

普通高中教科书

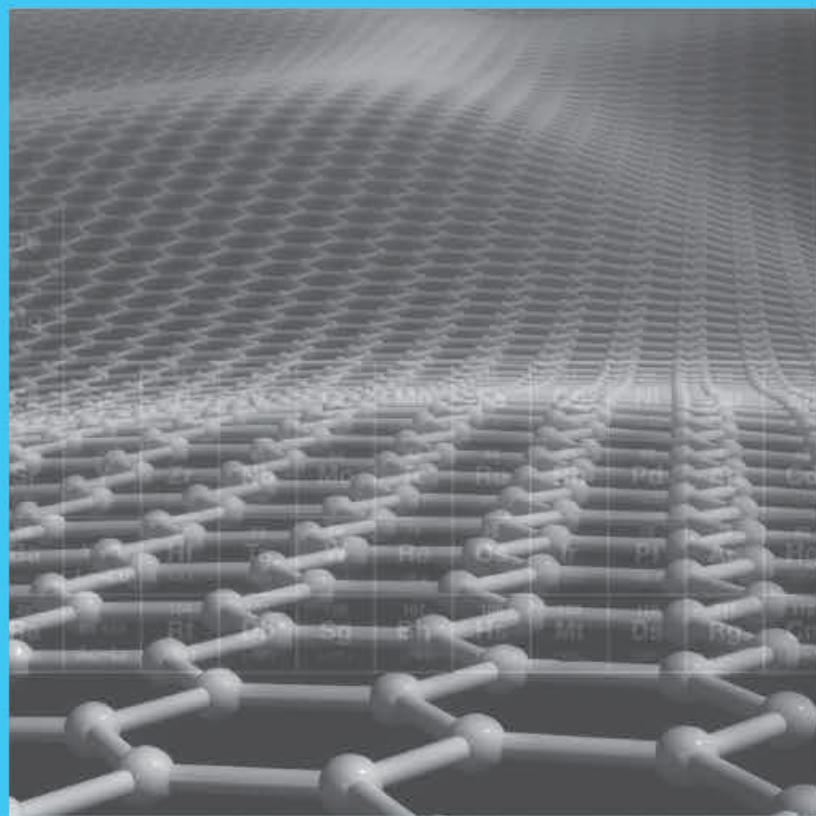
# 教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心 编著

# 化学

必修

第二册



人民教育出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

普通高中教科书教师教学用书. 化学: 必修. 第二册 / 人民教育出版社课程教材研究所化学课程教材研究开发中心编著. —北京: 人民教育出版社, 2019. 07

ISBN 978-7-107-33840-3

I. ①普… II. ①人… III. ①中学化学课—高中—教学参考资料 IV. ①G633

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第170463号

普通高中教科书 教师教学用书 化学 必修 第二册

---

出版发行 人民教育出版社

(北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编: 100081)

网 址 <http://www.pep.com.cn>

经 销 全国新华书店

印 刷 ××× 印刷厂

版 次 2019年 月第1版

印 次 年 月第 次印刷

开 本 毫米 × 毫米 1/16

印 张

字 数 千字

定 价 元

---

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使  
用本产品任何部分·违者必究  
如发现内容质量问题、印装质量问题, 请与本社联系。电话: 400-810-5788

# 说 明

本书是根据教育部制订的《普通高中化学课程标准（2017年版）》和人民教育出版社课程教材研究所化学课程教材研究开发中心编著的《普通高中教科书 化学 必修 第二册》的内容和要求，以突出育人功能、确保科学规范、注重核心基础、体现时代要求为原则，结合高中化学教学实际情况编写的，供使用《普通高中教科书 化学 必修 第二册》的高中化学教师教学时参考。

从利于教师理解和体会课程标准，更好地使用教材，更高效地实施教学出发，全书对教材的内容按照章节进行了分析，提出教学建议，提供教学资源和典型教学案例。

本书按教材顺序对每章进行了整体说明，包括教材分析、学业要求和课时建议。教材分析从地位和功能、内容的选择与呈现、教学深广度及内容结构等方面对全章内容作出分析；学业要求指出本章在发展学生化学学科核心素养方面所要达到的目标；课时建议则是建议本章的教学课时。

对于教材中的各节，本书提供了内容分析、教学目标、教学建议、栏目使用建议、练习与应用参考答案及说明等。内容分析是对节的具体内容特点、知识结构进行较详细的介绍；教学目标指出本节需要达到的教学目的，以及教学重点和难点；教学建议是围绕节的内容，对教学设计思路、教学策略、教学方法等提出建议；栏目使用建议是对“实验”“思考与讨论”“探究”等栏目提出具体的指导和建议，并对栏目所涉及的有关问题给予解答或提示；练习与应用参考答案及说明则是对节后的习题给予解答或提示。

教学资源和教学案例是按章编写的。教学资源主要编入一些与本章内容有关的化学知识、疑难问题解答，以及联系实际、新的科技信息和化学史等内容，以帮助教师更好地理解教材，并在教学时参考。教学案例主要选择本章中的典型课题，立足课堂教学实际，展示优秀案例。

本书内容仅供教师参考，授课时的教学方法由教师根据具体情况决定。

本书总主编：王晶、周业虹。

本册主编：周业虹、郭震。

本册编写人员（按编写顺序）：毕华林、孙旭、冷燕平、白建娥、郭震、孙京、吴海建、刘四方。

责任编辑：郭震。

责任绘图：郭威。

本书内容难免有不妥之处，希望广大教师和教学研究人员提出意见和建议，以便修改和完善。

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心

2019年6月





# 目 录

<b>第五章 化工生产中的重要非金属元素</b> .....	1
本章说明 .....	1
第一节 硫及其化合物 .....	4
第二节 氮及其化合物 .....	11
第三节 无机非金属材料 .....	17
实验活动 4 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子 .....	21
实验活动 5 不同价态含硫物质的转化 .....	23
教学资源 .....	24
教学案例 .....	33
<b>第六章 化学反应与能量</b> .....	45
本章说明 .....	45
第一节 化学反应与能量变化 .....	47
第二节 化学反应的速率与限度 .....	53
实验活动 6 化学能转化成电能 .....	60
实验活动 7 化学反应速率的影响因素 .....	62
教学资源 .....	63
教学案例 .....	72
<b>第七章 有机化合物</b> .....	79
本章说明 .....	79
第一节 认识有机化合物 .....	82
第二节 乙烯与有机高分子材料 .....	87
第三节 乙醇与乙酸 .....	92
第四节 基本营养物质 .....	98
实验活动 8 搭建球棍模型认识有机化合物分子结构的特点 .....	104

实验活动 9 乙醇、乙酸的主要性质 .....	107
教学资源 .....	111
教学案例 .....	117
<b>第八章 化学与可持续发展 .....</b>	<b>127</b>
本章说明 .....	127
第一节 自然资源的开发利用 .....	130
第二节 化学品的合理使用 .....	143
第三节 环境保护与绿色化学 .....	154
教学资源 .....	163
教学案例 .....	190

人教版®

# 第五章

## 化工生产中的重要非金属元素

### 本章说明

本章内容安排在原子结构与元素周期律学习之后，具体知识包括硫、氮等非金属元素及其化合物的相关性质，硫酸、硝酸和氨的工业生产原理，重要的无机非金属材料等。根据硫和氮在元素周期表中的位置，利用原子结构与元素周期律的相关知识，以及氧化还原反应、离子反应的理论知识，认识和学习硫、氮的单质及其化合物的性质。以硫酸和硝酸的工业生产原理为背景知识，从物质类别和元素价态角度认识物质间的转化，采用实验探究的方法学习物质的性质并实现物质间的转化。

本章内容一方面突出物质间的相互转化，帮助学生认识物质及其转化的重要价值，形成变化观念。教材的活动设置要求学生应用氧化还原反应原理，实现含有不同价态同种元素的物质的相互转化，认识控制条件对物质转化的重要影响，同时体会物质转化在自然界中的物质循环、化工生产和环境保护中的重要作用。另一方面，教材通过应用原子结构与元素周期律的知识，预测和推断元素及其化合物的性质，引导学生从物质类别和元素价态的视角，通过实验探究来认识非金属元素及其化合物的性质，帮助学生形成认识非金属元素及其化合物的基本思路和方法，同时进一步加深学生对“结构决定性质”化学观念的理解。

#### 一、教材分析

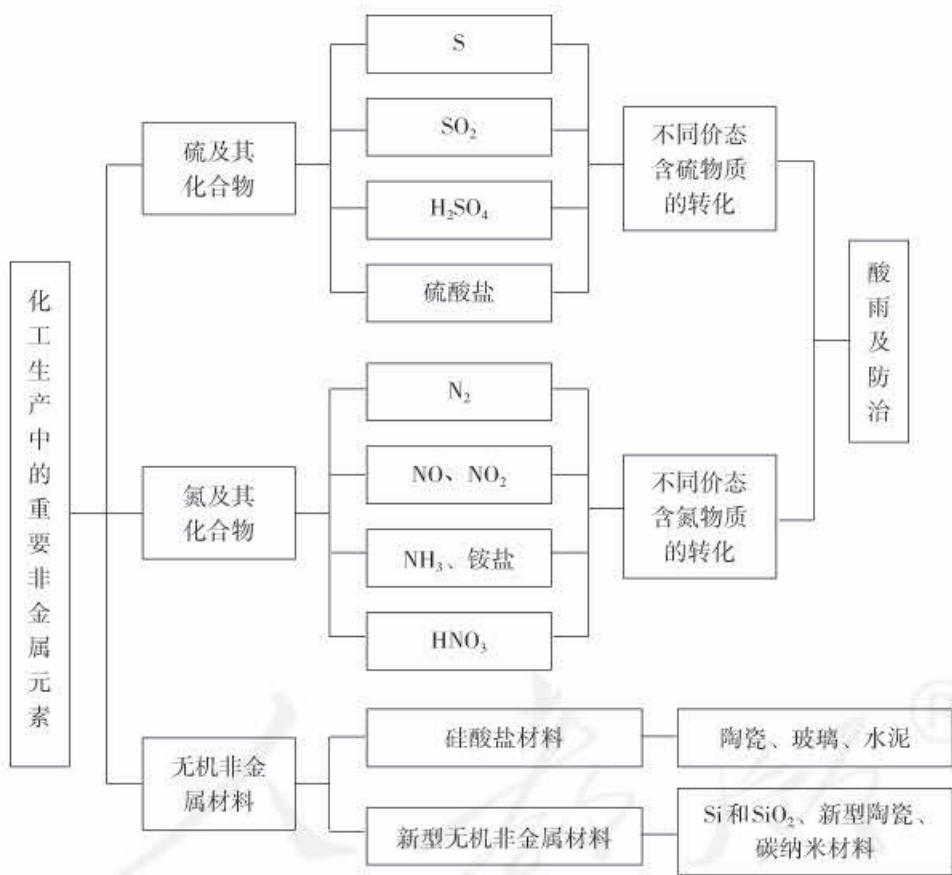
本章作为系统学习非金属元素的典型章节，主要目的是通过对硫和氮等非金属元素的学习，帮助学生掌握认识非金属元素及其化合物的基本思路和方法，了解物质间的相互转化规律，促进化学学科核心素养的形成。在内容组织上考虑到学生已有化学概念的理解和应用，包括原子结构与元素周期律、物质分类、离子反应、氧化还原反应等，将这些核心概念的应用与具体知识的学习紧密结合，加强理论知识对元素化合物知识学习的指导作用。教材编写的基本思路是从硫、氮等非金属元素在周期表中的位置和原子结构入手，分析和预测非金属元素的主要性质，然后按照单质、氧化物（氢化物）、酸、盐的顺序依次认识和学习。在此基础上设计探究活动，并以硫酸



和硝酸的工业制取原理为背景，运用所学知识实现含不同价态同种元素的物质的相互转化。这一编写思路既体现了“结构决定性质、性质决定用途”的化学观念，也符合“整体—部分—整体”的认识世界的基本思路。

另外，为全面落实化学学科核心素养，本章教材内容的选择努力贴近学生生活和社会实际，突出典型性，以硫酸、硝酸和氨的工业生产原理为背景去认识含不同价态同种元素的物质间的相互转化，而不涉及生产设备和流程等技术细节。教材内容突出物质转化主线，引导学生从物质类别和价态变化的角度实现不同价态含硫物质的转化，从氮气的不同转化条件认识环境和条件对化学变化的影响，从物质转化的角度认识自然界中物质的循环，了解大气污染的产生及防治。教材编写突出环境保护意识和绿色化学理念，在化学实验的设计上注重安全和环保，通过实际的操作使学生体验环境保护与资源利用的和谐统一。

本章教材的内容结构如下图所示。



## 二、学业要求

1. 能依据物质类别和元素价态分别列举含硫元素、氮元素的典型代表物质。
2. 能从物质类别和元素价态的角度，依据氧化还原反应原理，预测硫及其化合物、氮及其化合物的化学性质和变化。

3. 能从物质类别和元素价态变化的角度,设计含硫物质、含氮物质的转化路径。
4. 能根据实验目的和假设设计实验方案,选择适当的实验试剂,探究不同价态含硫物质的转化;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。
5. 能利用二氧化硫、氨、硫酸根和铵根的性质和反应,选择适当的实验试剂,设计检验二氧化硫、检验溶液中硫酸根和铵根等离子及实验室制取氨的实验方案。
6. 能根据硫酸、硝酸和氨的性质,分析实验室、工业生产及环境保护中的某些常见问题。
7. 能说明硫及其化合物、氮及其化合物(如二氧化硫、氨等)的应用对社会发展的价值和对环境的影响,能有意识地运用所学的知识或寻求相关证据参与社会性议题(如酸雨及防治)的讨论。
8. 能从材料组成的角度对生活中常见的无机非金属材料进行分析,能根据使用需求选择适当的材料,能解释其使用注意事项,并能科学合理地使用。

### 三、课时建议

第一节 硫及其化合物	3课时
第二节 氮及其化合物	3课时
第三节 无机非金属材料	1课时
实验活动4 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子	1课时
实验活动5 不同价态含硫物质的转化	1课时
全章复习	1课时

人教版®



# 第一节 硫及其化合物

## 一、内容分析

本节内容主要包括：硫、二氧化硫和硫酸的性质，硫酸根离子的检验，不同价态含硫物质的转化。教材首先根据硫在元素周期表中的位置，利用原子结构和元素周期律的相关知识，从化学变化的视角考虑硫单质能否与金属单质、非金属单质、化合物等发生反应，使学生掌握研究非金属单质性质的基本思路；之后，根据物质类别研究硫的化合物（包括二氧化硫、硫酸）的化学性质。教材以工业制硫酸的生产原理为载体，从氧化还原的角度来综合认识含硫化合物的氧化性和还原性，并结合浓硫酸与铜反应的实验，基于证据探究浓硫酸的氧化性。接下来，设计“硫酸根离子的检验”实验，对构成物质的离子进行检验，提升学生“宏观辨识与微观探析”的学科核心素养。最后，设置“不同价态含硫物质的转化”探究活动，要求学生从物质类别和元素价态变化的角度，应用氧化还原反应原理设计实验方案，选择适当的实验试剂，探究不同价态含硫物质的转化，提升学生“变化观念”等学科核心素养。

## 二、教学目标

### 1. 教学目标

- (1) 通过分析硫的原子结构，推断硫元素可能的化学性质并进行证实，理解物质的微观结构与宏观性质之间的关系。
- (2) 结合实验探究，了解二氧化硫的物理性质和化学性质，能说出二氧化硫的主要用途。
- (3) 通过二氧化硫与水、与氧气反应的学习，初步建立可逆反应的概念。
- (4) 通过实验探究，了解硫酸的酸性和浓硫酸的特性，能设计实验检验硫酸根离子。
- (5) 知道含不同价态硫元素的物质可以相互转化，并能设计实验进行探究或验证，增强对氧化还原反应的认识。
- (6) 能说出含硫物质进入大气的主要途径，知道二氧化硫进入大气能形成酸雨危害环境，增强环保意识，培养社会责任感。

### 2. 教学重点和难点

重点：硫及其化合物的性质与相互转化；浓硫酸的特性，硫酸根离子的检验；可逆反应。

难点：浓硫酸的特性。

### 三、教学建议

#### 1. 结合学生已有知识，以元素周期律为指导，逐步完成硫及其化合物的知识体系建构

学生在前面已经学习了氧和氯等非金属元素的知识、氧化还原反应的概念和元素周期律等知识，教学中要注意硫与氧、氯等非金属元素的性质比较，并利用元素周期律的理论指导硫及其化合物的学习，以便强化已学知识，并使新知识纳入学生已掌握的知识系统中。例如，在本节的引言中，教材分析了硫的原子结构特征，并与氧的原子结构进行了比较，教学中可以通过进一步比较硫和氯的原子结构，得出硫单质的氧化性比氧气、氯气的氧化性弱的结论。这样，在学习硫与铁、与铜的反应时，就能较好地解释氧气和氯气可以把铁、铜氧化为较高价态的化合物，而硫单质只能把铁、铜氧化为较低价态的化合物。

硫酸和亚硫酸都是含氧酸，具有酸的通性。教学中要结合此前学习的盐酸的性质，比较不同种类的酸在性质上的异同。从而使学生认识到由于酸的水溶液都含有相同的阳离子（ $H^+$ ）而具有酸性，又由于不同的酸的水溶液含有不同的酸根离子（阴离子）而具有一定的特殊性，感受同类物质的共性与个性的辩证关系。这在化学学习中是比较普遍的现象。

#### 2. 根据教学需要，选择关于硫、二氧化硫等的情境素材，创设教学情境，发展学生思维

硫在自然界中广泛存在，硫的化合物与我们的日常生活有紧密联系，二氧化硫是导致酸雨形成的主要污染物，教学中可以利用这些素材设置教学情境，引入教学或引发学生思考。例如，可以从火山喷发的视频引入对硫的学习；还可以提前准备几只装有硫黄的小试管（塞上橡胶塞），开始上课时发给学生，让学生轮流观察，再结合阅读教材了解硫的物理性质。这样引入教学较为简单自然。

从硫单质的学习转入二氧化硫的学习时，要注意教学环节的自然过渡。教材在介绍硫与氧气反应生成二氧化硫之后，接着介绍二氧化硫的知识，给教学环节的自然过渡提供了方便。教学时可以在介绍硫的化学性质后设问：“硫与氧气反应生成二氧化硫，二氧化硫又是一种什么样的物质呢？”然后出示装有二氧化硫的试管，演示【实验5-1】引入对二氧化硫的探究学习，这样使教学环节的转换自然流畅。

教学中也可以通过展示与酸雨相关的图片引入对二氧化硫的学习；通过播放硫酸工业生产的视频或通过浓硫酸与蔗糖反应的实验（“黑面包”实验）引入对硫酸的学习。

#### 3. 正确把握教材中关于二氧化硫和硫酸的教学要求，合理控制知识的深广度

教学中既要帮助学生理解所学知识，又要适当控制深度和广度，减轻学生学习负担。例如，在学习二氧化硫与水反应时，要强调二氧化硫是酸性氧化物，具有酸性氧化物的通性。这里可以适当拓展，让学生说出二氧化硫与氧化钙、二氧化硫与氢氧化钙反应的化学方程式，以巩固酸性氧化物的概念。二氧化硫中硫元素的化合价为+4价，处于中间价态，所以它既能被氧气等氧化剂氧化，又能被硫化氢还原。二氧化硫还具有漂白性，能与某些有色物质结合，生成无色物质，



该物质不稳定，受热易分解。这些二氧化硫的特性有别于次氯酸和过氧化氢。学习时可以从漂白的原理和颜色能否复原进行比较，但不要求书写化学方程式。二氧化硫的排放是形成酸雨的主要原因，但不是全部。在这里不宜过多解释酸雨的成因，建议根据教材的安排，在下一节学习氮的氧化物之后再全面学习酸雨及防治的知识。

可逆反应的概念比较简单但却重要，是培养学生“变化观念与平衡思想”的典型素材。由于是初次学习，在这里要请学生注意，可逆反应必须是“同一条件、同一时间”向两个相反方向进行的反应。可以举例：氢气与氧气反应生成水，水可以电解生成氢气和氧气，但这两个方向相反的反应不能叫做可逆反应（为什么？）。教材结合教学内容介绍了二氧化硫与水反应、二氧化硫与氧气反应两个可逆反应，在这里不建议补充其他可逆反应的例子，因为缺少背景知识支撑的素材容易增加学习的负担。

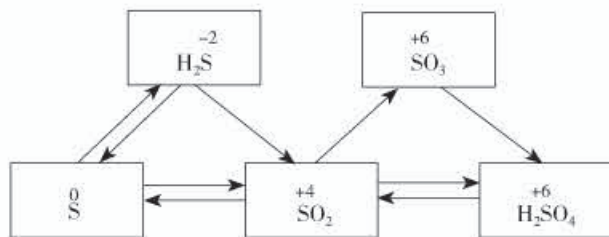
硫酸是重要的化工原料，浓硫酸的特性（吸水性、脱水性、氧化性）是本节内容的重点和难点之一，教学中要突出重点、突破难点，但也要注意度的把握。浓硫酸的吸水性是浓硫酸吸收环境中的水分子形成水合硫酸，所以浓硫酸可以用作某些气体（氨、硫化氢等除外）的干燥剂。浓硫酸的脱水性主要是其能将有机物中的氢和氧元素按照水的组成比例脱去，使有机物炭化。这也是浓硫酸具有强腐蚀性的原因之一，所以使用浓硫酸时要特别注意安全。浓硫酸的强氧化性可以表现为其能将大部分金属（包括铜等不太活泼的金属）和某些非金属单质氧化，其主要特征是硫酸中的硫元素由+6价降低为+4价，即硫酸被还原为二氧化硫。其间没有氢气生成，不同于稀硫酸中氢离子与较活泼的金属铁、锌等反应产生氢气（稀硫酸的酸性）。金属铁、铝遇冷的浓硫酸时会发生钝化，也是浓硫酸的强氧化性的表现，这里不要求书写相关化学方程式。

#### 4. 注重对硫及其化合物的知识进行归纳、整合，使所学知识系统化、结构化

教学中对所学知识进行及时归纳、整合，使所学知识系统化、结构化，这是促进学生从掌握学科知识向形成学科核心素养转化的关键。教材根据课程标准的要求，结合各物质在社会生产和日常生活中的重要性程度的差别，对不同物质采取不同要求和呈现方式。例如，教材对二氧化硫和硫酸的知识介绍就比较系统全面，对硫单质的介绍就比较简单，而硫化氢、三氧化硫虽然在教材中出现了，但没有专门介绍。

从元素周期律的角度认识硫及其化合物的知识，是实现知识系统化的有效途径之一。如在单元复习时，可以对硫单质的氧化性、硫的氢化物的稳定性、硫酸的酸性等，按照同周期从左到右、同主族从上到下的顺序，与已学过的元素及其对应化合物进行比较，掌握变化规律，形成知识系统。

从相关知识之间的内在联系出发，建立物质之间的关系图，是实现知识结构化的常用方法。如将硫化氢、硫、二氧化硫、三氧化硫、硫酸等物质按相互间的转化关系连接起来，形成简洁直观的“硫三角”（如下图）。



## 5. 认真设计和组织实验教学，发挥实验探究的教育教学价值

化学实验和科学探究对创设教学情境、激发学习兴趣、调动学生思维、掌握学科知识、锻炼动手能力、培养科学精神、激发创新潜能、培育核心素养等方面具有重要作用，要认真落实和研究实验教学，充分发挥实验探究的教育教学价值。在教学中要规范操作、仔细观察、认真分析。具体实验教学建议见“栏目使用建议”。

本节教学建议增补铁粉与硫粉反应、浓硫酸与蔗糖反应两个趣味性较强的实验。因反应会生成二氧化硫，实验时要注意通风。

## 四、栏目使用建议

### 1. 实验

#### 【实验5-1】

本实验适用于课堂演示，用于验证二氧化硫在水中的溶解性和生成物亚硫酸的酸性。

实验现象：试管内液面上升，pH试纸测得溶液的pH小于7。

实验分析：二氧化硫易溶于水，使试管内气体压强减小，导致液面上升，同时生成了亚硫酸，使溶液显酸性。

注意事项：①实验时试管内二氧化硫的纯度要高，否则实验现象不明显，可用亚硫酸钠与浓硫酸反应制取二氧化硫；②教材中检验生成的亚硫酸采用pH试纸而不用石蕊溶液，是为了保留产物做下面的二氧化硫的漂白性实验。

#### 【实验5-2】

本实验用于探究二氧化硫的漂白性，可由教师演示，但要注意防止二氧化硫污染空气。

实验现象：振荡时品红溶液褪色，加热后溶液恢复红色。

实验分析：二氧化硫与品红反应生成了无色物质，加热时无色物质分解，恢复为原来的颜色。

注意事项：①实验用品红溶液的浓度不能太高；②若要增补二氧化硫漂白其他物质的实验，要预先试验，因为二氧化硫不能漂白所有的有色物质。

#### 【实验5-3】

本实验用于探究铜与浓硫酸的反应，并检验生成的二氧化硫的性质。铜与浓硫酸需要加热才能反应，由于实验综合性强，操作复杂，适合教师演示。

实验现象：加热时左侧试管内有气泡生成，中间试管中的品红溶液褪色，右侧试管中的石蕊溶液逐渐变红，反应后左侧试管内的物质经稀释后显蓝色。

实验分析：铜与浓硫酸加热时可以发生反应，有气体生成，该气体能使品红溶液褪色、使石蕊溶液变红，证明生成的气体是二氧化硫；反应后的物质经稀释显蓝色，说明生成了硫酸铜。可以指导学生在分析的基础上逐步写出化学方程式，体现思维的逻辑性：先根据分析确定反应物是硫酸和铜，生成物有硫酸铜和二氧化硫，再配平主要物质的化学计量数，最后通过观察确定生成物中的水及其化学计量数。



注意事项：①浓硫酸、二氧化硫、酒精灯都可能存在安全隐患，使用时要规范操作，注意安全。②此实验中铜丝内外相通是为了控制反应的发生和终止，连接装置时将铜丝插入凹槽或小孔后，可以涂上凡士林，并检验装置的气密性。③此实验中浸有碱液的棉团的作用是除去尾气中的二氧化硫，防止空气污染。④此实验开始时有黑色颗粒物（含有CuS、Cu<sub>2</sub>S等）生成，一段时间后黑色颗粒物逐渐减少，由于反应机理复杂，教学时不宜详细介绍。

### 【实验5-4】

本实验的目的是探究SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的检验方法，其原理是Ba<sup>2+</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>═BaSO<sub>4</sub>↓，BaSO<sub>4</sub>是既难溶于水又难溶于酸的白色沉淀，有别于CaCO<sub>3</sub>、BaCO<sub>3</sub>等可溶于酸的白色沉淀。

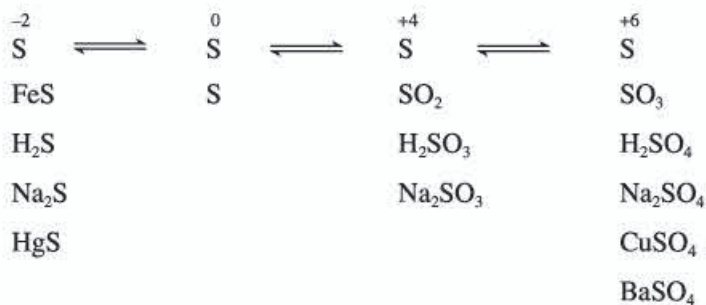
实验现象及分析见下表：

试剂	稀硫酸	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液
加入BaCl <sub>2</sub> 溶液后的实验现象	产生白色沉淀	产生白色沉淀	产生白色沉淀
加入稀盐酸后的实验现象	沉淀不溶解	沉淀不溶解	沉淀溶解
离子方程式	Ba <sup>2+</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ═BaSO <sub>4</sub> ↓	Ba <sup>2+</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ═BaSO <sub>4</sub> ↓	Ba <sup>2+</sup> +CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ═BaCO <sub>3</sub> ↓ BaCO <sub>3</sub> +2H <sup>+</sup> ═Ba <sup>2+</sup> +CO <sub>2</sub> ↑+H <sub>2</sub> O
实验分析	白色固体BaSO <sub>4</sub> 不溶于盐酸，而BaCO <sub>3</sub> 可溶于盐酸，因此可用稀盐酸和BaCl <sub>2</sub> 溶液检验SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 。		
实验结论	若向溶液中加入稀盐酸时无明显现象，再滴加BaCl <sub>2</sub> 溶液时有白色沉淀产生，则证明该溶液中含有SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 。		
注意事项	1. 检验SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 时，应先加稀盐酸排除CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 等离子的干扰； 2. 若溶液中混有SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ，当加入稀硝酸时，会将SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 氧化为SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ； 3. 若溶液中混有Ag <sup>+</sup> ，当加入稀盐酸时，会产生不溶于酸的白色AgCl沉淀。可以加入过量稀盐酸，过滤除去AgCl后再检验SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 。		

## 2. 探究

### (1) 明确问题

实现不同价态含硫物质的转化，首先要明确有哪些不同价态的含硫物质，其次是用什么方法实现这些物质间的转化。教学时可以通过讨论或问答的形式归纳不同价态的含硫物质：





## (2) 设计方案

通过小组讨论的形式整理不同价态含硫物质间实现转化的可能方案（见表5-1）。

表5-1 不同价态含硫物质的转化方案

实验序号	价态变化	转化前的含硫物质	选择试剂	转化后的含硫物质	预期现象
1	0→-2	S	Fe	FeS	剧烈反应，生成黑色固体
2	+6→+4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Cu	SO <sub>2</sub>	产生有刺激性气味的气体，该气体能使品红溶液褪色
3	+4→0	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	S	生成淡黄色固体
4	-2→0	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	S	生成淡黄色固体
5	0→+4	S	空气	SO <sub>2</sub>	硫燃烧，发出淡蓝色火焰，产生有刺激性气味的气体
6	+4→+6	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	反应前后的溶液用pH试纸检验，其pH变小；向反应后的溶液中滴加稀盐酸无明显现象，再滴加氯化钡溶液，产生白色沉淀

根据以上方案可知，该方案所需的试剂有：硫粉、还原铁粉、铜丝、浓硫酸、过氧化氢溶液、稀盐酸、氯化钡溶液等。为了减少药品用量，体现绿色化学思想，可以合理设计实施方案。例如，用实验1制得的FeS制取H<sub>2</sub>S，把实验2制得的SO<sub>2</sub>溶于水，制得亚硫酸。

## (3) 实施方案

实验1：将还原铁粉和少量硫粉混合，置于石棉网（或陶土网）上，用酒精灯加热，待反应开始时停止加热，观察现象。并用生成的FeS制取H<sub>2</sub>S，将其溶于水形成氢硫酸，备用。

实验2：参阅教材【实验5-3】，进行浓硫酸与铜的反应，并将生成的气体溶于水，制取亚硫酸，备用。

实验3：向亚硫酸中滴加氢硫酸，观察现象。

实验4：向氢硫酸中滴加过氧化氢溶液，观察现象。

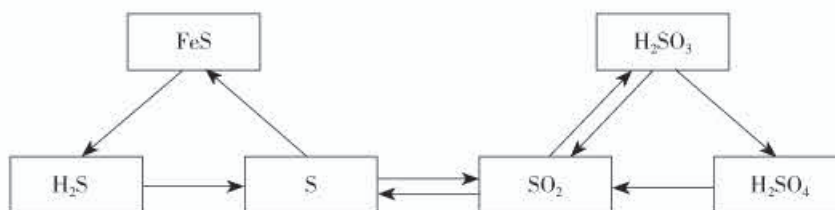
实验5：在燃烧匙中点燃少量硫粉（注意通风），观察现象。

实验6：向亚硫酸中滴加适量过氧化氢溶液，用pH试纸检验反应前后溶液的酸碱度，溶液的pH变小；向反应后的溶液中滴加稀盐酸无明显现象，再滴加氯化钡溶液，产生白色沉淀。

为了节约时间，以上实验可以分组进行，然后汇总实验结果，交流共享。

## (4) 整合信息，得出结论

根据上述实验探究，完成各物质间相互转化关系图（如下图），并写出相关的化学方程式。



### (5) 交流共享

学生集中交流探究成果，提出改进和完善建议，分享成功的喜悦，完成探究报告。

### (6) 成果应用

应用所学知识，解决学习或生活中的具体问题。

## 3. 思考与讨论

### 【思考与讨论1】

在学习了浓硫酸的性质后，教材设置该栏目，就硫酸的酸性和浓硫酸的强氧化性提出问题，目的是巩固前面学习的重点内容。教学中注意提示学生回顾初中学过的酸的一般性质，结合实例进行分析。

### 【思考与讨论2】

在学习了硫酸根离子的检验之后，教材在该栏目中以设问的形式提出了三个问题，目的是通过分析和讨论让学生掌握粗盐提纯的原理和方法。这是一个很好的实验探究素材，教学中可以结合本章实验活动4的内容组织讨论，为后面开展实验活动打好基础，提高教学效率。

## 五、练习与应用参考答案及说明

1. A    2. C    3. D

4. (1) C    (2)  $\text{SO}_2$      $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$     (3) cd

5. 提示：若用pH试纸检验雨水呈酸性，说明其中含有酸电离出的 $\text{H}^+$ ；若滴加稀盐酸无明显现象，再滴加 $\text{BaCl}_2$ 溶液时有白色沉淀产生，说明雨水中含有 $\text{SO}_4^{2-}$ ，由此可以证明雨水中含有 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

6. 提示：与稀硫酸相比，浓硫酸的密度较大、黏度较大、可以使有机物炭化等性质，可以作为鉴别的依据。

7. (1) 1.28 t    448  $\text{m}^3$     (2) 730 t

8. 地壳中的硫元素通过火山喷发以 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 等形式进入大气，动植物中的硫元素在生物遗体腐败时以 $\text{H}_2\text{S}$ 等形式进入大气，煤和石油中的硫元素在燃烧时以 $\text{SO}_2$ 等形式进入大气。大气中的 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 等遇到雨水时，硫元素通过酸雨进入地面或海洋。

人类大量使用含硫的煤和石油，加剧了酸雨的形成，造成了大气污染。人类应该开发清洁能源，减少煤和石油等化石燃料的用量，保护生态环境。



## 第二节 氮及其化合物

### 一、内容分析

本节内容主要包括：氮及氮的固定、一氧化氮和二氧化氮、氨和铵盐、硝酸、酸雨及其防治。教材首先根据氮的原子结构知识，应用前一节掌握的研究非金属单质性质的基本思路预测氮的化学性质，渗透条件对化学反应的影响，引出氮的固定对人类生存的重要意义。之后，根据物质类别研究氮的化合物，包括一氧化氮、二氧化氮、硝酸、氨和铵盐的化学性质。以工业合成氨、工业制硝酸的生产原理为载体，应用氧化还原反应原理，设计含氮化合物的转化，使学生认识到从一种原料转化成多种产品，路径之一是通过氧化还原反应改变主要元素的化合价，提升“变化观念”等学科核心素养。教材设置铵根离子的检验、实验室制取氨的实验活动，让学生根据氨、铵根离子的性质和反应，选择合适的试剂，设计检验或者制取物质的方案，提升其科学探究的能力。最后，教材编入“酸雨及其防治”内容以及“测定雨水的pH”的研究与实践活动，综合运用硫和氮及其化合物的相关知识，寻求证据参与社会性议题的讨论，分析硫酸工业、合成氨工业对社会发展的价值和对环境的影响，有意识地渗透资源合理利用和环境保护的意识。

### 二、教学目标

#### 1. 教学目标

- (1) 通过分析氮的原子结构，推断含氮物质可能的化学特性，理解结构与性质的关系。
- (2) 通过实验探究，了解一氧化氮与氧气反应、二氧化氮与水反应等性质，感受化学变化的奇妙。
- (3) 结合化学实验，了解氨与水、酸或氧气的反应，知道氨的催化氧化反应是工业上制取硝酸的基础，知道铵盐是重要的氮肥。
- (4) 通过对铵盐性质的学习，了解氨的实验室制法，知道铵盐的检验方法，培养学以致用理念。
- (5) 结合实验探究，了解硝酸的主要性质——不稳定性和强氧化性，知道硝酸是重要的化工原料。
- (6) 了解酸雨的概念，知道酸雨形成的主要原因是二氧化硫和二氧化氮进入大气，知道酸雨会严重危害环境，增强环保意识，培养社会责任感。

## 2. 教学重点和难点

重点：氮及其重要化合物的性质与相互转化，硝酸的不稳定性和强氧化性，酸雨的概念。

难点：二氧化氮的化学性质，硝酸的强氧化性。

## 三、教学建议

### 1. 参照非金属元素学习的一般模式，以元素周期表为依据，完成氮及其化合物知识体系的建构

氮和硫都是典型的非金属元素，含有它们的无机物一般可分为单质、氢化物、氧化物、氧化物的水化物（含氧酸）、含氧酸盐等5个大类。根据各物质在生产、生活中的用途不同，教科书的介绍各有侧重，但5类物质都有出现。如本节中涉及含氮的5类物质有 $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 等，教学中要注意它们与硫元素对应的物质（ $\text{S}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CuSO}_4$ ）在性质上的异同，感受同类物质性质的相似性和差异性，在比较和分析中增强对知识的理解。

元素周期表是学习元素单质及其化合物的重要工具，教学中要引导学生有意识地用好元素周期表。如在单元小结时，可以比较C、N、O三种元素的性质差异，体现知识的规律性，提高对元素周期律的认识。

### 2. 选择适当的素材，设置有效教学情境，提高教学效率

“雷雨发庄稼”可以作为本节开始时设置的情境，在播放情境视频后，可以设问：“空气中性质稳定的氮气是怎样被氧化的呢？今天我们就一起来研究这个问题，”然后开始新课的进程。但在教学时要注意，雷雨虽然有益，但雷电灾害却是严重的自然灾害之一，雷击可能毁坏建筑物、破坏电力设备、引发火灾甚至致人死亡，所以要提醒学生注意安全，远离灾害。

“酸雨的危害”是学习酸雨及其防治时的情境素材，教学中可以先播放相关视频或展示图片，再提出问题：“什么是酸雨？酸雨是怎样形成的？怎样防止酸雨的形成？”然后指导学生阅读教材，完成学习任务。

本节教学中的情境素材还有氮的循环与固定、工业合成氨、工业制硝酸等。

### 3. 正确把握教材中关于氮气、二氧化氮、氨、硝酸等的教学要求，合理控制知识的深广度

关于氮气性质的稳定性，可以从结构分析入手，先展示氮分子的结构模型，指出由于断开氮氮三键需要较多的能量，所以氮气性质稳定。再从原子结构分析，由于氮原子的最外电子层有5个电子，所以既不太容易失去5个电子形成+5价的阳离子，也不太容易得到3个电子形成-3价的阴离子。但在高温、放电和有适当催化剂等条件下，氮气也能与一些物质发生反应。

氮的氧化物种类较多，可以告诉学生氮从+1价到+5价的氧化物都有。教材重点介绍了NO和 $\text{NO}_2$ ，教学时对氮的其他价态的氧化物不宜作过多的介绍。



氮的学习可以充分利用氮的结构模型和化学实验提供的直观信息。在介绍氮分子的结构时，可以告诉学生其空间结构是三角锥形。由于学生没有学习极性分子和非极性分子的概念，所以在 这里不要涉及分子的极性。氮与水的反应属于可逆反应，可以借此回顾可逆反应的知识。

硝酸的强氧化性是本节教学的难点，要使学生明确：硝酸与铜反应时不需要加热；浓硝酸的还原产物是  $\text{NO}_2$  且反应较快，稀硝酸的还原产物是  $\text{NO}$  且开始时反应较慢；常温下浓硝酸与铁或铝接触时会发生钝化现象，但加热后则可以持续发生反应。在此基础上，可以让学生写出红热的木炭与浓硝酸反应的化学方程式，通过练习突破难点。这里不要介绍硝酸被还原为其他价态物质的反应，以免增加学生的学习负担。

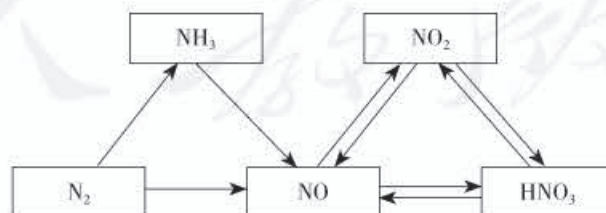
#### 4. 通过对比、归纳、整理等方法，使所学知识系统化、结构化

浓硝酸的强氧化性是难点，可以通过浓硝酸、浓硫酸分别与铜发生反应的比较加深理解，帮助记忆（表 5-2）。

表 5-2 浓硝酸、浓硫酸分别与铜等物质反应的比较

反应	浓硝酸与铜反应	浓硫酸与铜反应
化学方程式	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
不同点	反应条件：常温	反应条件：加热
	现象：生成红棕色气体，溶液逐渐变蓝	现象：生成有刺激性气味的气体，稀释后溶液变蓝
相同点	1. 都是含氧酸的中心元素被还原，酸中的氢离子都不被还原； 2. 都能与不活泼金属（如铜、汞）以及一些非金属单质等反应； 3. 常温下与铁、铝都能发生钝化现象； 4. 都是浓度越大，氧化性越强。	

在单元复习时可以将本节的主要物质  $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  间的关系进行整合，形成简洁直观的“氮三角”（如下图），并按箭头方向写出相关反应的化学方程式，使所学知识结构化。



对重要的物质如氨、硝酸等，可以从物质的组成、结构、性质（物理性质）、变化（化学性质）、用途、制备、检验等方面全面总结，以便使学生掌握学习元素单质及其化合物的一般思路。



## 5. 注重实验的趣味性和探究性，激发学生的学习兴趣，提高学习效率

本节教材中氨的喷泉实验、氨与氯化氢反应生成“白烟”的实验等，都具有很强的趣味性，教师要用好这些实验激发学生的学习兴趣，并引导学生把兴趣转化为学习化学的动力。如在做氨的喷泉实验时，先提醒学生注意观察实验现象，完成实验后，通过连续提问引导学生分析实验现象。相关问题有：①同学们看到了什么现象？②出现喷泉现象说明了什么？③喷泉的原理是什么？④溶液变成红色说明了什么？⑤你知道还有哪些气体可以做喷泉实验？在分析的基础上得出实验结论，并写出氨与水反应（可逆反应）的化学方程式。

## 四、栏目使用建议

### 1. 实验

#### 【实验5-5】

该实验的目的是探究 $\text{NO}_2$ 与 $\text{NO}$ 的相互转化，巧妙地使用注射器，方便灵活，微型环保，可以演示也可以分组实验。

实验现象：第一次振荡时，无明显现象；吸入空气后气体变为红棕色；再振荡后气体又变为无色，同时注射器的活塞向内移动。

实验分析： $\text{NO}$ 不溶于水，吸入空气后， $\text{NO}$ 与 $\text{O}_2$ 反应生成 $\text{NO}_2$ ，气体变为红棕色；振荡后， $\text{NO}_2$ 溶于水生成硝酸和 $\text{NO}$ ，气体又变为无色，同时气体的总体积有所减小。

注意事项：①操作时要注意控制好吸入气体或液体的体积；②注射器的体积小，为了让学生看清楚，可以走到学生中间操作或通过实物投影仪放大实验现象；③实验结束时可以吸入过量的空气，充分振荡后将液体注入烧杯，滴加紫色石蕊溶液，观察现象。

#### 【实验5-6】

该实验是利用氨极易溶于水的性质设计的趣味性实验，喷泉现象是该实验吸引学生的亮点。本实验操作要求较高，适宜在课堂演示。

实验现象：烧杯里的液体经玻璃管喷入烧瓶，形如喷泉，溶液变成红色。

实验分析：挤压胶头滴管，滴管里少量的水进入烧瓶，氨溶于其中，使烧瓶内气体压强减小，在大气压作用下，下方烧杯里的水被压入烧瓶；氨几乎全部溶于水中，使烧瓶内气压迅速降低，烧杯里的水（含酚酞）在大气压作用下被迅速压入烧瓶，形成喷泉；由于氨水显碱性，导致酚酞溶液显红色。

注意事项：①烧瓶内氨的纯度越高，实验效果越好，可将浓氨水滴加在适量生石灰中制取氨；②装置的密封性要好；③氨在烧瓶内保存时间不要过长，最好当天制取当天实验；④连接装置时要迅速，以防空气进入烧瓶，影响实验效果；⑤可将2~3 mL浓氨水倒入圆底烧瓶，用酒精灯微热，振荡后迅速塞上带有玻璃管的橡胶塞（注意通风），立即用于喷泉实验，效果较好。

#### 【实验5-7】

铵盐都能与碱反应生成氨，这是实验室检验铵盐和制取氨的化学原理。

实验现象：加热时有气泡产生，试管口湿润的红色石蕊试纸变蓝。

实验分析：两种溶液混合时发生反应  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，氨水显碱性，使湿润的红色石蕊试纸变蓝。

注意事项：①实验所用溶液的浓度宜大，体积宜小；②氨有刺激性气味，操作时应注意通风，防止空气污染；③根据这一原理，实验室可用铵盐与碱石灰反应制取氨。

### 【实验5-8】

浓硝酸和稀硝酸都能与铜反应，但反应速率和产物都不相同，实验时要注意比较其差别。

实验现象：浓硝酸与铜反应时，试管内产生大量红棕色气体，溶液逐渐变绿，铜丝逐渐变细；稀硝酸与铜反应时，试管内开始产生少量无色气体，反应逐渐加快，气体在试管上部变为红棕色，溶液逐渐变蓝，铜丝逐渐变细。

实验分析：浓硝酸与铜在常温下能迅速反应，生成红棕色的  $\text{NO}_2$ ，硝酸铜溶液显蓝色，当溶液中同时溶有较多  $\text{NO}_2$  时，其混合溶液显绿色；稀硝酸与铜在常温下能缓慢反应，生成无色的  $\text{NO}$ ，随着反应进行，溶液温度升高，反应速率逐渐加快， $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  在常温下反应生成红棕色的  $\text{NO}_2$ ，硝酸铜溶液显蓝色。

注意事项：①硝酸有腐蚀性和挥发性， $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  都有毒，实验时要注意防护和通风；②选用1:2的稀硝酸反应，现象比较明显；③为了便于观察气体的颜色，可以在试管背面用白纸衬托；④观察时注意比较反应速率大小和生成气体的颜色。

## 2. 思考与讨论

### 【思考与讨论1】

在演示  $\text{NO}_2$  溶于水及  $\text{NO}$  与  $\text{NO}_2$  在注射器中的相互转化实验后，教材设置该栏目，有针对性地提出了三个问题，其目的是引导学生分析实验现象，然后联系工业生产实际进行思考，体现了学以致用和节约环保的理念。在该实验中，当  $\text{O}_2$  过量时， $\text{NO}$  可以完全溶于水生成硝酸。

### 【思考与讨论2】

在学习了铵盐与碱反应生成氨的性质之后，教材设置了关于氨的实验室制法的思考与讨论，其目的是要学生利用已经掌握的实验室制取氧气的方法，学习实验室制取氨的方法。教学时可以要求学生根据化学反应原理，设计合理的操作步骤：①按装置图连接好装置；②检验装置的气密性；③添加药品；④加热制取气体；⑤用向下排空气法收集气体。

注意：在试管口放置干燥棉花是为了防止氨与空气对流而泄漏。当室内气温较低时，用普通玻璃试管，加热氯化铵与氢氧化钙制取氨，试管容易破裂。若用硫酸铵与碱石灰反应制取氨，可以降低试管破裂的可能性。

### 【思考与讨论3】

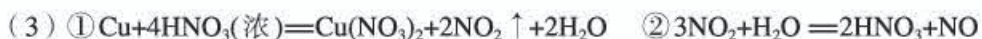
在介绍氮及其主要化合物的性质之后，教材设置该栏目的主要目的，是让学生在归纳这些物质化学性质的基础上，进一步从物质类别和元素价态的视角来认识物质的转化关系。同时，这里也简单介绍了硝酸在生产中的用途和工业制备硝酸的方法。



## 五、练习与应用参考答案及说明

1. D    2. D    3. D    4. D

5. 适宜采用第3种方法。该方法可以使铜和硝酸完全转化为产品硝酸铜，而且无污染物排放。



7. 发动机气缸工作时产生高温，导致气缸内空气中的氮气被氧化而产生NO，反应的化学方程式为： $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{NO}$ 。

8. (1)  $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、铵盐、硝酸盐、动植物体内的蛋白质等。

(2) 人体内的蛋白质主要来源于食物。

(3) 豆科植物的根瘤菌固氮、雷电固氮等。

(4) 工业合成氨、农业中氮肥的使用、汽车尾气排放等。

人教版®

## 第三节 无机非金属材料

### 一、内容分析

本节内容主要包括传统硅酸盐材料和新型无机非金属材料。教材首先从物质的组成和结构入手，介绍无机非金属材料的性能特点，包括耐高温、抗腐蚀等性能。从材料组成的角度，对生活中常见的无机非金属材料进行分类，介绍陶瓷、玻璃和水泥等传统硅酸盐材料在人类日常生活中的广泛应用，以及材料对人类文明的推动作用。之后，介绍新型无机非金属材料，包括硅和二氧化硅、新型陶瓷、碳纳米材料，以及这些材料在信息、能源等领域产生的影响，展现化学科学对新材料研发的重要作用，让学生了解化学学科对社会进步的价值，提升“科学态度与社会责任”等学科核心素养。

### 二、教学目标

#### 1. 教学目标

(1) 通过阅读和讨论，了解陶瓷、玻璃、水泥等传统硅酸盐材料的生产原料、性能和主要用途，知道普通玻璃的主要成分，感受传统硅酸盐材料在城乡建设中发挥的重要作用。

(2) 通过学习，了解晶体硅、二氧化硅、新型陶瓷、碳纳米材料的性能和用途，感受新型无机非金属材料的奇特性能及其在高科技领域所发挥的重要作用，激发学生学习化学的兴趣。

(3) 结合身边的生活用品、电子产品、建筑物等用到的无机非金属材料，感受化学就在身边，化学材料作用巨大，提高学生努力学习化学、投身国家建设的社会责任感。

#### 2. 教学重点

重点：玻璃、水泥、硅、二氧化硅、新型陶瓷等无机非金属材料的主要性能和用途，普通玻璃的主要成分。

### 三、教学建议

本节内容主要为无机非金属材料知识的常识性介绍，呈现方式主要为正文描述结合图片和资料卡片等栏目的形式，信息多，阅读量大。建议教学时提前布置学生自学，在课堂上以讲授与

讨论相结合的形式进行归纳整合，具体建议如下。

### 1. 注重学习方法指导，让学生通过阅读、查阅资料等方式了解无机非金属材料

由于本节课容量大、难度低（复杂的反应原理等不作要求），建议在课前布置学生自学，阅读教材或查阅资料，并提出具体问题，例如：①传统无机非金属材料有哪些？新型无机非金属材料有哪些？②这些无机非金属材料各有什么特性和用途？③无机非金属材料有哪些共性？使学生通过自学完成对无机非金属材料的一般了解。

### 2. 结合我国当代利用无机非金属材料建设大型工程所取得的巨大成就，设置有效教学情境，提高教学效率

三峡工程、珠港澳大桥工程中使用的水泥，载人航天器外壳中的耐高温陶瓷，磁悬浮技术使用的超导陶瓷，计算机芯片中的高纯硅，材料新宠石墨烯等都是很好的情境素材，教学中要合理运用，以激发学生学习的积极性，提高学习效率，增强社会责任感。

### 3. 教学中要抓住要点，适当取舍，把握好教材对无机非金属材料的基本要求

本节的重点是要求学生了解无机非金属材料的主要性能和用途，感受化学对社会发展和人类生活的巨大贡献。对不同材料，教材介绍的内容也有所不同。如陶瓷的生产原料黏土中含有铝硅酸盐，普通玻璃的主要成分为 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{CaSiO}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ ，水泥中加入石膏是为了调节水泥的硬化速率，新型陶瓷金刚砂（ $\text{SiC}$ ），碳纳米材料富勒烯、石墨烯、碳纳米管，等等。对于制备过程中的化学反应原理、工艺要求、商业标准等一般不作要求，以减轻学生的学习负担。

### 4. 将重要的无机非金属材料进行分类整理，使所学知识系统化、结构化

教学时可以参考表5-3的形式对几种主要无机非金属材料进行整理，便于学生更清楚地了解所学知识。

表5-3 几种无机非金属材料的比较

分类	名称	性能	主要用途
传统硅酸盐材料	陶瓷	熔点高、硬度大、耐腐蚀、性质稳定	建筑材料、日用器皿、卫生洁具等
	玻璃	透光性好、硬度大、无固定熔点	建筑材料、各种器皿、光学仪器等
	水泥	遇水逐渐变硬（水硬性）、硬化后性质稳定	大量用于建筑、水利、道路等工程中



续表

分类	名称	性能	主要用途
新型无机 非金属材料	晶体硅	导电性介于导体与绝缘体之间	半导体材料、计算机芯片、太阳能电池等
	二氧化硅	性质稳定、透光性好	光导纤维、玻璃仪器、装饰品等
	新型陶瓷	分别具有光学、热学、电学、磁学等方面的特性	分别用于激光、火箭发动机、压电陶瓷(点火器)、磁悬浮技术、人工关节等
	石墨烯	电阻率低、热导率高、强度大	光电器件、超级电容、电池、复合材料等
	碳纳米管	比表面积大、电学性能好、强度大	传感器、电池、复合材料等

#### 四、练习与应用参考答案及说明

1. A

2. (1) ⑧⑩ (2) ⑤⑥⑦⑨ (3) ①②③④

3.  $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 

玻璃的主要成分为  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{CaSiO}_3$  和  $\text{SiO}_2$ ，氢氟酸会与  $\text{SiO}_2$  发生反应而使部分玻璃溶解，使玻璃表面呈现磨砂状。

4. 若使用带玻璃塞的试剂瓶盛放碱液，碱液能与玻璃中的  $\text{SiO}_2$  发生反应生成  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ，导致玻璃塞与瓶口内侧发生粘连而无法打开。 $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

5. (1) acd

(2) N:  $\left( \begin{array}{c} +7 \\ 2 \ 5 \end{array} \right)$  Si:  $\left( \begin{array}{c} +14 \\ 2 \ 8 \ 4 \end{array} \right)$   $\text{Si}_3\text{N}_4$

(3) 提示：材料的基础研究是用理论和实验相结合的方法，研究材料的性质和工业生产的最佳条件，为实际生产和应用提供科学依据。受科技水平和社会需求等因素的影响，材料基础研究的成果并不一定能很快应用于生产。同时，社会需求是推动材料基础研究的主要动力，有了相应的需求，基础研究的成果才能较快地应用于实际生产。

## 复习与提高参考答案及说明

1. B    2. B

3. (1)  $\text{N}_2$  氮气的化学性质稳定

(2)  $\text{NH}_3$  氨易液化, 且液氨汽化时要吸收大量的热

(3)  $\text{NH}_3$   $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$

(4) 铵盐  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

4. (1) ①  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ② 酸雨

(2) ①  $\text{N}_2$   $\text{NO}_2$  ②  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  属于

5. (1) 白色粉末变蓝 水

(2) 品红溶液褪色 二氧化硫

(3) C 可以除去混合气体中的二氧化硫, D 可以检验产物中有二氧化碳。

6. (1)  $\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$   $\text{O}_2$

(2)  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

$3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

7. (1) -3  $\text{N}_2$ 、C (2) 11.7 g

8. 取少量该无色晶体于试管中, 加水溶解, 再将溶液分成两份。向其中一支试管中加入适量  $\text{NaOH}$  溶液, 加热, 并在试管口处放置湿润的红色石蕊试纸, 若试纸变蓝, 则说明该晶体中含有  $\text{NH}_4^+$ 。再向另一支试管中滴加稀盐酸, 若无明显现象, 再滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液, 有白色沉淀生成, 则说明该晶体中含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 。由此可证明该晶体为  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。

9. (1)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$      $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

氧化剂 还原剂

还原剂 氧化剂

(2) A 是空气。向吸收塔中通入 A 是为了氧化  $\text{NO}$ 。

(3) c

(4)  $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 4\text{NaNO}_3 + 2\text{CO}_2$      $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{催化剂}} 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$

10.  $\frac{3.2}{ab}$  g/L



## 实验活动4 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子

本实验是通过除去粗盐中的 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 制取精盐，使学生掌握溶解、沉淀、过滤、蒸发、结晶等实验操作方法，学会除去可溶性固体中杂质的方法。该实验的原理和操作比较复杂，实验操作顺序和试剂用量控制直接影响实验结果，认真完成该实验活动有利于培养学生的实验探究能力和创新意识。

### 一、活动安排建议

1. 课前1~2天布置学生预习，使学生了解实验原理和实验基本要求。指导学生查阅附录II——部分酸、碱和盐的溶解性表（室温），知道 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $\text{MgCO}_3$ 等都是微溶物质，不能通过过滤完全除去相关的杂质离子； $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ 和 $\text{BaCO}_3$ 难溶于水但可溶于酸； $\text{BaSO}_4$ 既难溶于水又难溶于酸。

表5-4 实验分步操作时体系中的主要离子和沉淀成分

步骤	操作	主要离子	杂质离子	沉淀成分
1	溶解	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$	—
2	加入过量的 $\text{BaCl}_2$ 溶液	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$	$\text{BaSO}_4$
3	加入过量的 $\text{NaOH}$ 溶液	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$	$\text{BaSO}_4$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$
4	加入过量的饱和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	$\text{OH}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$	$\text{BaSO}_4$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$
5	过滤	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	$\text{OH}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$	—
6	加入适量稀盐酸	$\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$	—	—
7	蒸发结晶	得到 $\text{NaCl}$ 晶体		

2. 课堂上老师要先了解学生的预习情况，引导学生的思维。可以提问：怎样确认所加试剂（沉淀剂）已经过量？过滤时要注意什么？蒸发时要怎样操作？等等。

3. 学生实验时老师要现场巡视，及时处理偶发事件，必要时对学生进行示范和讲解。

## 二、注意事项

1. 本实验的加热蒸发和玻璃仪器的使用都有一定的危险性，实验前要提醒学生注意安全，进行操作时要戴上护目镜。
2. 在依次加入过量的  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液时，都有沉淀生成，但不需要多次过滤，只要在加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液后一次过滤即可。
3. 如果过滤后滤液仍然浑浊，则须重做过滤器，再次过滤。

## 三、问题与讨论答案或提示

1. 本次实验加入试剂的顺序是： $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、稀盐酸。其他顺序如  $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、稀盐酸也可以达到同样的目的。在实际生产中，一般先除去较多的杂质，综合考虑试剂用量、成本和操作便利性等因素来设计方案。
2. 在加入沉淀剂时略微过量，是为了保证完全除去杂质离子。加入盐酸的目的是除去溶液中的  $\text{CO}_3^{2-}$ ，并调节溶液的 pH。
3. 先过滤再加盐酸的操作顺序不能颠倒。若在过滤前加入稀盐酸，会使生成的沉淀溶解，产生新的杂质。

人教版®



# 实验活动5 不同价态含硫物质的转化

## 一、活动安排建议

1. 本实验活动可以安排在“第一节 硫及其化合物”的学习全部完成后，结合“探究 不同价态含硫物质的转化”统筹安排。

2. 建议探究活动侧重理论分析和方案设计，可安排在教室进行。本实验活动则侧重实验操作和验证，须在实验室中进行。

3. 在本实验的操作中，涉及几种含硫物质间的转化，如：



建议增加 $\text{H}_2\text{SO}_3$ 被 $\text{H}_2\text{O}_2$ 氧化为 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 的实验，这既可以使不同价态含硫物质的转化更全面，也能深化对酸雨形成机理的认识。

## 二、注意事项

1. 实验中要注意安全，防止 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 气体污染空气。

2. 铜片与浓硫酸反应，实验结束时应先将导气管口置于品红溶液的液面以上，再撤离酒精灯，以防止倒吸。

3. 硫粉与还原铁粉反应时，会有少量 $\text{SO}_2$ 生成，要注意通风。

## 三、问题与讨论答案或提示

1. 在上述反应中，硫元素的价态变化依次有： $-2 \rightarrow 0$ ， $+4 \rightarrow 0$ ； $+6 \rightarrow +4$ ； $0 \rightarrow -2$ 。

2. 可能发生的反应有： $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$ ， $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{SO}_2$ ， $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$ 。

3. 可能遇到的问题有：① $\text{SO}_2$ 的污染问题；②浓硫酸与铜反应后装置内出现倒吸；③铁粉与硫粉不反应（铁粉过期失效）；等等。





### 3. 浓硫酸的吸水作用与脱水作用

#### (1) 浓硫酸的吸水作用

浓硫酸发生吸水作用时，硫酸分子与水分子结合，生成一系列水合物，例如 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 和  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )。这些水合物很稳定，所以浓硫酸是很好的干燥剂。它不但能吸收空气中的水分，还能夺取结晶水合物中的结晶水。浓硫酸与水生成水合分子的同时，会放出大量的热。

#### (2) 浓硫酸的脱水作用

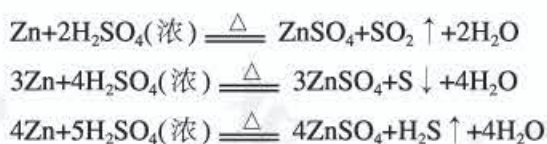
浓硫酸可将许多有机化合物（尤其是糖类，如纤维素、蔗糖等）脱水。反应时，按水分子中氢、氧原子数的比（2：1）夺取这些有机物分子里的氢原子和氧原子。例如，浓硫酸与蔗糖混合时，主要起脱水作用，同时浓硫酸又使游离出来的炭氧化而生成二氧化碳，它自身被还原而生成二氧化硫，反应时放出的热使水分蒸发。这些作用使有机物脱水后生成的炭的体积膨胀，并呈疏松多孔状。但是，浓硫酸使有机物脱水时，并不一定都有炭游离出来。例如，用甲酸制取一氧化碳或用乙醇制取乙烯时，虽然都用浓硫酸作脱水剂，但没有炭游离出来。这两个反应如下：



### 4. 浓、稀硫酸的氧化作用不同的原因

浓硫酸是一种氧化作用相当强的氧化剂，特别是当加热时，它的氧化性就更强了。浓硫酸的氧化作用是由分子里氧化数为+6的硫所引起的。

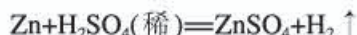
加热时，绝大多数金属（Au、Pt除外）都能与浓硫酸发生反应，但都没有氢气生成。在金属活动性顺序中氢前面的金属，根据它们还原性的不同，硫酸分子里氧化数为+6的硫能被还原成不同氧化数的产物，如 $\text{SO}_2$ 、S和 $\text{H}_2\text{S}$ 等。在一般情况下，大多生成 $\text{SO}_2$ 。在加热情况下，当还原性强的锌与浓硫酸作用时，主要生成 $\text{SO}_2$ ，但往往同时有单质S和 $\text{H}_2\text{S}$ 生成。



金属的还原性越强，生成S和 $\text{H}_2\text{S}$ 的倾向就越大。在金属活动性顺序里氢以后的金属，在加热情况下与浓硫酸反应，都生成 $\text{SO}_2$ ，而不生成S和 $\text{H}_2\text{S}$ 。例如：



稀硫酸与活泼金属反应，能放出 $\text{H}_2$ 。



这种氧化作用，实际上是金属与硫酸电离出来的氢离子反应而引起的。因此，稀硫酸的氧化作用是一般酸类共有的性质。但氢离子只能氧化金属活动性顺序中位于氢前面的金属，例如Mg、Zn、Fe等，或者说是这些活泼金属把氢离子还原了。而位于氢后面的金属，例如Cu、Ag、Hg等，则不能与稀硫酸反应。

## 5. 神奇的一氧化氮分子

美国《科学》杂志自1989年起，每年度评选一个对科学和社会发展有重要影响的分子，授予“明星分子”的荣誉称号。NO分子曾是一个不起眼的小分子，1992年因其神奇的生物活性被评选为明星分子。

### (1) NO分子的结构

NO分子的电子式为 $\cdot\ddot{\text{N}}::\ddot{\text{O}}\cdot$ 。根据分子轨道理论，第二周期电子数小于或等于14的双原子分子的能级次序与 $\text{N}_2$ 分子的相同，电子数等于或大于16的双原子分子的能级次序与 $\text{O}_2$ 分子的相同。那么电子数为15的NO分子的能级次序究竟与 $\text{O}_2$ 的相同还是与 $\text{N}_2$ 的相同呢？有人根据NO与 $\text{O}_2^-$ 为等电子体，提出NO分子的能级次序类似 $\text{O}_2$ 。然而量子化学计算和NO分子的紫外光电子能谱表明，NO分子的能级次序与 $\text{N}_2$ 的相同，其电子组态为 $1\sigma^2 2\sigma^2 3\sigma^2 4\sigma^2 1\pi^4 5\sigma^2 2\pi^1$ 。N和O之间的三键由一个双电子 $\sigma$ 键、一个双电子 $\pi$ 键和一个三电子 $\pi$ 键组成。NO与 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 分子的键长、键解离能与磁性比较见表5-5。

表5-5 NO与 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 分子的比较

分子	键长/pm	键解离能/( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	磁性
$\text{N}_2$	111	942	反磁性
NO	105	678	顺磁性，单自由基分子
$\text{O}_2$	121	494	顺磁性，双自由基分子

### (2) NO的物理和化学性质

NO的相对分子质量为30.01，熔点为 $-163.6\text{ }^\circ\text{C}$ ，沸点为 $-151.8\text{ }^\circ\text{C}$ ，密度为 $1.3402\text{ g/L}$ ，微溶于水，但不与水反应。NO溶于乙醇，具有脂溶性，这使NO不需要任何中介机制就可快速扩散通过生物膜。

### (3) NO分子的生物活性

NO的生物活性最早发现于1980年。美国科学家在一项研究中发现了一种小分子的物质具有使血管平滑肌松弛的作用，后来将这种物质命名为内皮细胞源性血管舒张因子（简称EDRF），它是一种不稳定的生物自由基。EDRF被确认为NO，NO在 $\text{O}_2$ 及 $\text{O}_2^-$ 存在时可迅速被氧化成 $\text{NO}_2$ ，以 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NO}_2^-$ 的形式存在于细胞内、外液中而失去生物活性；在超氧化物歧化酶（SOD）和酸性条件下化学性质较稳定。

细胞依靠一氧化氮合成酶，以L-精氨酸和分子氧为底物，同时在某种辅助因子的帮助下，从L-精氨酸上脱去5个电子而生成NO和另一种氨基酸。NO的生物半衰期只有3~5 s。

### (4) NO在神经系统中的作用

NO有时承担着作为神经系统递质的作用。但与一般递质不同的是，它没有特殊的“储存设备”，也没有特殊的释放过程。只要需要，它就简单地从制造细胞中释放出来。NO的传送过程也杂乱无章，它不需要接收的入口而直接穿透膜层。NO已知的目标是细胞内层的酶，可以载着信息将其传送到任何它所能及的地方。



## 6. 合成氨工业的奠基人——哈伯

弗里茨·哈伯，德国化学家，1868年12月9日出生在德国布雷斯劳(现为波兰的弗罗茨瓦夫)的一个犹太人家庭。父亲是知识丰富又善经营的染料商人，家庭环境的熏陶使他从小和化学有缘。哈伯天资聪颖，勤学好问，曾先后在柏林、海德堡、苏黎世求学。大学毕业后在耶拿大学任助教，从事有机化学研究，后转入卡尔斯鲁厄高等工业学院任教。20世纪初，哈伯的研究转向物理化学。1909年，人工合成氨的研究取得成功，哈伯因此于1918年获得诺贝尔化学奖。1912年，哈伯出任德国威廉皇家物理化学和电化学研究所所长兼柏林大学教授。第一次世界大战期间，哈伯研究将氯气等物质用作化学武器，开启了化学毒气战的先例，也因此遭到了人们的谴责。第一次世界大战结束后，哈伯曾致力于研究从海水中提取黄金，但未能成功。1933年，德国纳粹上台后，哈伯由于其犹太人的身份而受到排挤，流落异国他乡，1934年病逝于瑞士巴塞尔。

合成氨的发明是哈伯一生对人类社会作出的最大贡献，其研究过程也是艰难曲折的。哈伯曾赴美国考察，了解了电弧作用下氮的氧化研究和工业应用的进展。哈伯回国后也进行了高压放电固氮研究，实际效果不够理想。后来他从法国化学家勒夏特列用高温、高压条件合成氨的研究中获得启示，也决定在这个方向进行研究。在试验了多种温度条件、压力条件和催化剂，历经无数次失败和艰难探索后，1909年7月，哈伯终于在600℃、约20 MPa和用稀有金属钨(或铀)作催化剂的条件下合成氨取得成功。通过高温、高压下的气相循环工艺，每小时可生成80 g氨，且能耗较低。

哈伯的研究成果使德国巴登苯胺和苏打公司确信这种合成方法具有很高的经济价值，于是该公司不惜耗费巨资并投入强大的技术力量，委任著名的化工专家博施负责将哈伯的研究成果付诸大规模的工业试验。由于钨和铀价格太高且有难以克服的缺陷，为了找到经济适用的催化剂，博施和他的同事花了大量时间进行了上万次试验，最后选定了含碱金属化合物的铁催化剂。博施的另一项攻关项目是建造能够耐高温、高压的合成氨装置。当时能承受20 MPa的低碳钢在高温下易被氢气腐蚀。博施想了许多办法，最后决定将合成塔衬以软铁，总算攻克了难关。经过不懈努力，终于在1913年建立了世界上第一个合成氨工厂，年产量约7 000 t。

由于对合成氨技术实现工业化生产作出了巨大贡献，博施和柏吉斯获得1931年诺贝尔化学奖，创造了一项技术成果使三人获得诺贝尔奖的奇迹。

[摘编自：袁翰青，应礼文. 化学重要史实. 北京：人民教育出版社，2000年]

## 7. 硝酸与金属反应的一般规律

硝酸与金属的反应是相当复杂的。在这些氧化还原反应中有许多平行反应，因此可以得到多种还原产物，而且在还原产物之间还可能发生氧化还原反应。

某些金属(如镁、锌)与小于2 mol/L的硝酸反应时，还会产生一定量的氢气。

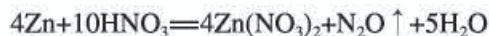
硝酸的还原产物，除取决于硝酸的浓度、还原剂的还原能力外，还与反应温度和反应中间产物(HNO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>)的催化作用有关。反应虽复杂，但硝酸与金属的反应是有规律的。

(1) 在金属活动性顺序中，位于氢后面的金属如铜、汞、银等，与浓硝酸反应时，主要得到NO<sub>2</sub>，与稀硝酸反应时，主要得到NO。



(2) 在常温下, Fe、Co、Ni、Al等金属在浓硝酸中发生“钝化”, 在金属表面生成一层致密的金属氧化物薄膜, 阻止反应进一步发生。这些金属与稀硝酸作用主要生成 $N_2O$ (有人认为是NO)。这是由于它们的还原性较强, 能将硝酸还原成较低价的 $N_2O$ 。如与更稀的硝酸反应则生成氨(钴在同样条件下则生成氮气)。

(3) Mg、Zn等金属与不同浓度的硝酸作用能得到氮的不同低价态的还原产物。例如, 当硝酸中 $HNO_3$ 的质量分数为9%~33%(密度为 $1.05\sim 1.20\text{ g/cm}^3$ )时, 反应按下式进行:



若硝酸更稀, 反应会生成氨, 氨与过量的硝酸进一步反应生成硝酸铵。



(4) Au、Pt、Ir、Rh等金属与浓、稀硝酸都不反应, 因为它们特别稳定, 不易被氧化。

(5) Sn、Sb、W、V等金属与浓硝酸作用, 生成金属氧化物, 而不是硝酸盐(因为这些金属的氧化物不溶于硝酸, 反应不再继续发生)。

## 8. 氮肥

植物生长需要不断从外界摄取各种营养元素, 如碳、氢、氧、氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、铜、锰、锌、硼、钼等。前10种元素植物需要量较多, 称为大量元素; 后面几种元素植物需要量很少, 称为微量元素。其中碳、氢、氧可以从空气中的 $CO_2$ 和土壤里的水分中获得, 其他元素除部分地区缺乏个别微量元素外, 一般土壤里都供给有余。只是氮、磷、钾三种元素, 土壤里供给不足, 而植物生长时需要量又较大。因此, 针对这三种元素的人工施肥在农业生产上具有重要意义, 所以把氮、磷、钾三种元素称为肥料三要素。

氮是形成植物细胞里原生质的主要成分——蛋白质的重要元素, 也是形成核酸和叶绿素的重要元素。因此, 要使庄稼生长茂盛, 就不能缺少氮肥。

绿色植物一般不能从空气里直接摄取它们所需要的氮, 也不能直接利用土壤里复杂的含氮有机物。植物从土壤里摄取的氮主要是铵盐和硝酸盐里的氮。

土壤里的氮被植物所吸取, 含氮量就会减少。同时, 土壤里有些细菌能够使含氮的物质分解, 使化合态的氮变为游离态的氮。另外, 雨水、河水也会冲洗掉一部分土壤里的含氮化合物。这些作用都会使土壤里含氮量减少。但是, 自然界里还有另外一些过程在补充着土壤里减少的氮。例如, 动植物的残体腐败的时候, 其中的有机化合物中的氮在某些细菌的作用下, 大部分转化为氨。一部分氨与土壤里的酸如碳酸、有机酸等反应, 变成铵盐; 一部分氨在硝化细菌的作用下逐渐氧化为硝酸。生成的硝酸与土壤里的盐类(如碳酸盐)反应变成了硝酸盐。这样, 有机物里的氮就转化为铵盐和硝酸盐, 回到土壤里, 供植物摄取。

土壤里的固氮菌和豆科植物根部的根瘤菌能够直接摄取空气里的氮气, 把氮气转化为氮的化合物。这也是增加土壤里含氮量的途径之一。

自然界里虽然进行着增加土壤里化合态氮的作用, 但仍不能满足农业增产、高产的需要。我们必须采取各种方法, 如施用氮肥和细菌肥料、轮种豆科作物等, 来增加土壤里的氮, 提高土壤的肥力。

氮肥可以根据它们的来源分为农家氮肥和化学氮肥两类。农家氮肥有厩肥、饼肥等, 化学氮

肥有硫酸铵、硝酸铵、碳酸氢铵、氨水和尿素等。

现将几种主要氮肥的性质及施用、保存方法列于表 5-6 中。

表 5-6 一些主要氮肥的性质和施用、保存方法

肥料类型	名称	化学式	含氮量 (氮的质量分数)	水溶性	熔点	施用和保存方法
铵态氮肥	硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20%~21%	易溶	235 ℃分解	较稳定, 可撒施
	氯化铵	$\text{NH}_4\text{Cl}$	24%	易溶	320 ℃分解	同上
	碳酸氢铵	$\text{NH}_4\text{HCO}_3$	16%~17%	能溶	36~60 ℃ 迅速分解	不稳定, 用时应深施覆土。保存时应密封存放在干燥阴凉处
	硝酸铵	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34%~35%	易溶	210 ℃分解	较稳定, 可撒施
	氨水	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	16%~17%	和水可以 任何比例 混合	—	易挥发, 有碱性和腐蚀性, 使用时要稀释, 施后应覆土
硝态氮肥	硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17%	易溶	561 ℃	易吸潮结块, 较稳定, 可撒施
	硝酸钾	$\text{KNO}_3$	14%	易溶	337 ℃	较稳定, 可撒施
酰胺态氮肥	尿素	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	42%~46%	易溶	135 ℃	较稳定, 可撒施或深施

当在土壤中施用硫酸铵时, 由于植物吸收  $\text{NH}_4^+$  比吸收  $\text{SO}_4^{2-}$  快且吸收数量多, 最后硫酸根留在土壤里, 使土壤的酸性增加。所以, 长期施用硫酸铵, 会使土壤板结硬化。

由于氯化铵中的  $\text{Cl}^-$  会降低烟草的燃烧性, 使烟草味道变坏, 而且  $\text{Cl}^-$  也会使薯类的淀粉含量降低, 因此氯化铵不适用于糖类、淀粉作物及烟草等。

硝酸铵既含有硝态氮又含有铵态氮, 都易被植物吸收, 是含氮量较高的氮肥。但  $\text{NO}_3^-$  容易流失, 特别在水田里施用更易流失。

碳酸氢铵与硫酸铵的肥效相近, 因为它不含硫酸根, 不会使土壤变酸性。但碳酸氢铵容易分解。

氨水也是很好的氮肥。如果施用得法, 肥效与硫酸铵的大致相同。但施用时不能与种子和茎叶接触, 以防止烧伤。氨水施入土壤后, 氨水里的一部分  $\text{NH}_4^+$  可被植物直接吸收, 另一部分被土壤吸收, 然后逐渐供给作物; 或在硝化细菌的作用下, 转变为硝酸根, 再被作物吸收。由于在稻田施用氨水能杀死鱼蟹, 因此在这种情况下不宜施用氨水作肥料。

尿素是目前含氮量最高的固体氮肥。它不能被植物吸收, 但在土壤细菌的作用下, 尿素转变为铵盐后, 能被植物吸收。经常施用尿素, 对土壤一般没有不良影响。



## 9. 硅

### (1) 硅在高新技术中的应用

信息材料技术是新材料技术的重要组成部分，也是信息技术尤其是电子信息技术发展的基础。从目前情况来看，硅半导体仍然是集成电路的主要材料。单晶硅作为半导体器件的核心材料，大大促进了信息技术的革命。自20世纪中叶以来，单晶硅的生产随着半导体工业的需要而迅速发展。光纤材料是发展现代通信的关键材料。目前的光纤以远距离通信用石英材质光纤为主，发展方向是减少损耗，降低成本。微电子与生物技术紧密结合的基因芯片是高技术领域的另一个研究热点和新的经济增长点。采用微电子加工技术，可以在指甲盖大小的硅片上制作出含有几十万种DNA片段的芯片。利用这种芯片可以在极短的时间内检测或发现与遗传基因相关的生物信息。这无疑对遗传学研究、疾病诊断与治疗等具有极其重要的作用。

### (2) 硅与碱的反应

硅与强碱反应会生成氢气，可以用这种方法来制备氢气。在野外，为了迅速得到氢气，用硅粉与干燥的Ca(OH)<sub>2</sub>和NaOH混合，并加强热，即可迅速得到氢气。



## 10. 无机非金属材料简介

### (1) 传统陶瓷

陶瓷在我国有悠久的历史，是中华民族古老文明的象征。从秦始皇陵中出土的大批陶兵马俑，气势宏伟，形象逼真，被认为是世界奇迹。唐代的唐三彩、明清的景德镇瓷器均久负盛名。

传统陶瓷材料的主要成分是硅酸盐。自然界存在大量天然的硅酸盐，有许多矿物如云母、滑石、石棉、高岭石等，它们都属于天然的硅酸盐。此外，人们为了满足生产和生活的需要，生产了大量人造硅酸盐材料，主要有玻璃、水泥、陶瓷、水玻璃以及某些分子筛等。硅酸盐制品性质稳定，熔点较高，难溶于水，有很广泛的用途。

硅酸盐制品多以含高岭石、石英和长石等的原料经高温烧结而成。高岭石的化学组成为Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O，石英为SiO<sub>2</sub>，长石为K<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub>（钾长石）或Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub>（钠长石）。硅酸盐材料多为多相结构物质，其中含有晶态部分和非晶态部分，但以晶态为主。硅酸盐晶体中硅氧四面体[SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>是硅酸盐结构的基本单元。在硅氧四面体中，硅原子以sp<sup>3</sup>杂化轨道与氧原子成键，Si—O键长约为162 pm，比Si<sup>4+</sup>和O<sup>2-</sup>的离子半径之和有所缩短，故Si与O的结合是比较强的。

### (2) 精细陶瓷

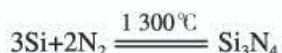
精细陶瓷又称特种陶瓷、先进陶瓷，其化学组成已远远超出了传统硅酸盐的范围。例如，透明的氧化铝陶瓷、耐高温的二氧化锆（ZrO<sub>2</sub>）陶瓷、高熔点的氮化硅（Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）和碳化硅（SiC）陶瓷等，它们都是无机非金属材料，是传统陶瓷材料的发展。精细陶瓷是为适应社会经济和科学技术的需要而发展起来的。信息科学、能源技术、宇航技术、生物工程、超导技术、海洋技术等现代科学技术需要大量特殊性能的新材料，促使人们研制精细陶瓷，并在超硬陶瓷、高温结构陶瓷、电子陶瓷、磁性陶瓷、光学陶瓷、超导陶瓷和生物陶瓷等方面取得了很好的进展。下面选择一些实例作简要介绍。



### ①高温结构陶瓷

汽车发动机一般用铸铁铸造，耐热性能有一定限度。由于需要用冷却水冷却，热能散失严重，热效率只有30%左右。如果用高温结构陶瓷制造陶瓷发动机，发动机的工作温度能稳定在1300℃左右，由于燃料充分燃烧而又不需要水冷系统，可使热效率大幅度提高。用陶瓷材料做发动机，还可减轻汽车的质量。

目前已有多个国家的汽车公司试制无冷却式陶瓷发动机汽车，我国也在1990年研制出了样车。陶瓷发动机选用的氮化硅等材料，其机械强度高、硬度高、热膨胀系数低、导热性好、化学稳定性高，是很好的高温陶瓷材料。氮化硅可用多种方法合成，工业上可采用高纯硅与纯氮在1300℃反应制备：



高温结构陶瓷除了氮化硅外，还有碳化硅（SiC）、二氧化锆（ZrO<sub>2</sub>）、氧化铝等。

### ②透明陶瓷

一般陶瓷是不透明的，但光学陶瓷像玻璃一样透明，故称透明陶瓷。一般陶瓷不透明的原因是其内部存在杂质和气孔，前者能吸收光，后者使光产生散射。因此如果选用高纯原料，并通过工艺手段排除气孔就可能获得透明陶瓷。早期就是采用这样的办法得到透明的氧化铝陶瓷，后来陆续研究出如烧结白刚玉、氧化镁、氧化铍、氧化钇、氧化钇-二氧化锆等多种氧化物系列透明陶瓷，以及非氧化物透明陶瓷，如砷化镓（GaAs）、硫化锌（ZnS）、硒化锌（ZnSe）、氟化镁（MgF<sub>2</sub>）、氟化钙（CaF<sub>2</sub>）等。这些透明陶瓷不仅有优异的光学性能，而且耐高温，它们的熔点一般都在2000℃以上。如氧化钽-氧化钇透明陶瓷的熔点高达3100℃，比普通硼酸盐玻璃高1500℃。透明陶瓷的重要用途是制造高压钠灯，它的发光效率比高压汞灯能提高一倍，使用寿命长。高压钠灯的工作温度高达1200℃，在高温、高压下钠蒸气的腐蚀性很强，选用氧化铝透明陶瓷则解决了这个问题。透明陶瓷的透明度、强度和硬度都高于普通玻璃，它们耐磨损、耐划伤。用透明陶瓷可以制造防弹汽车车窗、坦克观察窗、轰炸机的轰炸瞄准器和高级防护眼镜等。

### ③光导纤维

从高纯度的二氧化硅或石英玻璃熔融体中，拉出直径约100 μm的细丝，可制成石英玻璃纤维。玻璃可以透光，但在传输过程中光损耗很大，用石英玻璃纤维可以降低光损耗。这种纤维称为光导纤维，是精细陶瓷中的一种。

利用光导纤维可进行光纤通信。与电波通信相比，光纤通信能提供更多的通信通路，可满足大容量通信系统的需要。

光导纤维一般由两层组成，里面一层称为内芯，直径几十微米，但折射率较高；外面一层称为包层，折射率较低。从光导纤维一端入射的光线，经无数次全反射而传到末端。由于两层折射率的差别，进入内芯的光始终保持在内芯中传输。光的传输距离与光导纤维的光损耗大小有关，光损耗小，传输距离就长，否则就需要中继站把衰减的信号放大。用新材料制成的光导纤维，可以把光信号传输到太平洋彼岸而不需要中继站。

在实际使用时，常把千百根光导纤维组合在一起并加以增强处理，制成像电缆一样的光缆。这样既提高了光导纤维的强度，又大大增加了通信容量。



用光缆代替通信电缆，可以节省大量有色金属，每千米可节省铜1.1 t、铅2~3 t。光缆有质量轻、体积小、结构紧凑、绝缘性能好、寿命长、输送距离长、保密性好、成本低等优点。光纤通信与数字技术及计算机结合起来，可以用于传送电话、图像、数据，控制电子设备和智能终端等，起到部分取代通信卫星的作用。

光损耗大的光导纤维可在短距离使用，特别适合制作各种人体内窥镜，如胃镜、膀胱镜、直肠镜、子宫镜等，对诊断和治疗各种疾病极为有利。

#### ④生物陶瓷

人体器官和组织由于种种原因需要修复或再造时，选用的材料要求生物相容性好，对肌体无免疫排异反应；血液相容性好，无溶血、凝血反应；不会引起代谢作用异常现象；对人体无毒，不会致癌。目前已发展起来的生物合金、生物高分子和生物陶瓷基本上能满足这些要求。利用这些材料制造了许多人工器官，在临床上得到广泛的应用。但是这类人工器官一旦植入体内，要经受体内复杂生理环境的长期考验。例如，不锈钢在常温下是非常稳定的材料，但把它做成人工关节植入体内，三五年后便会出现腐蚀斑，并且还会有微量金属离子析出，这是生物合金的缺点。有机高分子材料做成的人工器官容易老化。相比之下，生物陶瓷是惰性材料，耐腐蚀，更适合植入体内。

氧化铝陶瓷做成的假牙与天然牙十分接近，它还可以做人工关节用于很多部位，如膝关节、肘关节、肩关节、指关节、髌关节等。氧化锆陶瓷的强度、韧性和耐磨性比氧化铝陶瓷好，也可用以制造牙根、骨和股关节等。羟基磷灰石 $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ 是骨组织的主要成分，人工合成的羟基磷灰石与骨的生物相容性非常好，可用于颌骨、耳听骨修复和人工牙种植等。人们发现用熔融法制得的生物玻璃，如 $\text{CaO-Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ ，具有与骨骼结合的能力。

陶瓷材料最大的弱点是质脆，韧性不足，这就严重影响了它作为人工人体器官的推广应用。陶瓷材料要在生物工程中占有地位，必须考虑解决其脆性问题。

#### (3) 纳米陶瓷

陶瓷材料的发展历史经历了三次飞跃。由陶器进入瓷器是第一次飞跃，由传统陶瓷发展到精细陶瓷是第二次飞跃。在此期间，不论是原材料，还是制备工艺、产品性能和应用等许多方面都有了长足的进步和提高。然而陶瓷材料的致命弱点——脆性问题仍没有得到根本的解决。精细陶瓷粉体的颗粒较大，属微米级( $10^{-6}\text{ m}$ )。有人用新的制备方法把陶瓷粉体的颗粒加工到纳米级( $10^{-9}\text{ m}$ )，用这种超细微粉体粒子来制造陶瓷材料，得到新一代纳米陶瓷，这是陶瓷材料的第三次飞跃。纳米陶瓷具有延性，有的甚至出现超塑性。如室温下合成的 $\text{TiO}_2$ 纳米陶瓷，它可以弯曲，韧性极好。因此人们寄希望于发展纳米技术去解决陶瓷材料的脆性问题。纳米陶瓷被称为21世纪陶瓷。

[摘编自：唐有祺、王夔. 化学与社会. 北京：高等教育出版社，1997]



# 教学案例

## 第一节 硫及其化合物（第3课时）

北京市第五十五中学 梅芳

### 教学目标

1. 通过对自然界中含硫化合物的化合价及其氧化还原性的分析和讨论，巩固从氧化还原角度认识物质的思路。初步形成转化意识，通过对自然界中硫的转化条件的分析，形成化学变化是有条件的观念。培养学生多角度、动态分析化学变化的能力。

2. 通过实验室中常见含硫物质的转化，将转化思路分解、细化，明确转化角度。通过对转化思路的梳理，完善转化思维模型。

3. 通过设计常见含硫物质的转化实验，提升学生实验探究能力，发展学生证据推理的核心素养。

4. 通过分析 $\text{SO}_2$ 在水果保鲜中的应用，提升基于思维模型分析、解决实际问题的能力。让学生感受化学物质及其转化在社会生产、生活中的应用，认识化学的价值，发展学生科学探究与创新意识等核心素养。

### 教学重点

物质转化思维模型的构建。

### 教学难点

不同价态含硫物质的转化实验方案的设计。

## 教学过程

教学环节一：自然界中硫的转化。

通过对自然界含硫物质的化合价分析，使学生认识到物质存在形式和化学变化的多样性，巩固认识物质的基本思路，形成变化观念。

【任务1】展示火山图片等资料，分析自然界中硫的存在形式。同时给出信息：

①含硫矿物： $\text{FeS}_2$ 、 $\text{CuFeS}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{S}$ 。

②火山喷发后当地的空气质量变得非常糟糕，有刺激性气味的气体弥漫空中，含有 $\text{H}_2\text{S}$ 和 $\text{SO}_2$ 等。

【学生活动1】观察图片，分析自然界中硫的存在。通过对火山爆发后空气质量的了解，认识到自然界中存在着含硫物质的转化；形成对硫的转化的感性认知，将实际信息转化为化学问题；体验硫及其化合物在自然界中存在形式的丰富多样。

【任务2】阅读栏目内容，对自然界中的含硫物质进行分类。

【学生活动2】对图中物质进行分析，并对不同含硫化合物进行分类整理。主要产生两种分类结果，一种是基于物质类别（组成）的分类，一种是基于化合价的分类。

【任务3】请试着从资料中分析，火山喷发时，自然界中的含硫物质发生了哪些变化，空气中刺鼻的气味是如何产生的。

【学生活动3】对图中物质进行分析，从条件入手，分析化合价的变化。讨论后得出结论：刺鼻的味道来自含硫物质在高温条件下被空气中的氧气氧化产生的 $\text{SO}_2$ 。

【设计意图】利用自然界中硫的存在的多样性，对自然界中的含硫物质分类，巩固从物质类别和元素价态角度认识物质的思路。利用火山喷发后空气中含有大量 $\text{SO}_2$ 的事实，将宏观的现象与微观的粒子结合起来，将生活中的问题转化为化学问题。帮助学生认识到，物质是运动变化的，在一定条件下，物质间可以相互转化。培养学生多角度、动态地分析化学变化的意识和能力。

教学环节二：形成转化意识，构建并完善转化思路。

通过整理含硫化合物，强化认识物质的角度。通过分析不同价态含硫物质之间相互转化的实验方案，使学生能够运用氧化还原反应寻找合适的氧化剂和还原剂，实现转化。通过梳理以上转化，构建完整的转化思路。

【任务1】我们知道自然界中有多种含硫物质，大家还知道哪些含硫的物质？请将其归类。

【学生活动1】从物质类别和元素价态的角度对含硫物质进行整体梳理。

【任务2】请根据这些含硫物质中硫元素的化合价预测他们的性质。我们在实验室里是否也能实现不同价态含硫物质间的转化呢？实验室有哪些试剂可以帮助我们实现这些转化？

【学生活动2】分析硫元素的化合价，预测物质的氧化性、还原性，预测物质在转化过程中的化学性质。要实现硫元素的化合价升高需要氧化剂，实现硫元素的化合价降低需要还原剂。列举实验室常见的氧化剂（ $\text{O}_2$ 、 $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{HNO}_3$ 、浓硫酸、氯水、溴水、碘水、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{HClO}$ 、 $\text{NaClO}$ 等）和常见的还原剂（ $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ 等）。



【任务3】如果我们要想实现转化，需要考虑哪些问题？

【学生活动3】梳理不同价态含硫物质转化的基本思路和方法：

- ①分析物质中硫元素的化合价，分析价态差异；
- ②应用氧化还原反应原理预测物质的氧化性、还原性，明确转化目标；
- ③应用氧化还原反应原理选择氧化剂或还原剂，实现转化。

物质转化思路：价态分析→转化目标→试剂选择。

【设计意图】学生对物质性质的认识能力弱的原因之一，在于学生没有从化合价入手分析物质性质的习惯和意识。因此，借助梳理含硫物质这一环节，不断地从化合价角度去分析物质，可以达到强化学生认识物质的角度等目的。这一过程中，在复习相关反应的同时梳理常见的氧化剂和还原剂，梳理转化思路，可以让学生认识到通过氧化还原反应可以实现含有不同价态同种元素的物质的相互转化，掌握转化方法，构建完整的转化思维模型。

教学环节三：实验验证。

通过不同价态含硫物质的转化实验方案的设计（如选择合适的试剂，设计实验寻找证据加以验证等），进一步认识转化模型。

【任务1】选择你感兴趣的转化，设计实验，验证转化的发生。

【学生活动1】学生依据经验进行选择，对比物质的氧化性或还原性，体验科学探究的过程。

【任务2】展示转化方案，请同学评价其可行性。

【学生活动2】学生展示转化方案，在思维碰撞的过程中，不断完善科学探究的思维角度，逐步建立评价思路。使学生能够考虑到是否有有毒、有害气体产生，如何避免污染，实验现象是否明显，实验结论是否可靠，干扰因素如何排除，等等。

【任务3】综合以上评价结论，思考设计验证实验应该考虑哪些因素。

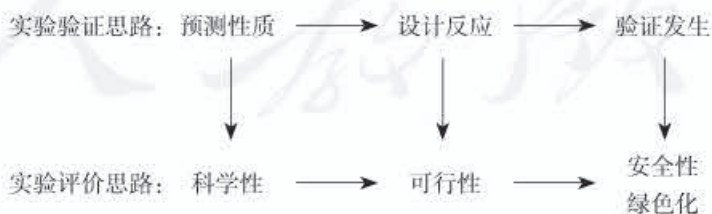
【学生活动3】思考如何设计能获取可靠证据，验证推测的实验方案：

①预测物质性质，设计反应，选择试剂。思考验证反应发生的两个角度，分别为反应物的减少和产物的生成。

②实验现象明显，易于观察。

③操作简单。

④安全、环保。



【任务4】请根据以上分析修改设计，任选两个感兴趣的转化进行实验。结合氧化还原原理，对实验现象进行分析解释。

【学生活动4】进行实验，大部分学生会选择有颜色的高锰酸钾、碘水、溴水等试剂进行试验，便于验证反应物的减少。对于无色的反应体系，如 $\text{SO}_2$ 与漂白液反应，能够通过验证产物硫酸根离子来证明反应的发生。观察、记录实验现象，通过分析推理得出结论。



【任务5】归纳探究物质转化的一般思路。

【学生活动5】归纳探究物质转化的一般思路：

- ①预测（分析元素的化合价，预测物质的氧化性、还原性）；
- ②设计（依据氧化还原原理选择合适的试剂并预测产物）；
- ③验证（根据反应物和产物的特点设计验证实验，注意遵循科学性、可行性、安全性、绿色化等原则）；
- ④结论（综合分析）。

【总结与归纳】教师板书，归纳、展示学生在各个环节的思路和方法，形成完善的思维体系。

【设计意图】建立并巩固探究反应的一般思路，培养学生选择观察角度，预测、观察和描述实验现象的能力，强化依据实验现象分析物质性质和化学反应的能力。提升根据目标设计实验的探究能力，巩固转化模型，发展学生证据推理的核心素养。在这个过程中，学生自己设计方案，积极思考，进行讨论和分析总结，在活动中体验科学探究过程之艰难，同时也体会到了获得成功时的喜悦，由此培养他们的科学探究能力和合作意识。通过在实验过程中讨论减少污染的方法，增强学生的环保意识。

教学环节四：利用 $\text{SO}_2$ 的性质和物质转化的思路，分析 $\text{SO}_2$ 在水果保鲜中的应用。

通过硫元素在生产、生活中转化的实例，使学生了解硫及其化合物在生产、生活中的应用，体会化学的意义和作用。利用含硫物质的转化思路，分析 $\text{SO}_2$ 在水果保鲜中的应用。

【任务1】葡萄中含有大量糖和水分，容易腐烂。同时，采收后的葡萄仍在进行呼吸作用，吸收氧气，释放二氧化碳。因此，随着储藏时间的延长，葡萄中营养成分的含量也会逐渐降低。为延长葡萄的保鲜期，可以通过硫黄燃烧生成的二氧化硫对葡萄进行熏蒸。在熏蒸处理时，应注意控制二氧化硫的浓度；仓库中的机械装置应涂抹抗酸剂，并注意及时检查；工作人员进入库房应做好个人防护。

请回答下列问题：

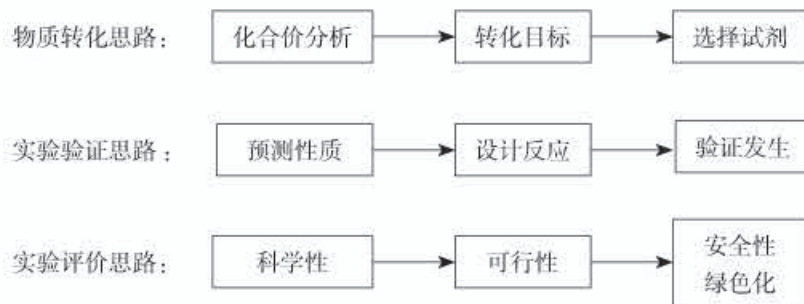
- ①以上处理过程涉及了哪些含硫物质的转化？
- ②使用二氧化硫对葡萄进行保鲜，可能利用了二氧化硫的哪些性质？
- ③仓库中的机械装置为什么要涂抹抗酸剂？
- ④在葡萄的储藏和运输过程中，还有哪些含硫物质有可能被用作保鲜剂？

【学生活动】结合实际问题，应用所学的物质性质和转化原理进行分析。

- ①含硫物质的转化：硫 $\rightarrow$ 二氧化硫 $\rightarrow$ 亚硫酸（硫酸）。
- ②二氧化硫可以杀菌消毒，并具有还原性。
- ③使用二氧化硫对葡萄进行熏蒸处理时，二氧化硫易溶于水生成亚硫酸，并可能被继续氧化为硫酸。亚硫酸和硫酸会腐蚀金属。
- ④亚硫酸氢钠或亚硫酸钠。

【设计意图】在解决实际问题时，除了要引导学生考虑化学问题，还需综合分析多方面因素，注意培养学生思维的完整性和严谨性，建立解决实际问题的思路和方法。通过分析，让学生感受化学物质及其转化在生产 and 生活中的应用，了解化学的价值。同时，让学生学会辩证地看待问题，参与社会性问题的讨论，培养其科学精神和创新意识，提高综合素养。

## 板书设计



人教版®

## 第二节 氮及其化合物

北京市第六十五中学 秦琳琳

### 教学目标

1. 通过对人工固氮路径的探究，了解氨、铵盐、一氧化氮、二氧化氮的性质，认识并实现氮及其化合物之间的转化，构建物质转化的一般思路。
2. 通过了解自然界中与生命相关的氮循环，构建元素守恒观念，体会化学与自然的密切联系，进行可持续发展理念的教育。

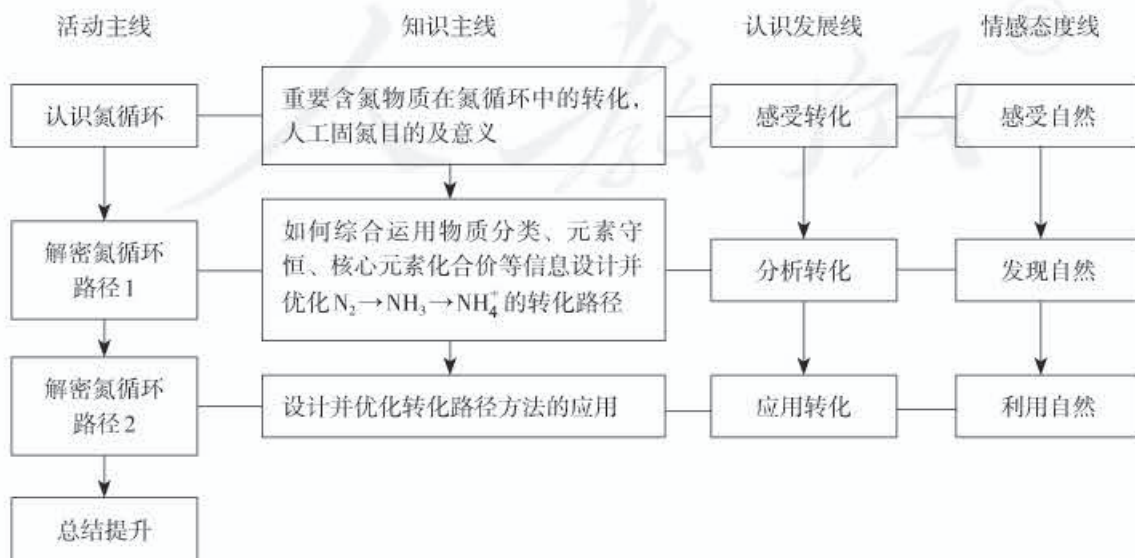
### 教学重点

1. 氨、铵盐、一氧化氮、二氧化氮的性质。
2. 物质转化的一般思路及元素守恒观念。

### 教学难点

物质转化的一般思路。

### 教学流程





教师活动	学生活动	设计意图
<p>展示教材图 5-9 自然界中氮循环示意图。</p> <p>【提出问题】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 参与循环的含氮物质有哪些？</li> <li>2. 这些物质分别属于哪种类别？</li> <li>3. 除了物质类别之外，还有什么研究物质性质的角度？</li> </ol> <p>综合物质类别和化合价两个角度，可得到物质的“价态-类别”二维图。</p> <p>【提出任务】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将上述含氮物质写在二维图中的相应位置。</li> <li>2. 依据氮循环示意图，将可转化的物质在二维图中用箭头连接。</li> </ol> <p>【讲授】以大气中的氮气为原料，可以制备多种氮的化合物，这种将游离态氮转化为氮的化合物的过程称为氮的固定，分为自然固氮和人工固氮。</p> <p>【提出任务】找出氮循环示意图中人工固氮及自然固氮的实例。</p>	<p>观察，思考。</p> <p>回答问题：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>N_2</math>、<math>NH_3</math>、<math>NO</math>、<math>NO_2</math>、<math>HNO_3</math>、<math>NO_3^-</math>、<math>NH_4^+</math>。</li> <li>2. 单质、氢化物、氧化物、酸、盐。</li> <li>3. 核心元素的化合价。</li> </ol>	<p>以氮循环为情境，突出氮及其化合物的重要应用，同时培养学生的图像分析能力。</p> <p>巩固分析物质性质及转化的两个角度：物质类别及元素价态。</p>

续表

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【发现问题】既然已经有自然固氮，为什么还要进行人工固氮？</p> <p>展示各种固氮途径固氮量的图示。</p> <p>提问：为什么氮需求量如此之多？</p> <p>介绍氮对于人类及动植物的重要性，指出氮是生命元素，但易于被吸收的是含氮元素的离子。因此人工固氮的目标为：合成铵盐和硝酸盐。根据目标，在二维图中可快速发现两条转化路径：</p> <p>【提出问题】如何实现这两条路径所表示的转化？</p> <p>整体分析：两条路径的共同之处。</p> <p>如何实现不同价态含氮物质间的转化？</p>	<p>观察，聆听，体会人工固氮的意义。</p> <p>思考，回答：都有氮元素的价态变化。将“氧化剂”或“还原剂”分别写在相应物质转化的箭头上。</p>	<p>明确学习意义，引入下一环节。</p>
<p>解码路径1：<math>N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4^+</math></p> <p>【提出问题】<math>N_2 \rightarrow NH_3</math>所需还原剂有何要求？为什么？预测还原剂可能是哪种物质。</p> <p>验证假设，阅读“科学史话——合成氨”，了解化学史。</p> <p>【讲解】实现人工合成氨的重要意义。</p> <p>氨能否转化成铵盐？我们首先要了解氨的性质。</p> <p>【提出问题】某地制冷车间液氨泄漏的新闻资料中，体现了氨的哪些性质？</p>	<p>回答：含氢元素；元素守恒；<math>H_2</math>。</p> <p>阅读资料，并据此写出合成氨的化学方程式。</p> <p>聆听，体会，回答：有刺激性气味，易液化，极易溶于水。</p>	<p>初步构建转化中元素守恒的观念。</p> <p>培养获取并加工信息的能力。</p>



续表

教师活动	学生活动	设计意图
<p>【演示实验】氨的喷泉实验。</p> <p>【提出问题】观察到哪些实验现象？为什么会形成喷泉？引发喷泉的操作是什么？体现了氨的哪些性质？氨溶于水是不是简单的物理变化？为什么？可用湿润的红色石蕊试纸检验氨。</p> $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+$ <p>氮气被氢气还原为氨，氨气和水生成一水合氨，一水合氨可与酸反应制备出铵盐，实现了路径1的转化。</p> <p>【提出问题】工业生产物质时，因为设备及人为的因素，往往很难实现100%的转化，因此所需反应步骤越多，往往也就意味着产率越低。能否优化路径将氨直接转化为铵盐？即氨能否直接与酸反应？</p> <p>【实验探究1】氨能否直接与酸反应生成铵盐？</p> <p>将小培养皿平放在桌面上，在一侧滴入1滴浓盐酸，另一侧滴入1滴浓氨水（二者不要接触），立即盖上大培养皿，观察现象，分析原因。</p> <p>注意：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氨水取用后请立即塞紧橡胶塞；</li> <li>2. 实验过程及结束后都不要将培养皿打开。</li> </ol> <p>【提出问题】路径1顺利实现，制备出的铵盐是植物生长所需的重要肥料。如何使用铵态氮肥才能使氮更好地参与到氮元素的循环中？</p> <p>展示化肥碳酸氢铵的包装和说明书。</p>	<p>认真观察，思考，回答。</p> <p>氨极易溶于水，且水溶液呈碱性。氨溶于水，也发生了化学变化，产生新物质一水合氨。</p> <p>聆听，思考。</p> <p>实验，观察，记录，分析，得出结论：氨可以与酸反应生成相应铵盐，可将路径1优化为 <math>\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+</math>。</p>	<p>提高准确描述实验现象并根据现象分析得出结论的能力。</p> <p>初步构建优化转化路径的观念，初步了解路径优化原则。</p> <p>培养实验操作、观察及分析能力。</p> <p>加强信息获取及加工能力，提高实验操作、观察及分析能力。</p>

续表

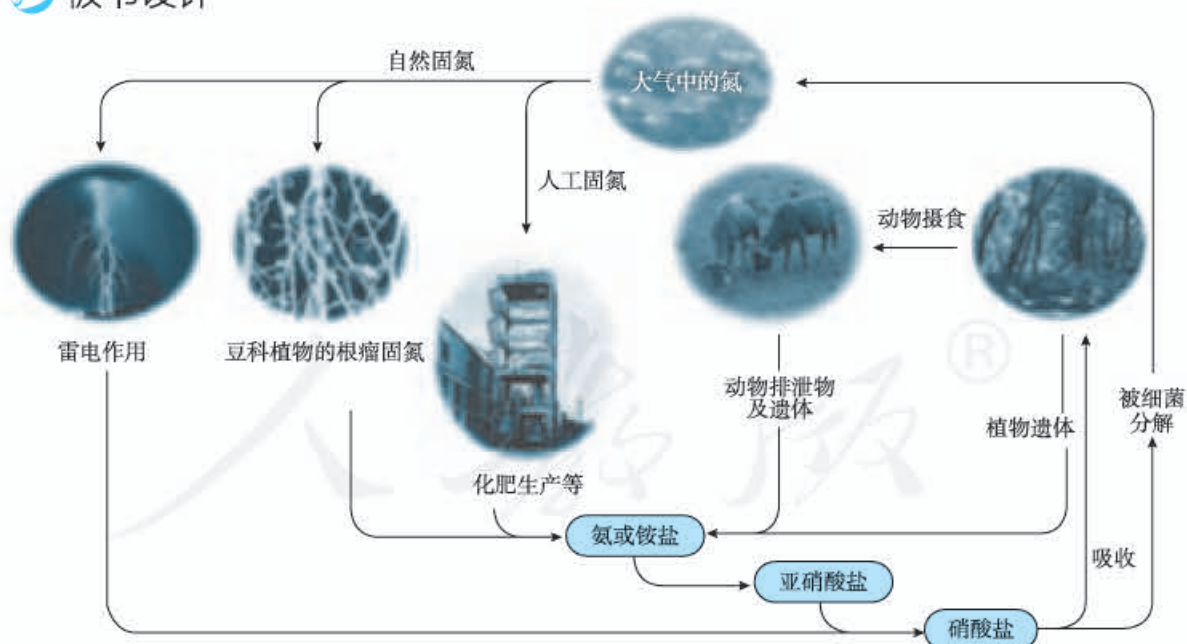
教师活动	学生活动	设计意图
<p>说明书中提示了铵盐的哪些重要性质？            固态铵盐受热易分解：  <math display="block">\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>铵盐遇碱能否反应呢？  <b>【实验探究2】</b>向盛有<math>(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4</math>（或<math>\text{NH}_4\text{Cl}</math>）溶液的试管中加入浓<math>\text{NaOH}</math>溶液，用镊子夹住一片湿润的红色石蕊试纸放在试管口，观察有无现象；然后加热试管，仍用镊子夹住湿润的红色石蕊试纸放在试管口，观察。（每组所用<math>\text{NaOH}</math>溶液浓度可能不同，液体取用体积要相同。实验完毕，请用橡胶塞塞紧试管。）  <b>【提出问题】</b>实验现象是什么？有哪些共同之处？结论是什么？根据本实验，请设计实验室制备并收集氨的装置。  <b>【总结】</b>综合物质分类、核心元素化合价、元素守恒等信息可以实现物质转化路径的设计与优化。  <b>【发现问题】</b>阅读展现氨用途的资料，发现氨可以制备硝酸。结合氮循环示意图，氨最终可转化为硝酸盐，说明氨具有什么性质？为什么？这一反应的发现对路径2中硝酸的制备有何重要意义呢？</p>	<p>观察，回答：易分解，可能会与碱反应。</p> <p>实验，观察，记录，汇报交流及总结。</p> <p>相同点：加热后试纸均明显变蓝。氢氧化钠浓度小或不加热时，试纸不变蓝或只微微变蓝。            结论：铵盐与碱反应可生成氨；因氨极易溶于水，所以碱溶液浓度较大且加热时利于氨逸出。实验室制备氨需要固体药品，加热，向下排气法收集。装置如教材图5-13所示。相关反应的化学方程式为：  <math display="block">2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>思考，回答：氨具有还原性，因为氨中的氮元素为-3价，是最低价。氨氧化制硝酸的关键反应的化学方程式为：  <math display="block">4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}</math></p>	<p>培养实验设计能力。</p> <p>培养信息获取及加工能力。</p>
<p>解码路径2：<math>\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3</math>  <b>【提出任务】</b>每一步转化所需物质分别是什么？理由是什么？  <b>【验证假设】</b>播放实验视频：            1. <math>\text{NO}</math>被空气中的氧气氧化；            2. <math>\text{NO}_2</math>与水的反应。            以上反应中可证明有硝酸生成，如何分析还有没有其他产物？</p>	<p>思考，回答：<math>\text{O}_2</math>、<math>\text{O}_2</math>、<math>\text{H}_2\text{O}</math>；元素守恒、化合价变化。</p> <p>根据氧化还原反应过程中同时存在化合价的上升和下降，所</p>	<p>路径1中所体会到的路径设计及优化方法的巩固与应用。</p>

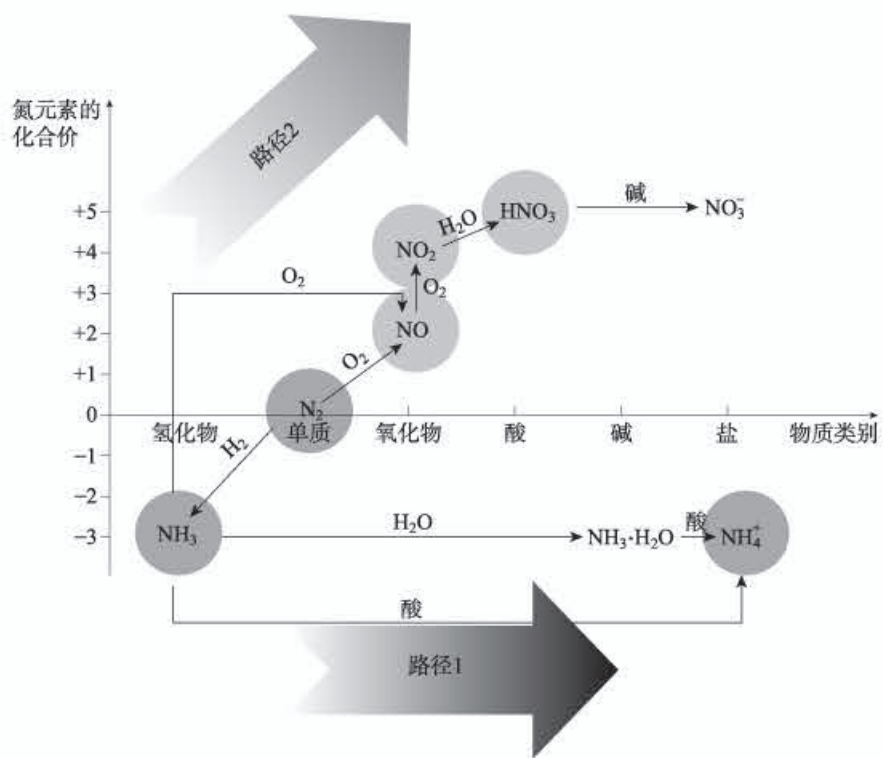


续表

教师活动	学生活动	设计意图
$\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电或高温}} 2\text{NO}$ $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ <p>【发现问题】NO是工业制备硝酸的重要中间体。NH<sub>3</sub>和N<sub>2</sub>都可以被氧气氧化生成NO，应选择哪种气体为原料？选择的原则是什么？</p> <p>资料1：空气通过高温电弧，使N<sub>2</sub>与O<sub>2</sub>在放电条件下反应，然后将混合气体迅速冷却，可制得NO。</p> <p>资料2：NH<sub>3</sub>氧化的催化剂可选择铂铑合金网，反应温度约800℃。</p>	<p>以还应该生成一种氮元素化合价降低后的产物。结合实验视频，该物质是气体。</p> <p>思考，讨论：原料是否方便易得，反应条件是否容易实现。综合考虑各项因素，选择以NH<sub>3</sub>为原料制备硝酸。</p>	

### 📘 板书设计





人教版®



# 第六章

## 化学反应与能量

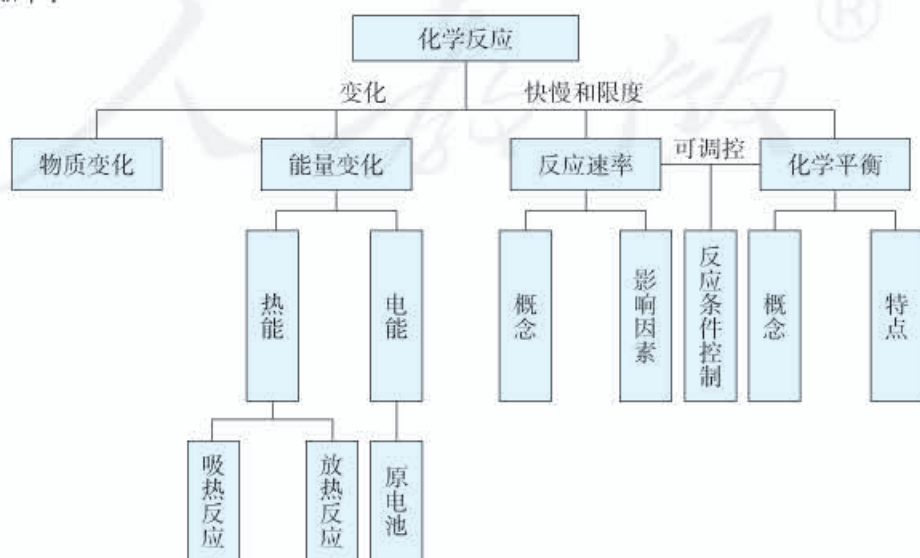
### 本章说明

本章内容包括化学反应中的能量变化、化学反应的速率与限度，知识上涉及化学热力学、化学动力学和电化学等多个领域，是高中化学重要的基础理论知识。

化学反应中的物质变化和能量变化是化学反应的基本特征，与人类生活、生产活动密切相关。化学反应的速率与限度是调控和有效利用化学反应的理论基础。初步学习化学反应中的能量变化、化学反应的速率与限度，形成变化观念与平衡思想，既是继续学习高中化学相关选修知识的基础，也是现代社会公民应具备的科学素养。

#### 一、教材分析

作为高中必修阶段的化学课程，本章内容的编写力图在初中化学相关知识的基础上，使学生进一步加深对化学反应相关知识的了解，初步形成较为全面的认识。围绕化学反应，本章教材的内容结构如下：



学生在初中学习了化学反应中的物质变化，初步认识了化学反应中的能量变化。在此基础上，本章进一步介绍化学反应中能量变化的基本知识及其应用，拓展学生原有的化学反应认识视角；另外，本章介绍化学反应速率和限度的基本知识及其应用，开启认识化学反应的新视角。能量变化侧重介绍热能和电能，并揭示化学反应中能量变化的本质；速率和限度重点介绍反应速率及其影响因素，并探讨化学反应的调控。教材中通过多角度认识化学变化和运用化学反应原理解决化学实际问题的例子，使学生在掌握化学反应的实质、能量变化的本质、反应速率和限度及其调控等学科核心知识的同时，体会科学分析与探究的方法，认识化学学科价值，感受化学的魅力。

## 二、学业要求

1. 能从化学反应限度和快慢的角度解释生产、生活中简单的化学现象。
2. 能描述化学平衡状态，判断化学反应是否达到平衡。
3. 能运用变量控制的方法探究化学反应速率的影响因素，并初步解释化学实验和化工生产中反应条件的选择问题。
4. 能举出化学能转化为电能的实例，能辨识简单原电池的构成要素，并能分析简单原电池的工作原理。
5. 能从物质及能量变化的角度评价燃料的使用价值。能举例说明化学电源对提高生活质量的重要意义。

## 三、课时建议

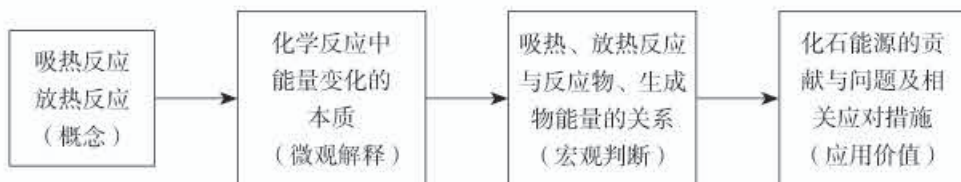
第一节	化学反应与能量变化	2课时
第二节	化学反应的速率与限度	2课时
实验活动6	化学能转化成电能	1课时
实验活动7	化学反应速率的影响因素	1课时
全章复习		1课时



# 第一节 化学反应与能量变化

## 一、内容分析

本节内容主要包括化学反应中的热能和电能。对于化学反应中的热能，教材除引出化学反应中的吸热、放热反应等热量变化现象和概念外，主要是借助化学反应中的热量变化揭示化学反应中能量变化的本质，并探讨其与社会、生产、生活的联系。其主要内容和思路如下：



对于化学反应中的电能，教材主要介绍原电池原理及应用——化学电池。热能和电能作为化学反应中能量变化的例子，教材的侧重不同，前者侧重揭示能量变化的本质，后者侧重化学能转变为电能的原理。本节重点知识理论性强，微观分析多，较为抽象；知识内涵丰富，信息量大。

本节的内容编排特别注意了以下几个方面。

### 1. 从已有知识或生活经验引出新知识

教材利用实验或结合化学反应中热能、电能研究与利用的历史，从学生已有的学科知识和生活经验引出并分析新知识，以降低学生对新知识的陌生感，减缓认知坡度。教材中放热反应和吸热反应的概念是在实验事实的基础上引出的；对化学反应中能量变化本质的介绍，则利用了学生学过的氢气与氯气的反应及相关数据。原电池原理的引出从火力发电入手，主要是考虑其在生产中较为常见，学生也已了解其中的化学和物理知识。原电池原理的介绍，则是利用分步实验现象的观察和分析，在层层剥茧的过程中充分调动学生已有的化学和物理知识。

### 2. 宏观与微观相互结合、印证

教材中对原电池原理实验现象的观察和分析，注意了宏观现象观察与微观层面分析的紧密配合，在解释现象的同时得出原理。对于化学反应中的热量变化，以化学键重组的微观推理深化学生对反应中能量变化的理论认识；又以吸热、放热反应与反应物、生成物总能量变化关系的宏观分析使抽象理论具体化，便于学生在知识储备较少时，适当应用理论，对具体反应进行分析。

### 3. 利用自主学习渠道，促进学生体验学科价值

对于体现学科价值的应用类内容，教材利用“思考与讨论”“信息搜索”“科学·技术·社

会”等栏目，配合教材正文中相关内容进行简略介绍，为实际教学中学生阅读、思考、讨论和搜索资源等自主学习活动的组织和开展提供空间与途径，拓展学习内容。

化石能源的利用与面临的问题，教材着墨不多但内涵丰富。从化石能源在人类发展中的作用到社会发展与能源需求的关系，从化石能源储量到能源消费需求，再到其燃烧排放对环境的污染和开发清洁能源，这些无一不与现代生活息息相关，均属社会热点问题，是体现学科价值与培养学科核心素养的教学素材。但这类内容的信息量很大，难以详述，相关问题只能点到为止。教材设计了“思考与讨论”“信息搜索”两个活动性栏目，以期通过教师引导下的学生自主学习活动的开展，使学生了解更多信息，体会相关问题的重要性以及化学在其中的作用。

类似地，化学电池的种类与发展前景等内容信息量较大，教材也只简单介绍了两种典型电池——锌锰干电池和铅酸蓄电池，并在栏目中介绍新型电池——燃料电池，意在向学生展现电池类型和发展前景的粗略轮廓。更多、更深入的了解，则有待教师在教学中利用“信息搜索”栏目引导学生自主查阅相关信息，以此达到了解电池发展历史和前景、理解研发新型电池意义的目的。

#### 4. 通过探究引导学生体验和巩固知识重点

“简易电池的设计与制作”探究活动，通过制作水果电池、简易电池和趣味电池演示实验的设计，引导学生在应用原电池原理基础上，进一步探讨原电池的构成要素及其性质、作用。不仅使学生学习、体验了科学探究的过程和方法，还能巩固其对原电池装置的认识，将教材隐含的原电池的构成要素、原电池电极的选择等重要知识点显性化地落实。

## 二、教学目标

### 1. 教学目标

(1) 通过实验和已有知识、经验感受化学反应中的能量变化，知道常见的吸热反应和放热反应，树立物质变化中伴随能量变化的观念。

(2) 能从反应物与生成物所具有的能量、化学键的断裂与形成两个角度理解化学反应中能量变化的主要原因，提升证据推理能力。

(3) 通过多种渠道了解人类对化学反应中能量的利用情况，了解节能的意义和方法，感受化学学科的社会价值，培养科学态度与社会责任。

(4) 借助原电池装置和原理的学习，体会化学能到电能是直接转化，提高模型认知能力，学习科学探究方法。

### 2. 教学重点和难点

重点：化学反应中能量变化的本质；化学能转化为电能的装置特点及原理。

难点：化学能转化为电能的装置特点及原理。



### 三、教学建议

#### 1. 关于化学能与热能的教学

化学反应在物质变化过程中伴随着能量变化，教学中首先要让学生充分感受化学反应过程中的热量变化，然后在此基础上探究化学反应中能量变化的本质。教材正文安排了两个实验帮助学生感受吸热反应与放热反应，教学过程中一定要充分发挥这两个实验的作用。可以采取让学生演示的方式完成这两个实验。如【实验6-1】，请两位学生上台分工合作，一人向试管中倾倒盐酸，另外一人打磨镁条、测量温度。提醒实验者一定要用试管夹（或铁夹）夹持试管，同时请学生思考这样做的原因（放热明显、试管很烫）。除了实验者测量温度后公布温度上升数值，也可以请演示实验的学生在反应后迅速走入同学当中，让同学们触摸试管外壁，感受反应放出的热。放热现象不能用眼睛直接观察到，而创造机会让学生触摸试管、近距离观察温度计示数可以增强学生的感性认识。再如【实验6-2】，请演示实验的学生在反应结束后，用手拿起烧杯（烧杯将木片带起），走入同学中，请同学们轮流用手触摸杯壁下部。教师也可参与其中，故意夸张地请全班力气最大的学生试图将烧杯与木片分开（实验效果好的话，则不容易分开），这样可使学生对吸热反应产生深刻的印象。总之，学生参与演示，比教师演示更能够激发学生的兴趣，不仅可以活跃课堂气氛，还可能在过程中生成非常宝贵的教学资源。有了宏观上直接的体验，后面的理论分析教学就有了事实依据。

接下来可以引领学生结合已有知识经验探究化学反应中能量变化的本质。通过初中化学的学习，学生已经知道化学反应在宏观上生成了新物质，其微观实质是反应物分子破裂为原子，原子重新结合成生成物分子；对教材呈现过的氧化汞分解，以及氢气与氯气化合为氯化氢的模型有一定印象。学生在高中又学习了化学键，认识了原子（离子）之间以化学键结合成分子（物质）。教学过程中，教师可以通过幻灯片展示初中教材中氧化汞分解和氢气与氯气反应生成氯化氢的模型示意图（如图6-1和图6-2），引导学生从宏观和微观两个角度理解化学反应过程中能量变化的本质。从微观角度看，化学反应是旧的化学键断裂、新的化学键形成的过程。断裂旧键需要吸收能量，生成新键放出能量（此处可以结合教材数据加以说明）。所以，化学反应在物质变化的过程中一定伴随着能量变化。然后再结合教材的图6-3从宏观角度解释：根据能量守恒定律，如果反应物的总能量高，生成物的总能量低，由反应物变成生成物的过程中自然要释放能量，该反应为放热反应；反之，如果反应物的总能量低，生成物的总能量高，由反应物变成生成物的过程中则需要吸收能量，反应为吸热反应。

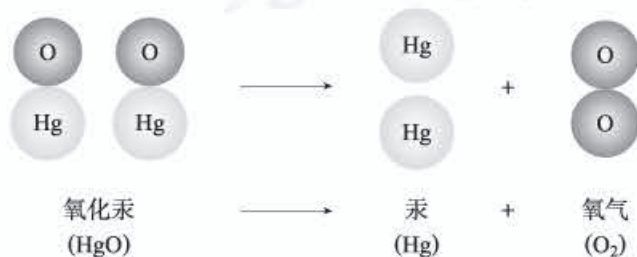


图6-1 氧化汞分解反应示意图



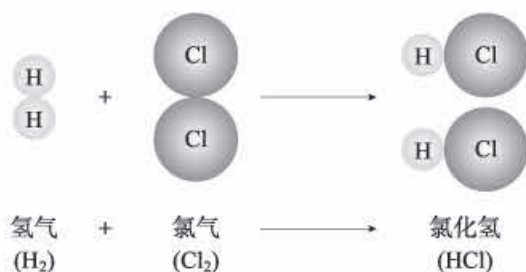


图6-2 氢气与氯气反应的示意图

需要注意的是，化学反应与热能这部分内容在选择性必修课程模块“化学反应原理”中还将继续深化。因此在必修课程阶段，一定要控制内容的深广度。例如，虽然教材通过氢气与氯气反应中化学键的键能数据说明了化学反应中能量变化的原因，但切不可将运用键能数据计算反应热作为教学重点。定量计算化学反应的焓变是“化学反应原理”模块承载的功能，提前拓展会大大增加学生的学习负担。

## 2. 关于化学能与电能的教学

原电池装置与原理既是教学重点，又是难点。教师可以结合【实验6-3】的现象进行微观推理，帮助学生认识原电池装置，理解其原理。【实验6-3】分三步操作，有助于学生对原电池装置的构成要素进行逐步建构。建议采取教师演示的方式，有目的、分层次地引导学生观察相应的实验现象，为后面的理论分析提供实证。如果有条件，可以利用实物投影或笔记本电脑的摄像头放大实验现象，聚焦关键部位，会使观察的效果更好。

第一步，将锌片和铜片插入稀硫酸中，锌片上产生大量气泡，铜片上没有。第二步，用导线连接锌片与铜片，请学生主要观察铜片上现象的变化。当然，锌片上仍然会有较大量的气泡（不可避免），教师不要回避这个现象，因为锌片与稀硫酸接触发生反应很正常，学生也不会觉得奇怪。此处教师提问的重点应放在“铜片上为什么会产生产气泡”上，引发学生思考。第三步，用导线在锌片和铜片之间串联一个电流表，请学生观察电流表的指针是否偏转。实验结束后，教师要引导学生结合宏观现象进行微观推理，培养学生宏观辨识与微观探析的学科核心素养。

根据之前所学的离子反应的相关知识，稀硫酸在溶液中以 $\text{H}^+$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 形式存在（中学阶段可以这样认为），锌可以与 $\text{H}^+$ 反应放出氢气而铜片不与 $\text{H}^+$ 反应，所以单独将锌片与铜片放入稀硫酸时，锌片上产生大量气泡，铜片上没有。二者用导线连接后浸入稀硫酸，既然铜片上产生气泡，说明溶液中的 $\text{H}^+$ 在铜片表面得到电子，电子从哪里来呢？只能是锌失去的电子通过导线到达铜片。电流表指针偏转也证实了导线中确有电流通过。建议教师用干电池等连接电流表进行对照实验。由于学生都知道干电池的正负极，通过对比可以判断出铜片为正极，锌片为负极。根据学生已有的物理知识，电流方向与电子移动方向相反，进一步证明了电子从锌片流向铜片。

利用【实验6-3】的整个教学过程应该成为一个将宏观现象作为证据在微观层面进行严密推理的过程。最终要使学生认识到，通过特定的装置使氧化反应与还原反应分别在两个不同的区域进行，可以使氧化还原反应中转移的电子通过导体发生定向移动，形成电流，从而实现化学能向电能的直接转化。如果没有这个特殊的装置，锌与稀硫酸反应，电子则直接从锌转移给 $\text{H}^+$ ，化学能转化为热能等其他形式。



教师也可以利用伏打电池的发明等化学史素材让学生感受化学能转化为电能的社会价值，加深学生对原电池装置和原理的认识。教师还可以继续拓展，进一步挖掘化学能转化为电能的重大意义。进入19世纪，英国化学家尼科尔森和卡莱尔利用伏打电池电解了水，证明了水是由氢、氧两种元素组成的化合物。英国化学家戴维利用串联的伏打电池组，通过电解法发现了几种活泼金属元素。有了伏打电池提供的稳恒电流，物理学家们开始研究电与磁的相互作用，使电磁学获得了蓬勃发展。

同样，原电池的教学也分必修和选择性必修两个阶段呈现，教学中一定要注意控制教学内容的难度。必修阶段的教学要求是通过【实验6-3】的宏观现象能够推理得出原电池原理，知道锌失去的电子通过导线到达铜片，这一过程中电子的定向移动形成了电流，化学能转化为电能。至于为什么锌失去的电子会通过导线到达铜片，相关解释涉及电极电势等概念，不宜在必修阶段讲述，以免加重学生的学习负担。

### 3. 化学反应与热能、电能的融合教学

家用汽车逐渐成为越来越普遍的代步工具。教材与时俱进，设置了“研究与实践”栏目——了解车用能源。教学中可以结合这个活动，以项目的形式将化学能与热能、电能融合进行教学。如首先提出问题“汽车的动力来源是什么？”接着分燃油汽车与电动汽车两类进行讨论。前者涵盖化学反应与热能，后者包含了化学反应与电能。在化学反应与热能的教学过程中，可以引导学生通过查阅资料了解汽车发动机的工作原理，以及选择燃料需要考虑的因素。教学过程中要不断提出问题，如“汽油燃烧为什么会放出热量？”“燃烧过程中如何断键、成键？”引导学生从宏观与微观两方面进行分析。讨论化学反应与电能时，针对氢气、甲烷作为燃料的局限性和汽油燃烧带来的环境污染问题，引出开发电动汽车的迫切性。引导学生通过合作学习了解电动汽车的内部结构和电池的基本组成。教学中仍然采取问题驱动的方式推动学习进程，继续提出问题，如“化学反应是如何产生电能的呢？”“电路中电流方向如何判断？”“说说回路是如何形成的？”为了使问题简化，可以回到锌铜原电池的模型进行讨论。这种“在做中学”的方式将知识作为解决真实问题的工具，可以使学生充分体会所学知识的价值。项目完成的过程，就是化学反应与能量的必备知识与关键能力内化的过程。

## 四、栏目使用建议

### 1. 实验

#### 【实验6-1】

镁条与稀盐酸反应速率快，热效应明显。如果让学生演示，一定要事先提醒学生用试管夹或铁夹夹持试管，以免烫伤。而且盐酸的用量一定不能太多，防止反应过于剧烈使酸液冲出试管。

#### 【实验6-2】

实验旨在让学生感受吸热反应，反应吸收大量的热使烧杯与木片间的水凝结成冰的效果十分明显，会给学生留下特别深刻的印象。本实验的药品用量不必十分严格， $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与

$\text{NH}_4\text{Cl}$ 的质量大约2:1即可。将晶体研碎,混合均匀,确保在短时间内发生反应是实验成功的关键。由于产生的氨具有刺激性气味,因此一定要及时用玻璃片盖上烧杯,并考虑对氨进行吸收处理。

### 【实验6-3】

实验中使用的铜片面积要大一些,锌片面积可小些。锌片越纯越好,可以减少连接铜片后锌片上的气泡。有资料表明,室温下,使用3%~5%的稀硫酸,用较大表面积的“电解铜”(取细铜丝,再以硫酸铜溶液为电解液在其上镀一层铜)与较小表面积的锌片做电极,且两个电极之间的距离小于5 cm,实验效果较好。

## 2. 探究

建议将“简易电池的设计与制作”安排成学生进实验室亲自操作体验的探究活动。探究的目的是在设计 and 制作简易电池的过程中,让学生体会原电池的构成要素。提出问题“形成一个原电池需要哪些要素”之后,先请学生根据教材【实验6-3】的原电池模型进行猜想与假设。然后分小组设计实验方案,并用表格的形式展示各小组同学的设计思路;通过小组之间交流和讨论比较评价方案的优劣。此环节中,教师要强调科学探究过程中“控制变量”进行对比的思想,使学生养成科学的态度,学会科学研究方法。最后再让学生带着明确的问题和清晰的思路进行实验操作。实验过程中,要求学生及时记录实验现象,鼓励学生提出有价值的问题。

“问题与讨论”中原电池的构成要素不要让学生仅仅就本探究实验形成绝对化的结论,如“一定要有两个活泼性不同的金属电极”等,要为后面燃料电池中相同的电极材料及其他情况留有余地。可以简单概括为,一般要有一个自发的氧化还原反应,有电极材料,形成闭合回路等。

## 3. 思考与讨论

建议以“情景剧”的形式组织学生活动,让学生以小组合作的方式选择“角色”,站在社会不同人群的角度,提出想法和建议。

## 五、练习与应用参考答案及说明

1. 能量的变化 热量
2. 化学能 电能 氧化还原反应 (正、负极) 电极材料、还原剂与氧化剂、闭合回路
3. BC 4. D 5. C 6. D
7. (1) 电极间距离 (2) 锌片 化学能 (3) 2 3 (4) 电极材料、电极材料的横截面积、电极插入水果的深度、同种水果的成熟程度、水果的个数等合理答案均可以。
8. 建议通过网络等多种渠道了解应对气候变化的《巴黎协定》,以及我国的能源结构、新能源的发展状况、我国在节能减排方面作出的努力以及未来承担的责任等。
9. 建议通过文献了解电池的发展史、电池的工作原理、电极材料的发展史,并与老师和同学进行交流。



## 第二节 化学反应的速率与限度

### 一、内容分析

本节包含三个问题：化学反应的速率、限度和调控。前两个问题是化学基本原理，后一个问题原理的应用。三个问题密切相关，但依据课程标准要求和学生知识基础的不同，内容深浅不一，呈现方式各异。

#### 1. 化学反应的速率，重点是影响化学反应速率的因素

考虑到通过初中和高中的化学学习，学生对化学反应速率与反应条件相关，改变反应条件（如使用催化剂）可调控反应速率等知识已有所了解。教材中化学反应速率影响因素的内容，以新旧兼容、详略有别的方式编排。教材结合学生学过的相关知识，补充一些生活、生产中需要通过反应条件调控反应速率的实例，说明认识化学反应速率影响因素的重要性，并借此体现调控反应速率的意义和价值。在已知催化剂这一反应速率影响因素的基础上，通过“探究”，重点引导学生探讨反应温度和反应物浓度对化学反应速率的影响，并结合浓度影响因素，针对气体反应说明压强的影响。

“探究”中安排的两个实验和一个讨论，教材采取了学生自主参与度不同的设计。对反应温度的影响的探究给出了具体步骤，学生只需自主操作并观察、比较；对反应物浓度的影响的探究只给出探究设计提示，学生需要根据要求选择实验用品，设计并实施实验。“问题与讨论”则需要学生自主提出问题、进行假设、设计实验方案。这种探究水平的进阶式设计，意在体现一定探究性的前提下保证可操作性，同时也照顾到全国范围内化学教学的实际可行性。

除“探究”之外，教材还利用“思考与讨论”引导学生探讨得出影响化学反应速率的其他一些因素，如反应物颗粒大小、反应物接触面积等。这样将教材中提及的各种不同影响因素分层次处理，既突出浓度（压强）、温度、催化剂的影响因素等重点内容，又不局限于这几个因素，表明影响化学反应速率的因素还有很多。

#### 2. 化学反应的限度，只限于介绍化学平衡状态

这部分内容以事实和分析推理的方式呈现。通过学生已知的反应实例说明可逆反应并不能进行到底，进而利用学生刚刚学过的可逆反应、反应速率概念进行分析，说明一个可逆反应为什么会有限度。一个反应达到限度时，处于表面静止的化学平衡状态，此时反应物的转化率最高。然后简要提及改变反应条件可以改变反应限度，这既是对化学平衡状态的必要说明，也是学习后续内容的知识基础。

这部分内容的文字不多，涉及化学平衡状态的基本概念，但核心观念不少。化学平衡内容的详尽探讨将在选择性必修课程中进行。

### 3. 化学反应条件的控制，重在相关意识的形成

受学生的知识基础所限，教材对反应条件的控制问题没有十分深入，而是通过实例分析和讨论的形式呈现，旨在使学生初步建立反应条件控制的基本意识。

教材通过合成氨工业中反应条件控制的实例分析，说明实际生产中反应条件的控制不仅要考虑反应的因素，还要考虑设备条件、成本控制等因素。教材通过“思考与讨论”引导学生思考、讨论如何通过控制燃烧反应的条件提高燃料的燃烧效率。让学生在运用所学原理解决实际问题的情境中，通过思考与讨论了解化学反应条件控制的基本思路并体会其重要意义。

## 二、教学目标

### 1. 教学目标

(1) 通过化学反应速率的概念及其影响因素的学习，学会“变量控制”的科学方法，增强证据推理的意识。

(2) 结合实例体会可逆反应存在限度，理解化学平衡状态的特征，发展“变化观念与平衡思想”的学科核心素养。

(3) 发展认识化学反应的基本角度，能从化学反应限度和快慢的角度解释生产、生活中简单的化学现象。体会从限度和快慢两个方面去认识和调控化学反应的重要性，认识控制反应条件在生产和科学研究中的作用。

(4) 能从微观角度理解浓度和压强对速率的影响，发展宏观辨识与微观探析的化学学科核心素养。

### 2. 教学重点和难点

重点：化学反应速率的概念及其影响因素；化学反应的限度。

难点：化学反应的限度。

## 三、教学建议

### 1. 关于化学反应速率及其影响因素的教学

围绕化学反应速率的概念及其影响因素，教材呈现了丰富多彩的栏目。要充分利用这些栏目加深学生对化学反应速率及其影响因素的理解。第一个“思考与讨论”栏目涉及的都是学生在生活中非常熟悉的关于反应快慢的实例，其中的图片形象直观，给人以亲切感。教学中可以结合这几幅图片设计指向性更加明确的问题，如“这些反应有快有慢，快到什么程度？慢到什么程



度？”促使学生关注速率概念中“时间”这个关键因素。教师还可以带领学生通过回忆学过的各类反应，归纳出常见化学反应发生的体系为气体和溶液，使学生理解为什么用单位时间内反应物浓度的减少量或生成物浓度的增加量来表示化学反应速率更加科学合理。

第二个“思考与讨论”针对的是影响速率的外界条件，所举实例是学生有感性体验的，也有讨论的价值和基础。当然，生活中还能找到更多的实例，可以组织学生尽可能多地列举，并要求他们具体说出其中影响速率的因素是什么，分别是如何影响速率变化的。交流表达的过程是一个外显学生思维的过程，可以诊断学生对概念的理解。教学过程中一定要舍得花这个时间，把课堂节奏放慢。学生的理解能力、语言表达能力、证据推理能力正是在这个过程中得到提升的。基于生活经验理解科学概念，有助于学生进行有效迁移，理解概念的价值。

另外，建议将教材中介绍变量控制的“方法导引”栏目与“探究”栏目结合起来，先带领学生阅读“方法导引”栏目，了解什么叫控制变量，为什么要控制变量。接着在科学方法的指导下进行实验，在实验过程中学会“如何控制变量”。这样既知其然又知其所以然，可以使学生有目的、有步骤、有方法地进行实验，有利于内化影响化学反应速率的外界条件，让学生学会科学探究的方法，增强其证据推理意识。“科学·技术·社会”栏目介绍了神奇的催化剂，对拓展学生知识、开阔眼界、培养学生学习的兴趣也颇有裨益，教师可以鼓励学生主动阅读。

## 2. 关于化学反应限度的教学

与化学反应速率相比，化学平衡的概念比较抽象，与学生生活经验有一定的距离。要理解化学平衡的含义，先要理解化学反应存在限度。教学中可以充分利用好化学实验这个重要的手段。如可以回忆氯气与水反应的实验，氯水仍然略显黄绿色表明溶于水的氯气没有反应完，也就是说一定条件下氯气与水反应存在限度。还可以通过 $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{I}^-$ 反应建立可逆反应存在限度的概念（具体操作见“栏目使用建议”）。有传感器的学校还可以设计二氧化碳与水反应的实验，帮助学生认识化学反应存在限度。具体做法如下：二氧化碳溶于水，水溶液可使紫色石蕊溶液变红，说明二氧化碳可与水反应生成碳酸；再利用压强传感器测得容器中依然存在二氧化碳，说明二氧化碳没有反应完全。利用传感器，学生可以“看”到宏观现象背后的微观实质，在惊喜之余心悦诚服。

除了化学实验，教师还可以利用工业生产中的真实数据作为证据。例如合成氨，当氮气与氢气体积比为1:3投料时，理论上可以完全反应，但是当各物质含量不再发生变化时，氨的含量远远达不到理论值，说明合成氨反应存在限度。“实验是化学的最高法庭”，真实数据的获得要建立在实践基础上，明显的实验现象和客观真实的数据无疑具有很强的说服力。待学生认识到可逆反应存在限度之后，教师带领学生应用刚刚学习的影响反应速率的因素，结合教材图6-18分析化学平衡状态的建立过程就显得水到渠成，学生对平衡状态特征的理解就会顺利得多。这样分步骤、有层次的教学方式符合学生的认知发展规律，可以有效突破化学平衡这个教学难点。

教学过程中，还可以利用化学史创设问题情境引入化学反应限度，剖析化学平衡状态的特征。教材“科学史话”栏目“炼铁高炉尾气之谜”再现了人们对可逆反应的认识过程，可以在“化学反应限度”概念引入时创设情境使用，引起学生的好奇心，激发学生的求知欲。教学中也可以介绍其他史实，如早在19世纪初，法国化学家贝托莱就提出了可逆反应和化学平衡的概念。



19世纪中期，另一位法国化学家威廉米通过研究蔗糖的水解反应提出了化学反应动态平衡的概念，表明化学平衡是两种相反的变化以相同的速率进行时的结果。介绍这些史实意在让学生感受化学反应限度和化学平衡早已引起了科学界的关注，然而科学研究并不是一路坦途，不能一蹴而就，而是不断实践、认识、再实践、再认识的结果。科学家也不是高不可攀，如果我们能具有科学家那样对科学的痴迷和执着，学会科学研究方法，我们也可以成为未来的科学家。由于化学史料浩如烟海，教学中需要教师去粗取精，选取史实中特别典型的部分，进行适当的加工，编写成生动有趣的故事，再现当时科学家的研究情境。这样才能有针对性地突出教学重点，并激发学生的学习热情。

关于调控化学反应的意义，教师可以工业合成氨为例，再现科学家用空气中的氮气制造出氮肥的艰辛过程。当人畜粪便等有机肥与世界上储量有限的智利硝石等矿石资源不能满足日益增长的粮食生产需要时，英国科学家克鲁克斯心系天下苍生，向化学家提出“向空气要氮肥”的号召。科学家、企业家共同迎接挑战，奋力攻坚，表现出令人赞赏的“科学态度与社会责任”。由于合成氨反应存在限度，为了提高氨的产率，实现工业化生产，科学家们先后从理论和实践两个方面展开工作。教师可以重点介绍德国化学家哈伯和博施获得诺贝尔奖的成果，让学生学习他们的“科学探究与创新意识”。由于必修阶段不宜拓展到影响平衡的外界因素，教师可以重点突出合成氨的适宜条件而暂时忽略选择这些条件的理论依据，让学生深切体会到化学平衡是有条件的，通过改变外界条件可以调控平衡、改变反应的限度就可以了。

利用科学史创设情境，可以使学生对概念的来龙去脉有比较清晰的认识，同时学习科学家的科学精神、科学品质和科学的思维方法，有利于学科核心素养的发展。需要注意的是，教师应根据教学内容的需要和学情选择化学史素材，切不可喧宾夺主，将化学课上成化学史课。

## 四、栏目使用建议

### 1. 实验

由于教材在探究反应速率的影响条件时设计了“探究”栏目，因此没有再安排专门的实验。建议教师在建立可逆反应平衡状态的概念时演示以下实验。

取5 mL 0.1 mol/L KI溶液，向其中滴入0.1 mol/L FeCl<sub>3</sub>溶液5~6滴，继续加入2 mL CCl<sub>4</sub>，充分振荡。取上层清液，滴入2滴KSCN溶液。

根据氧化还原反应的相关知识，学生可以写出Fe<sup>3+</sup>与I<sup>-</sup>反应的离子方程式。本实验通过CCl<sub>4</sub>萃取I<sub>2</sub>，说明该反应已发生；在Fe<sup>3+</sup>不足量的前提下依然能在反应后的溶液中检验到Fe<sup>3+</sup>，充分说明了该反应有一定的限度，达到了该条件下的平衡状态。

本实验现象明显，检验手段均为学生所熟悉，对学生建立化学平衡的概念能起到很好的辅助作用。

### 2. 探究

建议重温科学探究的一般程序。首先提出问题：“除了催化剂，还有哪些反应条件会影响化



学反应的速率？”强调科学探究总是始于问题。然后进行猜想与假设。一定要提醒学生，猜想不是瞎想，它需要建立在已有知识与经验的基础之上。如根据已有知识“铁与浓盐酸比与稀盐酸反应快”或生活经验“加热可以使反应变快”等进行合理猜想：反应温度和反应物的浓度可能会影响化学反应速率。

接下来设计实验方案，这是探究最主要的环节。教材示例了探究“反应温度的影响”的设计方案，让学生自行设计方案探究“反应物浓度的影响”。建议教师结合“方法导引”栏目，引导学生学习“变量控制”的方法，分析在反应温度影响的设计中是如何控制变量的，再让学生进行设计并相互交流。

进行实验时，教材的呈现方式提醒学生要及时记录操作步骤、相关的实验现象以及获得的结论。这些都是探究过程中必不可少的环节，是良好实验素养的体现。最后一步的“问题与讨论”给学生留下了进一步思考的空间，供学有余力的学生继续探究。

总之，为了落实学科核心素养中的“科学探究与创新意识”，教师一定要利用好教材中的每一个探究活动，注重实验思维的培养。

### 3. 思考与讨论

#### 【思考与讨论1】

建议设计成小组交流的形式，先请学生思考“这些反应有快有慢，快到什么程度？慢到什么程度？”提醒学生对反应快慢的描述与“时间”有关。爆炸在瞬间完成；金属生锈以年月计，因金属的性质与其存在的环境不同而差异很大；食物腐败以天计，与温度关系甚大；溶洞形成以万年计，极其缓慢。然后以教材中的图片抛砖引玉，提出问题：“你还能举出哪些涉及反应快慢的实例？”启发学生联系自己身边的反应，增强对反应快慢的感性认识。

#### 【思考与讨论2】

建议课堂交流，让学生充分外显其思维。向炉膛内鼓风，用煤粉代替煤块分别是为了增大氧气浓度、增大反应物的接触面积，加快燃烧速率；把食物存放在冰箱里，糕点包装内放置除氧剂，则分别是降低温度和反应物浓度，减小反应速率；做化学实验时，研碎药品、配成溶液都是为了将反应物分散成尽可能小的粒子以增大接触面积，加快反应速率；纯氧比空气中的氧气浓度大，反应更剧烈。学生在交流的过程中，生活问题转化成了化学问题，生活经验升华成科学理论。经过充分的思考与讨论，学生会认识到，反应的快慢与我们的生活、学习、科研、环境等息息相关，有利的反应通常适当快一些好，有害的反应则越慢越好。

#### 【思考与讨论3】

本栏目结合生产和生活实例，对化学反应条件的控制进行了具体应用。教学中可以让学生将教材提示的几个方面与影响化学反应速率和限度的因素联系起来，结合生活经验进行讨论。同时，教师还应鼓励学生深入思考，提出更多的调控方法。

## 五、练习与应用参考答案及说明

1. 其他条件一定时，升温加快反应速率：常温下铜与稀硝酸反应慢，加热后反应变快。其他条件一定时，增加反应物浓度加快反应速率：同等条件下，铁与浓盐酸比与稀盐酸反应快。其他条件一定时，增加固体表面积（即减小固体颗粒）反应速率加快：同等条件下，铁粉与稀盐酸反应比铁块快。其他条件一定时，加入催化剂（正催化剂）加快反应速率：向过氧化氢中加入二氧化锰粉末后，产生气体的速率大大加快。
2. 增大 减小 增大 增大 增大 不变
3. A 4. BD 5. C 6. D 7. C
8. ①②④ ①降低了反应物的浓度，②减小了接触面积，④降低了温度，都能使化学反应速率减小。
9. (1) 曲线表示不同浓度的盐酸与镁条反应时，产生气体的压强随着时间的变化关系，曲线斜率可表征反应速率。  
(2) 两个实验中盐酸均过量，镁条均不足，理论上若时间足够长，最终反应生成的气体的量应该相同。实际上，实验1中氢离子的浓度大，反应速率快，表现在图像上其曲线斜率大，相同时间内比实验2生成的气体多，压强大。
10. 食品变质是由于受到微生物作用或自身被氧化等，温度、湿度等因素会对食品变质的速率产生影响。
11. 面粉悬浮在空气中，细小的面粉颗粒与空气中氧气的接触面积大大增加。一旦遇到明火，就会发生剧烈的反应，反应能量集中释放，导致爆炸。
12. 从反应物纯碱方面考虑，纯碱可以是固体，还可以配成不同浓度的溶液；从盐酸方面考虑，可以使用不同浓度的盐酸。通过在常温下采取控制变量的方法多次实验，最终可选出适宜浓度的纯碱溶液与盐酸反应用于实验室制备二氧化碳。

## 复习与提高参考答案及说明

1. (1) 化学反应  
(2) ① 化学 热 ② 化学能与电能相互转化 ③ 热能转化为化学能  
④ 光能转化为化学能  
(3) ①②④
2. (1) 0.375 mol/(L·min) (2) 2.75 mol/L (3) ① 增大 ② 增大 ③ 减小
3. C 4. C 5. A
6. (1) 不相同。实验1中铝作正极，实验2中铝作负极。  
(2) 负 正  $2\text{Al}+6\text{H}^+=2\text{Al}^{3+}+3\text{H}_2\uparrow$



- (3) 负 铝能与NaOH溶液反应而镁不能  $\text{Al}-3\text{e}^-+4\text{OH}^-\rightleftharpoons\text{AlO}_2^-+2\text{H}_2\text{O}$
- (4) 在原电池中, 相对活泼的金属作正极还是负极, 除了与金属本身的还原性有关外, 还与电解质溶液的成分有关。
7. (1) 可以用注射器收集气体直接测量, 也可以通过排水法收集气体, 通过测量排出水的体积获得气体的体积。
- (2) 等质量的锌粉与未知浓度的盐酸反应更快, 因此其浓度高于1 mol/L。
- (3) 不相同。锌粉与酸反应本质是与 $\text{H}^+$ 反应, 等物质的量浓度的稀硫酸比盐酸的 $\text{H}^+$ 浓度大, 反应更快。
8. 通过比较, 1 mol C完全燃烧比不完全燃烧会放出更多的热量, 而且生成无污染的 $\text{CO}_2$ ; 不完全燃烧既产生有毒气体CO, 放出相同的热量时还需要消耗更多的燃料。
9. (1) bd
- (2) ①d ②d ③b
- (3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}+2\text{NH}_4\text{NO}_3\rightleftharpoons 2\text{NaNO}_3+2\text{NH}_3\uparrow+\text{CO}_2\uparrow+11\text{H}_2\text{O}$   
该反应的反应物的总能量低于生成物的总能量, 发生反应时需要从环境吸收能量。
- (4) 提示: 第一种冷敷袋使用的冰很安全, 但冰在野外不易获得, 且无法长久保存和携带; 第二种冷敷袋使用的硝酸铵有一定危险性, 但水在野外比冰易于获得; 第三种冷敷袋使用的硝酸铵有一定危险性, 产生的氨有刺激性气味, 但这种冷敷袋不需要额外的水或冰, 便于携带和使用。
10. (1)  $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$  (2) 0.05 mol/(L·min) (3) 否 =
11. (1) 铜片与锌片相连, 锌片为负极, 铜片为正极, 导线中电流方向由铜片到锌片; 当铜片与另一种银白色金属片相连时, 电流表指针偏转方向相反, 说明导线中电流由银白色金属片流向铜片, 银白色金属片为正极, 铜片为负极, 该金属不如铜活泼。
- (2) 可以用水果、不同材质的废旧钥匙等设计并制作简易电池, 用发光二极管是否发光(或其他手段)检验是否产生电流。也可以用厨房用纸浸盐水后作电解液和隔离膜, 用不同活动性的金属作电极, 用小灯泡或电子音乐卡片作用电器。
- (3) 纸电池可能具有质量小、成本低、可裁剪、柔韧性好等特点。

## 实验活动6 化学能转化成电能

本实验活动旨在让学生通过亲自动手实验，体验化学能直接转化成电能的过程，认识形成原电池的条件。该实验与本章第一节“简易电池的设计与制作”探究活动看似殊途同归，实则有所发展。如果说“简易电池的设计与制作”较为侧重趣味性，使学生对化学能转化成电能的装置获得感性认识；那么本实验活动则更加注重科学性，让学生从原电池装置中理性地总结出其中的构成要素。

### 一、活动安排建议

通过本章第一节的探究活动——简易电池的设计与制作，学生已经对原电池的构成条件有了感性的体验，因此本实验活动主要是帮助学生进一步理解原电池的构成要素，理解氧化还原反应在化学能转化成电能过程中的作用。第一步“电极材料的实验”说明只有活性不同的电极材料和闭合回路，但没有电解质溶液（没有发生氧化还原反应）不能形成原电池，凸显氧化还原反应在原电池中的重要性；有了电极材料和电解质溶液（即有了氧化还原反应）而没有形成闭合回路，同样也不能形成原电池。第二步“原电池实验”表明电极、闭合回路、氧化还原反应等几个要素同时具备才能形成原电池。

既然有了本章第一节的“探究”基础，建议这个实验活动不要浅尝辄止，仅仅停留在定性的层面，可以根据学生的程度适当地向半定量层面拓展，如探究一下原电池的电流大小与电极材料活性的差异、电极材料表面积大小、电极插入电解质溶液的深浅、两个电极之间距离的远近、电解质溶液的类型等因素之间的关系。这样才在第一节“探究”的基础上获得了发展，否则容易使实验流于形式，而使学生的思维缺乏进一步提升。因此，建议教师增加一些必要的实验器材（如铝片、铁片）和试剂（食盐水、硫酸铜溶液等）供学生选择。

实验过程中，教师要强调科学探究过程中“控制变量”的思想方法，严格要求学生及时记录实验现象，鼓励学生发现并提出有价值的问题，促进学生深度思维的发展，培养其良好的实验素养。

### 二、注意事项

实验过程中应提醒学生注意以下几点：（1）注意电流表的量程和正确的连接方式，以免将电流表烧坏；（2）更换实验组之前要冲洗电极，以免由于不当操作得出错误结论；（3）锌片不要一



直插在硫酸中，避免过度消耗，防止锌片不纯导致生成更多的有刺激性气味的污染性气体。

### 三、问题与讨论答案或提示

对于原电池的构成要素，一定不要让学生仅就本实验活动涉及的装置形成绝对化的结论，要为燃料电池中相同的电极材料等其他情况留有余地。可以简单概括为有一个自发的氧化还原反应，有电极，形成闭合回路，等等。

人教版®

# 实验活动7 化学反应速率的影响因素

本实验活动通过控制变量进行对比实验，使学生体验反应物的浓度、温度和催化剂对化学反应速率的影响，理解改变反应条件可以调控化学反应的速率。

## 一、活动安排建议

首先请学生分析作为实验对象的化学反应：浓度均为 $0.1\text{ mol/L}$ 的硫代硫酸钠溶液与硫酸反应，以及 $10\%$ 的过氧化氢溶液分解。体会之所以选择这两个反应体系，一是因为它们有明显的实验现象，如溶液出现浑浊、产生气泡；二是因为反应快慢适中，便于观察和记录。让学生认识到实验对象的选择应放在首位。接着请学生认真观察教材呈现的两个表格，分析实验步骤是否合理，每一步操作有何意图，相关变量如何控制，还能采取什么方法进行方案设计。这个过程是一个对学生进行思维训练的过程，是一个帮助学生内化思路方法的科学理性过程。这个过程中可以请学生对实验现象进行预测。这样，接下来的实验过程就可以保证学生头脑清醒、有条不紊地进行规范操作，有意识地记录实验现象，检验自己的预测是否合理，并思考哪些证据支撑了自己的预测，证据与结论之间存在怎样的逻辑关联。这种安排不仅使学生锻炼了动手操作能力，更发展了其进行深度思维的能力；使学生不仅知其然，而且知其所以然，从而有效避免了单纯地“照方抓药”和漫无目的地走过场，使实验真正成为科学探究的一种手段。

## 二、注意事项

由于采用了对比实验，操作时应注意反应物的用量尽可能相同，试管规格也要相同。尽量保证两支试管中的试剂同时发生反应，这样比较溶液出现浑浊的先后才科学合理。

## 三、问题与讨论答案或提示

温度对铁与水反应的影响至关重要，升高到一定温度可以加快该反应的速率，观察到较为明显的实验现象。



# 教学资源

## 1. 电池的发展历程

伏打发明的伏打电池开创了现代电池发展的新纪元。200多年来，在材料科学的进步、应用的需求、环保的限制等多重刺激下，电池发生了天翻地覆的变化。

### (1) 电池的历史

18世纪晚期，电学处于发展初期，电流还没有被发现。意大利解剖学家伽伐尼把青蛙剥了皮后放在靠近起电机导体旁的桌子上，当刀尖碰到蛙腿时，起电机立刻出现电火花，而蛙腿也痉挛起来。伽伐尼还发现，不论是将青蛙放在起电机旁，挂在铁丝上，还是放在真空中，只要与金属相碰，就会产生电流。电流来自金属还是来自肌肉呢？伽伐尼得出的结论是：蛙腿的痉挛来自青蛙自身的生物电，金属在其中起导线的作用。于是，伽伐尼把他的发现连同他的解释写成论文发表了。意大利物理学家伏特读到了伽伐尼的论文，在自己的实验室多次重复了伽伐尼的实验。伏特的注意点主要集中在那一对金属线上，而不是蛙的神经。他通过实验证明，只要两种金属片间以用盐水或碱水浸泡过的硬纸、麻布、皮革或其他海绵状的东西间隔，并用金属线把它们连接起来，不管有没有青蛙的肌肉，都会有电流通过。这说明电并不是从青蛙的组织中产生的，蛙腿只不过是一种非常灵敏的“验电器”而已。他先后采用不同的金属放在多种液体中进行试验，终于发明了两种金属材料相互交替插在电解质溶液中生电的特殊装置——伏打电池。

电池分为化学电池和物理电池。化学电池是指将物质化学反应所产生的能量直接转变为电能的一种装置，包括原电池、蓄电池、储备电池和燃料电池等几大类。物理电池则包括太阳能电池和温差电池等。

1859年，普兰特发明铅酸蓄电池。最初的开口式铅酸蓄电池需经常加硫酸和加水维护，容易腐蚀周围设备，并污染环境。后来，阀控式铅酸蓄电池基本取代了传统的开口式蓄电池。它是产量最大和应用最广的二次电池，在将来的很长时间内仍具有不可替代的作用。

1865年，勒克朗谢发明了以氯化铵水溶液为电解质的锌锰电池。锌锰电池在经过了普通干电池和碱性锌锰电池等阶段后，逐步向着无汞电池和可充电碱性电池的方向发展。

镉镍电池最早是在1899年由瑞典科学家荣格发明的，又称碱性镉镍电池或镍镉电池。镉镍电池的循环寿命长，自放电较小，性能稳定，并可以大电流放电，但是存在记忆效应。

镍氢电池的记忆效应小，具有较大的能量密度，这意味着使用镍氢电池能有效地延长设备的工作时间。镍氢电池包括高压镍氢电池和低压镍氢电池。美国的克莱因和施托克尔于20世纪70年代初首先研制成功高压镍氢电池。高压镍氢电池充电后，氢气压力较高，容易引起爆炸事故，安全隐患大。与镉镍电池和高压镍氢电池相比，金属氢化物镍氢电池能量密度高，可以快速充电和放电，耐过充和放电性能好，不易污染环境。



锂离子电池是在锂电池基础上发展起来的，其研究始于20世纪80年代，并于20世纪90年代得到迅速发展。锂离子电池广泛应用于医疗、电子、通信、航空和军事等领域。

聚合物锂离子电池是以聚合物固体电解质代替液体电解质来制造的电池，是锂离子电池的一个重大进步，具有安全、易加工、比能量高等优点，而且可以制成全塑结构，从而使人们制造超薄电池的愿望得以实现。20世纪90年代末，聚合物锂离子电池实现了商业化生产，这标志着锂离子电池发展的一个新高潮的到来。

燃料电池的概念是由蒙德和兰格于1889年首先提出来的。就在这一时期，内燃机的发明使人们对燃料电池的兴趣推迟了几十年。1959年，培根等人研制成功氢氧燃料电池，奠定了燃料电池发展的基础。20世纪60年代，随着航天技术的发展，美国对培根的氢氧燃料电池进行了改进，并分别于1965年和1966年成功地将其应用于“双子星座”号和“阿波罗”号飞船上，为其提供电力。

20世纪70年代，中东战争导致了世界性石油危机。此后，美国、加拿大、日本和欧洲的一些国家投入大量人力和财力开发燃料电池，在20世纪90年代实现了技术上的真正突破，不少公司都发布了自己的产品，燃料电池进入了应用阶段。

## (2) 电池的现状

科学技术的发展推动了各种新型电极材料的应用研究与开发，各种高能或新型电池不断涌现，其中聚合物电解质锂离子电池和直接甲醇燃料电池发展速度较快。

电极制备工艺和电池装配技术的完善和发展促进了电池技术的发展，铅酸蓄电池和锌锰电池等传统电池的性能有了很大提高，拓宽了应用领域。锂离子电池中正、负极活性材料的性能和制备技术是提高电池性能的关键因素。目前，电动汽车动力电池使用的铅酸蓄电池，将逐步被锂离子电池、镍氢电池等高性能电池所取代。

人们环境保护意识的增强促进了绿色电池的发展。我国年产铅酸蓄电池超过5 000万只，其中含铅量达30多万吨。如果处理不当，废弃的电池将对土壤和水产生严重污染。高污染的电池将被逐步淘汰。电池的事故频发引起了人们对电池安全问题的关注。电池生产厂家正在对电池的结构、制造工艺以及充电器的结构进行改进，以提高电池使用的安全性。

石油供需矛盾加剧和人们环境保护意识的增强为太阳能电池产业创造了巨大的市场空间，带动了上游多晶硅材料和太阳能电池设备的发展。由于多晶硅和非晶硅薄膜电池具有较高的能量转换效率和相对较低的成本，它们将最终取代单晶硅电池，成为市场的主导产品。

除作为电子信息领域迫切需求的小型移动电源外，镍氢电池将成为电动车的电源之一。有关公司对各种电动车用电池的性能以及发展潜力进行了比较论证，综合考虑电池的可靠性、安全性、电池材料的资源与环境问题及电池性能的发展趋势，确定镍氢电池是近期主要的电动车用动力电池。根据市场需求，新型绿色环保型镍氢电池正朝着大容量、小型化、高功率方向发展。

目前，笔记本电脑大多使用锂离子电池。随着技术的迅速发展，人们对笔记本电池的稳定性、使用时间、体积乃至充电次数、充电时间等方面都提出了更高的要求。电池技术也紧随市场需求，在诸多方面进行了相应的改进和发展。为减小体积，同时达到延长使用时间、增加使用次数、减少记忆效应等目的，考虑到电池的成本及使用的安全性，电池在选材上不断优化。以锂离子电池的正极材料为例，目前已出现了锂钴氧化物、锂镍氧化物、锂锰氧化物等众多材料。



从整体上看，发展替代锂离子电池的新一代电池已迫在眉睫，而专业电池生产厂商也在积极进行选材和研发工作。金属锂充电电池能充分发挥负极材料金属锂的电化学性能，使这种新型电池的能源储备量达到传统锂离子电池的2倍以上，而在放电容量方面，甚至能达到传统产品的10倍。聚合物锂离子电池的商业化生产，标志着锂离子电池发展的一个新高潮的到来。聚合物锂离子电池将逐步替代目前的锂离子电池。直接甲醇燃料电池是在质子交换膜燃料电池的基础上研究和发展起来的。它直接以甲醇为燃料，是目前燃料电池研究开发的重点和热点，适于为手机、笔记本电脑等电子设备供电。锌-空气电池也有望取代传统锂离子电池。目前，锌-空气电池在自由充电方面还存在一定问题，但广大电池生产厂商正积极寻求解决方案，成熟的锌-空气电池产品将很快问世。

### (3) 电池的未来

化学电池与物理电池是新能源和可再生能源的重要组成部分，它们直接关系到21世纪可持续发展战略的实现，已成为全球关注与致力发展的焦点。近年来，全球电池产量增长迅速。其中，密封铅酸蓄电池和锂离子电池产量的增速较快。

随着信息技术的发展，移动通信终端、笔记本电脑等便携式设备需求量增大，这促使传统电池和新型电池向小型、轻便、高能和绿色的方向发展。

预计，在全球二次电池市场中，铅酸蓄电池由于有强大的汽车工业作为支撑，仍将占有较大的份额。小型二次电池中，镉镍电池主要用在电动工具中，仍将占有一定的份额，但是由于它有记忆效应和镉污染，其产量会逐渐减少。锂离子电池由于性能优良，在移动通信和笔记本电脑中得到广泛应用，同时也在向电动工具和混合动力车辆中的应用发展。国际能源价格的上涨和《中华人民共和国可再生能源法》的诞生，都将极大地促进我国太阳能电池等新型能源技术与产业的发展。

## 2. 蓄电池爆炸的原因

对于蓄电池系统，从电池本身到充电器都设有一定的安全防护措施，包括充电电流保护、充电电压保护和温度控制保护等。导致蓄电池安全事故的原因主要有电池材料、电池制造技术和电池使用三个方面。

某些蓄电池材料本身存在一定安全隐患。例如，使用有机电解质的电池比使用水溶性电解质的电池电压高，但是有机溶剂易挥发，容易燃烧或爆炸；金属锂电极材料与水或空气反应易发生爆炸。

在蓄电池制造过程中，由于工艺本身的某些纰漏（非正规生产厂家尤为突出）而使电池存在安全隐患。例如，应当绝缘的两极之间出现的金属粉尘或铜箔、铝箔等金属杂物会穿破隔膜，造成短路；短路使电池大量发热，导致部分电解质溶液的溶剂汽化，将电池外壳撑大，甚至造成电池爆炸。

电池过充电是蓄电池爆炸的主要原因，这是因为电池过充电可能引发电镀效应，导致过度发热而引起安全事故。经常对蓄电池进行大电流充放电也可能导致电池无法正常使用，造成安全隐患，极端情况下甚至会使电池发生爆炸。



总之，任何蓄电池的安全性都是相对的。所以我们要了解所用电池的种类、型号和性能特点，使用专用充电器正确充电。当电池长期不用时，要从用电器中取出，以延长电池的寿命，保障安全。

### 3. 衡量电池性能的几项指标

衡量电池的性能主要看电压、容量、能量、功率和循环寿命这5个方面。

电池电压包括理论充放电电压、电池的工作电压、电池的充电电压、电池的终止电压等。蓄電池的理论放电电压和理论充电电压相同，等于电池的开路电压。电池的工作电压为电池的实际放电电压，它与电池的放电方法、使用温度、充放电次数等有关。电池的充电电压大于开路电压，充电电流越大，工作电压越高，电池发热量越大，充电过程中电池的温度越高。电池的终止电压是指电池在放电过程中，电压下降到不宜再继续放电的最低工作电压。

电池容量是指在一定的放电条件下，电池放电到终止电压时所能输出的电量。电池容量分为理论容量和实际容量。电池的理论容量是按照电化学反应计算出来的容量。实际容量是指在一定放电条件下，电池实际所能放出的电量。电池比容量是指在一定的放电条件下，可以从单位质量（体积）电池中获得的电量。

电池的能量是指电池在一定放电条件下，对外做功所能输出的电能。由于活性物质不可能完全被利用，而且工作电压总是小于电池的电动势，所以电池的实际能量总是小于理论能量。电池的比能量（能量密度）是指单位质量（体积）电池所能输出的能量，即质量比能量或体积比能量。实际比能量是指电池实际输出的能量与电池的质量或体积之比。

电池的功率是指电池在一定放电条件下，单位时间内输出的电能。电池比功率是指单位质量（体积）电池所能输出的功率。

### 4. 汽车用新型电池

当今世界新能源科技日新月异，但新能源汽车却始终因电池问题发展缓慢。近几十年来电动汽车的发展史，就是人类寻求动力电池技术最佳解决方案的历史。动力电池技术的重大突破主要源自新材料的创新应用。近年来，新一代锂离子电池、燃料电池、金属-空气电池及其他新型电池，在材料结构和性能方面不断进步，形成了相互竞争的态势。

各种新型电池改进了安全性，缩短了充电、充气或更换金属氧化物等的时间，提高了能量密度和功率密度，延长了续航里程，并不断降低生产成本和使用成本，从而为电动汽车的发展提供了重要的支持。目前，我国和许多国家都在不断强化节能环保法律法规，加大对新能源汽车及动力电池研发的支持力度，极大地推进了传统电池的更新换代和新型电池的发展。

以下分别就目前汽车用主要新型电池的新进展和竞争态势，以及相关新材料的发展进行介绍。

#### （1）锂离子电池

##### ① 发展近况

具有代表性的动力锂离子电池有3大类，即以磷酸铁锂、锰酸锂和以镍钴铝酸锂三元体系为正极材料的电池。近年来，由于技术瓶颈被逐步突破，锂离子电池获得了较快发展，对传统的铅酸蓄电池形成了挑战。



目前,大量电池市场由相对廉价、性能稳定但技术落后的铅酸蓄电池所占据。但其增长速度逐年递减,市场份额有所下降。

近年来,一些电动汽车等使用的新一代锂离子电池提高了能量密度,充电时间由原来的6~8 h缩短至1 h以下。现在,越来越多的国家正在建设快速充电网络,如澳大利亚建成的快充网络连接了北部的城市,只需充电20 min就可达到50%的电量。

我国“863”计划支持下的高性能锂离子电池已开始批量生产,新能源汽车产销量大幅增加。多家公司都加大了对锂离子电池研发的投资,投资规模将达几千亿元。

## ② 存在的问题及发展趋势

磷酸铁锂为正极材料的锂离子电池,虽然充电、放电速度快,自放电低,存放一个月的自放电率只有2%左右,但容量较低,实际能量密度只有150~200 W·h/kg,过度充电和放电会降低寿命。要增加电动车的续航里程,须加大电池堆的数量,不仅增加了整车的成本和价格,其安全和回收问题也尚未得到有效解决。

使用新一代三元体系(镍钴铝酸锂)锂离子电池的电动汽车虽然在汽车发展史上具有里程碑意义,但电极材料稀有且昂贵,没有根本解决安全问题。一辆2.5 t的轿车须承载8 000个单电池,质量达800 kg,充一次电汽车可续航500 km。锂离子电池与金属-空气电池相组合的新型电动汽车,一次充电最长可续航650 km,但电池的循环寿命短。

为了进一步缩短充电时间,提高能量密度和安全性等,很多国家和地区都从正极和负极的材料与结构、电解质、电池隔膜及添加剂等方面进行卓有成效的改进。例如,韩国科学家研发出具有高容量(215 mA·h/g)的高富镍锂过渡金属氧化物,其中镍浓度从每个粒子的中心向外层逐步下降,而镁浓度逐渐增高。他们的试验结果显示,这种纳米功能材料可用于需要高能量、使用周期长的电池应用领域,如电动汽车。

日本某公司开发了含纳米硅碳素复合材料的负极材料,使电池的能量密度提高2倍,2015年已生产电池约7 610万块。在正极材料方面,使用纳米结构过渡金属硫化物电极材料的电池比传统的嵌入式电极材料电池具有更高的比容量,且可通过纳米微粒合成、纳米结构设计、复合材料制造来改进可循环性。韩国和美国科学家在电池中采用了一种复合材料,如 $\text{FeF}_2\text{-LiF}$ 纳米复合材料,通过新的机理来显示电化学活性,可达到50~190 mA·h/g,比结晶 $\text{LiFePO}_4$ 的能量密度更高。

我国某公司开发了安全性高的氧化铁锂正极材料和高容量型硅系及高功率型钛酸锂负极材料,比目前广泛使用的碳系负极材料的安全性更高。我国制订的“2012—2020年节能与新能源汽车规划”提出,到2020年,动力电池的能量密度要达到300 W·h/kg以上。而不少电池都达不到要求,因此今后正极材料的研发可以关注硅酸盐复合正极材料、层状富锂锰基材料及硫基正极材料等。

近年来,锂离子电池发生了一些燃烧事故,如电动汽车发生过多起自燃事故,手机电池也发生着火、爆炸等事故。因此电池的安全性也是人们重点要解决的问题。相关事故的主要原因有:叠层单电池的膨胀、破裂和起火;内部发生短路;滞留、积蓄气体的引燃和爆炸;等等。

为了提高锂离子电池隔膜的耐热性，日本某公司开发了高容量、高电压的耐热电池隔膜。它是在聚丙烯非织造布等多孔基材上沉积纳米氧化铝微粒，即使在高温状态下也不收缩。日本一家公司开发了在间位芳酰胺纤维的非织造布上涂覆聚偏氟乙烯的电池隔膜，可耐 250 °C 的高温，厚度只有 5 μm，可实现锂离子的高传导性和电池的高功率。为了防止内部短路而发生安全事故，可在电解液中添加过充电防止剂。

为防止电池发生过热和自燃，日本的另一家公司开发了聚酰亚胺清漆。通过在电极上涂覆清漆并热处理，形成 100~300 nm 厚的微孔膜，就可防止过热的发生，提高安全性。美国的研究者为防止因电池内部杂质或过充引起膜穿刺而导致锂离子堆积成锂枝晶，进而引发短路和自燃，在电池阳极一侧的聚合物顶部导入铜层作为第 3 电极。它可检测阳极和聚合物电池隔膜间的电压，当枝晶达到铜层时，电池会自动报警并使电压降至 0，从而避免事故的发生。

## (2) 燃料电池

### 氢燃料电池

氢燃料电池是在铂等贵金属催化剂存在下，依靠氢和空气中的氧气反应产生电能和水，属于清洁能源，其能量转化效率一般只有 40%~60%，若利用释放的热量可提高至 85%。它所用的电池隔膜一般是碳纤维布或芳酰胺纤维非织造布。

目前，氢燃料电池量产车已经在日本上市，配备了 2 个内压为 70 MPa 的氢气瓶，输出功率为 100 kW，0 到 100 km/h 的加速时间为 10 s 左右，续航里程约 480 km。今后要扩大氢燃料电池汽车的应用，要相应配套生产高压容器，建设高压充氢站；在技术上还要不断改进氢气的低价合成法和储氢材料等，降低催化剂的成本，并解决氢气的长途运输问题。图 6-3 和图 6-4 分别展示了氢燃料电池的市场和经济成本发展情况及预测趋势。

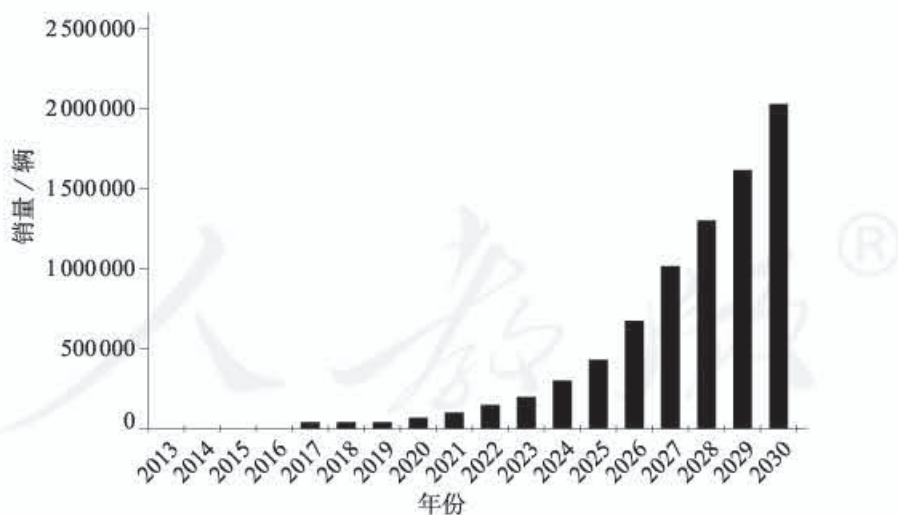


图 6-3 2013—2030 年全球氢燃料电池汽车市场发展情况及预测趋势



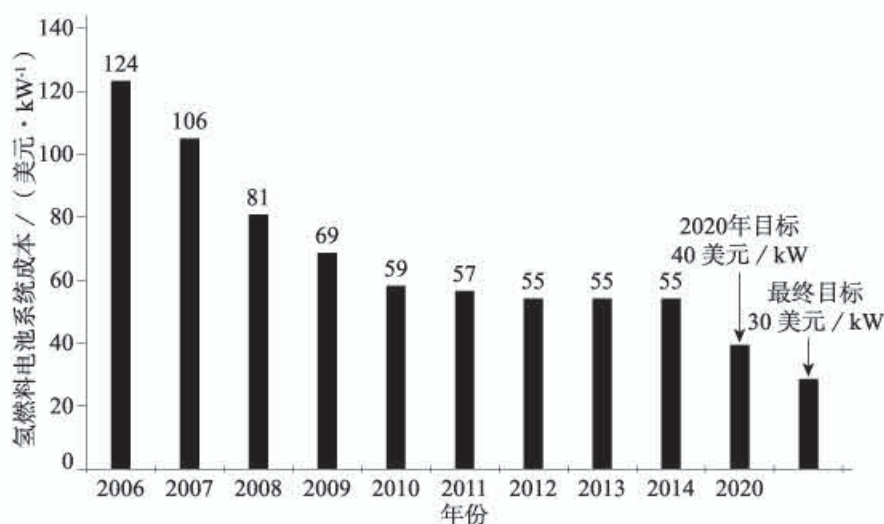


图6-4 全球氢燃料电池经济成本发展情况及预测趋势

### 甲醇燃料电池

直接甲醇燃料电池是固体高分子型燃料电池，用甲醇水溶液取代氢作为燃料，不需要为了制造氢气而采用特殊设备，因此电池可以做到小型化、轻量化，具有产业化意义。

日本科学家开发了直接甲醇燃料电池用的高活性电极催化剂，为今后甲醇燃料电池的商品化打下良好的基础。它是在碳纳米纤维的表面先浸渍氧化钛前驱体溶液，然后将氧化处理后的氧化钛修饰多孔质用作金属微粒的载体。这种新催化剂除了可削减铂等贵金属的使用量，与以往市售的催化剂相比，其活性提高了2倍。

### (3) 钠硫电池

钠硫电池相对廉价，能量密度高，寿命长，充放电效率高（82%~89%）。使用钠硫电池的电动汽车可续航500 km，但操作温度为300~350 ℃，所用工作物质具有强腐蚀性，曾发生过数起燃烧事故。

某种钠硫电池的正极采用单质硫，负极为钠，固体电解质采用陶瓷，能量密度约为铅酸蓄电池的3倍。该电池曾因着火事故一度中止生产，随后通过使用碳纤维材料解决了耐热和阻燃问题。

### (4) 镍-碳电池

我国某公司发明的高能镍-碳电池，一次充电可使汽车续航200~300 km，可实现5 000次以上充放电。它曾在公交线上实现了3年9个月的安全稳定运行，其废弃物可回收再利用。

### (5) 石墨烯电池

某公司开发的石墨烯电池的能量密度比锂电池的高3倍，据称一次充电只需8 min，就可使汽车续航1 000 km，其成本据称只有锂电池的一半，但尚未产业化。该电池存在的问题是石墨烯价格昂贵，要使汽车达到上述续航里程，电池堆质量约为300~400 kg。该公司研制的试制品的能量密度仅150 W·h/kg，充电时间约15 min。

### (6) 金属-空气电池

该类电池靠金属和空气中的氧气在催化剂存在下发生电化学反应产生电流，理论能量密度很高，近年来在技术上获得重要突破，发展迅猛。但能否实现产业化并取得高能量密度，取决于有

无有效的实用解决方案。表6-1列出了各种金属-空气电池的理论能量密度，并与其他电池进行了对比。

表6-1 金属-空气电池与其他电池的理论能量密度

电池种类	铝-空气	硼化钒-空气	锂-空气	锌-空气	锂硫	锂离子	镍氢	镍镉	铅酸
能量密度 ( $\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	8 135	6 600	5 210	1 353	2 600	631	208	161	83

#### 铝-空气电池

目前，这类电池的能量密度已经达到了 $350 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，相当于磷酸铁锂为正极材料的锂电池的2.3倍、镍氢电池的5.8倍。据称可使汽车行驶500 km以上，成本可望比锂离子电池的低，但尚未产业化。其主要问题是比功率低，充放电时间慢，自放电率较高，依然存在阳极腐蚀和安全问题。电池释放出的氢气会造成阳极过度消耗并耗电，所用银催化剂较贵。同时，须选用创新的电池隔膜结构，使空气中的氧气能透过而二氧化碳不能透过，方能避免阳极的碳化，延长循环寿命至20年以上。

#### 锂-空气电池

其能量密度高而功率密度低，接近于汽油的能量密度，成本比锂离子电池的低。缺点是催化剂较贵，阴极反应产物的再生有难度，尚须解决2种电解液的隔膜慢性渗漏问题，因此迄今尚未产业化。有研究者采用多层次的大孔石墨烯作为正极材料，利用水和碘化锂作为电解液添加剂，最终产生和分解的是较稳定的氢氧化锂，大大降低了电池中的副反应，提高了电池性能。其中的碘化锂除了帮助分解氢氧化锂外，还起到了保护锂金属负极的作用。据称该试验电池可使汽车的续航里程达到650 km。

#### 锌-空气电池

其原料价廉易得，能量密度可达到 $250 \sim 350 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，国内已试用于电动公共汽车，但存在腐蚀性问题。其阴极反应产物的再生成本较高，电池组总质量达1.25 t，须建设换电站，靠机械进行电池装卸。德国某公司采用锌粉取代锌板，并提出全新的设计方案，其电池的能量密度达到 $250 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，可使电动汽车续驶300 km以上。同时，不用将电池卸下，只要打开锌粉储存器，用特制设备将产物吸出，再将锌粉充入，电动车就可以续驶，更换时间只需3~5 min，且氧化锌粉易于被还原成锌粉循环使用。

#### 硼化钒-空气电池

该电池与汽油及其他传统电池的理论体积能量密度相比具有很大优势，是汽油和锌-空气电池的2.9倍，是锂电池的220倍和氢-空气电池的9.6倍；其质量能量密度与汽油的相当，是锂电池的26倍。

该电池的设计理念新颖，将传统电池的平板式隔膜改成微管膜，使单位体积的膜面积增大，初期能量密度可达 $400 \sim 600 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ 。由于该电池设计成反应器和硼化钒纳米粉体储存器两部分，并靠小泵将硼化钒在反应器内循环。因此使用它的电动汽车续驶500~1 000 km后，不用更



换电池组，只要打开储罐，并用特制设备抽吸生成物和充入反应物，更换时间仅3~5 min。

据预测，未来装载该电池的电动汽车，要续驶1 000 km时其电池质量只有176 kg，体积78 L，而锂离子电池约需1 080 kg和1 340 L。其综合使用成本约为燃油车的40%，而锂离子电池电动汽车约比燃油车高68%。

更重要的是微管膜的直径越小，单位体积能容纳的微管膜面积越大，因此电池体积和质量越小，电动车的续驶里程越远，与其他所有电池相反。同时，该电池的电化学反应温度不超过60℃，所用部件都具有耐高温和抗燃特性，因此不存在自燃等安全问题。这使其具有划时代意义。表6-2展示了微管膜直径与能量密度的关系。

表6-2 达到同样能量密度的电池微管膜直径与电池体积、质量的关系

微管膜直径/mm	电池质量/kg	体积/L
3	144	72
1	54	27
0.1	5.4	2.7
0.01	0.5	0.3

[摘编自：罗益锋，罗晰. 新型电池的新进展与竞争态势. 新材料产业, 2016(5): 32-37]

人教版®

# 教学案例

## 第一节 化学反应与能量变化（第2课时）

北京市第五中学 朱群英

### 教学目标

1. 通过对设计原电池装置必要性的论证，提升学生将化学知识应用于生产和生活的社会责任感，并逐步形成绿色化学观念。
2. 通过对设计原电池装置可行性的论证，加深对氧化还原反应本质的理解，并能从多角度分析和利用化学反应中的能量变化。
3. 通过对原电池形成条件的探究，锻炼学生的探究能力，并且深化学生对化学实验“提出假设→实验证实或证伪→发现新问题→提出新假设→得出结论”研究模式的认识，加强实验探究能力。知道可以通过分析、推理、实验等方法认识氧化还原反应的本质特征、原电池的构成要素及其相互关系，建立认知模型。

### 教学重点

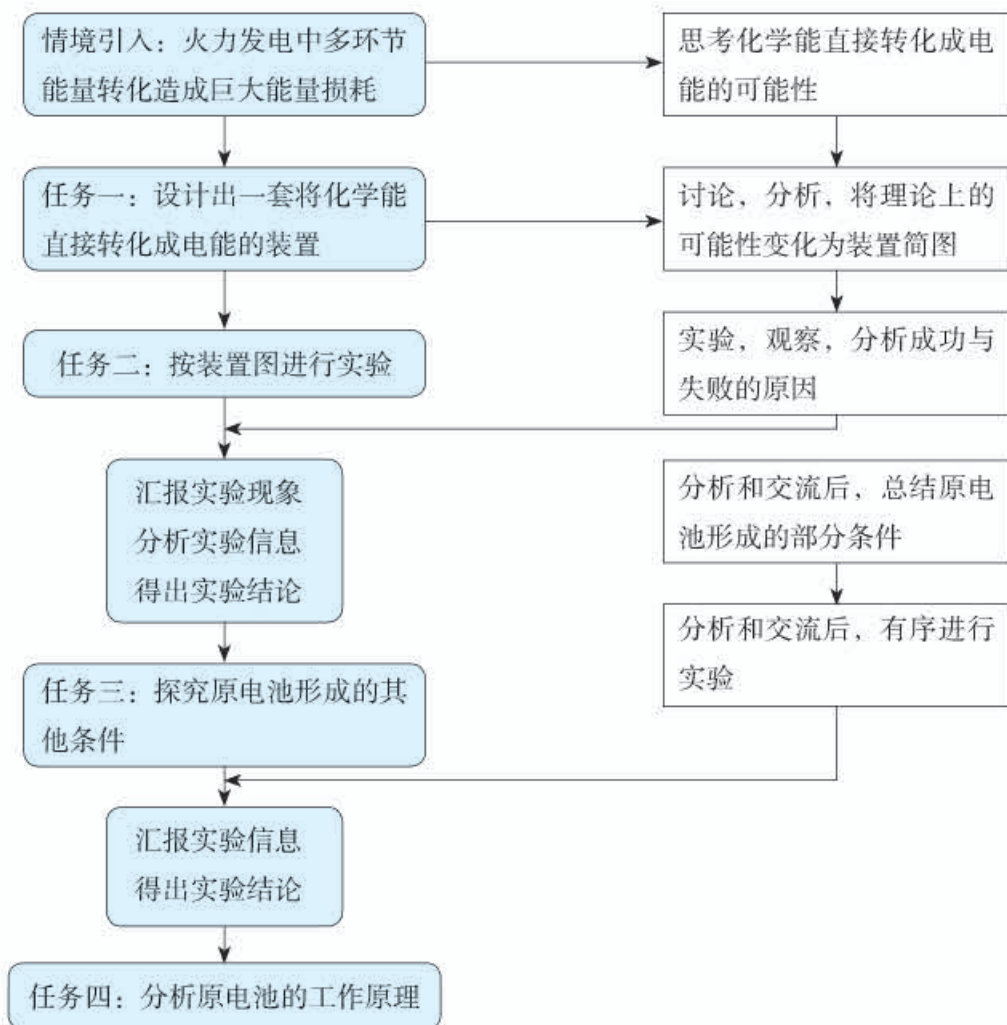
理解氧化还原反应与原电池原理之间的联系，了解原电池的形成条件，分析简单原电池的原理。

### 教学难点

原电池装置的设计。



## 教学流程



## 教学过程

教学环节	教师活动	学生活动	设计意图
情境引入	<p>【讲述】有一部电影描述了没有电之后的生活。那么同学们你们能想象一下没有电之后的生活吗？</p> <p>实际上，没有电，我们已经寸步难行了。电的使用早已进入了我们生活的每一个角落。由于原料来源丰富，建厂占地面积小，成本和技术要求都较低，所以火力发电目前在我国仍占</p>	<p>想象没有电之后的生活：不能看电视，不能听音乐，不能上网，不能打电话，不能用电饭锅、微波炉、电烤箱，不能用冰箱、洗衣机，不能用空调、电扇，没有自来水，不能用电灯，飞机停飞，火车停开，不能用电梯，</p>	<p>创设问题情境，体现化学知识的应用性，说明设计一套化学能直接转化成电能的装置的必要性，增强学生的社会责任感。</p>

续表

教学环节	教师活动	学生活动	设计意图
情境引入	<p>总发电量的60%以上。那么,在火力发电过程中,化学能是如何转变成电能的呢?</p> <p>【展示】火力发电厂的工作原理示意图。</p> <p>【提问】根据图示,分析其中发生的能量转换。</p> <p>【讲述】化学能转变成电能,其中经历了多个环节。而每个环节中,能量都不能实现100%的转化,因此必然造成大量的能量损耗。实际上,目前我国火力发电中,能源的利用率仅为30%~40%。而且,煤作为一种不可再生的资源,终会有用完的一天。因此我们不得不思考以下问题:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能不能减少中间的能量转化环节,将化学能直接转化为电能?</li> <li>2. 能不能找到一类物质来代替煤进行发电?</li> </ol>	<p>不能用提款机,商场、超市也无法收银……</p> <p>化学能转化成热能,热能转化成机械能,机械能转化成电能。</p> <p>进入情境,思考化学能直接转化为电能的可行性。</p>	
原电池装置的设计	<p>【提问】我们能不能利用某一类反应,将化学能直接转化成电能?如果可以,该反应属于哪一类反应?</p> <p>【观察学生情况】可适当提示:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电流的实质是什么?</li> <li>2. 我们已经学过哪些类型的化学反应?这些不同类型反应的特点是什么?</li> <li>3. 哪一类反应最有可能实现将化学能转变为电能的设计?</li> </ol>	<p>思考、交流后得出结论:要想产生电能,需要有电流产生,而电流的实质是带电粒子的定向移动;我们学过的反应中,氧化还原反应都具有这一特征,电子从还原剂转移至氧化剂。</p>	<p>加强对氧化还原反应与原电池原理之间的联系,让学生深刻理解自发的氧化还原反应是原电池形成的前提条件这一事实。进行化学能直接转化成</p>



续表

教学环节	教师活动	学生活动	设计意图
原电池装置的设计	<p>部分学生会提出离子反应，因此需要强调电流的实质是带电粒子的定向移动，而离子反应中离子的移动一般都是不定向的，由此让学生认识到氧化还原反应是最有可能设计成原电池的反应。对浓差电池等的介绍则留待选择性必修课程中再进行。</p> <p>【演示实验】锌粉与稀硫酸反应。 【提问】是否观察到电流产生？为什么？ 【提问】通过同学们刚才的分析，我们知道化学能转化成电能会有电流产生，而刚才的实验中我们并没有观察到产生电流。那么我们如何检测反应中是否有电流产生呢？请以反应 <math>\text{Zn} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow</math> 为例，设计一套实验装置来验证你的猜想，并用实验证明。 【板书】化学能与电能 一、原电池 1. 定义：将化学能转化成电能的装置。</p>	<p>观察现象：有无色气体产生。没有观察到电流产生，因为没有外电路。</p> <p>思考、交流之后画出不同的装置简图，并用实验验证。汇报实验事实。</p>	<p>电能装置的可行性研究。</p> <p>让学生深刻理解原电池将氧化还原反应中的氧化反应和还原反应放在两个不同的场所发生。</p>
原电池形成条件的探究	<p>【讲述】通过实验，我们知道使用锌片、铜片（碳棒）和稀硫酸等可以形成原电池。但是刚才大家所设计的装置中，不是所有的装置都产生了电流，这说明原电池的形成是需要一定条件的。请大家分析刚才的装置，分析原电池的形成需要哪些条件。 【板书】2. 形成条件：①形成闭合回路。</p>	<p>分析和交流后回答：需要形成闭合回路。</p>	<p>进行阶段性总结，让学生认识到要想形成原电池，必须形成闭合回路。对后面探究形成原电池的其他条件的实验起指导作用。</p>

续表

教学环节	教师活动	学生活动	设计意图
原电池形成条件的探究	<p>【提问】电极材料除了Zn、Cu，能否是别的材料？反应液除了稀硫酸，能否是别的液体？请设计实验方案，探究原电池形成的其他条件。</p> <p>绘制表格，记录学生汇报的实验信息，询问选择该实验顺序的理由。</p>	设计并实施实验，整理、记录实验信息，汇报。	培养学生思维的有序性及实验方案的设计能力和口头表达能力。
	<p>根据学生要求，用电子表格的筛选功能整理实验信息。</p> <p>【提问】对刚才产生电流和未产生电流的实验装置进行分析，总结形成原电池的其他条件。</p> <p>【板书】</p> <p>②有自发的氧化还原反应。</p> <p>③有电极。</p>	根据汇总的实验信息总结形成原电池的其他条件。	根据实验信息总结出共性和规律，形成模型化认知，加强对原电池形成条件的认识，培养学生信息处理能力。
原电池工作原理分析	<p>【提问】我们已经设计出了一套完整的原电池装置，成功实现了化学能向电能的转变。那么原电池是如何实现这一转变的呢？以铜锌原电池为例，指出电池的正、负极，并分析两极上可能发生的反应，试着写出两极上的电极反应式。</p> <p>【板书】3. 工作原理</p> <p>负极 <math>\text{Zn}: \text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}</math> 氧化反应</p> <p>正极 <math>\text{Cu}: 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow</math> 还原反应</p>	<p>讨论，交流，分析原电池的工作原理。</p> <p>书写电极反应式。</p>	通过分析和交流，理解原电池的工作原理：将一个氧化还原反应分成两个半反应，在不同的场所发生。提升学生分析问题和解决问题的能力。
反馈练习	分析Zn-C-CuSO <sub>4</sub> 原电池中，正极上可能出现的实验现象。	分析后回答：碳棒上附着一层红色的金属。	课堂反馈，评价学习效果。
课后思考	原电池装置给我们的生活带来了巨大的便利，也为我们研究氧化还原反应提供了重要的研究手段。我们生活中的大量化学电源就是以原电池为雏形的。那么从简单的原电池到各种各样的化学电源，我们还有多远的路要走呢？请大家选择一种或几种自己感兴趣的化学电源，查阅相关资料，了解其中的化学原理。	查阅资料，了解一种或多种化学电源的工作原理。	进一步强化对原电池原理的认识。从知识的实用性出发，强化对化学知识应用性的认识，并为下一节化学电源的学习做准备。



## 第二节 化学反应的速率与限度 (第2课时)

清华大学附属中学 白建娥

### 教学目标

1. 通过观察 $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{I}^-$ 反应的实验现象, 体会可逆反应在一定条件下能达到化学平衡, 能描述化学平衡状态。
2. 能从反应速率的角度解释一定条件下可逆反应存在限度的原因, 同时发展证据推理与模型认知能力。
3. 能将化学反应限度的概念应用在实际问题的解决中, 能熟练进行“数形转换”。

### 教学重点和难点

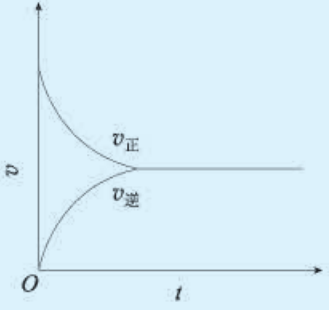
化学平衡的含义。

### 教学过程

教学环节一: 建立“化学反应有限度”的概念。

教师活动	学生活动	设计意图
请大家写出 $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{I}^-$ 反应的离子方程式。如果二者发生反应, 如何检验产物? 怎么保证 $\text{Fe}^{3+}$ 反应完全? 请学生动手演示该实验。 刚才两位同学演示实验的结果, 证明 $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{I}^-$ 确实发生了反应。但是, 即使 $\text{I}^-$ 过量, $\text{Fe}^{3+}$ 也无法反应完全。我们说这个反应在一定条件下存在限度。 剖析平衡状态的定义和特点。	两个学生合作演示实验: 取 5 mL 0.1 mol/L KI 溶液, 加入 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液 5~6 滴, 继续加入 2 mL $\text{CCl}_4$ , 充分振荡。取上层清液, 加入 2 滴 KSCN 溶液。 其他同学认真观察实验现象, 思考实验目的和产生该现象的原因。	通过实验引发学生的认知冲突, 在学生的“愤悱”状态中建立概念。

教学环节二：理解“化学反应有限度”的原因。

教师活动	学生活动	设计意图
提示学生运用刚刚学过的反应速率的影响因素，分析 $\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{I}^-$ 反应中，正反应与逆反应的速率（用同一物质的消耗或生成速率表示）随着时间的变化关系，画出相应的图像。结合学生画出的图像进一步讲解。	思考，画图，交流。 	在完成挑战性任务的思考过程中，建立速率与平衡的关联。

教学环节三：诊断学生对“化学平衡”概念的理解和应用。

教师活动	学生活动	设计意图
在 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $101\text{ kPa}$ 条件下，将一定量的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{O}_2$ 充入含有催化剂的密闭容器中，二者发生反应。随着反应的进行，用气体传感器测量各组分的浓度（见下表）。据此画出各物质的浓度随时间的变化示意图。 用幻灯片呈现课堂练习（判断是否达到平衡状态的相关习题）。	思考，画图（见下图）。  思考，交流。	在概念的运用过程中进一步理解并内化概念。

反应时间/s	0	10	20	30	40	50	60	70	100
$c(\text{SO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	10	7	5	3.5	2	1	1	1	1
$c(\text{O}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	5	3.5	2.5	1.75	1	0.5	0.5	0.5	0.5
$c(\text{SO}_3)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0	3	5	6.5	8	9	9	9	9

