) 要点:装置甲中溶液由无色逐渐变为蓝色,有气泡产生,一段时间后也可能出现白色固体。反应的化学方程式为: Cu + 2H₂SO₄(浓) $\xrightarrow{\Delta}$ CuSO₄ + SO₂↑ + 2H₂O。(2) 在试管口放置浸有氢氧化钠溶液的棉花的目的是吸收二氧化硫气体。反应的化学方程式为: 2NaOH + SO₂ = Na₂SO₃ + H₂O

硫的重要化合物(二)

1. C 2. B 3. D

4. a. 品红试液 漂白 b. SO₂ + OH⁻ = HSO₃⁻ 或 SO₂ + 2OH⁻ = SO₃²⁻ + H₂O c. SO₂ + I₂ + 2H₂O = H₂SO₄ + 2HI 还原

5. 要点:(1) Fe 和 S 在稀有气体环境中反应生成 FeS。如果 Fe 过量,过量的 Fe 与硫酸反应生成 Fe²⁺而干扰实验产物的检验。(2) Fe 能与 O₂ 反应生成黑色 Fe₃O₄ 固体,S 与 O₂ 反应生成 SO₂,混合粉末 A 在“稀有气体环境”中反应,可防止 Fe 和 S 被氧化,尤其是 Fe 被氧化成 Fe₃O₄ 而干扰实验。(3) 在黑色固体中加入热的 KOH 溶液,是为了除去混合物中过量的 S。加煮沸的稀硫酸,排出溶解在其中的 O₂,防止稀硫酸中溶解的 O₂ 将前面反应过程中可能生成的 Fe²⁺ 氧化而干扰实验。



生活与社会

(1) 要点:天然海水吸收了含硫烟气(主要的反应为 SO₂ + H₂O = H₂SO₃)后,要用 O₂ 进行氧化处理,将 H₂SO₃ 氧化为 H₂SO₄,该反应为 2H₂SO₃ + O₂ = 2H₂SO₄。将氧化后的“海水”与大量天然海水混合,以中和生成的酸,该反应的离子方程式为 H⁺ + OH⁻ = H₂O,并稀释后再排放。(2) 优点:使用的都是自然原料,也没有副产物排放,是绿色工艺;脱硫效率高;其设备造价和运行成本低。缺点:地理位置限制,需要靠近沿海地区



实践与制作

取样,先加入过量盐酸,等到无明显现象(若产生沉淀需过滤)后,再加入 BaCl₂ 溶液,若产生不溶于酸的白色沉淀,则原溶液中一定有 SO₄²⁻



课题与研究

(1) 由实验要求与提供的仪器药品分析可知,选择上述仪器组合成整套装置,装置顺序为 A → C → D (同时连 B → D) → C,连接顺序是 1 → 3 → 4 → 5 (同时连 2 → 7) → 6 → 3 (2) 在装置 D 中可观察到装置内壁上有淡黄色的固体析出和液滴生成,发生反应的化学方程式为 2H₂S + SO₂ = 3S↓ + 2H₂O, SO₂ 中 S 的化合价降低,体现 SO₂ 的氧化性;在装置 C 中可观察到溴水褪色,发生反应的化学方程式为 SO₂ + Br₂ + 2H₂O = H₂SO₄ + 2HBr, SO₂ 中 S 的化合价升高,体现 SO₂ 的还原性 (3) 该实验中 SO₂、H₂S、Br₂ 均为有毒气体,会污染大气,必须净化后再放空,所以实验中,还需要将装置 D 的出气管 6 口与盛有 NaOH 溶液的装置 C 的 3 口连接,用 NaOH 溶液吸收有毒气体,防止污染空气

3.2 氮及其重要化合物

固氮

1. D 2. B 3. B

4. (1) 要点：天然固氮有两种方式：一是大气固氮，二是生物固氮。大气固氮是空气里的氮气在雷电作用下转化为一氧化氮，最终转化为氮肥的过程，这类固氮能为农作物带来一定量的氮肥，但远远满足不了农业生产的需求。生物固氮是指固氮微生物将大气中的氮还原成氨的过程，如豆科植物的根瘤菌体内含有固氮酶把大气中的氮气转化为氨，实现生物固氮。天然固氮主要是生物固氮，生物固氮在自然界的氮循环中有着十分重要的意义。
(2) $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$, $2NO + O_2 = 2NO_2$, $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$

5. (1) 汽车尾气中 NO 的来源主要是空气中的 N_2 与 O_2 在汽车气缸内的高温环境或电火花作用下反应的产物，化学方程式为： $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$ (2) CO 和 NO 在催化剂条件下反应生成可参与大气生态环境的无毒气体 CO_2 和 N_2 ，化学方程式为： $2CO + 2NO \xrightarrow{\text{催化剂}} 2CO_2 + N_2$ (3) 由于“催化转化器”促进了 SO_2 的转化，生成的 SO_3 增多，提高了空气的酸度，化学方程式为： $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

氮肥(一)

1. D 2. C 3. C 4. C 5. D 6. D

7. 挤出胶头滴管中的水，打开止水夹 NH_3 极易溶于水，致使烧瓶内压强迅速减小，迅速形成内外的压差 $NH_3 + H_2O = NH_3 \cdot H_2O = NH_4^+ + OH^-$

氮肥(二)

1. A 2. B 3. C 4. C

5. 要点：(1) 利用生活中的碱性物质，如废弃的生石灰干燥剂等，与家里的化肥混合搅拌，闻一下气味，若有刺激性(氨臭味)气味，则可判断养花用的肥料中含有铵态氮肥。由此可知铵态氮肥不能与碱性物质混合施用。(2) 取样，溶于水，分成 2 份。一份加入足量浓氢氧化钠溶液，加热，并取湿润红色石蕊试纸放在管口，如果试纸变蓝，则证明白色粉末中含有铵根离子；另一份加入硝酸银和足量稀硝酸，若有白色沉淀，则证明白色粉末中含有氯离子。综上所述，可以证明这包白色粉末是氯化铵。

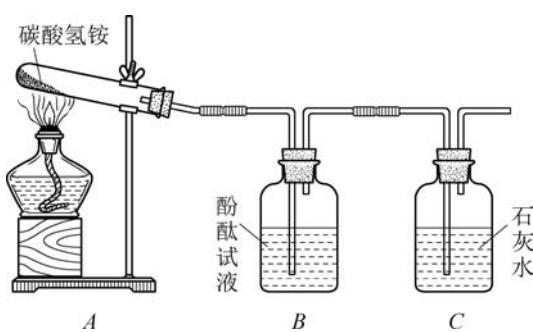


生活与社会

(1) 碳酸氢铵是一种易溶于水、受热易分解的化肥，能与碱性物质反应 (2) 另外两种生成物分别是二氧化碳与氨

实验装置如右图所示。

实验步骤	实验现象	实验结论
把加热碳酸氢铵生成的物质先通入滴加过酚酞的溶液中	溶液变红色	加热碳酸氢铵生成氨
把加热碳酸氢铵生成的物质再通入澄清石灰水中	澄清石灰水变浑浊	加热碳酸氢铵生成二氧化碳



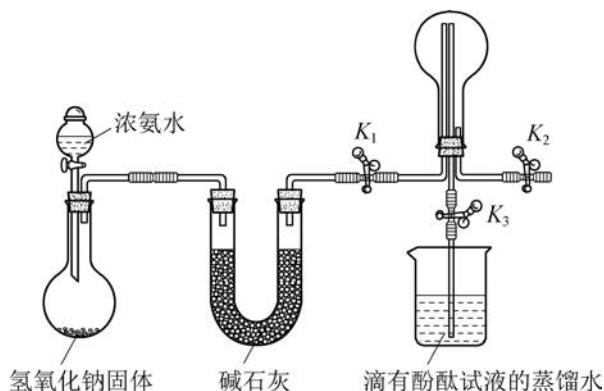
结论：碳酸氢铵受热分解生成水、二氧化碳、氨，碳酸氢铵由碳、氢、氮、氧四种元素组成



实践与制作

要点：(1) 快速制取可用浓氨水与氢氧化钠固体。氢氧化钠溶于水放热，促使氨水分解放出氨。用浓氨水制取的氨含有水分，要得到干燥的氨，需要用碱石灰干燥。通过喷泉实验可验证氨易溶于水。快速制取干燥氨与氨溶于水的喷泉实验装置如右图所示。

(2) 氨易溶于水，并能与水反应生成氨水，化学方程式为： $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ 。溶液呈碱性，能使滴有酚酞试液的水变红。因此，当装置甲中漏斗下端边沿与水接触处溶液颜色变为浅红时，说明氨收满了。装置乙中胶头滴管中的水挤入烧瓶后，由于氨溶于水，使瓶中的气体压强减小，与大气连通的气球的体积逐渐变大。



课题与研究

要点：观点正确；论据来源可靠（如数据来源于权威著作、期刊等）；证据充分并能互证（如有事实、有数据等）；能合理应用化学知识进行分析；具有知识产权意识（如能标注引用论文、著作，标注材料出处等）。

3.3 硫循环和氮循环

自然界中的硫循环

1. C 2. D 3. A

4. 要点：(1) 从图中分析，化石燃料的燃烧导致短期内大量含硫物进入大气中，影响硫元素的循环；还有生物群落向大气中排放的含硫化合物量超过从大气中进入生物群落的量时，也会影响硫元素的循环。(2) 减少燃烧化石燃料和种植吸收 SO_2 的植物等，有利于自然界中硫循环。

自然界中的氮循环

1. C 2. A

3. (1) 硝 ② $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ (2) 硝酸盐 氮气 微生物(或细菌) (3) 蚕豆的根瘤

能够直接吸收空气中的氮气，并转化成氮肥，从而提高土壤的肥效

4. (1) 1 mol O_2 与 1 mol N_2 化合生成 2 mol NO 并吸收 181 kJ 能量，因此，此次雷电生成的 NO 物质的量： $n = \frac{1.5 \times 10^7 \text{ kJ} \times 2 \text{ mol}}{181 \text{ kJ} \times 1000} \approx 1.66 \times 10^2 \text{ mol}$ (2) 由于 2 mol NO \rightarrow 1 mol $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ，则尿素的物质的量 $n = 1.66 \times \frac{10^2 \text{ mol}}{2} = 83 \text{ mol}$ ，尿素的质量 $m = \frac{83 \text{ mol} \times 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1000} = 4.98 \text{ kg}$ 。此次雷电相当于给土壤施了 4.98 kg 尿素

酸雨

1. D 2. C 3. B 4. D 5. C

6. (1) NaHSO_3 (2) 本工艺中，用 Na_2SO_3 溶液吸收 SO_2 气体，发生反应的化学方程式为： $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHSO}_3$ 。再利用 NaHSO_3 的不稳定性，加热分解 NaHSO_3 ，回收 SO_2 气

体,发生反应的化学方程式为: $2\text{NaHSO}_3 \xrightarrow{\triangle} \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (3) 从物质转化视角看,本工艺可将逸出的 SO_2 气体回收,用作制取 H_2SO_4 的原料。从物料循环利用的视角看,本工艺中 Na_2SO_3 可以循环使用,符合绿色化学的基本原则,且 Na_2SO_3 易溶于水,其水溶液呈碱性,可避免设备堵塞。

7. NaOH 溶液吸收 NO 、 NO_2 的化学方程式为: $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。根据化学方程式可知,工厂里采用 NaOH 溶液吸收 NO 、 NO_2 ,生成物是化工产品 NaNO_2 ,还有 H_2O ,符合绿色化学的理念。



证据与推理

(1) 步骤②可以表示大气固氮,化学方程式为: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{放电}} 2\text{NO}$ (2) 实验室常用 NH_4Cl 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 制备 NH_3 的化学方程式为: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightleftharpoons{\triangle} \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$ 。 NH_3 极易溶于水,比空气轻,只能用向下排空气法收集,导气管位置短进长出 (3) N_2 中氮元素化合价为 0 价,处于中间价态,既可以升高又可以降低,所以 N_2 既能被氧化又能被还原。体现被氧化的化学方程式为: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{放电}} 2\text{NO}$ 。体现被还原的化学方程式为: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$



生活与社会

要点: (1) 稀薄燃烧技术除能节约能源外,还会减少 NO_x 、 CO 和碳氢化合物的污染。 (2) 采用稀薄燃烧技术时,不是空燃比越大越好。因为只有当空燃比达到一定范围时,燃油才能实现点火和燃烧,空燃比超越了燃油实现点火的范围,燃油就不能实现点火。

本 章 测 试

一、选择题

1. B 2. D 3. C 4. C 5. A 6. C 7. B 8. B 9. B 10. B 11. D 12. D 13. A 14. C 15. D

二、综合题

16. $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\triangle} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 漂白性 溴水(或酸性 KMnO_4 溶液) NaOH

17. (1) 增大气体与溶液的接触面积,有利于 SO_2 与碘水充分反应 (2) 酸性 KMnO_4 溶液(或其他合理答案) (3) 偏低 (4) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (5) $\frac{22.4m}{233V}$ 或 $\frac{2240m}{233V}\%$ (6) 不合理, BaSO_3 容易被 O_2 部分氧化为 BaSO_4 ,使测得的 SO_2 含量偏高

18. (1) 装置 A 的特点是“固体与固体加热条件下制备气体”。制备氨的化学方程式为: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\triangle} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。装置 B 的特点是“固体与液体或液体与液体不需要加热条件制备气体”。向氧化钙固体中滴加浓氨水, $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$, 反应放热, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\triangle} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 使浓氨水中的氨逸出; 向氢氧化钠中滴加浓氨水, 氢氧化钠溶于水放热, 使浓氨水中的氨逸出 (2) 氨极易溶解于水, 通常状况下, 1 体积水溶解 700 体积氨。打开装置 C 的止水夹挤出胶头滴管中的水, 由于氨迅速溶解在挤出胶头滴管中的水, 烧瓶内气体压强迅速减小, 溶液进入烧瓶产生喷泉现象。装置 D 没有胶头滴管, 打开止水夹, 用手(或热毛巾等)将烧瓶捂热, 氨受热膨胀, 气体从烧瓶中逸出, 赶出玻璃导管中

的空气，氨极易溶于水，氨与水接触，烧瓶内压强减小，即发生喷泉。

19. 要点：选择方案时要考虑是否产生有害气体污染空气，方案是否可行、是否安全，操作是否简单，是否节约了原料。方案一的生成物 NO 与 O₂ 反应生成 NO₂，这是有毒气体，会污染环境。方案二制取相同质量的 Cu(NO₃)₂，消耗的原料最少，硝酸中的 NO₃⁻ 全部转化成了 Cu(NO₃)₂，经济效益高；方案二制取 Cu(NO₃)₂ 没有 NO 生成，不会污染环境。综上所述，选方案二。

第4章 原子结构和化学键

4.1 元素周期表和元素周期律

元素周期表

1. 周期族 7 1,2,3 4,5,6,7 7 7
2. B 3. C 4. A
5. (1) 33,74.92 (2) 第4周期VA族(或第4周期第15族)

元素周期律

1. (1) 原子序数 周期性 元素周期律 (2) 主族序数 主族序数-8
 2. (1) 7 氦、氖、氩 (2) K K (3) NH_3 SiH_4
 3. A 4. C
 5. (1) 原子半径: $\text{Na} > \text{Al} > \text{O}$ (2) 热稳定性: $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S}$ (3) $\text{NaOH} + \text{HClO}_4 \rightarrow \text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

元素周期表的应用

1. A 2. C
3. (1) 电子层数相同 (2) P 位于 VA 族, 故 P 的最低负化合价为 -3, 气态氢化物的分子式为 PH_3
(3) H_2 与 Cl_2 比与 Br_2 更容易化合, 且 HCl 热稳定性强于 HBr ; HClO_4 酸性强于 HBrO_4 ; 等等 (4) 位于元素周期表的右上角区域 (5) 碘元素的原子序数是 53, 元素符号是 I, 中文名称是碘, 元素的相对原子质量是 126.9



证据与推理

(1)

$$(2) \text{酸性最强: HClO}_4 \quad \text{碱性最强: NaOH} \quad (3) \text{NH}_3 > \text{PH}_3 \quad (4) \text{Mg(OH)}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$$



实践与制作

$$(1) 2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow, 2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow \quad (2) \text{钠} > \text{镁} > \text{铝} \quad (3)$$

组实验更可靠,乙组实验步骤2中未除去金属表面的氧化膜,干扰实验

要点:设计实验方案时能基于科学性、可行性、安全性和创新性等方面综合考虑;在实验操作过程中,能较好地达成实验操作的规范性、操作与方案的一致性、体现实验安全和环保意识等方面的要求;展示实验结论应符合实验结果的可靠性、实验报告的规范性和实验反思的全面性等方面的要求。

4.2 原子结构

原子的构成

1. (1) 原子核 核外电子 原子核 质子 中子 (2) 原子核 核外电子 (3) 原子核 质子数
中子数

2.

微粒符号	核电荷数	质子数	中子数	电子数
	7	7	8	7
$^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$		12		
	17	17	20	18

3. B 4. B 5. B 6. A 7. C

核素

1. (1) $^{12}_{6}\text{C}$ $^{14}_{6}\text{C}$ (2) $^{14}_{7}\text{N}$ $^{14}_{6}\text{C}$ (3) $^{23}_{11}\text{Na}$ $^{24}_{12}\text{Mg}$

2. B 3. D 4. D 5. B 6. D

7. (1) 这三种核素互为同位素 (2) 相同点:原子核内的质子数相同。不同点:原子核内的中子数不同 (3) $^{14}_{6}\text{C}$ 可用于标记化合物进行示踪,测定化石年代等

相对原子质量

1. C 2. D 3. C 4. D 5. C

6. (1) 63 (2) $^{65}_{29}\text{Cu}$ (3) 63.618 (4) 63.547

7. (1) 35、37 (2) 75%、25% (3) 35.5



证据与推理

这些元素的相对原子质量与其单质密度大约呈正比关系。它们在元素周期表中同属于0族元素,从上到下,单质密度逐渐增大



生活与社会

约 17 190 年



课题与研究

要点:具备收集、阅读和分析不同文献与资料的能力;具有一定的文字梳理水平,能将不同时期、不同科学家的理论工作表述清楚,条理清晰;能够使用列表、概念图、时间轴等方法来展现原子结构理论的变迁。

4.3 核外电子排布

核外电子排布的规律

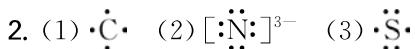
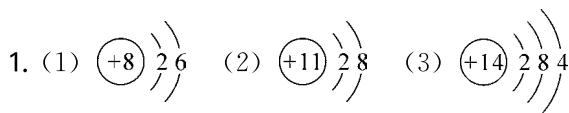
1. (1) $2n^2$ (2) 8 2 18 32

2. (1) Li (2) Si (3) H、Be、Al (4) S

3. D 4. B 5. C 6. B 7. B 8. D

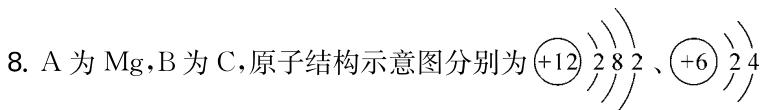
9. A: 锂 B: 氖 C: 氩

结构示意图和电子式



4. C 5. D 6. C

7. (1) 17、18、3 (2) 34、34、4



核外电子排布与元素周期律

1. (1) 减小 减弱 增强 减弱 增强 (2) 增大 增强 减弱 增强 减弱

2. A 3. A 4. A 5. A

6. A: S B: Al C: C D: Cl



证据与推理

(1) $^{33}_{16}S$ 与 $^{32}_{16}S$ (2) 9_4Be 与 $^{24}_{12}Mg$ (3) $^{32}_{15}P$ 、 $^{33}_{16}S$ 、 $^{32}_{16}S$ 、 $^{39}_{19}K$

4.4 化学键

离子键

1. 近邻 原子或离子 强烈的相互作用 静电作用 离子键 受热熔化 溶于水

2. D 3. C 4. D 5. D 6. C 7. A

8. (1) $Na^+[:\ddot{Br}:]^-$ 、 $Mg^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$ (2) $2K\cdot + \cdot\ddot{S}\cdot \rightarrow K^+[:\ddot{S}:]^{2-}$ K^+ 、 $Ca^+ + 2:\ddot{Cl}\cdot \rightarrow [:\ddot{Cl}:]^- Ca^{2+}[:\ddot{Cl}:]^-$

共价键

1. 共用电子对 共价键 H_2O (或其他合理答案) 正四面体

2. (1) $2H\cdot + :\ddot{O}\cdot \rightarrow H:\ddot{O}:H$ (2) $2:\ddot{N}\cdot \rightarrow :\ddot{N}:\ddot{N}:$

3. B 4. D 5. D 6. B 7. B 8. C

9. (1) 氢 碳 氮 氧 (2) NH_3 (或 N_2H_4) (3) 共价 $H-O-H$ (4) H_2CO_3 等

10. (1) 只有共价键: HBr 、 CO_2 、 H_2 、 I_2 、 NH_3 。只有离子键: CaF_2 、 MgO 。既有离子键又有共价键: $NaOH$ (2) 离子化合物: $NaOH$ 、 CaF_2 、 MgO 。共价化合物: HBr 、 CO_2 、 NH_3



证据与推理

(1)  (2) Ne, 最外层为 8 电子稳定结构 (3) 不是 (4) 氧、钠 (5) $NaCl$, 不相同 (6) 离子化

合物：BeO、Na₂O、Na₂O₂、NaCl 等。共价化合物：B₂O₃、H₂O、H₂O₂、SiO₂、P₂O₃、P₂O₅、HCl、BCl₃、SiCl₄、PCl₃、PCl₅等



生活与社会

1. (1) CaSO₄ (2) Ca²⁺与 SO₄²⁻之间存在离子键, O和S之间存在共价键 (3) 白色
2. (1) 第5周期ⅡA族(或第5周期第2族) (2) 离子键 (3) $\text{Sr} + 2\ddot{\text{Cl}} \rightarrow [\ddot{\text{Cl}}]^- \text{Sr}^{2+} [\ddot{\text{Cl}}]^-$
- (4) 均无色 (5) 水溶性好、毒性低、能有效封闭牙本质的小孔等



实践与制作

要点：能收集合理的材料，分别代表不同的原子和共价键；能初步学会相关计算机软件的基本操作；搭建的球棍模型应正确，包括原子的大小比例、共价键的数目以及分子的空间结构等；具备收集、阅读和分析文献或资料的能力，并据此判断所制作模型的正确性。

本章测试

一、选择题

1. B 2. C 3. B 4. B 5. C 6. D 7. D 8. B 9. A

二、综合题

10.

核电荷数	中子数	电子排布	元素所在周期数	元素所在族数
	4	2,1	2	1
8	10	2,6		
18	22		3	18
19		2,8,8,1	4	1

11. 27 3 ⅢA(或第13)

12. (1) 硅 $\begin{array}{c} (+14) \\ \text{Si} \\ \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 2 \\ \diagdown \end{array} \right) 8 \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 4 \\ \diagdown \end{array} \right) \end{array}$ (2) O $\cdot \ddot{\text{O}} \cdot$ (3) SiO₂

13. (1) 镁 碳 氧 (2) 2 LiOH (3) $\begin{array}{c} (+12) \\ \text{Mg} \\ \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 2 \\ \diagdown \end{array} \right) 8 \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 2 \\ \diagdown \end{array} \right) \end{array}$ (4) 离子 $\text{Mg}^{2+} [\ddot{\text{O}}]^{2-}$ (5) O=C=O

(6) $r(\text{Mg}) > r(\text{C}) > r(\text{O})$

14. (1) $\begin{array}{c} (+11) \\ \text{Al} \\ \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 1 \\ \diagdown \end{array} \right) 8 \left(\begin{array}{c} \diagup \\ 1 \\ \diagdown \end{array} \right) \end{array}$ (2) $\cdot \dot{\text{Al}} \cdot$ (3) MgCl₂ (4) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ (5) 离子 $\dot{\text{Mg}} \cdot + \cdot \ddot{\text{O}} \cdot \rightarrow \text{Mg}^{2+} [\ddot{\text{O}}]^{2-}$

15. (1) 碳 第2周期ⅣA族(或第2周期第14族) (2) CCl₄和CO₂，都是共价键 (3) 有机溶剂、萃取剂等

说 明

本书根据教育部颁布的《普通高中化学课程标准(2017年版 2020年修订)》和高中化学教科书编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予使用。

编写过程中,上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会专家工作委员会、上海市教育委员会教学研究室、上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地、上海市化学教育教学研究基地(上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地)及基地所在单位复旦大学给予了大力支持。在此表示感谢!

欢迎广大师生来电来函指出书中的差错和不足,提出宝贵意见。出版社电话:021-64848025。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定,我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

经上海市中小学教材审查委员会审查
准予使用 准用号 II-GJ-2021024



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5478-5368-9

A standard linear barcode representing the ISBN number.

9 787547 853689 >

定价：45.00元