全品
— SINCE 1992 —

教育图书 功能学具 学生之家

基础教育行业专研品牌

30+年专注教育行业

# 全品学练考

主编 肖德好

## 导学案

## 高中化学

浙江省

必修第二册 RJ

数智教辅

全品AI学伴

7×24小时有问必答

高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团

天津人民出版社

# CONTENTS 目录 导学案


05 第五章　化工生产中的重要非金属元素
PART FIVE

第一节　硫及其化合物 …… 107
第 1 课时　硫和二氧化硫 …… 107
第 2 课时　硫酸　硫酸根离子的检验 …… 112
第 3 课时　不同价态含硫物质的转化 …… 117
第二节　氮及其化合物 …… 119
第 1 课时　氮气与氮的固定　一氧化氮和二氧化氮 …… 119
第 2 课时　氨和铵盐 …… 123
第 3 课时　硝酸　酸雨及防治 …… 127
**拓展微课 1　基于硫、氮及其化合物的实验“微设计”** …… 131
第三节　无机非金属材料 …… 133
本章素养提升 …… 137

06 第六章　化学反应与能量
PART SIX

第一节　化学反应与能量变化 …… 139
第 1 课时　化学反应与热能 …… 139
第 2 课时　化学反应与电能 …… 143
**拓展微课 2　新型化学电源及分析** …… 148
第二节　化学反应的速率与限度 …… 150
第 1 课时　化学反应的速率 …… 150
**拓展微课 3　“变量控制法”在化学反应速率中的应用** …… 154
第 2 课时　化学反应的限度　化学反应条件的控制 …… 155
**拓展微课 4　“三段式法”的应用及图像分析** …… 158
本章素养提升 …… 160

## 07 第七章　有机化合物
PART SEVEN


第一节　认识有机化合物 …… 162

第 1 课时　有机化合物中碳原子的成键特点　烷烃的结构 …… 162

第 2 课时　烷烃的性质 …… 167

第二节　乙烯与有机高分子材料 …… 171

第 1 课时　乙烯 …… 171

第 2 课时　烃　有机高分子材料 …… 174

**拓展微课 5　烃一元(或多元)取代物种类及原子共线共面的判断** …… 178

第三节　乙醇与乙酸 …… 180

第 1 课时　乙醇 …… 180

第 2 课时　乙酸　官能团与有机化合物的分类 …… 184

第四节　基本营养物质 …… 188

第 1 课时　糖类 …… 188

第 2 课时　蛋白质　油脂 …… 191

**拓展微课 6　抓住官能团　类推陌生有机物的性质** …… 196

本章素养提升 …… 197


## 08 第八章　化学与可持续发展
PART EIGHT


第一节　自然资源的开发利用 …… 201

第 1 课时　金属矿物和海水资源的开发利用 …… 201

第 2 课时　煤、石油和天然气的综合利用 …… 205

第二节　化学品的合理使用 …… 207

第三节　环境保护与绿色化学 …… 213

本章素养提升 …… 216

◆ 参考答案 …… 219

# 第五章　化工生产中的重要非金属元素

## 第一节　硫及其化合物

| 学习目标 | 素养目标 |
| --- | --- |
| 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。<br>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。<br>3. 通过二氧化硫与水、氧气反应的学习，初步建立可逆反应的概念。<br>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。<br>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。<br>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形成的酸雨会危害环境，增强环保意识，培养社会责任感 | 【变化观念与平衡思想】以硫元素为核心建立物质转化视角，能够从物质类别和元素价态两个角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，分析硫及其化合物的化学性质及含硫物质间的转化关系。<br>【科学探究与创新意识】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，探究二氧化硫、硫酸的物理和化学性质、硫酸根离子的检验方法、不同价态含硫物质的转化。<br>【科学态度与社会责任】能说明硫及其化合物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知识和方法解决生产、生活中的简单化学问题 |

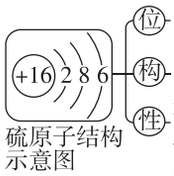
### 第 1 课时　硫和二氧化硫

**新课探究**　知识导学　素养初识

#### ◆ 学习任务一　硫的性质

【新知自主预习】

**1. 硫元素的“位—构—性”**



硫原子结构示意图

位　位于元素周期表的第____周期、第____族

构　有3个电子层，原子最外层有_____个电子

性　在化学反应中易得到____个电子，形成-2价硫的化合物；比氧原子多一个电子层，得电子能力相对____，失电子能力则相对____

**2. 单质硫的性质**

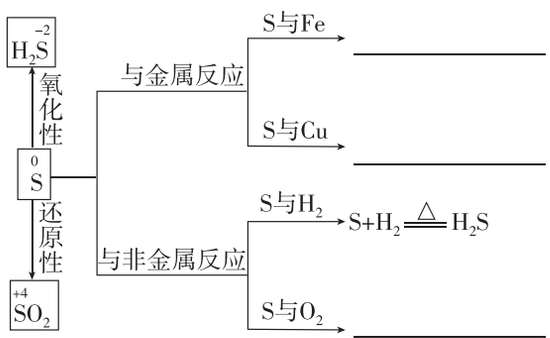
(1)硫的物理性质

| 色、态 | 硬度 | 溶解性 | 熔点、沸点 | 密度 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ____晶体，俗称____ | 质脆，易研成粉末 | 难溶于水，____溶于酒精，____溶于二硫化碳 | 113 ℃(熔)、445 ℃(沸) | 2.06 g·$cm^{-3}$ |

[注意] 实验室中可用二硫化碳清洗附着在试管内壁上的单质硫。

(2)硫的化学性质

硫单质中S元素显0价，处于中间价态，故硫单质既具有_____又具有_____，写出下列反应的化学方程式。




【实验活动探究】

某校化学兴趣小组通过实验探究硫的化学性质。

【实验1】将研细的硫粉和铁粉按照一定比例混合均匀，放在陶土网上堆成条状或如图甲所示的形状。用灼热的玻璃棒触及一端，当混合物呈红热状态时移开玻璃棒，观察发生的现象。

【实验 2】取少量硫粉放入燃烧匙中，将燃烧匙放在酒精灯上加热至硫粉熔化并燃烧后，迅速伸入盛满氧气的集气瓶（底部有少量水）中，观察发生的现象。

【实验 3】用坩埚钳夹住一束铁丝，灼烧后立刻放入充满氯气的集气瓶中，观察发生的现象。



硫粉与铁粉的反应

甲



硫在氧气中燃烧

乙



铁丝在氯气中燃烧

丙

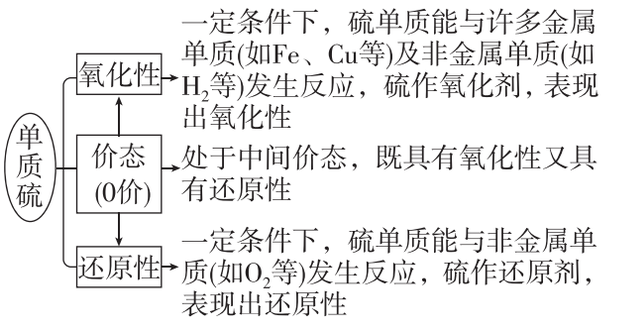
**问题一：**实验 1 中混合物持续红热，生成黑色固体 FeS。据此得出什么结论？试写出该反应的化学方程式。

**问题二：**实验 2 中发出蓝紫色火焰，产生有刺激性气味的气体 $SO_2$。试写出该反应的化学方程式，体现单质硫的什么性质？

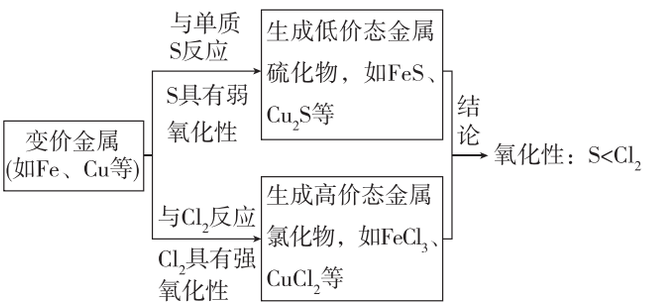
**问题三：**实验 3 中铁丝剧烈燃烧，产生棕黄色的烟，生成 $FeCl_3$ 固体。从微观角度分析 Fe 与 S、$Cl_2$ 反应产物中 Fe 元素价态不同的原因。

【核心知识讲解】

**1. 从元素化合价角度认识单质硫的化学性质**




**2. 硫、氯气与变价金属反应的比较**




[注意] 变价金属（Fe、Cu 等）与 S、$Cl_2$ 反应的产物取决于氧化剂的氧化性，与氧化剂的用量无关。

【知识迁移应用】

**例 1** 下列物质间的反应中，硫表现出还原性的是（　　）

A. 硫与氢气　　B. 硫与氧气

C. 硫与铁　　D. 硫与钠

**例 2** 下列物质中，不能由单质直接化合生成的是（　　）

①CuS　②FeS　③$SO_3$　④$H_2S$

A. ①③　　B. ①②③　　C. ①②④　　D. 全部

[易错警示]

单质 S 与 $O_2$ 反应时，无论氧气是否足量，均生成 $SO_2$，不能直接生成 $SO_3$，$SO_2$ 转化为 $SO_3$ 需要在催化剂、加热条件下才能进行。

## ◆ 学习任务二　二氧化硫的性质和用途

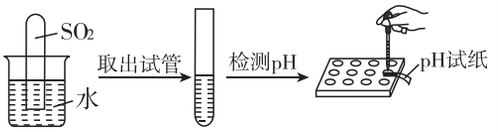
【新知自主预习】

**一、$SO_2$ 的物理性质**

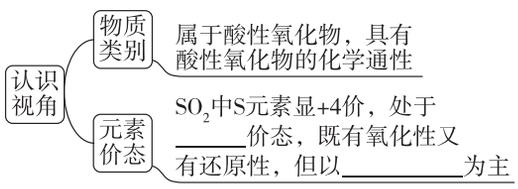
**1. 物理性质**

| 颜色 | 气味 | 毒性 | 密度 | 溶解性 |
|---|---|---|---|---|
| 无色 | 有____气味 | ____毒 | 比空气的____ | ____溶于水，通常情况下，1 体积的水可以溶解约 40 体积的 $SO_2$ |

**2. 实验探究**

| | |
|---|---|
| 实验操作 |  |
| 实验现象 | 试管内液面_____，pH 试纸变成红色 |
| 结论 | $SO_2$ 能溶于水，所得溶液呈_____性 |

## 二、从“价—类”二维视角认识 $SO_2$ 的化学性质



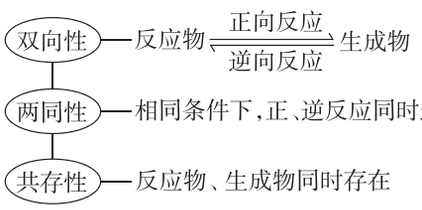

**1. 具有酸性氧化物的性质（物质类别）**

(1)与水反应

①$SO_2$ 与水反应生成 $H_2SO_3$，$H_2SO_3$ 不稳定，容易分解成 $SO_2$ 与 $H_2O$，化学方程式为_____。

②可逆反应：在_____，既能向_____进行，同时又能向_____进行的反应。

可逆反应特点：




[注意] 可逆反应这一概念的关键词是“同一条件”。例如，$2H_2+O_2 \xlongequal{点燃} 2H_2O$ 和 $2H_2O \xlongequal{电解} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$ 不属于可逆反应。

(2)与碱溶液反应

与少量 NaOH 溶液反应：

$SO_2+NaOH=\!=\!=NaHSO_3$；

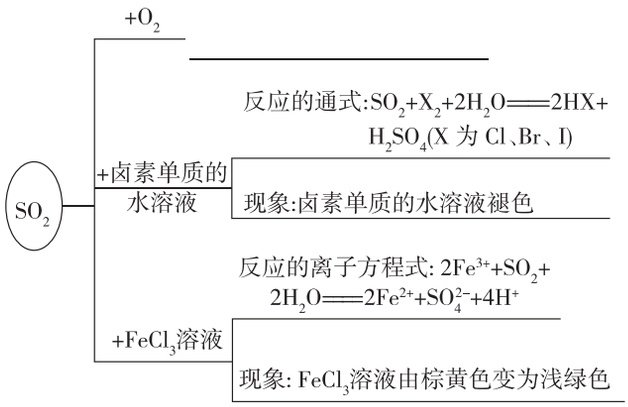
与足量 NaOH 溶液反应：

_____。

[注意] $SO_2$ 与碱溶液反应时，反应物的量影响反应及产物，若 $SO_2$ 不足，反应生成亚硫酸盐；若 $SO_2$ 足量，反应则生成亚硫酸氢盐。

**2. $SO_2$ 具有氧化性和还原性（元素价态）**

(1)具有强还原性




(2)具有弱氧化性

与 $H_2S$ 溶液反应的化学方程式为_____，反应现象为产生淡黄色浑浊。（注意：该反应常用于无机物的反应及推断）

**3. $SO_2$ 具有漂白性 [教材实验 5-2]**

| 实验操作 | 实验现象 | 实验分析 |
|---|---|---|
| 用试管取 2 mL $SO_2$ 的水溶液，滴入 1～2 滴品红溶液，振荡，观察溶液的颜色变化 | _____<br>_____ | $SO_2$ 与品红溶液反应生成了无色物质 |
| 加热试管，注意通风，再观察溶液的变化 | _____<br>_____ | 加热时无色物质分解，恢复为原来的颜色 |

**4. $SO_2$ 的重要用途**

(1)工业上常用 $SO_2$ 来漂白纸浆、毛、丝等。

(2)$SO_2$ 可用于_____，还是一种食品添加剂。

**【实验活动探究】**

**问题一：**若将等物质的量的 $SO_2$ 和 $Cl_2$ 同时通入品红溶液中，溶液的漂白性是“强强联合”吗？

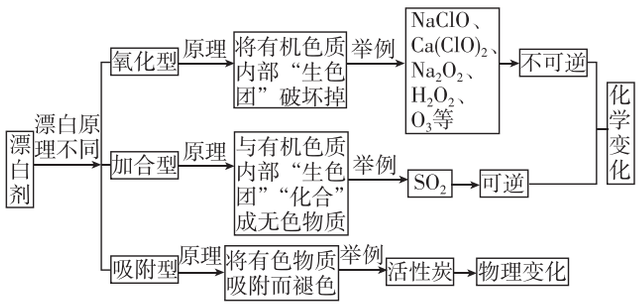
**问题二：**品红溶液中分别通入 $SO_2$ 和 $Cl_2$ 会出现什么现象？一段时间后对其进行加热，现象又如何？紫色石蕊溶液中分别通入 $SO_2$ 和 $Cl_2$ 会出现什么现象？

## 【核心知识讲解】

### 1. $SO_2$ 和 $CO_2$ 的化学性质比较

| | | $SO_2$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 共性 | 与水反应 | $SO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$ | $CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ |
| | 与碱反应 | $SO_2$ 气体通入澄清石灰水中，先生成沉淀，当气体过量时沉淀又溶解：$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3\downarrow+H_2O$，$CaSO_3+SO_2+H_2O=Ca(HSO_3)_2$ | $CO_2$ 气体通入澄清石灰水中，先生成沉淀，当气体过量时沉淀又溶解：$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3\downarrow+H_2O$，$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$ |
| | 与碱性氧化物反应 | $SO_2+CaO=CaSO_3$ | $CO_2+CaO=CaCO_3$ |
| | 弱氧化性 | $SO_2+2H_2S=3S+2H_2O$ | $CO_2+C\overset{高温}{=}2CO$ |
| 差异性 | 还原性 | 能被酸性高锰酸钾溶液、$Cl_2$、$Br_2$、$I_2$ 等氧化剂氧化 | — |
| | 漂白性 | 能使品红溶液褪色（暂时性、可逆性） | — |
| 鉴别方法 | | ①利用二氧化硫的还原性，用酸性高锰酸钾溶液或溴水鉴别<br>②利用二氧化硫的漂白性，用品红溶液鉴别 | |
| 除杂 | $CO_2$ 中混有少量 $SO_2$ | 将气体通过饱和 $NaHCO_3$ 溶液洗气或将气体通过酸性高锰酸钾溶液洗气 | |

### 2. 三种类型漂白原理的比较




## 【知识迁移应用】

**例 3** $SO_2$ 是一种食品添加剂。下列关于 $SO_2$ 的说法错误的是（　）

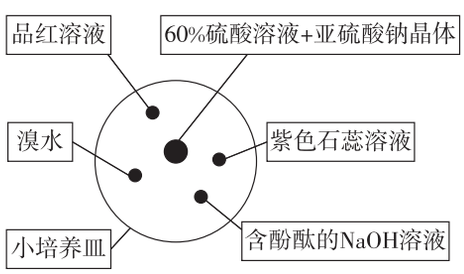
A. 是无色无味的气体

B. 具有漂白作用

C. 属于酸性氧化物

D. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色

**例 4** [2025·湖南娄底涟源高一期末] 如图所示是研究二氧化硫性质的微型实验装置。现用 60% 硫酸溶液和亚硫酸钠晶体反应制取 $SO_2$ 气体，实验现象很明显。下列说法中错误的是（　）




A. 紫色石蕊溶液变红色，是因为 $SO_2$ 溶于水生成了 $H_2SO_3$

B. 品红溶液褪色，是因为 $SO_2$ 具有氧化性

C. 溴水橙色褪去，是因为 $SO_2$ 具有还原性

D. 含酚酞的 NaOH 溶液红色变浅

**[易错警示]**

(1)$SO_2$ 的漂白性一般是指与有色有机物质的作用，与有色无机物质的作用不是漂白性。

(2)$SO_2$ 不能漂白酸碱指示剂，只能使紫色石蕊溶液变红，但不褪色。

(3)$SO_2$ 使卤水（氯水、溴水、碘水）、酸性 $KMnO_4$ 溶液等氧化性试剂褪色，体现 $SO_2$ 的还原性。

## 课堂评价

知识巩固　素养形成

**1.** 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1)硫元素在自然界中只存在化合态,没有游离态　(　)

(2)硫和铁、铜在加热条件下生成 $Fe_2S_3$ 和 CuS　(　)

(3)硫是一种非金属单质,与其他单质反应,只能作氧化剂　(　)

(4)$SO_2$ 的水溶液中存在 $SO_2$、$H_2SO_3$ 的原因是 $SO_2$ 与 $H_2O$ 的反应为可逆反应　(　)

(5)$SO_2$ 与氯水混用,漂白效果更好　(　)

(6)$SO_2$ 气体通入 $BaCl_2$ 溶液产生白色沉淀 $BaSO_3$　(　)

(7)某气体通入品红溶液后,品红溶液褪色,则该气体一定是 $SO_2$　(　)

(8)$SO_2$ 通入紫色石蕊溶液中,溶液先变红后褪色　(　)

**2.** 下列关于单质硫及 $SO_2$ 的说法中正确的是　(　)

A. $SO_2$ 与 NaOH 溶液反应生成 $Na_2SO_4$

B. 可用 $CS_2$ 或热 NaOH 溶液清洗残留在试管内壁的硫

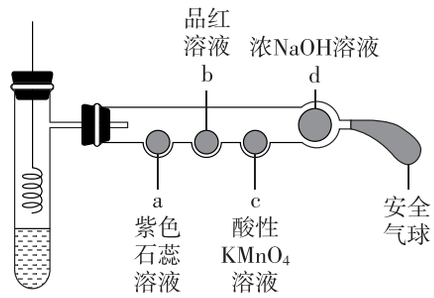
C. 硫跟铁单质反应生成硫化铁

D. $SO_2$ 有毒,不能用作食品添加剂

**3.** [2024·湖南长沙高一期末] 下列物质均有漂白作用,其中漂白原理与其他三种物质不同的是　(　)

A. $SO_2$　　B. $Na_2O_2$　C. NaClO　D. 氯水

**4.** [2025·浙江杭州学军中学高一期末] 已知:$Cu+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$。若将铜丝插入热浓硫酸中进行如图所示(a~d 均为浸有相应溶液的棉花)的探究实验,下列分析不正确的是　(　)



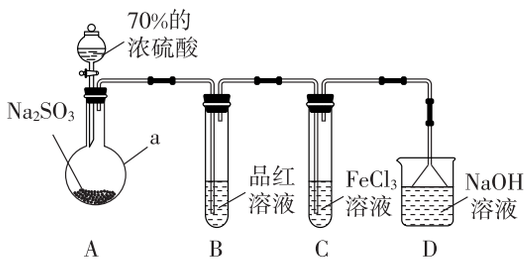

A. a 处变蓝,说明 $SO_2$ 是酸性氧化物

B. b 处褪色,说明 $SO_2$ 具有漂白性

C. c 处褪色,说明 $SO_2$ 具有还原性

D. d 处的浓 NaOH 溶液用于吸收未反应的 $SO_2$

**5.** 已知:$Na_2SO_3+H_2SO_4(浓)=\!=\!=Na_2SO_4+SO_2\uparrow+H_2O$。某化学兴趣小组利用如图所示装置(夹持装置省略)制取 $SO_2$,并进行相关性质的探究实验。




请回答下列问题:

(1)仪器 a 的名称是_____(填“锥形瓶”或“圆底烧瓶”)。

(2)B 装置中观察到品红溶液_____(填“褪色”或“不褪色”)。

(3)C 装置中发生反应:$SO_2+2Fe^{3+}+2H_2O=\!=\!=2Fe^{2+}+SO_4^{2-}+4H^+$,在此反应中 $Fe^{3+}$ 是_____(填“氧化剂”或“还原剂”)。

(4)D 装置中发生反应:$SO_2+2NaOH=\!=\!=Na_2SO_3+H_2O$,说明 $SO_2$ 是_____(填“酸性”或“碱性”)氧化物。

(5)欲制取标准状况下 2.24 L $SO_2$,至少需要 $Na_2SO_3$ 的质量为_____g。

# 第 2 课时　硫酸　硫酸根离子的检验

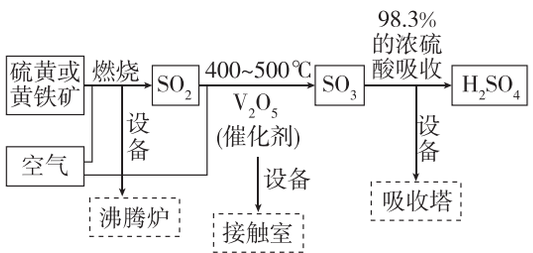
**新课探究**　知识导学　素养初识

## ◆ 学习任务一　硫酸

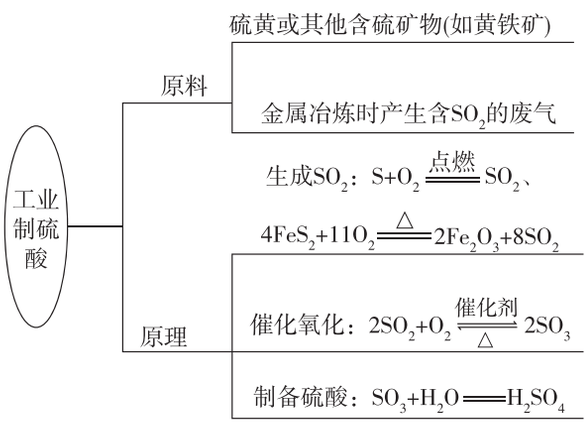
### 【新知自主预习】

### 一、工业制备硫酸的原理

**1. 工艺流程**



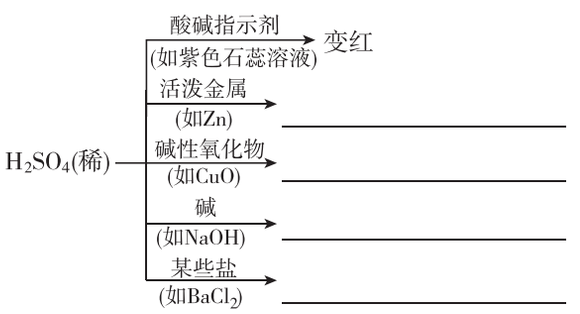

**2. 制备原料及反应原理**




### 二、硫酸的主要性质

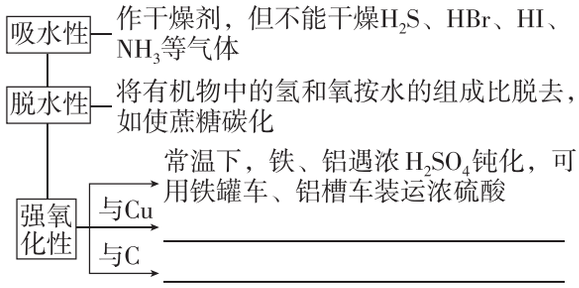
**1. 稀硫酸的化学性质**

稀硫酸具有酸的化学通性，写出下列反应的离子方程式：




[注意] 稀硫酸中 $H^+$ 体现弱氧化性，$SO_4^{2-}$ 不体现氧化性，不能被还原。

**2. 浓硫酸的三大特性**

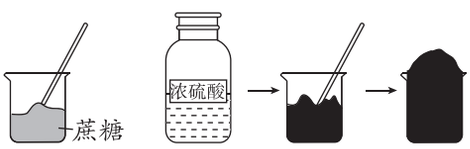



[注意] ①稀释浓硫酸时，将浓硫酸沿器壁缓慢注入水中，并用玻璃棒不断搅拌以散热；②浓硫酸的沸点高、难挥发，常利用浓硫酸制备挥发性酸[如 $NaCl(s)+H_2SO_4(浓) \xlongequal{\triangle} Na_2SO_4+2HCl\uparrow$]。

### 【实验活动探究】

**【实验 1】** 浓硫酸与蔗糖发生的“黑面包”反应

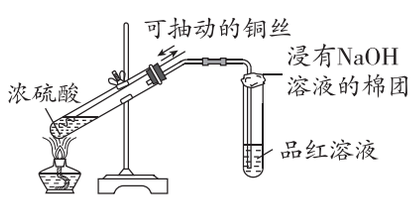
实验操作：




实验现象：蔗糖逐渐变黑，体积膨胀，形成黑色疏松多孔的海绵状的固体，并放出有刺激性气味的气体。

**【实验 2】** 浓硫酸与铜的反应

实验装置：




实验操作及现象：在带导管的橡胶塞侧面挖一个凹槽，并嵌入下端卷成螺旋状的铜丝。在试管中加入 2 mL 浓硫酸，塞好橡胶塞，使铜丝与浓硫酸接触。加热，将产生的气体通入品红溶液，品红溶液逐渐变为无色，向外拉铜丝，终止反应。冷却后，将被加热试管里的物质慢慢倒入盛有少量水的另一支试管里，溶液变成蓝色。

**问题一**：结合实验 1 现象推测蔗糖和浓硫酸的“黑面包”实验中，可能发生了哪些化学反应，主要体现了浓硫酸的哪些化学性质？

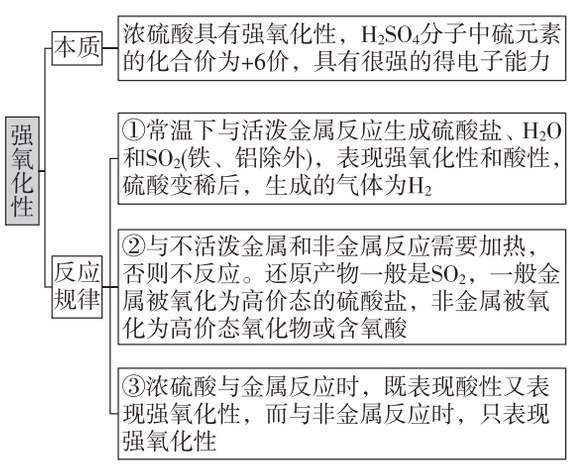
**问题二**：实验 2 中的实验现象主要体现了浓硫酸的哪些性质？浓硫酸与铜反应的原理是什么？

## 【核心知识讲解】

### 1. 浓硫酸的吸水性和脱水性比较

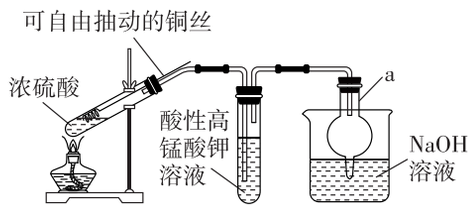
| | 吸水性 | 脱水性 |
|---|---|---|
| 作用对象 | 含有水分子或结晶水的物质 | 一般为含氢、氧元素的有机物，氢、氧元素按水的组成比脱去 |
| 变化类型 | 物理变化或化学变化 | 化学变化 |
| 能量变化 | 放热 | 放热 |
| 本质区别 | 看与浓硫酸接触的物质中是否含有“$H_2O$”。若含有“$H_2O$”，则浓硫酸表现吸水性；若不含“$H_2O$”，只是含有氢元素和氧元素的有机物，则浓硫酸表现脱水性 | |

### 2. 浓硫酸的强氧化性




## 【知识迁移应用】

**例 1** [2024·浙江宁波效实中学高一月考] 利用如图所示装置(夹持装置已略去)探究铜丝与过量浓硫酸的反应，下列说法正确的是 ( )



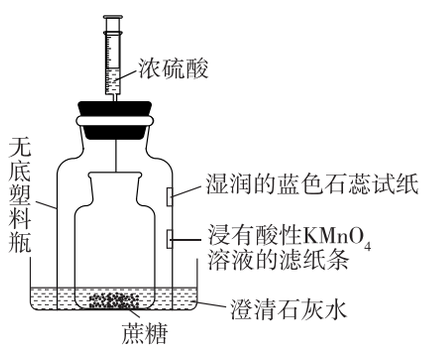

A. 该反应中浓硫酸只体现出氧化性

B. 可用导气管代替仪器 a，直接插入 NaOH 溶液中进行尾气处理

C. 随着反应的进行，可观察到盛有酸性高锰酸钾溶液的试管中溶液的颜色变浅

D. 反应结束后，盛有 NaOH 溶液的烧杯中不可能生成 $Na_2SO_4$

**例 2** [2025·浙江桐庐中学高一阶段考] 利用如图所示装置进行浓硫酸与蔗糖反应的实验，敞口瓶中的蔗糖滴有少量水，将注射器中的浓硫酸注入其中，反应一段时间后，下列说法正确的是 ( )




A. 湿润的蓝色石蕊试纸变红，说明有 $SO_2$ 生成

B. 浸有酸性 $KMnO_4$ 溶液的滤纸条褪色，说明 $SO_2$ 具有还原性

C. 澄清石灰水变浑浊，说明反应有 $CO_2$ 产生

D. 该实验只体现了浓硫酸的吸水性和强氧化性

**[易错警示] 浓 $H_2SO_4$ 与金属反应的规律**

(1)与活泼金属(如 Zn)反应，开始产生 $SO_2$，硫酸浓度变小后，产生 $H_2$。

(2)与不活泼金属(如 Cu)反应，开始产生 $SO_2$(加热)，浓度变小后，稀硫酸不再与不活泼金属反应。例如，1 mol Cu 与含 2 mol $H_2SO_4$ 的浓硫酸充分反应，生成 $SO_2$ 的物质的量小于 1 mol。

## ◆ 学习任务二　硫酸盐　$SO_4^{2-}$ 的检验

### 【新知自主预习】

### 一、几种常见的硫酸盐

| 硫酸盐 | 硫酸钙 | 硫酸钡 | 硫酸铜 |
|---|---|---|---|
| 存在形式 | 自然界中的硫酸钙常以石膏（_____）的形式存在 | 自然界中的硫酸钡以重晶石（$BaSO_4$）的形式存在 | — |
| 性质及变化 | 石膏被加热到150 ℃时，会失去所含大部分结晶水，生成熟石膏（$2CaSO_4 \cdot H_2O$） | 既不溶于水也不溶于酸，不容易被X射线透过 | 结合水后会变成蓝色晶体，俗称_____（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$） |
| 主要用途 | 用于制作各种模型和医疗用的石膏绷带；用于调节水泥的硬化速率 | 医疗上作为“钡餐”；可用作白色颜料；可用作油漆、油墨、造纸、塑料、橡胶等的原料及填充剂 | 胆矾和石灰乳混合制成农药——波尔多液 |

### 二、$SO_4^{2-}$ 的检验

**1. 探究 $SO_4^{2-}$ 的检验［教材实验5-4］**

| 实验操作 | 在三支试管中分别加入少量稀硫酸（试管①）、$Na_2SO_4$ 溶液（试管②）和 $Na_2CO_3$ 溶液（试管③），然后各滴入几滴 $BaCl_2$ 溶液，观察现象。再分别加入少量稀盐酸，振荡，观察现象 | | |
|---|---|---|---|
| 实验现象 | 试管①产生白色沉淀，加入稀盐酸，沉淀不溶解 | 试管②产生白色沉淀，加入稀盐酸，_____ | 试管③产生白色沉淀，加入稀盐酸，_____ |
| 相关离子方程式 | _____<br>_____ | _____<br>_____ | _____<br>_____、<br>_____ |
| 结论 | 在溶液中，$Ba^{2+}$ 和 $SO_4^{2-}$ 结合生成不溶于稀盐酸的白色 $BaSO_4$ 沉淀 | | |

**2. $SO_4^{2-}$ 的检验**

（1）实验操作

待测液 $\xrightarrow{\text{稀盐酸酸化}}$ 无明显现象 $\xrightarrow{BaCl_2\text{ 溶液}}$ 出现_____色沉淀，即可确定存在 $SO_4^{2-}$。

（2）理论解释

①先加稀盐酸的目的是排除_____、_____、_____等离子干扰。

②再加 $BaCl_2$ 溶液，若存在 $SO_4^{2-}$，发生反应的离子方程式为_____。

### 【实验活动探究】

**【实验目的】** 用化学沉淀法去除粗盐中的可溶性杂质：$Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$、$SO_4^{2-}$。

**【实验试剂】** 粗盐、蒸馏水、$BaCl_2$ 溶液、NaOH 溶液、饱和 $Na_2CO_3$ 溶液、稀盐酸。

**【实验步骤】**

实验操作流程

粗盐 $\xrightarrow[\text{溶解}]{\text{蒸馏水}}$（1）粗盐水 $\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{过量 }BaCl_2}$（2）$\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{过量 NaOH}}$（3）

$\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{过量饱和 }Na_2CO_3}$（4）悬浊液 $\xrightarrow{\text{过滤}}$（5）滤液 $\xrightarrow[\text{无气泡冒出}]{\text{加稀盐酸至}}$（6）

溶液 $\xrightarrow[(7)]{\text{蒸发}}$ NaCl 晶体

**问题一：** 步骤（2）中如何表明 $SO_4^{2-}$ 沉淀完全？

**问题二：** 为什么每次加入的试剂都要略微过量？加入稀盐酸的目的是什么？

**问题三：** 本实验中加入试剂的顺序能否调整？试剂的加入顺序有什么原则吗？

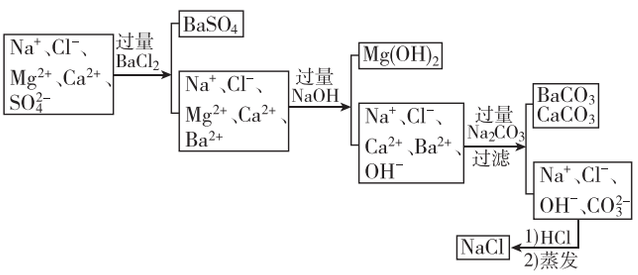
## 【核心知识讲解】

### 1. 硫酸根离子（$SO_4^{2-}$）的检验方法及原理

- 实验操作
  - ①所需试剂：稀盐酸+$BaCl_2$溶液
  - ②实验操作：待测液中先加入足量稀盐酸酸化，再滴加$BaCl_2$溶液
  - ③实验结论：加入稀盐酸无明显现象，滴加$BaCl_2$溶液产生白色沉淀，则证明该溶液中含有$SO_4^{2-}$
- 反应原理
  - $Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$
- 注意事项
  - ①检验$SO_4^{2-}$时，要先加入稀盐酸，排除$CO_3^{2-}$、$SO_3^{2-}$等离子的干扰
  - ②若溶液中含$SO_3^{2-}$，当加入稀硝酸时，$SO_3^{2-}$可被氧化为$SO_4^{2-}$，故不能用稀硝酸代替稀盐酸

### 2. 粗盐的提纯

(1)粗盐提纯时，试剂的加入顺序及各步操作时体系中的主要离子和沉淀成分：




[注意] ①每一步加入的除杂试剂都必须过量，多次沉淀，一次过滤；要先过滤沉淀再加入稀盐酸中和。

②要先加入过量$BaCl_2$溶液除去$SO_4^{2-}$，后加入过量$Na_2CO_3$溶液除去$Ca^{2+}$及过量的$Ba^{2+}$。

(2)利用离子反应除去杂质的思路和方法

- 分析组成
  - 分析物质组成，明确要保留的物质和要除去的杂质及它们之间的性质差异
- 选择试剂
  - ①选择能使杂质离子转化为气体或沉淀的物质作为除杂试剂
  - ②除杂离子不影响要保留的离子，且适当过量
  - ③确定因除杂试剂过量而引入的新杂质如何除去
- 确定步骤
  - 综合考虑原有杂质离子和可能引入的新杂质离子，确定试剂添加顺序和实验操作步骤

## 【知识迁移应用】

**例 3** 已知稀硝酸具有强氧化性，$Na_2SO_3$在空气中易被氧化为$Na_2SO_4$。现有一包装破损的$Na_2SO_3$白色固体粉末，为了检验其是否变质，正确的方法是(试剂均过量)（ ）

A. 取少量样品于试管中，滴入足量稀盐酸，无沉淀，再滴入$BaCl_2$溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

B. 取少量样品于试管中，滴入足量稀硝酸，再滴入$BaCl_2$溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

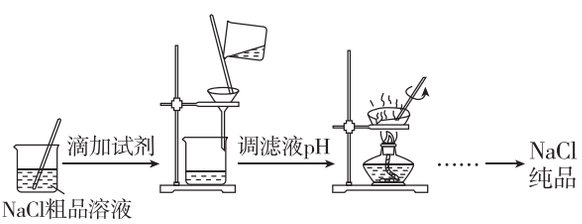
C. 取少量样品于试管中，滴入足量稀硫酸，再滴入$BaCl_2$溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

D. 取少量样品于试管中，滴入足量稀盐酸，若产生使品红溶液褪色的气体，则说明已变质

[易错警示] 检验$SO_4^{2-}$的常见误区及分析

| 误区 | 分析 |
| --- | --- |
| 只加$BaCl_2$溶液，不加稀盐酸 | 可能是$Ag^+$与$Cl^-$反应生成AgCl沉淀，还可能是$CO_3^{2-}$、$SO_3^{2-}$、$PO_4^{3-}$等与$Ba^{2+}$反应生成沉淀 |
| $BaCl_2$溶液与稀盐酸的滴加顺序颠倒 | 可能是$Ag^+$与$Cl^-$反应生成了不溶于稀盐酸的AgCl沉淀 |
| 先用稀硝酸酸化再加入$BaCl_2$溶液或先用稀盐酸酸化再加入$Ba(NO_3)_2$溶液 | $HNO_3$具有强氧化性，能将溶液中的$SO_3^{2-}$、$HSO_3^-$氧化成$SO_4^{2-}$ |

**例 4** [2025·浙江1月选考] 提纯NaCl粗品(含少量的$Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$、$K^+$和$SO_4^{2-}$)得到NaCl纯品的方案如下，所用试剂为$BaCl_2$溶液、$Na_2CO_3$溶液、盐酸和NaOH溶液。




下列说法不正确的是（ ）

A. 用过量的$BaCl_2$溶液除去$SO_4^{2-}$

B. $Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$、$SO_4^{2-}$通过生成沉淀后过滤除去

C. 4种试剂的使用顺序为$BaCl_2$溶液、$Na_2CO_3$溶液、盐酸、NaOH溶液

D. 调pH后的滤液蒸发至大量固体析出，趁热过滤、洗涤、干燥后即得NaCl纯品

## 课堂评价

知识巩固　素养形成

**1.** 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1)浓硫酸可用来干燥 $NH_3$、$H_2S$　(　)

(2)冷的浓硫酸使铁、铝钝化属于物理变化　(　)

(3)浓硫酸具有强氧化性,$SO_2$ 具有较强的还原性,因此不能用浓硫酸干燥 $SO_2$　(　)

(4)向 $CuSO_4\cdot 5H_2O$ 的表面上滴加浓硫酸,晶体表面会出现“白斑”　(　)

(5)取少量试样溶液,加入用稀盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶液,有白色沉淀生成,则溶液中一定含有 $SO_4^{2-}$　(　)

(6)为除去粗盐水中少量的 $Ca^{2+}$,可向溶液中加入过量的 $K_2CO_3$ 溶液,然后过滤　(　)

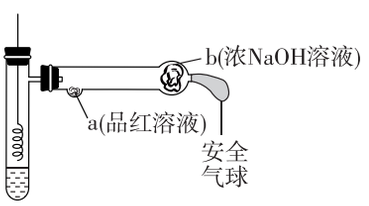
(7)为除去粗盐水中的 $Mg^{2+}$、$Ca^{2+}$、$SO_4^{2-}$,可依次加入稍过量的 NaOH、$BaCl_2$、$Na_2CO_3$ 溶液,过滤后加入稀盐酸调节溶液为中性　(　)

**2.** 浓硫酸可用来干燥某些气体,说明浓硫酸具有(　)

A. 酸性　　B. 吸水性

C. 脱水性　　D. 氧化性

**3.** 探究铜与过量热浓硫酸反应,装置如图所示(棉花团 a、b 均浸有相应溶液,夹持仪器略去)。下列有关说法错误的是　(　)




A. 上下抽动铜丝,可控制反应的发生与停止

B. b 处浓 NaOH 溶液用于吸收 $SO_2$

C. 为观察溶液颜色,反应后立即向左侧试管中加入少量蒸馏水并振荡

D. 其他条件不变,用铁丝代替铜丝也可看到 a 处品红褪色

**4.** 下列有关检验试样中有无 $SO_4^{2-}$ 的操作及结论均正确的是　(　)

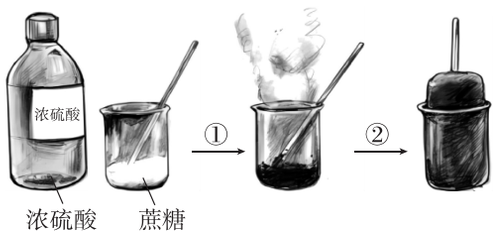
A. 先加 HCl 溶液无明显现象,再加 $BaCl_2$ 溶液有白色沉淀,一定有 $SO_4^{2-}$

B. 加盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶液有白色沉淀,一定有 $SO_4^{2-}$

C. 滴加 $MgCl_2$ 溶液未产生白色沉淀,一定没有 $SO_4^{2-}$

D. 滴加 $BaCl_2$ 溶液有白色沉淀,一定有 $SO_4^{2-}$

**5.** [2024·湖南长沙宁乡一中高一月考] 蔗糖与浓硫酸发生作用的过程如图所示。




下列关于该过程的分析不正确的是　(　)

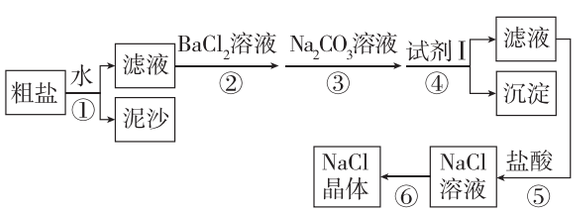
A. 过程中蔗糖分子发生了化学键的断裂

B. 过程中只发生 $C+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow+2H_2O$ 一个化学反应

C. 过程中产生能使品红溶液褪色的气体,体现了浓硫酸的强氧化性

D. 过程①白色固体变黑,主要体现了浓硫酸的脱水性

**6.** [2024·北京海淀区高一期末] 粗盐中通常含有 $Na_2SO_4$、$MgCl_2$、$CaCl_2$ 和泥沙等杂质,实验室用粗盐制备 NaCl 晶体的流程如图所示。




(1)①中不需要使用的实验仪器是_____。

A. 玻璃棒　　B. 漏斗

C. 蒸发皿　　D. 烧杯

(2)下列说法正确的是_____。

A. ②的目的是除去 $SO_4^{2-}$

B. ②和③的试剂顺序可以互换

C. 试剂Ⅰ是 KOH 溶液

D. ⑤中只发生反应:$OH^-+H^+=\!=\!=H_2O$

(3)⑥中用到的分离方法是_____。

A. 过滤　　B. 冷却结晶

C. 吸附　　D. 蒸发结晶

# 第 3 课时　不同价态含硫物质的转化

**新课探究**　知识导学　素养初识

## ◆ 学习任务　不同价态含硫物质的转化

### 【新知自主预习】

### 一、自然界中硫的存在和转化

**1. 自然界中硫的存在**

自然界中硫元素的存在
- (1)硫元素广泛存在于自然界中，是植物生长不可缺少的元素，组成生命体的_____中就含有硫
- (2)游离态的硫存在于_____附近或地壳的____中
- (3)在岩层深处和海底的无氧环境下，硫元素与铁、铜等金属元素形成的化合物通常以_____的形式存在，如黄铁矿($FeS_2$)等
- (4)在地表附近，受氧气和水的长期作用，硫化物转化为_____，如石膏($CaSO_4\cdot 2H_2O$)等

**2. 自然界中硫的转化**

火山口附近的硫单质被大气中的 $O_2$ 氧化成____，进一步被氧化生成 $SO_3$，$SO_2$ 和 $SO_3$ 遇水分别形成_____和_____。转化关系如下：

火山喷发
- 地表
  - 氢化物：____
  - 氧化物：$SO_2$、$H_2SO_3$、$SO_3$、$H_2SO_4$
  - 微生物：S、$H_2S$
- 地下
  - 黄铁矿_____
  - 黄铜矿_____
  - 石膏_____
  - 芒硝_____

### 二、不同价态含硫物质的转化

**1. 转化原理**

(1)硫元素常见价态及其转化关系

$$\overset{-2}{S}\rightleftharpoons\overset{0}{S}\rightleftharpoons\overset{+4}{S}\rightleftharpoons\overset{+6}{S}$$

(2)通过_____反应实现不同价态含硫物质的相互转化。低价态的硫元素向高价态转化时需加入_____剂，高价态的硫元素向低价态转化时需要加入_____剂。

**2. 实验设计原则**

设计实验遵循的原则是科学性、_____、安全性和绿色化。

### 【实验方案设计】

**【实验目的】**依据不同价态含硫物质的性质与转化关系，选取含有硫元素的物质，实验探究－2 价、0 价、＋4 价、＋6 价四种价态硫元素之间的相互转化。

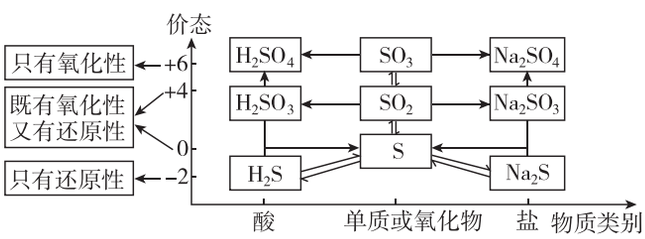
**【实验试剂】**硫粉、$SO_2$ 水溶液、浓硫酸、氯水、$Na_2S$ 溶液、铜片、品红溶液、稀盐酸、$BaCl_2$ 溶液。

**【实验方案】**结合“不同价态含硫物质的性质及转化”，选取合适试剂，设计实验实现下表中的转化目标。

| 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 | －2→0 | | | | |
| ② | 0→－2 | | | | |
| ③ | 0→＋4 | | | | |
| ④ | ＋4→0 | | | | |
| ⑤ | ＋4→＋6 | | | | |
| ⑥ | ＋6→＋4 | | | | |

### 【核心知识讲解】

**1. 利用“价—类”二维图构建含硫物质的转化关系**




**2. 含硫物质转化的思路与规律**

(1)探究不同价态含硫物质之间相互转化的思路

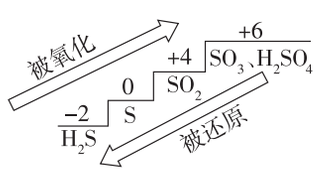
首先，要选择含有不同价态的硫元素的物质，如含＋4 价硫元素的物质可以选择二氧化硫或亚硫酸钠。

其次，实现不同价态硫元素之间的相互转化，依据的是氧化还原理论，需要寻找合适的氧化剂或还原剂。

第三，提供表明相应转化实际发生的证据。

(2)含硫物质的转化规律

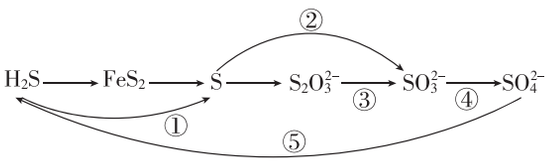
含硫物质的转化规律
- a. 当硫元素的化合价升高或降低时，一般升高或降低到相邻的价态，即台阶式升降，可用下图表示：




- b. 相邻价态的同种元素的微粒间一般不发生氧化还原反应，如S和$H_2S$、S和$SO_2$、$SO_2$和$H_2SO_4$之间不发生氧化还原反应

【知识迁移应用】

**例 1** [2025·湖南长沙一中高一检测] 自然界的硫循环需要依靠多种硫氧化细菌(能把低价硫氧化为高价硫)或还原细菌,硫的部分转化如图所示。下列有关表述错误的是 ( )



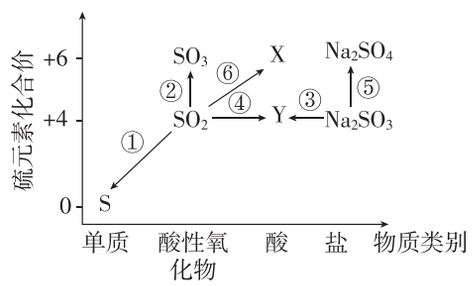

A. $H_2S$ 是一种还原性较强的气体

B. 过程①②中,含硫物质均发生氧化反应

C. 过程⑤需要硫氧化细菌参与

D. 若过程④用 $H_2O_2$ 作氧化剂,则反应的离子方程式为 $H_2O_2+SO_3^{2-}=\!=\!=SO_4^{2-}+H_2O$

**例 2** [2024·江苏南京二十九中高一月考] 如图所示为 S 元素的“价—类”二维图,图中列出了部分转化箭头 。




下列说法正确的是 ( )

A. Y 的化学式为 $H_2SO_4$

B. 实现过程③可以用 NaOH 溶液

C. 实现过程⑥可以用 $H_2$

D. 实现过程④可以用 $H_2O$

**[归纳总结] 硫及其化合物的转化规律**

(1)相同价态硫元素的转化是通过非氧化还原反应实现的

如:$SO_2\xrightarrow{H_2O}H_2SO_3\xrightarrow{NaOH}Na_2SO_3\xrightarrow{SO_2}NaHSO_3$,$Na_2SO_3\xrightarrow{H_2SO_4}SO_2$

(2)不同价态硫元素的转化是通过氧化还原反应实现的

如:$H_2S\underset{H_2}{\overset{O_2}{\rightleftharpoons}}S\underset{H_2S}{\overset{O_2}{\rightleftharpoons}}SO_2\xrightarrow{O_2}SO_3$

## 课堂评价

知识巩固 素养形成

**1.** 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1)由于-2 价和+4 价硫不稳定,自然界中含硫物质都以硫酸盐的形式存在 ( )

(2)在自然界中,空气中的 $O_2$ 和 $H_2O$ 对硫的转化起到重要的作用 ( )

(3)大气中存在大量的氧气,因此自然界中含硫物质的转化都是氧化还原反应 ( )

(4)在岩层深处和海底无氧环境下,硫元素通常以硫酸盐的形式存在 ( )

(5)因为单质硫易与氧气反应,故自然界中不会存在游离态的硫 ( )

**2.** [2025·山东莱州一中高一检测] 下列有关硫元素循环的说法不合理的是 ( )

A. 煤、石油中的硫元素燃烧时能生成 $SO_2$

B. 动物尸体腐败过程产生的 $H_2S$ 气体会进入大气

C. 循环过程中硫元素既发生氧化反应又发生还原反应

D. 大气中的硫元素会全部转化成 $H_2SO_4$ 而形成酸雨

**3.** [2025·江苏南通中学高一检测] 硫及其化合物的转化有着重要的应用。下列含硫物质的转化不正确的是 ( )

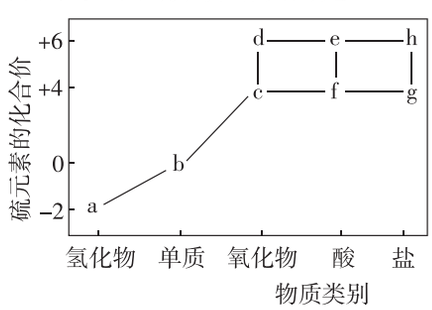
A. 实验室探究 $SO_2$ 的制备与性质:$Na_2SO_3(s)\xrightarrow{70\%硫酸}SO_2(g)\xrightarrow{H_2O_2、BaCl_2(aq)}BaSO_4(s)$

B. 工业上制备 $H_2SO_4$ 的部分流程:$FeS_2(s)\xrightarrow{O_2、煅烧}SO_2(g)\xrightarrow{O_2、催化剂、加热}SO_3(g)$

C. 用 $Na_2CO_3$ 溶液吸收 $SO_2$ 制备 $Na_2SO_3$:$SO_2(g)\xrightarrow{过量\ Na_2CO_3(aq)}NaHSO_3(aq)\xrightarrow{NaOH(aq)}Na_2SO_3(aq)$

D. 实验室探究浓硫酸的性质:$H_2SO_4(浓)\xrightarrow{Cu、加热}SO_2(g)\xrightarrow{KMnO_4(aq)}H_2SO_4(aq)$

**4.** [2025·广东东莞高一检测] 硫的“价—类”二维图如图所示。下列分析错误的是 ( )



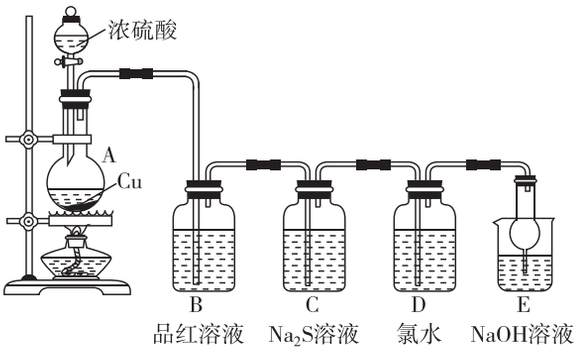

A. a 只有还原性,在水溶液中不可能生成 d

B. b 与 e 的浓溶液反应可得到 c

C. f 的溶液露置于空气中酸性增强,与 f→e 的转化有关

D. 可用 e 的溶液判断 h 中是否含有 g

**5.** 实验室通过如图所示装置来研究不同价态硫元素之间的转化。




(1)写出 A 中发生反应的化学方程式：_____。

(2)B 中的现象是_____。

(3)C 中的现象是_____，$Na_2S$ 在反应中作_____剂。

(4)D 中氯水褪色，在此反应中硫元素的化合价由_____转化为_____；甲认为可以补充一个实验进一步证明硫元素的价态转化，实验方案和现象为_____。

(5)E 的作用是_____，离子方程式为_____。

(6)上述实验体现的 $SO_2$ 的性质有_____(任填 2 项即可)。

# 第二节　氮及其化合物

| 学习目标 | 素养目标 |
| --- | --- |
| 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。<br>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。<br>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。<br>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，培养学以致用的理念。<br>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。<br>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 | **【变化观念与平衡思想】**能以工业合成氨、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。<br>**【科学探究与创新意识】**能根据氨、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。<br>**【科学态度与社会责任】**能理解氮的固定对人类生存的重要意义，明确合成氨工业对社会发展的价值 |

## 第 1 课时　氮气与氮的固定　一氧化氮和二氧化氮

**新课探究**　知识导学　素养初识

### ◆ 学习任务一　氮气与氮的固定

**【新知自主预习】**

#### 一、氮元素及在自然界中的存在

**1.** 氮元素的“位—构—性”

位—氮元素位于元素周期表的第___周期、第___族

构—氮原子结构示意图为_____，最外层有__个电子

性—既不容易得到__个电子，也不容易失去__个电子，故一般通过_____与其他原子相互结合构成物质

**2.** 自然界中氮元素的存在形式

氮元素
- 游离态：主要以_____的形式存在于空气中
- 化合态：部分氮元素存在于动植物体内的_____中
- 化合态：部分氮元素存在于土壤、海洋里的_____和_____中

#### 二、氮气与氮的固定

**1.** 氮气

(1)分子结构

氮分子的结构式为_____，两个氮原子间以_____结合，故 $N_2$ 的化学性质很稳定，

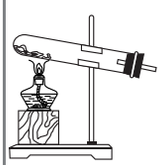
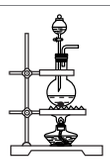
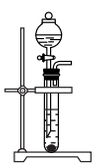
# 拓展微课1 基于硫、氮及其化合物的实验“微设计”

## ◆ 角度一 常见气体的制备、检验及除杂

【必备知识】

### 1. 常见的气体制备装置

要依据制备气体所需的反应物状态和反应条件，选择制备气体的发生装置。

| 发生装置 | 装置特点 | 制备气体 |
| --- | --- | --- |
|  | 固体＋固体$\xrightarrow{\triangle}$气体 | $O_2$（$KClO_3+MnO_2$）、$NH_3$[$NH_4Cl+Ca(OH)_2$] |
|  | 固体（液体）＋液体$\xrightarrow{\triangle}$气体 | $Cl_2$（$MnO_2$、浓盐酸） |
|  | 固体＋液体（不加热）⟶气体 | $NH_3$（生石灰、浓氨水）、$O_2$（$MnO_2$、双氧水）、$Cl_2$（$KMnO_4$、浓盐酸）、$SO_2$（$Na_2SO_3$、70%硫酸）等 |

### 2. 常见气体的除杂方法

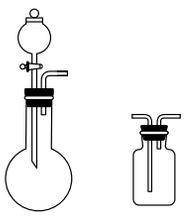
| 气体（括号内为杂质） | 除杂试剂 | 化学方程式或原理 |
| --- | --- | --- |
| $H_2$（$NH_3$） | 浓硫酸 | $NH_3+H_2SO_4$ ═══ $NH_4HSO_4$ |
| $Cl_2$（HCl） | 饱和NaCl溶液 | HCl极易溶于水，$Cl_2$在饱和NaCl溶液中的溶解度较小 |
| $CO_2$（HCl） | 饱和$NaHCO_3$溶液 | $HCl+NaHCO_3$ ═══ $NaCl+H_2O+CO_2$ |
| $SO_2$（HCl） | 饱和$NaHSO_3$溶液 | $HCl+NaHSO_3$ ═══ $NaCl+H_2O+SO_2$ |
| $CO_2$（$SO_2$） | 饱和$NaHCO_3$溶液 | $SO_2+2NaHCO_3$ ═══ $Na_2SO_3+H_2O+2CO_2$ |
| $CO_2$（CO） | 灼热CuO | $CO+CuO\xrightarrow{\triangle}Cu+CO_2$ |
| CO（$CO_2$） | NaOH浓溶液 | $CO_2+2NaOH$ ═══ $Na_2CO_3+H_2O$ |
| $N_2$（$O_2$） | 灼热铜网 | $2Cu+O_2\xrightarrow{\triangle}2CuO$ |

### 3. 常见气体的检验

| 常见气体 | 检验依据（特性） | 注意事项 |
| --- | --- | --- |
| $SO_2$ | ①无色，有刺激性气味；<br>②能使品红溶液褪色，加热后恢复红色；<br>③能使酸性$KMnO_4$溶液褪色、能使溴水褪色；<br>④能使澄清石灰水变浑浊 | $CO_2$也能使澄清石灰水变浑浊；$SO_2$的漂白原理与新制氯水的漂白原理不同 |
| $CO_2$ | 能使澄清石灰水变浑浊；能使燃着的木条熄灭 | 注意区别$SO_2$也能使澄清石灰水变浑浊，$N_2$也能使燃着的木条熄灭 |
| NO | 无色气体，接触空气时立即变为红棕色 | — |
| $Cl_2$ | 黄绿色，有刺激性气味，能使湿润的淀粉碘化钾试纸变蓝 | $Cl_2$有毒，注意闻气味的方法 |
| $NO_2$ | ①红棕色，有刺激性气味；<br>②通入水中得到无色溶液并产生无色气体，水溶液显酸性 | $NO_2$的颜色与溴蒸气相近，$NO_2$溶于$AgNO_3$溶液无沉淀生成，而溴蒸气溶于$AgNO_3$溶液有淡黄色沉淀生成 |
| HCl | ①无色，有刺激性气味，在潮湿的空气中形成白雾；<br>②用蘸有浓氨水的玻璃棒靠近时冒白烟；<br>③通入$AgNO_3$溶液时有白色沉淀生成 | HCl极易溶于水，做相关实验时应防倒吸 |
| $NH_3$ | ①无色，有刺激性气味，能使湿润的红色石蕊试纸变蓝；<br>②用蘸有浓盐酸的玻璃棒靠近时冒白烟 | $NH_3$极易溶于水，做相关实验时应防倒吸 |

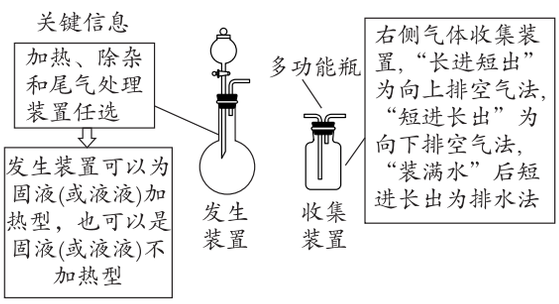
【综合应用】

**例 1** [2024·河北卷] 图示装置不能完成相应气体的发生和收集实验的是(加热、除杂和尾气处理装置任选) (　　)

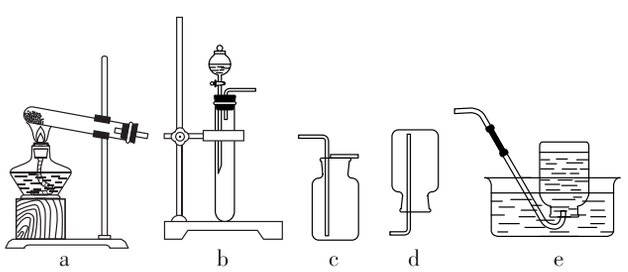


| 选项 | 气体 | 试剂 |
|---|---|---|
| A | $SO_2$ | 饱和 $Na_2SO_3$ 溶液＋浓硫酸 |
| B | $Cl_2$ | $MnO_2$＋浓盐酸 |
| C | $NH_3$ | 固体 $NH_4Cl$＋熟石灰 |
| D | $CO_2$ | 石灰石＋稀盐酸 |

[题图解读] 题中实验装置图分析如下：




**变式** [2024·北京石景山区高一期末] 实验室制备下列气体所选试剂、制备装置及收集方法均正确的是 (　　)




| 选项 | 气体 | 试剂 | 制备装置 | 收集方法 |
|---|---|---|---|---|
| A | $O_2$ | $KMnO_4$ | a | d |
| B | $H_2$ | Zn＋稀 $H_2SO_4$ | b | e |
| C | NO | Cu＋稀 $HNO_3$ | b | c |
| D | $CO_2$ | $CaCO_3$＋稀 $H_2SO_4$ | b | c |

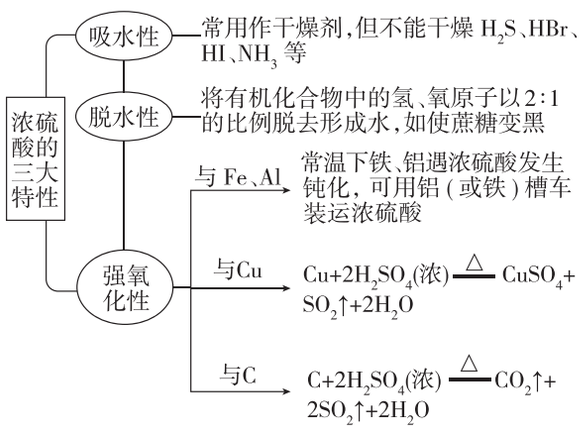
## ◆ 角度二　基于硫酸、硝酸性质的“微实验”

【必备知识】

### 1. 稀硫酸的化学性质

| | 酸与酸碱指示剂 | 使紫色石蕊溶液变红 |
|---|---|---|
| 化学性质 | 酸＋活泼金属⟶盐＋氢气 | 铝＋稀硫酸：$2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2\uparrow$ |
| | 酸＋金属氧化物⟶盐＋水 | 稀硫酸除铁锈：$Fe_2O_3+3H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+3H_2O$ |
| | 酸＋碱⟶盐＋水 | 硫酸＋氢氧化铜：$H_2SO_4+Cu(OH)_2=CuSO_4+2H_2O$ |
| | 酸$_1$＋盐$_1$⟶酸$_2$＋盐$_2$ | 硫酸＋氯化钡：$H_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4\downarrow+2HCl$ |

### 2. 浓硫酸的三大特性




### 3. 硝酸的化学性质

| 性质 | 具体表现 | 化学方程式 |
|---|---|---|
| 强酸性 | 与碱[如 $Fe(OH)_3$]反应 | $Fe(OH)_3+3HNO_3=Fe(NO_3)_3+3H_2O$ |
| | 与碱性氧化物(如 CuO)反应 | $CuO+2HNO_3=Cu(NO_3)_2+H_2O$ |
| | 与某些盐(如 $CaCO_3$)反应 | $CaCO_3+2HNO_3=Ca(NO_3)_2+CO_2\uparrow+H_2O$ |
| 强氧化性 | 与金属(如稀硝酸与 Cu)反应 | $3Cu+8HNO_3(稀)=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$ |
| | 与非金属(如浓硝酸与 C)反应 | $C+4HNO_3(浓)\xrightarrow{\triangle}2H_2O+4NO_2\uparrow+CO_2\uparrow$ |
| 不稳定性 | 见光或受热易发生分解 | $4HNO_3\xrightarrow{\triangle或光照}4NO_2\uparrow+O_2\uparrow+2H_2O$ |

【综合应用】

**例 2** 某小组同学探究浓硫酸的性质，向试管①②中加入等量的 98% 的浓硫酸，实验如下。

| | 实验 1 | 实验 2 | 实验 3 |
|---|---|---|---|
| 装置 | 浓$H_2SO_4$<br>NaCl固体<br>① | 浓$H_2SO_4$<br>NaBr固体<br>② | ②中溶液<br>NaI固体<br>③ |
| 现象 | 溶液颜色无明显变化；把蘸有浓氨水的玻璃棒靠近试管口，产生白烟 | 溶液变黄；把湿润的品红试纸靠近试管口，试纸褪色 | 溶液变深紫色（经检验溶液中含单质碘） |

下列对实验的分析不合理的是 （ ）

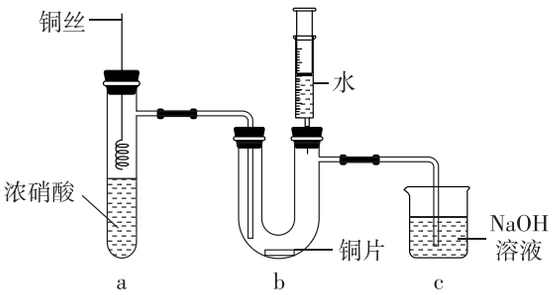
A. 实验 1 中，白烟是 $NH_4Cl$

B. 根据实验 1 和实验 2 判断还原性：$Br^- > Cl^-$

C. 根据实验 3 判断还原性：$I^- > Br^-$

D. 上述实验体现了浓 $H_2SO_4$ 的强氧化性、难挥发性等性质

**变式** 将铜丝插入浓硝酸中进行如图所示的实验，下列说法正确的是 （ ）




A. 装置 a 中出现红棕色气体，只体现 $HNO_3$ 的酸性

B. 一段时间后抽出铜丝，向装置 b 中 U 形管内注入水，液体在 U 形管内逐渐变成蓝色

C. 注入水后装置 b 中铜片表面产生气泡，说明 Cu 与硝酸生成 $H_2$

D. 装置 c 用 NaOH 溶液吸收尾气，说明 NO 和 $NO_2$ 均是酸性氧化物

# 第三节　无机非金属材料

| 学习目标 | 素养目标 |
|---|---|
| 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。<br>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 | **【科学态度与社会责任】**通过传统硅酸盐材料在人类日常生活中的广泛应用，及新型无机非金属材料在信息、能源等领域的应用，理解化学学科对新材料研发的重要作用，体会化学学科对社会进步的价值 |

## 新课探究

知识导学　素养初识

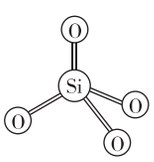
### ◆ 学习任务一　硅酸盐材料

【新知自主预习】

**1. 硅酸盐的结构和性质**

(1)硅酸盐的结构

在硅酸盐中，Si 和 O 构成了硅氧_____(结构如图所示)，Si 在中心，O 在四面体的 4 个顶角；每个 Si 周围结合_____个 O，每个 O 周围有_____个 Si。




(2)硅酸盐的性质

硅氧四面体结构的特殊性，决定了硅酸盐材料大多具有硬度____、难溶于水、耐_____、耐腐蚀等特点。

**2. 传统硅酸盐材料**

(1)传统的无机非金属材料多为硅酸盐材料，如水泥、玻璃、陶瓷等。

(2)常见硅酸盐材料比较

| 硅酸盐产品 | 主要原料 | 主要设备 | 主要成分 | 主要用途 |
|---|---|---|---|---|
| 陶瓷 | _____ | — | — | 生产建筑材料、绝缘材料、日用器皿、卫生洁具等 |
| 玻璃 | _____、石灰石和_____ | 玻璃窑 | _____、_____和 $SiO_2$ | 生产建筑材料、光学仪器和各种器皿，制造玻璃纤维用于高强度复合材料等 |
| 水泥 | _____和石灰石 | _____<br>_____ | — | 用于建筑和水利工程 |

(3)玻璃生产中的两个重要反应：

_____、

_____。

【核心知识讲解】

**1. 传统硅酸盐材料的性能及主要用途**

| 分类 | 性能 | 主要用途 |
|---|---|---|
| 陶瓷 | 硬度高、耐腐蚀、耐高温 | 建筑材料、绝缘材料、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、硬化后性质稳定 | 大量用于建筑和水利工程 |

**2. 硅酸钠（$Na_2SiO_3$）的性质**

(1)$Na_2SiO_3$ 的水溶液俗称水玻璃，具有黏结力强、耐高温等特性，可以用作黏合剂和防火剂。

(2)$Na_2SiO_3$ 溶液中通入 $CO_2$，析出 $H_2SiO_3$ 胶状沉淀：$Na_2SiO_3 + CO_2 + H_2O = H_2SiO_3\downarrow + Na_2CO_3$，据此可得出酸性：$H_2CO_3 > H_2SiO_3$。

【知识迁移应用】

**例 1** 《天工开物》记载："凡埏泥造瓦，掘地二尺余，择取无沙黏土而为之……凡坯既成，干燥之后则堆积窑中，燃薪举火……浇水转釉，与造砖同法。"其中"浇水转釉"为古代烧制青砖和青瓦的措施，下列说法错误的是（　）

A. 沙子和黏土的主要成分为硅酸盐

B. "燃薪举火"使黏土发生复杂的物理和化学变化

C. 烧制后自然冷却可能制不成青瓦

D. 黏土是制作砖、瓦和陶瓷的主要原料

**例 2** [2025·江西赣州高一检测] 一瓷跨千年，文明越山海。《瓷影》于除夕夜亮相中央广播电视总台春节联欢晚会，通过舞者的肢体语言展现青白瓷跨越千年的独特魅力。青白瓷瓷胎的化学成分主要是二氧化硅和氧化铝，还有氧化钙、二氧化锰、铁的氧化物等。下列有关说法错误的是（　）

A. 瓷胎在烧窑过程中有氧化还原反应发生

B. 传统陶瓷的主要成分是硅酸盐，属于混合物

C. 陶瓷中的铁元素主要呈高价态时，瓷器呈青色

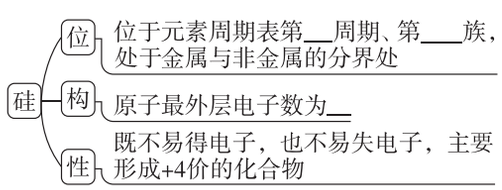
D. 陶瓷材料具有抗氧化、耐高温等性能

## ◆ 学习任务二　新型无机非金属材料

【新知自主预习】

**一、硅和二氧化硅**

**1. 硅元素的"位—构—性"**




**2. 存在形式**

硅元素在自然界主要以_____（如地壳中的大多数矿物）和氧化物（如水晶、玛瑙）的形式存在。石英、水晶、玛瑙、光导纤维的主要成分均是_____。

**3. 粗硅制备**

工业上用焦炭还原石英砂制备粗硅：$SiO_2 + 2C \xlongequal{高温} Si + 2CO\uparrow$。

**4. 用途**

高纯硅用作半导体材料，如硅芯片及光电池的主要原料。纯净的 $SiO_2$ 是现代光学仪器的基本材料，还可以用于生产_____。

## 二、其他新型无机非金属材料

### 1. 新型陶瓷

新型陶瓷
- 组成：不再限于传统的硅酸盐体系
- 特性和功能：在_____等方面具有很多新的特性和功能
- 实例：碳化硅(SiC)
  - 硬度大，用作_____
  - _____
  - 可用作耐高温结构材料、耐高温半导体材料等

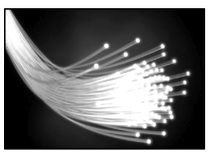
### 2. 碳纳米材料

碳纳米材料是一类新型无机非金属材料，主要包括富勒烯、碳纳米管、石墨烯等。

| 碳纳米材料 | 结构及性能 | 主要用途 |
| --- | --- | --- |
| 富勒烯 | 由_____构成的一系列笼形分子的总称，其中$C_{60}$是富勒烯的代表物 | — |
| 碳纳米管 | 可看成是由_____片层卷成的管状物，具有纳米尺度的直径。碳纳米管的比表面积____，有相当高的强度和优良的电学性能 | 可用于生产复合材料、电池和传感器等 |
| 石墨烯 | 只有一个_____原子直径厚度的单层石墨，其独特的结构使其电阻率_____、热导率____，具有很高的强度 | 在光电器件、超级电容器、电池和复合材料等方面的应用不断深入 |

## 【情境问题思考】

光导纤维的通信容量大，抗干扰性能好，传输的信号不易衰减，能有效提高通信效率。我国的5G技术在全球处于领先地位，朝着综合化、智能化方向发展。



光导纤维




我国自主研发的5G芯片

**问题一：**工业上用焦炭和石英砂在高温下制备粗硅时，为什么要隔绝空气？写出工业上制备粗硅的化学方程式。

**问题二：**高纯度硅晶片是生产芯片的基础材料，工业上是如何制备高纯硅的？

**问题三：**利用光导纤维传输信号是利用了其导电性吗？光导纤维遇强碱溶液会“断路”，试从物质类别角度分析其原因是什么？

## 【核心知识讲解】

### 1. 硅和二氧化硅的化学性质

(1)硅的化学性质

Si
- 常温下 → 与$F_2$、氢氟酸、NaOH溶液反应
- 加热或高温 → 与$O_2$、$Cl_2$等反应

①与氢氟酸反应

化学方程式为$Si+4HF=\!=\!=SiF_4\uparrow+2H_2\uparrow$。

②与NaOH溶液反应

化学方程式为$Si+2NaOH+H_2O=\!=\!=Na_2SiO_3+2H_2\uparrow$。

③与$O_2$反应

化学方程式为$Si+O_2\xlongequal{\text{高温}}SiO_2$。

(2)二氧化硅的化学性质

①稳定性：不与水、一般的酸反应，但能与氢氟酸反应，化学方程式为$4HF+SiO_2=\!=\!=SiF_4\uparrow+2H_2O$。

②具有酸性氧化物的性质

ⅰ. 与CaO反应：$CaO+SiO_2\xlongequal{\text{高温}}CaSiO_3$。

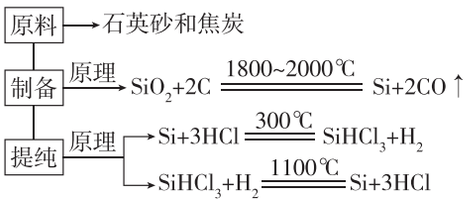
ⅱ. 与NaOH溶液反应：$SiO_2+2NaOH=\!=\!=Na_2SiO_3+H_2O$。

[**注意**] $SiO_2$是酸性氧化物，能与多种强碱(如NaOH、KOH等)溶液反应，与酸的反应中，$SiO_2$只能与氢氟酸反应，不与其他酸反应。

### 2. 工业制备高纯硅的方法(教材资料卡片)

工业上用焦炭还原石英砂可以制得含有少量杂质的粗硅，将粗硅通过化学方法提纯，得到高纯硅。

石英砂 $\xrightarrow[\text{焦炭}]{1800\sim2000\ ^\circ\text{C}}$ 粗硅 $\xrightarrow[\text{HCl}]{300\ ^\circ\text{C}}$ $SiHCl_3$ $\xrightarrow[H_2]{1100\ ^\circ\text{C}}$ 高纯硅




## 【知识迁移应用】

**例 3** [2024·安徽铜陵高一联考] 近年来，我国在航空航天、高铁建设、5G 通信等方面已取得举世瞩目的成就，它们都与化学有着密切的联系。下列说法正确的是 (　)

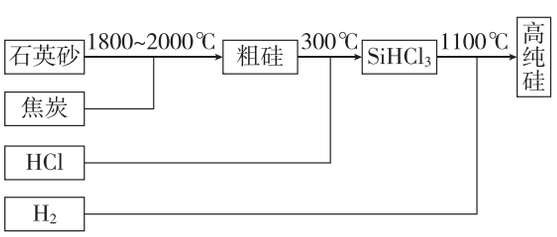
A. “天宫二号”空间实验室的二氧化硅电池板将光能直接转换为电能

B. “神舟十九号”宇宙飞船返回舱外表面使用的高温结构陶瓷的主要成分是硅酸盐

C. 我国 C919 大飞机所用的材料中，尾翼盒的主要成分(碳纤维)是传统无机非金属材料

D. 碳纳米材料主要包括富勒烯、碳纳米管和石墨烯等

**例 4** [2025·山东菏泽高一期末] 工业制备高纯硅的流程如图所示，下列说法正确的是 (　)




A. 石英砂与过量焦炭发生的主要反应的化学方程式为 $SiO_2+2C \xrightarrow{1800\sim2000\ ℃} Si+2CO\uparrow$

B. 盛装 NaOH 溶液的玻璃瓶要使用磨口玻璃塞

C. 粗硅与 HCl 反应时，需要在富氧的环境中进行

D. 高纯硅常用于制备光导纤维

## 课堂评价

知识巩固　素养形成

**1.** 判断正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)硅酸盐结构较为复杂，大多难溶于水，化学性质稳定 (　)

(2)硅氧四面体中，硅原子与氧原子都是以共价键结合 (　)

(3)水泥与玻璃的共同原料是石灰石，水泥与陶瓷的共同原料是黏土 (　)

(4)玻璃是人类最早使用的硅酸盐制品 (　)

(5)玻璃和水泥生产中都发生复杂的物理和化学变化 (　)

(6)常温下，硅的化学性质稳定，所以自然界中的硅大部分以游离态的形式存在 (　)

(7)硅是良好的半导体材料，可以用来生产芯片和硅太阳能电池等 (　)

(8)二氧化硅因具有良好的导电性，可以用来生产光导纤维 (　)

(9)金刚砂和金刚石结构类似，互为同素异形体 (　)

(10)富勒烯和石墨烯完全燃烧的产物都是二氧化碳 (　)

**2.** 科技强国离不开化学，研发生产“中国芯”是国之大任。芯片的主要成分是 (　)

A. 硅　　B. 硅酸钠

C. 氮化硅　　D. 二氧化硅

**3.** [2024·江西卷] 景德镇青花瓷素有“国瓷”的美誉，是以黏土为原料，用含钴、铁的颜料着色，上釉后一次性高温烧制而成的青蓝色彩瓷。下列关于青花瓷说法正确的是 (　)

A. 青蓝色是由于生成了单质钴

B. 表面的釉属于有机高分子膜

C. 主要成分为铝硅酸盐

D. 铁元素的存在形式只有 $Fe_2O_3$

**4.** [2025·浙江嘉兴平湖高级中学高一月考] 现代社会的发展与进步离不开材料，下列说法不正确的是 (　)

A. 神舟飞船使用的氮化硅陶瓷是新型无机非金属材料

B. 工业生产玻璃、水泥和陶瓷，均需用石灰石作原料

C. 碳纳米管有优良的电学性能，可用于生产电池

D. “中国制造”港珠澳大桥所用水泥属于无机非金属材料

**5.** 从物质类别、元素化合价、物质所含元素在元素周期表中的位置的角度可以认识有关物质的化学性质。下列说法正确的是 (　)

A. 自然界中存在游离态的硅

B. $SiO_2$ 中硅元素的化合价为+4 价，具有氧化性，能发生反应 $SiO_2+2C \xrightarrow{高温} Si+2CO\uparrow$

C. $SiO_2$ 属于两性氧化物，能与氢氧化钠溶液反应，也能与氢氟酸反应

D. $H_2SiO_3$ 属于弱酸，可由反应 $SiO_2+H_2O=\!=\!=H_2SiO_3\downarrow$ 制得

**6.** 硅单质及其化合物应用范围很广。请回答下列问题：

(1)制备硅半导体材料必须先得到高纯硅，三氯甲硅烷($SiHCl_3$)还原法是当前制备高纯硅的主要方法，生产过程示意图如图所示：

石英砂 $\xrightarrow[\text{高温}]{\text{焦炭}}$ 粗硅 $\xrightarrow[\text{573 K 以上}]{\text{HCl}}$ $SiHCl_3$(粗) $\xrightarrow{\text{精馏}}$ $SiHCl_3$(纯) $\xrightarrow[\text{1357 K}]{H_2}$ 高纯硅

①写出由纯 $SiHCl_3$ 制备高纯硅的化学方程式：

_____。

②整个制备过程必须严格控制无水无氧。$SiHCl_3$ 遇水剧烈反应生成 $H_2SiO_3$、HCl 和另一种物质，写出这一过程的化学方程式：_____。$H_2$ 还原 $SiHCl_3$ 过程中若混入 $O_2$，可能引起的后果是_____。

(2)下列有关硅材料的说法正确的是_____(填字母)。

A. 碳化硅化学性质稳定，可用于砂纸、砂轮的磨料

B. 氮化硅硬度大、熔点高，可用于制作高温陶瓷和轴承

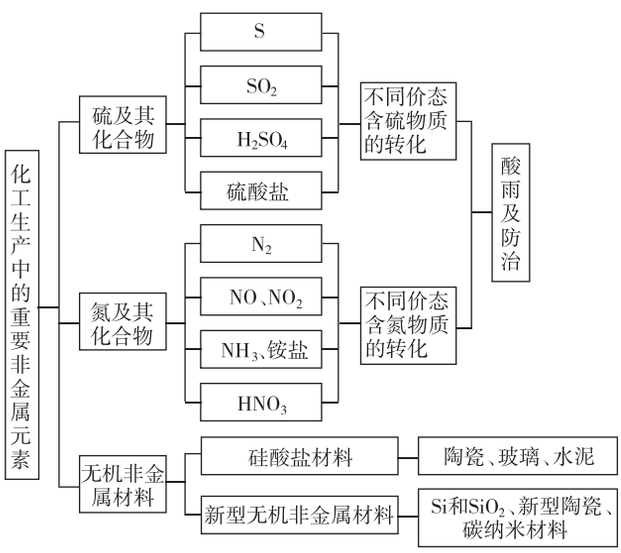
C. 高纯度的二氧化硅可用于制造高性能通讯材料——光导纤维

D. 普通玻璃是由纯碱、石灰石和石英砂制成的，其熔点很高

# ▶本章素养提升

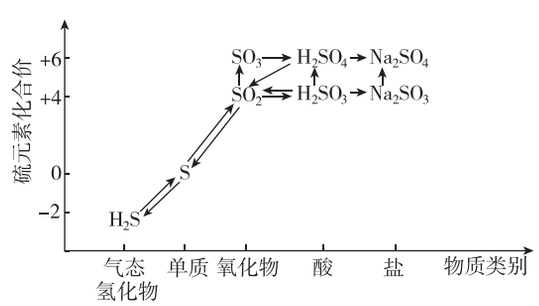
## 知识网络

### 一、本章知识体系

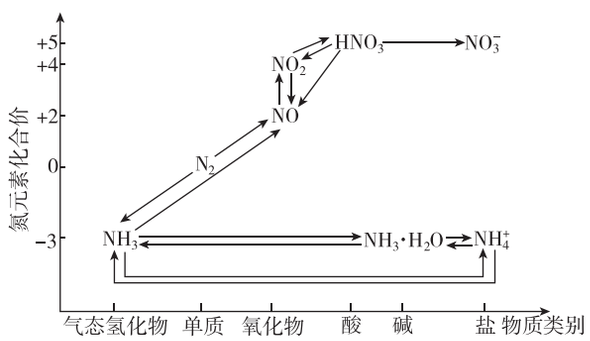



### 二、基于“价—类”二维角度认识物质间的转化关系

**1.** 硫及其化合物间“价—类”二维转化关系图



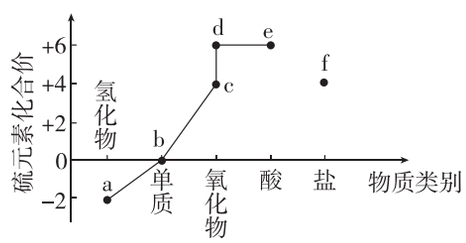

**2.** 氮及其化合物间“价—类”二维转化关系图




## 素养提升

### ◆ 探究点一　硫及其化合物的性质及转化

**例 1** [2024·河北承德高一期末]“价—类”二维图是研究物质性质的一种方法，图中 a～f 表示的均是含硫物质。下列说法正确的是　(　)




A. a 可用硫化亚铁与稀硝酸反应制取

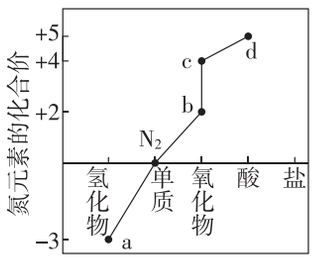
B. 可发生反应：$b+OH^-\longrightarrow c+f+H_2O$(未配平)

C. c 能使溴水褪色，证明 c 有漂白性

D. f 既有氧化性又有还原性

## ◆ 探究点二　氮及其化合物的性质及转化

**例 2** [2024·浙江桐庐中学高一阶段考] 部分含氮物质的分类与相应氮元素的化合价关系如图所示。下列说法错误的是（　）




A. a 可经催化氧化生成 b

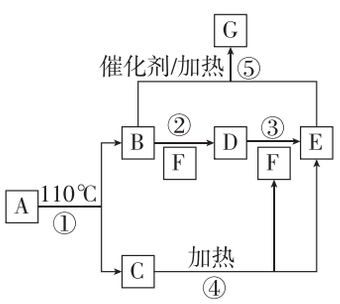
B. b 与 c 可以互相一步直接转化

C. d 的溶液与 Cu 反应可生成 b 或 c

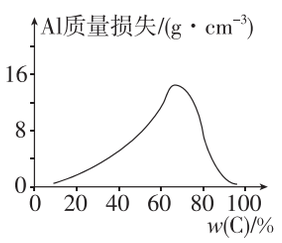
D. d 的浓溶液应存放在带橡胶塞的棕色试剂瓶中

### 自我检测

**1.** A～G 的转化关系如图甲所示(部分产物略去),其中 E 为红棕色气体,G 为单质。常温下,将 Al 片浸在不同质量分数的 C 溶液中,经过相同时间的腐蚀后,Al 片的质量损失情况如图乙所示。




甲




乙

请回答下列问题:

(1)写出下列物质的化学式:A_____、E_____。

(2)写出反应④⑤的化学方程式:

④_____、

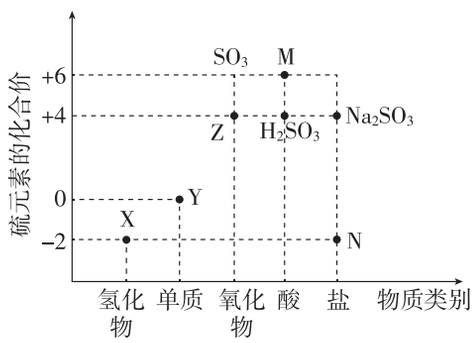
⑤_____。

(3)图乙中 Al 质量损失随 C 溶液质量分数的变化先增大后减小,减小的原因为_____

_____。

(4)足量 Al 与一定浓度的 C 溶液反应,得到 H 溶液和 D、E 的混合物,这些混合物与 1.68 L $O_2$(标准状况)混合后通入水中,所有气体恰好完全被水吸收生成 C。若向所得 H 溶液中加入 5 mol·$L^{-1}$ NaOH 溶液至 $Al^{3+}$ 恰好完全沉淀,则消耗 NaOH 溶液的体积是_____mL。

**2.** 硫元素的“价—类”二维图如图所示。请回答下列问题:




(1)图中能与水反应生成强酸的物质的化学式为_____。

(2)Z 和 X 的溶液反应的化学方程式为_____

_____。

(3)煤的燃烧会产生大量 $SO_2$ 造成环境污染,下列关于 $SO_2$ 的治理措施中不可行的是_____(填字母)。

A. 在燃煤中添加生石灰固硫

B. 将煤燃烧产生的尾气通入氢氧化钠溶液中

C. 将煤燃烧产生的尾气排放到高空

D. 用氨水吸收烟气中的 $SO_2$

(4)为进一步减少 $SO_2$ 的污染并变废为宝,我国正在探索在一定条件下用 CO 还原 $SO_2$ 的方法来除去 $SO_2$。写出该反应的化学方程式:_____

_____。