



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>年创始人专注教育行业

# 全品学练考

AI智慧  
教辅

主编  
肖德好

导学  
案

高中化学2

必修第二册 RJ

北京  
专版

本书为AI智慧教辅

“讲课智能体”支持学生聊着学，扫码后哪里不会选哪里；随时随地想聊就聊，想问就问。



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                 | 099 |
| 第 1 课时 硫和二氧化硫              | 099 |
| 第 2 课时 硫酸 硫酸根离子的检验         | 103 |
| 第 3 课时 不同价态含硫物质的转化         | 109 |
| 第二节 氮及其化合物                 | 112 |
| 第 1 课时 氮气与氮的固定 一氧化氮和二氧化氮   | 112 |
| 第 2 课时 氨和铵盐                | 116 |
| 第 3 课时 硝酸 酸雨及防治            | 120 |
| 拓展微课 6 硫、氮及其化合物为主体的实验“微设计” | 123 |
| 第三节 无机非金属材料                | 126 |
| 本章素养提升                     | 130 |

### 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             | 132 |
| 第 1 课时 化学反应与热能            | 132 |
| 第 2 课时 化学反应与电能            | 136 |
| 第二节 化学反应的速率与限度            | 142 |
| 第 1 课时 化学反应的速率            | 142 |
| 拓展微课 7 “变量控制法”在化学反应速率中的应用 | 146 |
| 第 2 课时 化学反应的限度 化学反应条件的控制  | 148 |
| 拓展微课 8 “三段式法”的应用及图像分析     | 153 |
| 本章素养提升                    | 155 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一节 认识有机化合物 .....                 | 157 |
| 第 1 课时 有机化合物中碳原子的成键特点 烷烃的结构 ..... | 157 |
| 第 2 课时 烷烃的性质 .....                | 162 |
| 第二节 乙烯与有机高分子材料 .....              | 165 |
| 第 1 课时 乙烯 .....                   | 166 |
| 第 2 课时 烃 有机高分子材料 .....            | 169 |
| 第三节 乙醇与乙酸 .....                   | 172 |
| 第 1 课时 乙醇 .....                   | 172 |
| 第 2 课时 乙酸 官能团与有机化合物的分类 .....      | 175 |
| 第四节 基本营养物质 .....                  | 180 |
| 第 1 课时 糖类 .....                   | 180 |
| 第 2 课时 蛋白质 油脂 .....               | 183 |
| 拓展微课 9 抓住官能团 类推陌生有机物的性质 .....     | 187 |
| ◆ 本章素养提升 .....                    | 189 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第一节 自然资源的开发利用 .....         | 193 |
| 第 1 课时 金属矿物和海水资源的开发利用 ..... | 193 |
| 第 2 课时 煤、石油和天然气的综合利用 .....  | 197 |
| 第二节 化学品的合理使用 .....          | 199 |
| 第三节 环境保护与绿色化学 .....         | 205 |
| ◆ 本章素养提升 .....              | 209 |

|              |     |
|--------------|-----|
| ◆ 参考答案 ..... | 211 |
|--------------|-----|

## 第一节 硫及其化合物

| 学习目标                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 素养目标                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p> | <p><b>【变化观念与平衡思想】</b>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。</p> <p><b>【科学探究与创新意识】</b>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,探究二氧化硫与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。</p> <p><b>【科学态度与社会责任】</b>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</p> |

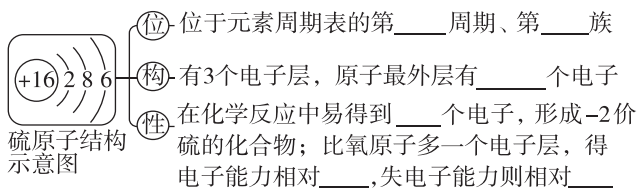
## 第 1 课时 硫和二氧化硫

## 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”



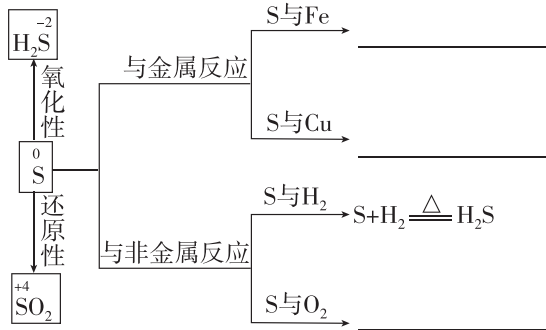
## 2. 单质硫的性质

### (1) 硫的物理性质

| 色、态            | 硬度        | 溶解性                        | 熔点、<br>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 ℃<br>(熔)<br>445 ℃<br>(沸) | 2.06 g · cm <sup>-3</sup> |

## (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。



**[注意]** 硫在空气中燃烧,产生微弱的淡蓝色火焰,在氧气中燃烧,产生明亮的蓝紫色火焰。

### 【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 | 硫在氧气中燃烧 | 铁丝在氯气中燃烧 |
|----------|---------|----------|
| 甲        | 乙       | 丙        |

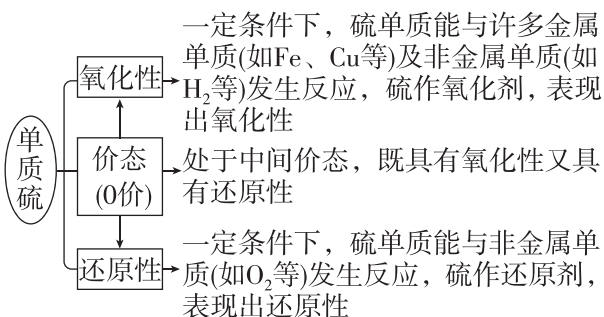
**问题一:**实验 1 中混合物持续红热,生成黑色固体 FeS。据此得出什么结论? 试写出该反应的化学方程式。

**问题二:**实验 2 中发出蓝紫色火焰,产生刺激性气味的气体  $\text{SO}_2$ 。试写出该反应的化学方程式,体现单质硫的什么性质?

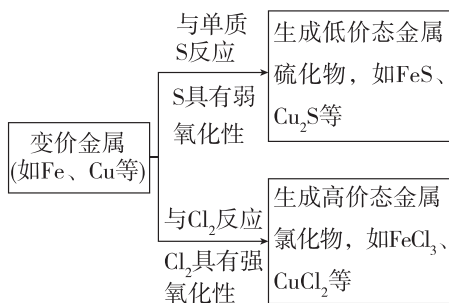
**问题三:**实验 3 中铁丝剧烈燃烧,产生棕黄色的烟,生成  $\text{FeCl}_3$  固体。从原子结构角度分析 Fe 与  $\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$  反应产物中 Fe 元素价态不同的原因。

### 【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 反应时生成化合价较低的硫化物,与  $\text{Cl}_2$  反应时生成化合价较高的氯化物。无论二者的相对用量如何,对应产物中金属的化合价对应不发生变化。

### 【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    ③SO<sub>3</sub>    ④H<sub>2</sub>S  
A. ①③                      B. ①②③  
C. ①②④                  D. 全部

**[易错警示]**

由于  $\text{SO}_2$  不可燃,单质 S 与  $\text{O}_2$  反应时,无论氧气是否足量,均生成  $\text{SO}_2$ ,不能直接生成  $\text{SO}_3$ , $\text{SO}_2$  转化为  $\text{SO}_3$  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

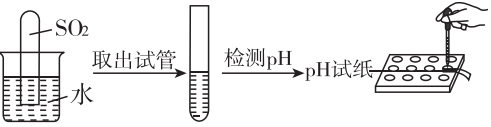
### 【新知自主预习】

## 一、SO<sub>2</sub> 的物理性质

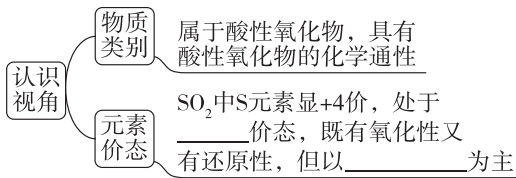
## 1. 物理性质

| 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 $\text{SO}_2$ |

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 <sub>2</sub> 能溶于水, 所得溶液呈_____性                                                 |

二、从“价一类”二维视角认识 SO<sub>2</sub> 的化学性质



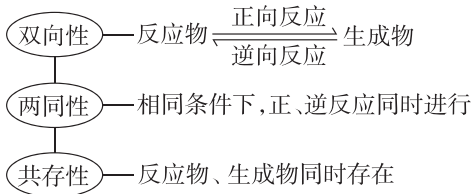
1. 具有酸性氧化物的性质 (物质类别)

(1) 与水反应

① SO<sub>2</sub> 与水反应生成 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 不稳定, 容易分解成 SO<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>O, 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:

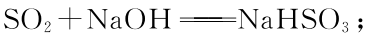


[注意] 可逆反应这一概念的关键词是“同一条件”。

例如,  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$  和  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$  不属于可逆反应。

(2) 与碱溶液反应

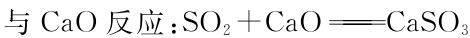
与少量 NaOH 溶液反应:



与足量 NaOH 溶液反应:

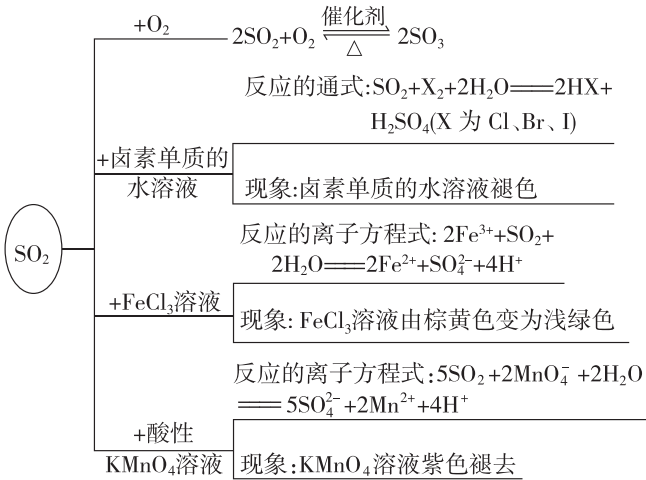
[注意] SO<sub>2</sub> 与水反应生成的 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 为二元酸, 因此 SO<sub>2</sub> 与碱溶液反应时, 反应物的相对用量会影响反应及产物, 若 SO<sub>2</sub> 不足, 反应生成亚硫酸盐; 若 SO<sub>2</sub> 足量, 则反应生成亚硫酸氢盐。

(3) 与碱性氧化物反应



2. SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>S 溶液反应的化学方程式为\_\_\_\_\_, 反应现象为产生淡黄色浑浊。

3. SO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 的水溶液, 滴入 1~2 滴品红溶液, 振荡, 观察溶液的颜色变化 | _____ | SO <sub>2</sub> 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                                        | _____ | 加热时无色物质分解, 恢复为原来的颜色            |

[注意] 品红是一种有机色素, SO<sub>2</sub> 使品红溶液褪色表现了 SO<sub>2</sub> 的漂白性, 但 SO<sub>2</sub> 使酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液或溴水褪色表现了 SO<sub>2</sub> 的还原性而非漂白性。

4. SO<sub>2</sub> 的重要用途

(1) 工业上常用 SO<sub>2</sub> 来漂白纸浆、毛、丝等。

(2) SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 和 Cl<sub>2</sub> 同时通入品红溶液中, 溶液的漂白性是“强强联合”吗?

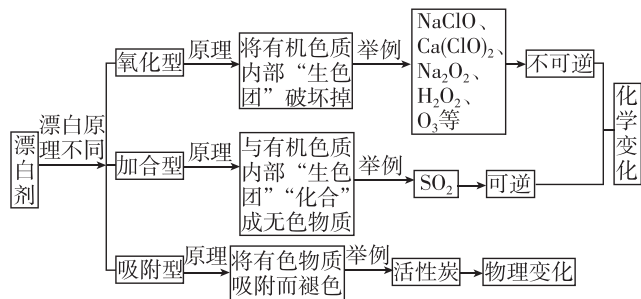
问题二:品红溶液中分别通入 SO<sub>2</sub> 和 Cl<sub>2</sub> 会出现什么现象? 一段时间后对其进行加热,现象又如何? 紫色石蕊溶液中分别通入 SO<sub>2</sub> 和 Cl<sub>2</sub> 会出现什么现象?

【核心知识讲解】

1. SO<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的化学性质比较

|      |                                       | SO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      | CO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 共性   | 与水反应                                  | SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O $\rightleftharpoons$ H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                                                                                                                                                                               | CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O $\rightleftharpoons$ H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                                                                                                                                                                               |
|      | 与碱反应                                  | SO <sub>2</sub> 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:<br>Ca(OH) <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> $\rightleftharpoons$ CaSO <sub>3</sub> ↓ + H <sub>2</sub> O<br>CaSO <sub>3</sub> + SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O $\rightleftharpoons$ Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> 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:<br>Ca(OH) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> $\rightleftharpoons$ CaCO <sub>3</sub> ↓ + H <sub>2</sub> O<br>CaCO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O $\rightleftharpoons$ Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |
|      | 与碱性氧化物反应                              | SO <sub>2</sub> + CaO $\rightleftharpoons$ CaSO <sub>3</sub>                                                                                                                                                                                                         | CO <sub>2</sub> + CaO $\rightleftharpoons$ CaCO <sub>3</sub>                                                                                                                                                                                                         |
|      | 弱氧化性                                  | SO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> S $\rightleftharpoons$ 3S + 2H <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                      | CO <sub>2</sub> + C $\xrightarrow{\text{高温}}$ 2CO                                                                                                                                                                                                                    |
| 差异性  | 还原性                                   | 能被酸性高锰酸钾溶液、Cl <sub>2</sub> 、Br <sub>2</sub> 、I <sub>2</sub> 、Fe <sup>3+</sup> 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 <sub>2</sub> 中混有少量 SO <sub>2</sub> | 将气体通过饱和 NaHCO <sub>3</sub> 溶液洗气(利用其对应酸的酸性更强)或将气体通过酸性高锰酸钾溶液洗气(利用其还原性)                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |

2. 三种类型漂白原理的比较



【知识迁移应用】

例 3 SO<sub>2</sub> 是一种食品添加剂,在食品的加工中起着重要的作用,但如果使用不当就有可能造成食品中 SO<sub>2</sub> 残留量超标。葡萄酒中添加适量的 SO<sub>2</sub> 能防止葡萄酒中的某些成分氧化变质,这是利用了 SO<sub>2</sub> 的 ( )

- A. 氧化性 B. 漂白性 C. 还原性 D. 有毒性

例 4 实验室中为验证 SO<sub>2</sub> 的性质,将 SO<sub>2</sub> 分别通入溴水、品红溶液、硫化氢溶液、滴有酚酞的氢氧化钠溶液。下列说法错误的是 ( )

- A. 溴水褪色,体现 SO<sub>2</sub> 的还原性  
B. 品红溶液褪色,体现 SO<sub>2</sub> 的漂白性  
C. 硫化氢溶液变浑浊,体现 SO<sub>2</sub> 的氧化性  
D. 滴有酚酞的氢氧化钠溶液褪色,体现 SO<sub>2</sub> 的漂白性

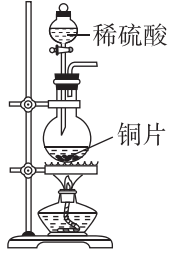
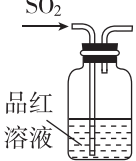
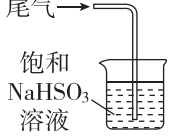
【易错警示】

- (1)SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 使卤水(氯水、溴水、碘水)、酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液等氧化性试剂褪色,体现 SO<sub>2</sub> 的还原性。

课堂评价 知识巩固 素养形成

1. 下列关于硫单质的说法不正确的是 ( )  
A. 自然界中存在单质硫  
B. 硫在过量纯氧中燃烧的产物是三氧化硫  
C. 单质硫既有氧化性,又有还原性  
D. 试管内壁附着的硫可用二硫化碳溶解除去
2. 下列物质中的硫元素不能表现出氧化性的是 ( )  
A. S B. Na<sub>2</sub>S C. SO<sub>2</sub> D. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

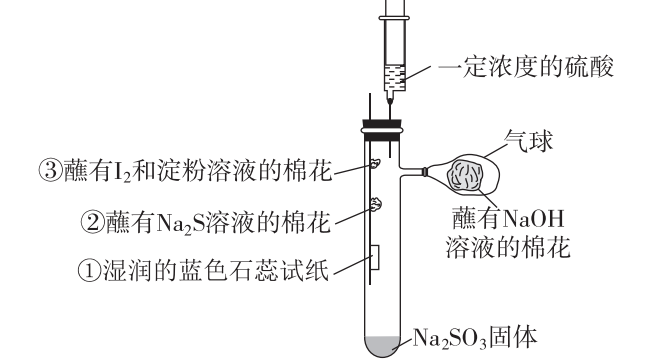
3. 如图所示关于 SO<sub>2</sub> 的实验中,能达到实验目的的是 ( )

|                                                                                                               |                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>A. 制取 SO<sub>2</sub></p> |  <p>B. 验证漂白性</p> |
|  <p>C. 收集 SO<sub>2</sub></p> |  <p>D. 尾气处理</p>  |

4. 查看葡萄酒标签上的成分信息时,常发现其成分中含有少量 SO<sub>2</sub>。下列关于 SO<sub>2</sub> 的说法中正确的是 ( )
- A. SO<sub>2</sub> 具有还原性,不能用浓硫酸干燥
- B. SO<sub>2</sub> 不能用作食品添加剂,不该添加到葡萄酒中
- C. SO<sub>2</sub> 具有还原性,少量的 SO<sub>2</sub> 可防止葡萄酒氧化变质

D. SO<sub>2</sub> 可以使新制氯水褪色,体现了它的漂白性

5. [2023·海淀高一期末] 某小组同学用如图所示装置制备并探究 SO<sub>2</sub> 的性质。



- (1) 制备 SO<sub>2</sub> 时发生反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。
- 若所用硫酸的浓度较低,反应时观察不到气泡产生,可能的原因是 \_\_\_\_\_。
- (2) 能体现 SO<sub>2</sub> 与水反应生成酸性物质的实验现象是 \_\_\_\_\_。
- (3) ②中观察到有淡黄色固体生成,说明 SO<sub>2</sub> 具有 \_\_\_\_\_ (填“氧化”或“还原”)性。
- (4) ③中观察到蓝色褪去,SO<sub>2</sub> 发生反应的离子方程式为 \_\_\_\_\_。
- (5) 蘸有 NaOH 溶液的棉花的作用是 \_\_\_\_\_。

## 第 2 课时 硫酸 硫酸根离子的检验

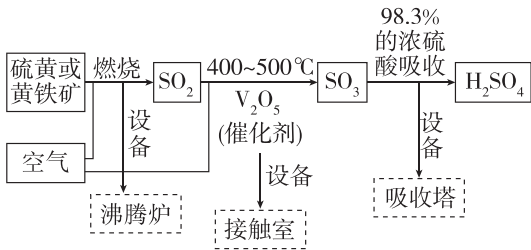
### 新课探究 知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务一 硫酸

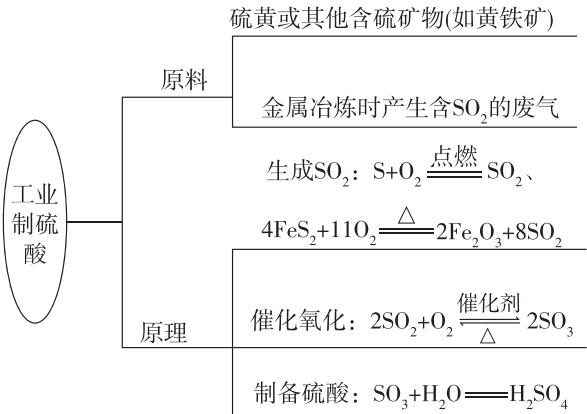
##### 【新知自主预习】

##### 一、工业制备硫酸的原理

##### 1. 工艺流程



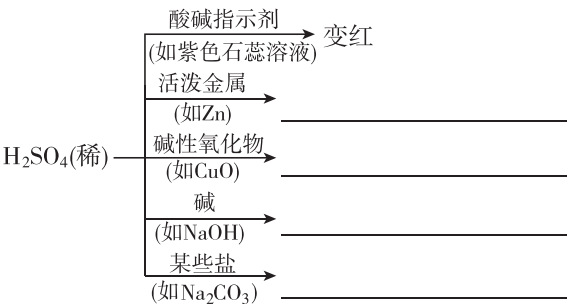
##### 2. 制备原料及反应原理



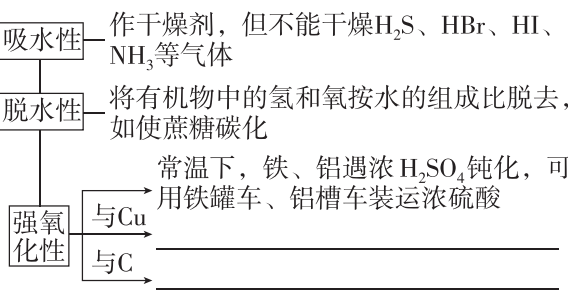
二、硫酸的主要性质

1. 稀硫酸的化学性质

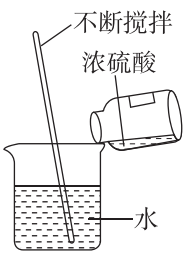
稀硫酸具有酸的化学通性,写出下列反应的离子方程式:



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(如图);

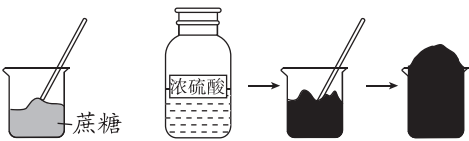


②浓硫酸的沸点高、难挥发,常利用高沸点的浓硫酸制备挥发性低沸点酸[如  $\text{HCl}: 2\text{NaCl(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow$  ]。

【实验活动探究】

【实验 1】浓硫酸与蔗糖发生的“黑面包”反应

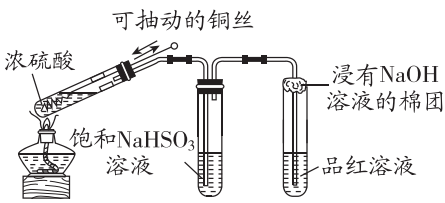
实验操作:



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。在大试管中加入 2 mL 浓硫酸,塞好橡胶塞,使铜丝与浓硫酸接触。加热,大试管中产生白雾,铜丝表面变黑,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。大试管中产生灰白色固体,冷却后,将被加热试管里的混合物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、氧元素有机物,将氢、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                          |
| 示例   | 作干燥剂、CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O 遇浓硫酸失水                                                                  | 蔗糖遇浓硫酸变黑、纸张遇浓硫酸变黑等          |
| 本质区别 | 看与浓硫酸接触的物质中是否含有“H <sub>2</sub> O”。若含有“H <sub>2</sub> O”,则浓硫酸表现吸水性;若不含“H <sub>2</sub> O”,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

浓硫酸具有强氧化性,是因为  $\text{H}_2\text{SO}_4$  分子中 +6 价的硫元素具有很强的得电子能力。

(1)与活泼金属反应的规律

常温下与活泼金属反应生成硫酸盐(铁、铝除外)、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{SO}_2$ ,表现浓硫酸的强氧化性和酸性,硫酸变稀后,生成的气体为  $\text{H}_2$ 。

【注意】常温下,铁、铝的表面被浓硫酸氧化,生成一层致密的薄膜而钝化。

(2)与不活泼金属和非金属反应的规律

- ①反应需要加热,否则不反应。
- ②还原产物一般是  $\text{SO}_2$ ,一般金属被氧化为高价态的硫酸盐,非金属被氧化为高价态氧化物或含氧酸。
- ③浓硫酸与金属反应时,既表现酸性又表现强氧化性,而非金属反应时,只表现强氧化性。
- ④随着反应的进行,浓硫酸浓度变小,一旦变为稀硫酸,反应就停止。

【知识迁移应用】

例 1 [2024·北师大实验中学高一月考] 向浓硫酸中分别加入下列三种固体,对实验现象的分析正确的是 ( )

NaBr(s), $\Delta$

实验①

试管上部有红棕色气体

NaCl(s), $\Delta$

实验②

试管上部无现象,管口出现白雾

Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>(s)

实验③

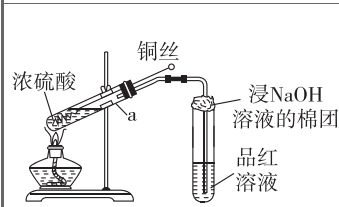
产生有刺激性气味的气体,该气体能使品红溶液褪色

浓硫酸

试管

- A. 实验①中红棕色气体是  $\text{HBr}$
- B. 对比实验②和实验③可知还原性: $\text{SO}_3^{2-} > \text{Cl}^-$
- C. 对比实验①和实验②可知还原性: $\text{Br}^- > \text{Cl}^-$
- D. 由上述实验现象可知浓硫酸具有酸性、吸水性、氧化性

例 2 某实验小组研究铜与浓硫酸的反应,进行如图所示实验。

| 实验装置                                                                                | 实验现象                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|  | 铜丝上有气泡产生,品红溶液逐渐褪色,试管 a 的底部出现白色固体,冷却后,将试管 a 内的物质慢慢倒入盛有少量水的烧杯中,溶液呈蓝色 |

(1)能证明反应产生了  $\text{SO}_2$  的现象是\_\_\_\_\_。

(2)反应中,浓硫酸体现的性质是酸性和\_\_\_\_\_ (填“氧化性”或“还原性”)。

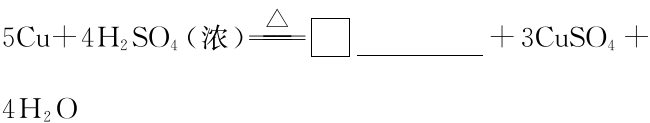
(3)实验过程中,某同学发现在试管的底部有黑色固体产生,查阅资料后又进行了如下实验。

资料: $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{CuS}$  均为黑色固体, $\text{CuSO}_4$  为白色固体

实验:将铜丝放入试管中,加入浓硫酸,加热试管,并用温度计测量反应液的温度,记录如下。

| 温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 实验现象                        |
|------------------------|-----------------------------|
| 130                    | 无明显变化                       |
| 134                    | 出现黑色絮状物,无气体产生               |
| 158                    | 黑色固体增多,有气体产生                |
| 180                    | 快速产生气体,试管内为黑色浑浊液            |
| 260                    | 产生大量气体,黑色浑浊逐渐消失,试管底部有一层白色固体 |
| 300                    | 产生大量气体,试管底部有一层白色固体          |

134  $^{\circ}\text{C}$  时,铜与浓硫酸反应出现黑色絮状物,发生的主要反应如下。将该反应的化学方程式补充完整:



(4)综上,在铜与浓硫酸反应的实验中,为避免出现黑色固体,可进行的操作是\_\_\_\_\_。

【易错警示】浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  与金属反应的规律

(1)常温下  $\text{Fe}$  和  $\text{Al}$  遇浓硫酸被氧化,表面生成一层致密的薄膜,阻碍反应进行,是化学变化,不是未发生反应。

(2)与不活泼金属(如  $\text{Cu}$ )反应,开始产生  $\text{SO}_2$  (加热),浓度变小后,稀硫酸不再与不活泼金属反应。例如,1 mol  $\text{Cu}$  与含 2 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的浓硫酸充分反应,生成  $\text{SO}_2$  的物质的量小于 1 mol。

◆ 学习任务二 硫酸盐  $\text{SO}_4^{2-}$  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( $\text{BaSO}_4$ )的形式存在 | —                                                            |
| 性质及变化 | 石膏被加热到 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 时,会失去所含大部分结晶水,生成熟石膏( $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) | 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 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) |
| 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”                            | 硫酸铜固体可用于检验酒精中是否含少量水,胆矾和石灰乳混合制成农药——波尔多液                       |

二、 $\text{SO}_4^{2-}$  的检验

1. 探究  $\text{SO}_4^{2-}$  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)、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 溶液(试管②)和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液(试管③),然后各滴入几滴 $\text{BaCl}_2$ 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 |                                                                                                                                             |                  |                  |
| 结论      | 在溶液中, $\text{Ba}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 结合生成不溶于稀盐酸的白色 $\text{BaSO}_4$ 沉淀                                                                |                  |                  |

2.  $\text{SO}_4^{2-}$  的检验

(1)实验操作

待测液  $\xrightarrow{\text{稀盐酸酸化}}$  无明显现象  $\xrightarrow{\text{BaCl}_2 \text{ 溶液}}$  出现 色沉淀,即可确定存在  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

(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  $\text{BaCl}_2$  溶液,若存在  $\text{SO}_4^{2-}$ ,发生反应的离子方程式为 。

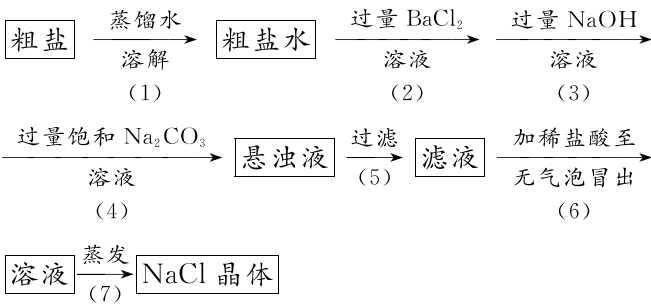
【实验活动探究】

【实验目的】用化学沉淀法去除粗盐中的可溶性杂质:  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 。

【实验试剂】粗盐、蒸馏水、 $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{NaOH}$  溶液、饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、稀盐酸。

【实验步骤】

实验操作流程



问题一:步骤(2)中如何表明  $\text{SO}_4^{2-}$  沉淀完全?

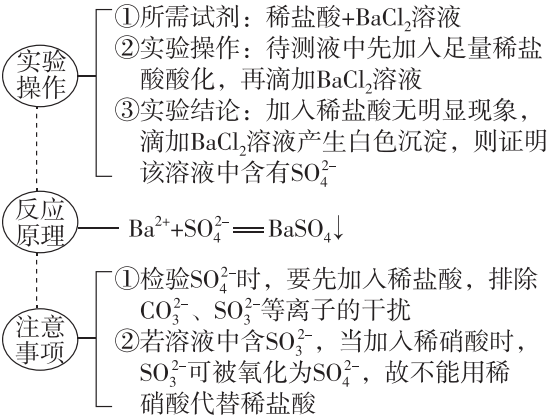
问题二:为什么每次加入的试剂都要略微过量?加入稀盐酸的目的是什么?

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?

问题四:试总结除去溶液中的杂质离子的方法与原则。

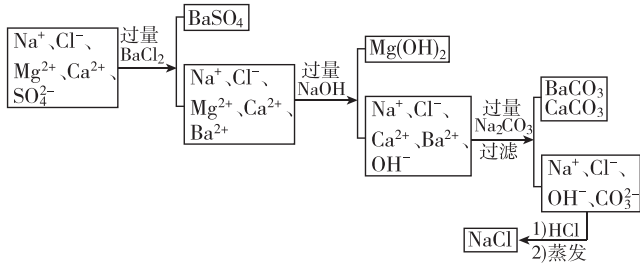
【核心知识讲解】

1. 硫酸根离子(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)的检验方法及原理



2. 粗盐的提纯

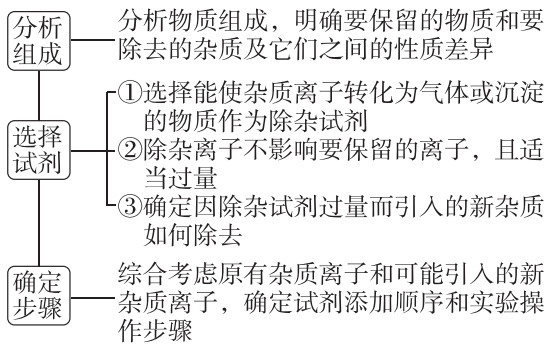
(1)粗盐提纯时,试剂的加入顺序及各步操作时体系中的主要离子和沉淀成分:



**[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<sub>2</sub>溶液除去SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,后加入过量Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液除去Ca<sup>2+</sup>及过量的Ba<sup>2+</sup>。

(2)利用离子反应除去杂质的思路和方法



【知识迁移应用】

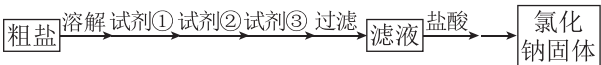
**例 3** 已知稀硝酸具有强氧化性,Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>在空气中易被氧化为Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。现有一包装破损的Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>白色固体粉末,为了检验其是否变质,正确的方法是(试剂均过量) ( )

- A. 取少量样品于试管中,滴入稀盐酸,无沉淀,再滴入BaCl<sub>2</sub>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,滴入稀硝酸,再滴入BaCl<sub>2</sub>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,滴入稀硫酸,再滴入BaCl<sub>2</sub>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<sub>4</sub><sup>2-</sup>的常见误区及分析

| 误区                                                                            | 分析                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 只加BaCl <sub>2</sub> 溶液,不加稀盐酸                                                  | 可能是Ag <sup>+</sup> 与Cl <sup>-</sup> 反应生成AgCl沉淀,还可能是CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 等与Ba <sup>2+</sup> 反应生成沉淀 |
| BaCl <sub>2</sub> 溶液与稀盐酸的滴加顺序颠倒                                               | 可能是Ag <sup>+</sup> 与Cl <sup>-</sup> 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 <sub>2</sub> 溶液或先用稀盐酸酸化再加入Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 溶液 | HNO <sub>3</sub> 具有强氧化性,能将溶液中的SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 氧化成SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                                              |

**例 4** 用化学沉淀法除去粗盐水中的Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等杂质离子,过程如图所示。



- 下列说法不正确的是 ( )
- A. 试剂①~③依次是过量的Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液、NaOH溶液和BaCl<sub>2</sub>溶液
  - B. 加入BaCl<sub>2</sub>溶液后,静置,沿烧杯壁向上层清液中继续滴加2滴BaCl<sub>2</sub>溶液,可检验SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>是否沉淀完全
  - C. 盐酸的作用:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
  - D. 过滤与加入盐酸的顺序不能颠倒,否则会使生成的沉淀重新溶解



1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

- (1)浓硫酸可用来干燥  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  ( )
- (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, $\text{SO}_2$  具有较强的还原性,因此不能用浓硫酸干燥  $\text{SO}_2$  ( )
- (4)向  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  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  $\text{BaCl}_2$  溶液,有白色沉淀生成,则溶液中一定含有  $\text{SO}_4^{2-}$  ( )

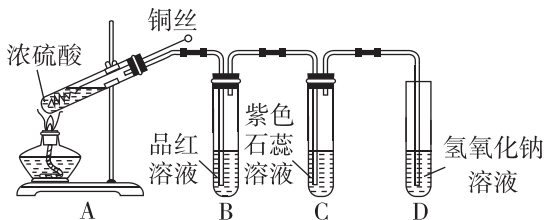
2. [2025·陈经纶中学高一诊断] 下列用来鉴别浓硫酸和稀硫酸的操作错误的是 ( )

- A. 分别取 10 mL 溶液,质量大的是浓硫酸,质量小的是稀硫酸
- B. 观察液体流动性,流动性好的是稀硫酸,油状黏稠的是浓硫酸
- C. 将蘸有浓氨水的玻璃棒靠近溶液,产生白烟的是浓硫酸,无白烟的是稀硫酸
- D. 把  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体投入溶液中,逐渐变为白色粉末的是浓硫酸,晶体溶解的是稀硫酸

3. 下列反应中,硫酸既表现出强氧化性,又表现出酸性的是 ( )

- A. 氯化钠固体与浓硫酸反应
- B. 铜与浓硫酸反应
- C. 碳与浓硫酸反应
- D.  $\text{CuO}$  与稀硫酸反应

4. [2023·北师大附中高一期中] 用如图所示装置探究铜丝与过量浓硫酸的反应。下列说法中,不正确的是 ( )

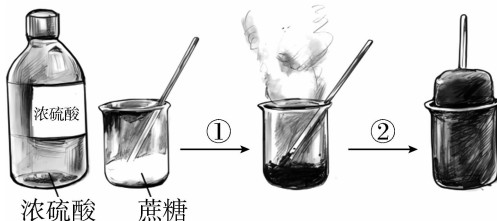


- A. 向上拉动铜丝可终止反应
- B. B 中品红溶液褪色,C 中紫色石蕊溶液变红

C. D 中  $\text{NaOH}$  溶液可以吸收多余的  $\text{SO}_2$

D. 为确认生成  $\text{CuSO}_4$ ,向试管 A 中加水,观察颜色

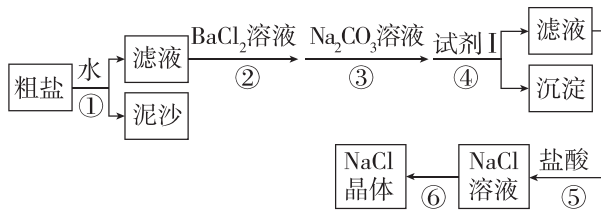
5. [2024·北京十五中高一期中] 蔗糖与浓硫酸发生作用的过程如图所示。



下列关于该过程的分析不正确的是 ( )

- A. 过程①白色固体变黑,主要体现了浓硫酸的脱水性
- B. 过程②固体体积膨胀,与产生的大量气体有关
- C. 过程中产生能使品红溶液褪色的气体,体现了浓硫酸的酸性
- D. 过程中发生反应: $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

6. [2024·海淀高一期末] 粗盐中通常含有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$  和泥沙等杂质,实验室用粗盐制备  $\text{NaCl}$  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  $\text{SO}_4^{2-}$
- B. ②和③的试剂顺序可以互换
- C. 试剂 I 是  $\text{KOH}$  溶液
- D. ⑤中只发生反应: $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

(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】

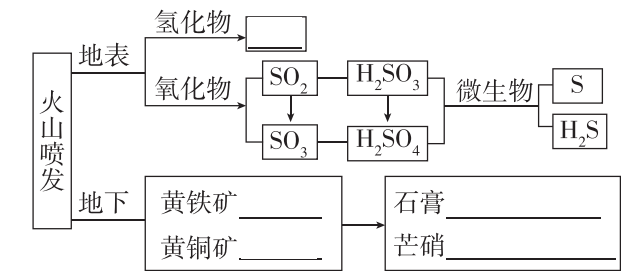
一、自然界中硫的存在和转化

1. 自然界中硫的存在

- (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<sub>2</sub>)、黄铜矿(CuFeS<sub>2</sub>)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<sub>2</sub> 氧化成\_\_\_\_,进一步被氧化生成 SO<sub>3</sub>,SO<sub>2</sub> 和 SO<sub>3</sub> 遇水分别形成\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。转化关系如下:



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



(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

设计实验实现不同价态含硫物质的转化,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。

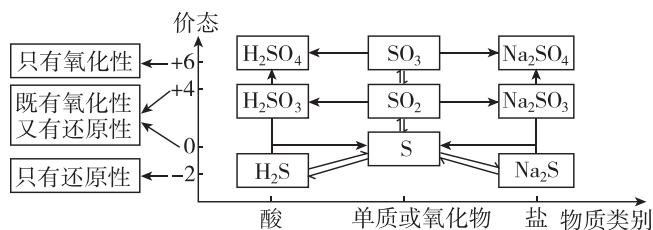
【实验试剂】硫粉、SO<sub>2</sub> 水溶液、浓硫酸、氯水、Na<sub>2</sub>S 溶液、铜片、铁粉、品红溶液、稀盐酸、BaCl<sub>2</sub> 溶液。

【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“价一类”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方法

(1) 探究不同价态含硫物质之间相互转化的思路。首先,要依据转化目的,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) 含硫物质转化的方法与规律

- 含硫物质的转化方法**
- 硫元素化合价相同的物质相互转化,发生非氧化还原反应,主要试剂是酸、碱、盐、氧化物等;
  - 硫元素化合价不同的物质相互转化,发生氧化还原反应,主要试剂是氧化剂和还原剂

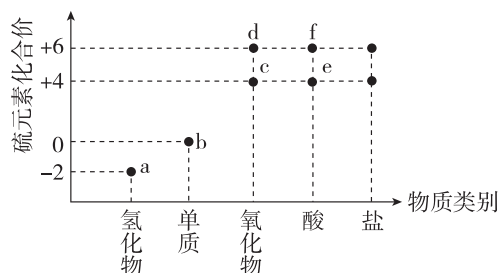
- 含硫物质的转化规律**
- 当硫元素的化合价升高或降低时,一般升高或降低到相邻的价态,即台阶式升降,可用下图表示:
- 
- 相邻价态的同种元素的微粒间一般不发生氧化还原反应,如S和H2S、S和SO2、SO2和H2SO4之间不发生氧化还原反应

## 【知识迁移应用】

**例 1** 下列实验中,能实现不同价态含硫物质的转化的是 ( )

- 向含足量 NaOH 的 Na<sub>2</sub>S 溶液中加入 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- 常温下,向试管中加入 1 mL 浓硫酸和一小块铜片
- 将 SO<sub>2</sub> 通过盛有 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的干燥管
- 向 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 固体中加入 70% 的浓硫酸制备 SO<sub>2</sub>

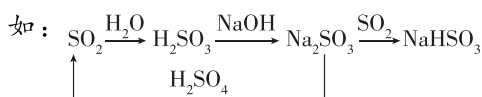
**例 2** 含硫物质的分类与相应硫元素化合价关系如图所示。下列有关说法正确的是 ( )



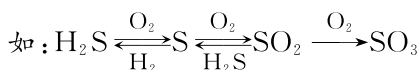
- a 在氧气中充分燃烧可转化为 d
- 附着有 b 的试管,可用 CS<sub>2</sub> 清洗
- 气体 a、c 均可用 f 的浓溶液干燥
- 分别往 f、e 的溶液中滴加少量氯化钡溶液,均可产生白色沉淀

## 【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



(2) 不同价态硫元素的转化是通过氧化还原反应实现的



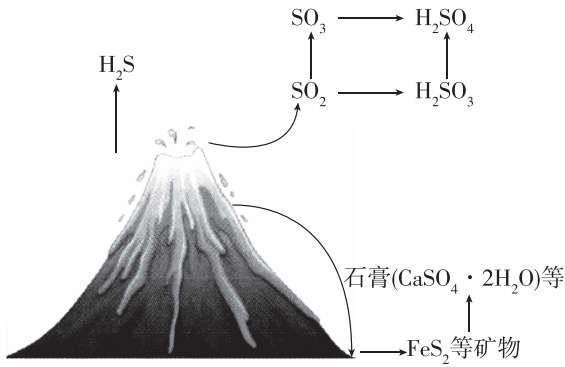
## 课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”).

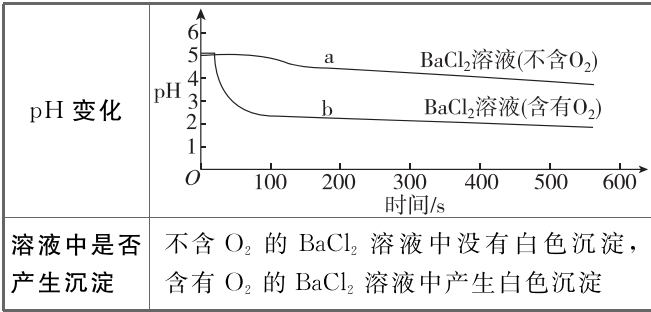
- 由于-2价和+4价硫不稳定,所以自然界中含硫物质都以硫酸盐的形式存在 ( )
- 在自然界中,空气中的 O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 对硫的转化起到重要的作用 ( )
- 大气中存在大量的氧气,因此自然界中含硫物质的转化都是氧化还原反应 ( )
- 在岩层深处和海底无氧环境下,硫元素通常以硫酸盐的形式存在 ( )
- 因为单质硫易与氧气反应,故自然界中不会存在游离态的硫 ( )

2. 如图所示是硫元素在自然界中的存在示意图。下列说法错误的是 ( )



- A. 硫在自然界中既有游离态又有化合态  
 B.  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  均为硫酸型酸雨的形成途径  
 C.  $\text{FeS}_2$  等矿物转化为石膏发生了还原反应  
 D. 反应  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{SO}_2$  作氧化剂

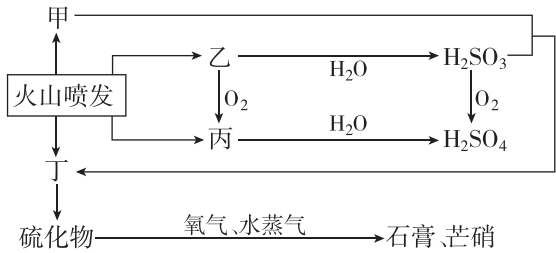
3. 分别向等体积的不含  $\text{O}_2$ 、含有  $\text{O}_2$  的  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$  溶液中通入  $\text{SO}_2$ , 探究体系中物质间的相互作用, 实验记录如下。[已知: pH 越小,  $c(\text{H}^+)$  越大, 溶液酸性越强]



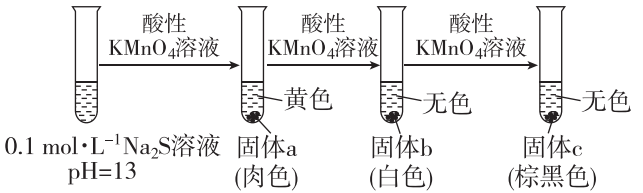
- 下列说法不正确的是 ( )
- A. 曲线 a 所示溶液的 pH 降低的原因:  $\text{SO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , 溶液中  $c(\text{H}^+)$  增大  
 B. 曲线 b 所示溶液中发生反应:  $2\text{Ba}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 4\text{H}^+$   
 C. 曲线 b 比曲线 a 所示溶液的 pH 小的原因:  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{BaSO}_3 \downarrow + 2\text{H}^+$

D.  $\text{SO}_2$  通入不含  $\text{O}_2$  的  $\text{BaCl}_2$  溶液后, 再通入  $\text{NH}_3$ , 产生  $\text{BaSO}_3$  沉淀

4. [2024 · 北京五中高一期中] 如图所示为火山喷发时硫元素的转化示意图, 其中甲、乙在常温下均为气体, 丙为液体, 丁为固体。下列关于甲、乙、丙、丁的判断不正确的是 ( )



- A. 甲只具有还原性  
 B. 乙、丙均为酸性氧化物  
 C. 乙既有氧化性, 又有还原性  
 D. 丁为黄色或淡黄色固体
5. 某小组同学探究  $\text{Na}_2\text{S}$  与酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液的反应, 下列说法正确的是 ( )



资料: i.  $(x-1)\text{S} + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{S}_x^{2-}$  (黄色)。  
 ii. 低浓度  $\text{Mn}^{2+}$  呈无色,  $\text{MnS}$  为肉色沉淀。  
 iii.  $2\text{Mn}(\text{OH})_2 (\text{白色}) + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{MnO}_2$  (棕黑色)。

- A.  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液显酸性  
 B. 将固体 a 过滤、洗涤, 放置在空气中, 固体变为棕黑色。由此可以分析出固体 a 中除了有  $\text{MnS}$ , 一定还有  $\text{Mn}(\text{OH})_2$   
 C. 固体 c 的主要成分是  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$  产生的可能原因是酸性条件下,  $\text{MnO}_4^-$  将  $\text{Mn}^{2+}$  氧化  
 D. 分析上述实验,  $\text{Na}_2\text{S}$  与  $\text{KMnO}_4$  溶液反应的产物与反应物用量及阴离子种类有关

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性质,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、酸及氧气的反应,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,培养学以致用理念。<br>5. 结合实验探究,了解硝酸的主要性质——强酸性、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氮氧化物进入大气,知道酸雨会严重危害环境,增强环保意识,培养社会责任感 | <b>【变化观念与平衡思想】</b> 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><b>【科学探究与创新意识】</b> 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><b>【科学态度与社会责任】</b> 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

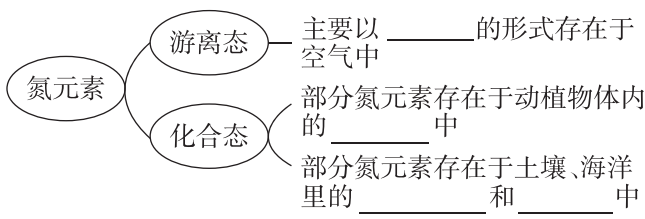
【新知自主预习】

一、氮元素及在自然界中的存在

1. 氮元素的“位—构—性”

- ①位—氮元素位于元素周期表的第\_\_周期、第\_\_族
- ②构—氮原子结构示意图为\_\_\_\_\_,最外层有\_\_个电子
- ③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



二、氮气与氮的固定

1. 氮气

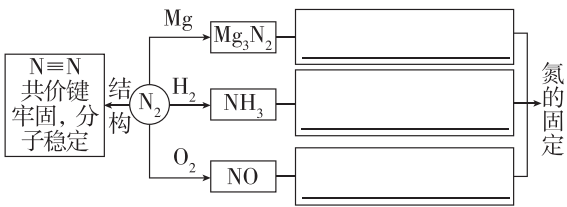
(1) 分子结构

氮分子的结构式为\_\_\_\_\_,两个氮原子间以\_\_\_\_\_结合,故 N<sub>2</sub> 的化学性质很稳定,

通常情况下难以与其他物质发生化学反应,无法被大多数生物体直接吸收。在高温、放电等条件下,N<sub>2</sub> 也能与一些金属或非金属单质发生反应。

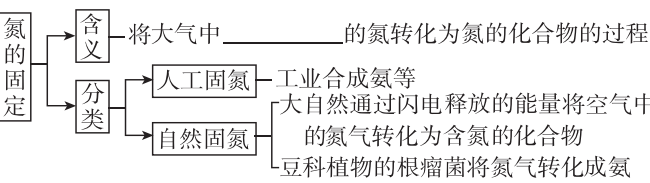
(2) 化学性质

在高温、放电等条件下,N<sub>2</sub> 能与镁、氧气、氢气等物质发生化合反应,写出下列反应的化学方程式。



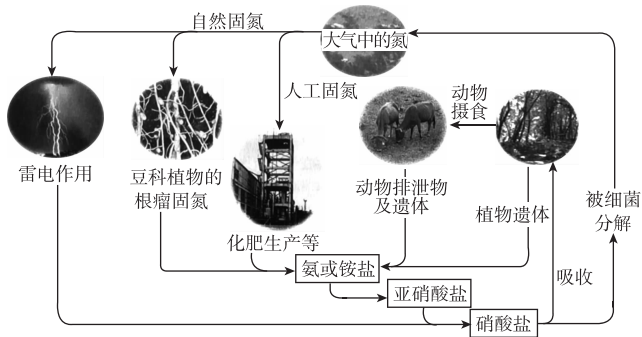
**【注意】** 镁在空气中燃烧时,与空气中的 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 均能发生反应,与 N<sub>2</sub> 反应生成 Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>,与 CO<sub>2</sub> 反应生成 MgO 和 C。

2. 氮的固定



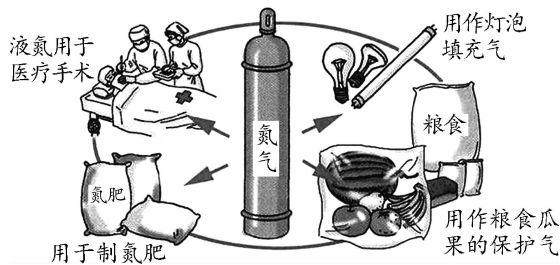


3. 自然界中氮的循环



【情境问题思考】

氮气是空气的主要成分之一,工业上常使用分离液态空气的方法来获得大量氮气,每年通过液化空气生产超过 3300 万吨的氮气。氮气的部分用途如图所示。



问题一:液氮用于医疗手术利用了氮气的哪些性质?

问题二:利用氮气作灯泡填充气和粮食瓜果的保护气,其依据是什么?

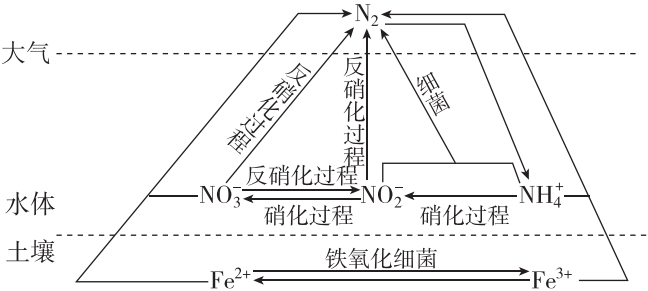
问题三: $N_2$  的氧化性弱于  $O_2$ ,试从原子结构角度分析其原因。

【知识迁移应用】

例 1 [2024·房山高一期中] 下列过程属于人工固氮的是 ( )

- A. 分离液态空气制氮气
- B. 工业合成氨
- C. 豆科植物的根瘤菌将氮气转化为氨
- D. 打雷闪电时氮气转化为含氮化合物

例 2 氮、铁元素在细菌的作用下可发生如图所示的转化。下列说法正确的是 ( )



- A. 反硝化过程均属于氮的固定
- B. 硝化过程中,含氮物质均发生还原反应
- C. 在细菌作用下,水体中的氮元素可转移至大气中
- D.  $Fe^{3+}$  将  $NH_4^+$  转化为  $N_2$  的离子方程式为  $Fe^{3+} + 2NH_4^+ \longrightarrow Fe^{2+} + N_2 \uparrow + 8H^+$

◆ 学习任务二 一氧化氮和二氧化氮

【新知自主预习】

一、一氧化氮(NO)

1. 物理性质

| 色、态  | 毒性 | 水溶性  |
|------|----|------|
| 无色气体 | 有毒 | 不溶于水 |

2. 化学性质

NO 具有较强的还原性,在常温下与氧气反应生成  $NO_2$ ,化学方程式为\_\_\_\_\_。

二、二氧化氮( $NO_2$ )

1. 物理性质

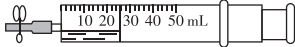
| 色、态      | 气味     | 毒性 | 密度          | 水溶性      | 特性      |
|----------|--------|----|-------------|----------|---------|
| _____色气体 | 有刺激性气味 | 有毒 | 密度比空气的_____ | _____溶于水 | _____液化 |



2. 化学性质

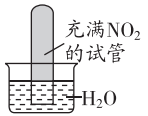
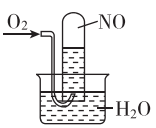
(1)NO<sub>2</sub> 溶于水生成硝酸和一氧化氮,化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2)实验探究:NO<sub>2</sub> 溶于水[教材实验 5-5]

|      |                                                                                                                                                                                             |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 实验操作 | 在一支 50 mL 注射器中充入 20 mL NO,吸入 5 mL 水,用乳胶管和弹簧夹封住管口,振荡注射器,观察现象。打开弹簧夹,快速吸入 10 mL 空气后夹住弹簧夹,观察现象。振荡注射器,再观察现象<br> |
| 实验现象 | 第一次振荡时,_____;吸入空气后气体变为_____色,再振荡后气体又迅速变为_____色,同时注射器的活塞向内移动                                                                                                                                 |
| 实验分析 | NO 不溶于水,吸入空气后,_____,气体变为红棕色;振荡后,_____,气体变为无色,同时气体总体积减小                                                                                                                                      |

【实验活动探究】

某实验小组按如下步骤进行实验,探究氮氧化物与水的反应,请结合实验现象思考以下问题。

| 实验步骤                                                                                                                           | 实验现象                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 实验 1:将充满 NO <sub>2</sub> 的试管倒置于水槽中<br>      | 试管内水面不断上升,试管内无色气体约为原 NO <sub>2</sub> 体积的 $\frac{1}{3}$ |
| 实验 2:在上述实验 1 的试管中再缓缓通入适量 O <sub>2</sub><br> | 通入适量 O <sub>2</sub> 后水充满试管                             |

问题一:试分析 NO<sub>2</sub> 气体溶于水,最后试管内无色气体约为原 NO<sub>2</sub> 体积的  $\frac{1}{3}$  的原因。

问题二:若 NO<sub>2</sub> 与 O<sub>2</sub> 的混合气体同时通入水中时反应原理是什么? 剩余气体的情况如何?

【核心知识讲解】

1. NO 和 NO<sub>2</sub> 的性质比较

|       | NO                                                        | NO <sub>2</sub>                                                                  |
|-------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 物理性质  | 通常为无色、无味的气体,不溶于水                                          | 通常为红棕色、有刺激性气味的气体                                                                 |
| 毒性    | 有毒(会跟血红蛋白结合)                                              | 有毒                                                                               |
| 与水反应  | 不反应(不溶于水)                                                 | $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ |
| 与氧气反应 | $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ | 不反应                                                                              |
| 收集方法  | 常用排水法                                                     | 常用向上排空气法                                                                         |

2. 氮的氧化物溶于水的计算

NO<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>+NO)溶于水

NO和O<sub>2</sub>同时通入水中

NO<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>同时通入水中

反应原理:  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

反应分析: 只有NO<sub>2</sub>时, 剩余气体为NO,  $V(\text{NO}) = \frac{1}{3}V(\text{NO}_2)$

$$\begin{cases} 2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2 & \text{①} \\ 3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO} & \text{②} \end{cases}$$

反应循环, ①×3+②×2得

$$4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$$

$$\begin{cases} 3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO} & \text{①} \\ 2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2 & \text{②} \end{cases}$$

反应循环, ①×2+②得

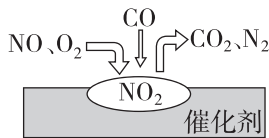
$$4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$$

【知识迁移应用】

例 3 关于收集一氧化氮和二氧化氮两种气体的方法,下列叙述中正确的是 ( )

- A. 都可用排水法
- B. 二氧化氮用排空气法
- C. 都可用排空气法
- D. 一氧化氮用排空气法

**例 4** 随着我国汽车年销量的大幅增加,空气环境受到了很大的污染。汽车尾气装置里,气体在催化剂表面吸附与解吸作用的过程如图所示,下列说法正确的是 ( )



- A. 反应中 NO 为氧化剂, N<sub>2</sub> 为氧化产物  
 B. 汽车尾气的主要污染成分包括 CO、NO 和 N<sub>2</sub>  
 C. NO 和 O<sub>2</sub> 必须在催化剂表面才能反应  
 D. 催化转化总化学方程式为  $2\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$

### 课堂评价

知识巩固 素养形成

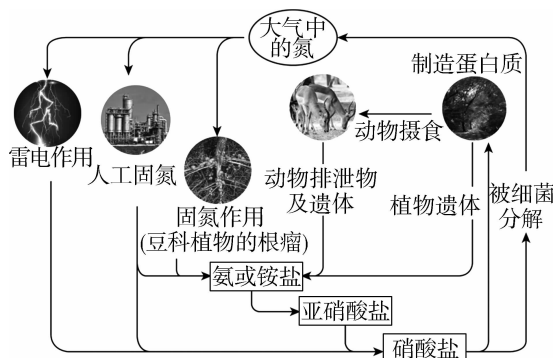
1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

- (1) 氮原子与其他原子只能形成共价键,不能形成离子键 ( )  
 (2) 氮的固定中氮元素一定被氧化 ( )  
 (3) N<sub>2</sub> 和足量的 O<sub>2</sub> 在放电条件下会生成 NO<sub>2</sub> ( )  
 (4) 镁条在空气中燃烧时,可以与 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 等反应生成 MgO、Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>、C ( )  
 (5) 由于 NO 极易与 O<sub>2</sub> 反应,并且其密度与空气相差不多,因此收集 NO 只能用排水法 ( )  
 (6) N<sub>2</sub> 与 O<sub>2</sub> 反应时,不论 O<sub>2</sub> 是否足量,其一步反应都只能得到 NO,不能生成 NO<sub>2</sub> ( )  
 (7) 由于 NO<sub>2</sub> 极易与水反应且密度比空气大,因此收集 NO<sub>2</sub> 只能用向上排空气法 ( )

2. 下列对 NO 和 NO<sub>2</sub> 的描述正确的是 ( )

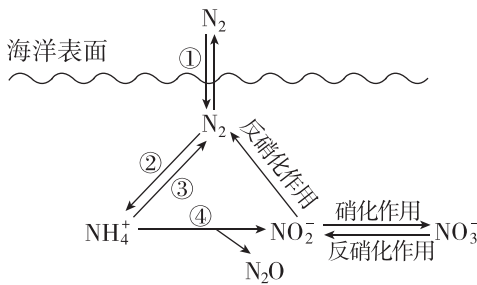
- A. NO<sub>2</sub> 与水的反应中, NO<sub>2</sub> 既是氧化剂又是还原剂  
 B. NO 是红棕色气体,可用排空气法收集  
 C. NO<sub>2</sub> 难溶于水,可用排水法收集  
 D. 从元素化合价角度看, NO 只有还原性

3. 下列关于自然界中氮循环(如图所示)的说法不正确的是 ( )



- A. 氮元素均被氧化  
 B. 工业合成氨属于人工固氮  
 C. 含氮无机物和含氮有机物可相互转化  
 D. 碳、氢、氧三种元素也参与了氮循环

4. [2024·北京十三中高一期中] 氮元素在海洋中的循环是整个海洋生态系统的基础和关键。海洋中无机氮的循环过程如图所示。

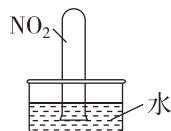


(1) 氮气的电子式: \_\_\_\_\_。海洋中的氮循环属于固氮作用的一步是 \_\_\_\_\_ (填图中的数字序号)。

(2) 下列关于海洋氮循环的说法不正确的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 海洋中存在游离态的氮  
 B. 海洋中的氮循环起始于氮的还原  
 C. 向海洋排放含 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的废水会影响海洋中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 的含量  
 D. 海洋中的反硝化作用一定有氧气的参与

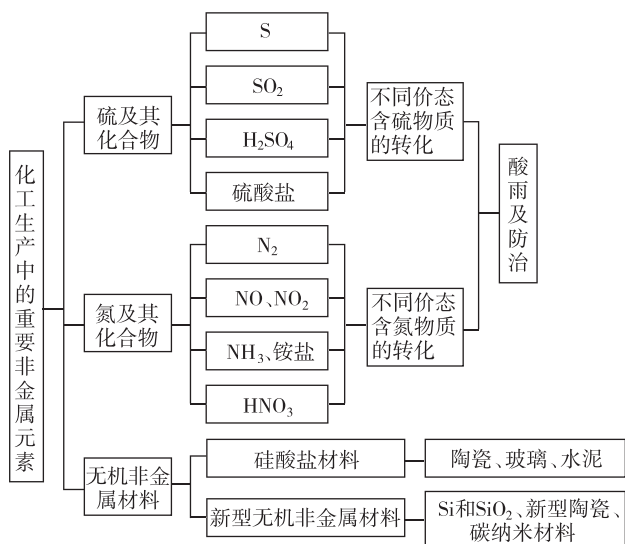
(3) 如图所示,将收集有 NO<sub>2</sub> 的试管倒置于水槽中,观察到的现象是 \_\_\_\_\_。请写出该反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。



## ► 本章素养提升

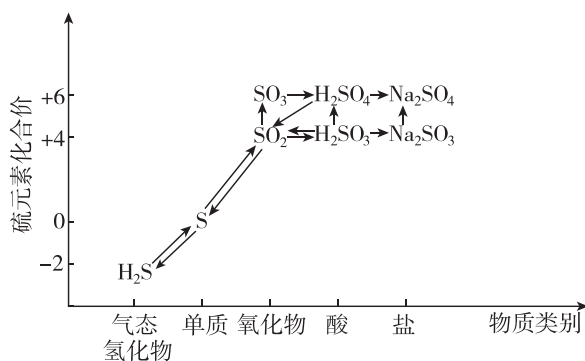
### 知识网络

#### 一、本章知识体系

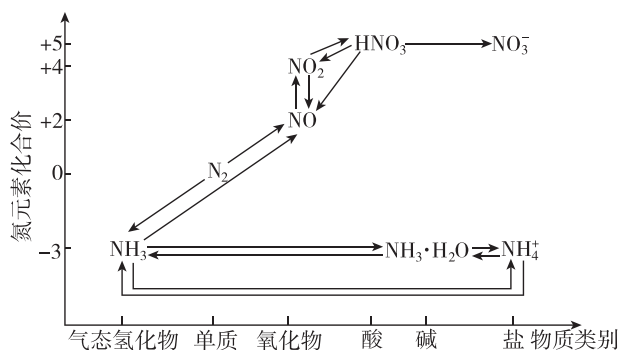


#### 二、基于“价—类”二维角度认识物质间的转化关系

##### 1. 硫及其化合物间“价—类”二维转化关系图



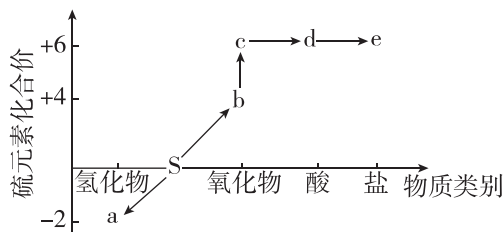
##### 2. 氮及其化合物间“价—类”二维转化关系图



### 素养提升

#### ◆ 探究点一 硫及其化合物的性质及转化

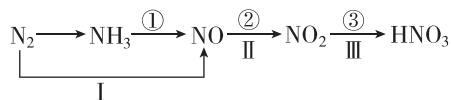
**例 1** 硫及其化合物的“价—类”二维图体现了化学变化之美。下列有关说法正确的是 ( )



- 硫单质在氧气中燃烧可直接生成 c
- b 能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色, 体现其漂白性
- 可存在  $a \rightarrow d$  的转化关系
- Al 与 d 的浓溶液不反应, 可用铝制容器盛装 d 的浓溶液

#### ◆ 探究点二 氮及其化合物的性质及转化

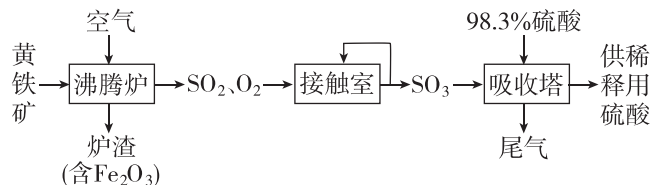
**例 2** 氮及其化合物的转化关系如图所示, 则下列说法不正确的是 ( )



- 路线①②③是工业生产硝酸的主要途径
- 路线 I、II、III 是雷电固氮生成硝酸的主要途径
- 上述所有反应都是氧化还原反应
- 反应③中每生成 1 mol  $\text{HNO}_3$ , 转移 2 mol 电子

### 自我检测

1. 以黄铁矿(主要成分为  $\text{FeS}_2$ , 其中硫的化合价为 -1 价)生产硫酸的工艺流程如图所示, 下列说法不正确的是 ( )



- 吸收塔中发生的反应为  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
- 沸腾炉中每生成 1 mol  $\text{SO}_2$ , 有 5 mol  $e^-$  发生转移
- 接触室中排放出的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_2$  循环利用, 可提高原料利用率
- 可用浓氨水吸收尾气, 并进一步转化为氮肥

