

全品



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

必修第二册 RJ

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。



长江出版传媒  
崇文书局

# 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
① 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
① 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
<b>拓展微课 5 炔一元(或多元)取代物种类及原子共线共面的判断</b>	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
<b>拓展微课 6 抓住官能团 类推陌生有机物的性质</b>	196
⑩ 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
⑩ 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。 2. 结合实验探究,了解二氧化硫的物理性质和化学性质,能说出二氧化硫的主要用途。 3. 通过二氧化硫与水、氧气反应的学习,初步建立可逆反应的概念。 4. 通过实验探究,了解硫酸的酸性和浓硫酸的特性,能设计实验检验硫酸根离子。 5. 知道含不同价态硫元素的物质可以相互转化,并能设计实验进行探究或验证,增强对氧化还原反应的认识。 6. 能说出含硫物质进入大气的主要途径,知道二氧化硫进入大气形成的酸雨会危害环境,增强环保意识,培养社会责任感	<b>【变化观念与平衡思想】</b> 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。 <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、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。 <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

### 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

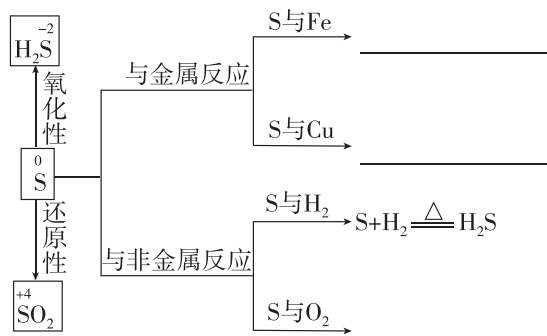
##### (1) 硫的物理性质

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 °C (熔)、445 °C (沸)	2.06 g · cm <sup>-3</sup>

**[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

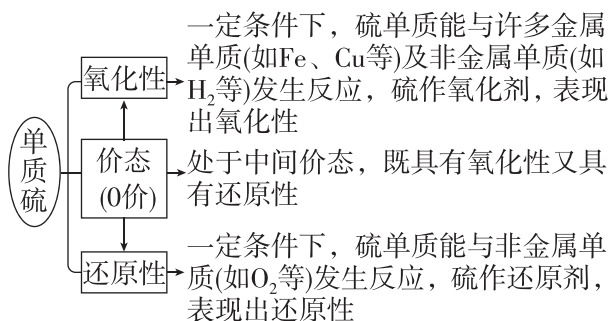
**问题一:**实验 1 中混合物持续红热,生成黑色固体 FeS。据此得出什么结论? 试写出该反应的化学方程式。

**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<sub>2</sub>。试写出该反应的化学方程式,体现单质硫的什么性质?

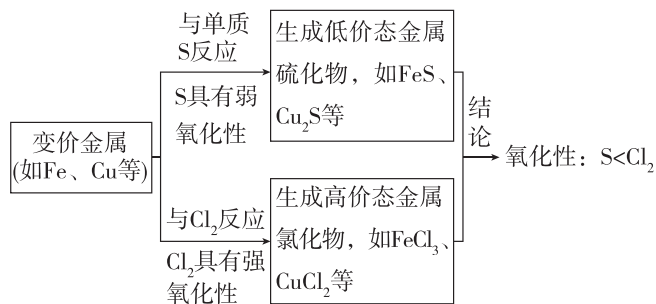
**问题三:**实验 3 中铁丝剧烈燃烧,产生棕黄色的烟,生成 FeCl<sub>3</sub> 固体。从微观角度分析 Fe 与 S、Cl<sub>2</sub> 反应产物中 Fe 元素价态不同的原因。

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

### 【易错警示】

单质 S 与 O<sub>2</sub> 反应时,无论氧气是否足量,均生成 SO<sub>2</sub>,不能直接生成 SO<sub>3</sub>,SO<sub>2</sub> 转化为 SO<sub>3</sub> 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

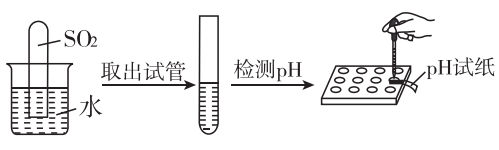
#### 【新知自主预习】

#### 一、SO<sub>2</sub> 的物理性质

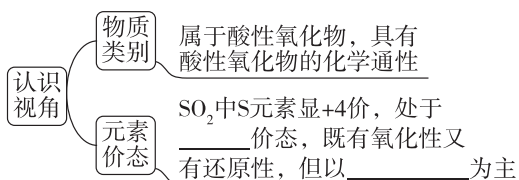
##### 1. 物理性质

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 SO <sub>2</sub>

## 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



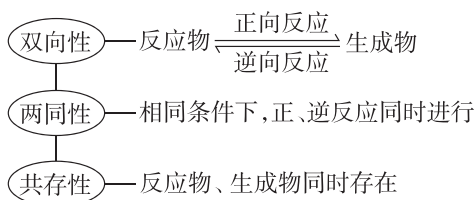
### 1. 具有酸性氧化物的性质 (物质类别)

#### (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。

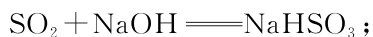
可逆反应特点:



**[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:

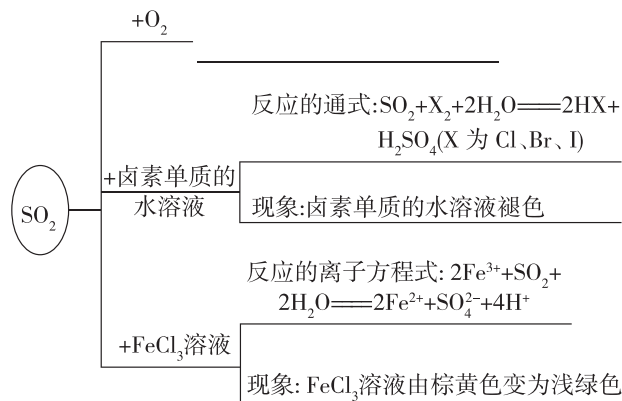


与足量 NaOH 溶液反应:

**[注意]** SO<sub>2</sub> 与碱溶液反应时, 反应物的量影响反应及产物, 若 SO<sub>2</sub> 不足, 反应生成亚硫酸盐; 若 SO<sub>2</sub> 足量, 反应则生成亚硫酸氢盐。

## 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。(注意: 该反应常用于无机物的反应及推断)

### 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

### 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?

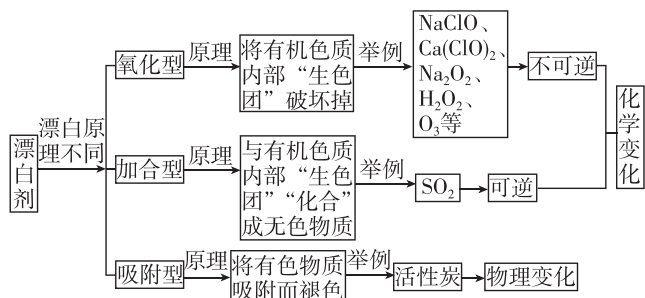
问题二:品红溶液中分别通入  $\text{SO}_2$  和  $\text{Cl}_2$  会出现什么现象?一段时间后对其进行加热,现象又如何?紫色石蕊溶液中分别通入  $\text{SO}_2$  和  $\text{Cl}_2$  会出现什么现象?

### 【核心知识讲解】

#### 1. $\text{SO}_2$ 和 $\text{CO}_2$ 的化学性质比较

	$\text{SO}_2$	$\text{CO}_2$
与水反应	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
与碱反应	$\text{SO}_2$ 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: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	$\text{CO}_2$ 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: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
与碱性氧化物反应	$\text{SO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSO}_3$	$\text{CO}_2 + \text{CaO} = \text{CaCO}_3$
弱氧化性	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$
还原性	能被酸性高锰酸钾溶液、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 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 ②利用二氧化硫的漂白性,用品红溶液鉴别	
除杂	$\text{CO}_2$ 中混有少量 $\text{SO}_2$ 将气体通过饱和 $\text{NaHCO}_3$ 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

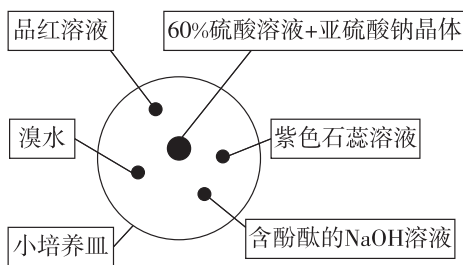


### 【知识迁移应用】

例 3  $\text{SO}_2$  是一种食品添加剂。下列关于  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$  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  $\text{SO}_2$  溶于水生成了  $\text{H}_2\text{SO}_3$
- B. 品红溶液褪色,是因为  $\text{SO}_2$  具有氧化性
- C. 溴水橙色褪去,是因为  $\text{SO}_2$  具有还原性
- D. 含酚酞的  $\text{NaOH}$  溶液红色变浅

### 【易错警示】

- (1)  $\text{SO}_2$  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)  $\text{SO}_2$  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)  $\text{SO}_2$  使卤水(氯水、溴水、碘水)、酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液等氧化性试剂褪色,体现  $\text{SO}_2$  的还原性。

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  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  和  $\text{CuS}$  ( )
- (3) 硫是一种非金属单质,与其他单质反应,只能作氧化剂 ( )
- (4)  $\text{SO}_2$  的水溶液中存在  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_3$  的原因是  $\text{SO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的反应为可逆反应 ( )
- (5)  $\text{SO}_2$  与氯水混用,漂白效果更好 ( )
- (6)  $\text{SO}_2$  气体通入  $\text{BaCl}_2$  溶液产生白色沉淀  $\text{BaSO}_3$  ( )
- (7) 某气体通入品红溶液后,品红溶液褪色,则该气体一定是  $\text{SO}_2$  ( )
- (8)  $\text{SO}_2$  通入紫色石蕊溶液中,溶液先变红后褪色 ( )

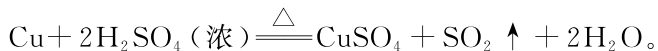
2. 下列关于单质硫及  $\text{SO}_2$  的说法中正确的是 ( )

- A.  $\text{SO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- B. 可用  $\text{CS}_2$  或热  $\text{NaOH}$  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.  $\text{SO}_2$  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 ( )

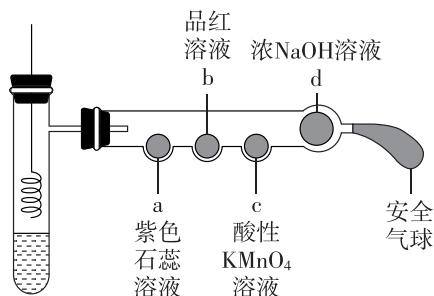
- A.  $\text{SO}_2$     B.  $\text{Na}_2\text{O}_2$     C.  $\text{NaClO}$     D. 氯水

4. [2025·浙江杭州学军中学高一期末] 已知:



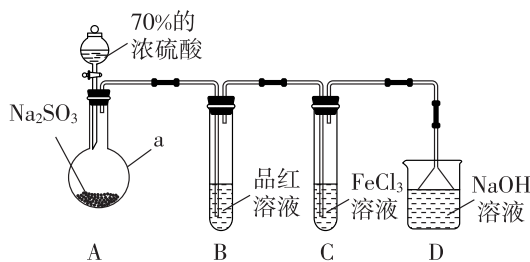
若将铜丝插入热浓硫酸中进行如图所示(a~d 均为浸有相应溶液的棉花)的探究实验,下列分析不

正确的是 ( )



- A. a 处变蓝,说明  $\text{SO}_2$  是酸性氧化物
- B. b 处褪色,说明  $\text{SO}_2$  具有漂白性
- C. c 处褪色,说明  $\text{SO}_2$  具有还原性
- D. d 处的浓  $\text{NaOH}$  溶液用于吸收未反应的  $\text{SO}_2$

5. 已知: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。某化学兴趣小组利用如图所示装置(夹持装置省略)制取  $\text{SO}_2$ , 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: $\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ , 在此反应中  $\text{Fe}^{3+}$  是 \_\_\_\_\_ (填“氧化剂”或“还原剂”)。
- (4) D 装置中发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , 说明  $\text{SO}_2$  是 \_\_\_\_\_ (填“酸性”或“碱性”)氧化物。
- (5) 欲制取标准状况下 2.24 L  $\text{SO}_2$ , 至少需要  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的质量为 \_\_\_\_\_ g。

## 第2课时 硫酸 硫酸根离子的检验

### 新课探究

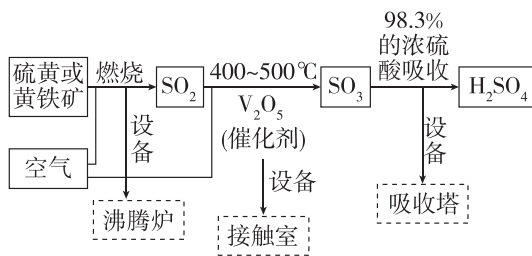
知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务一 硫酸

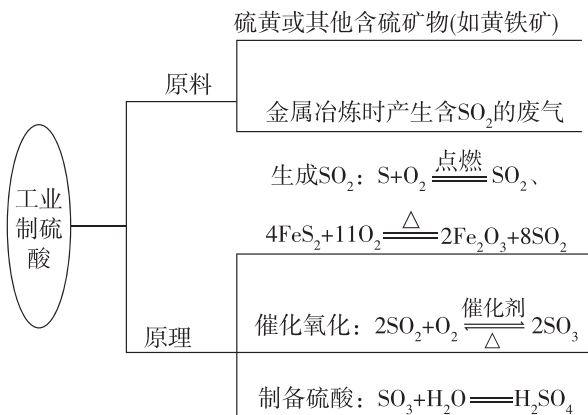
##### 【新知自主预习】

#### 一、工业制备硫酸的原理

##### 1. 工艺流程



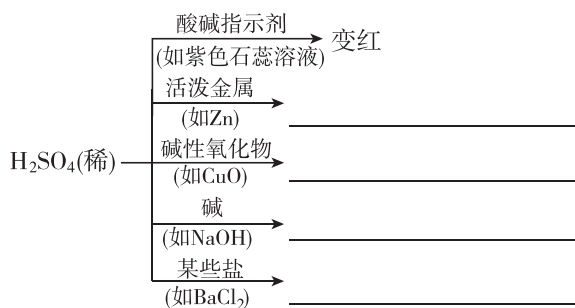
##### 2. 制备原料及反应原理



#### 二、硫酸的主要性质

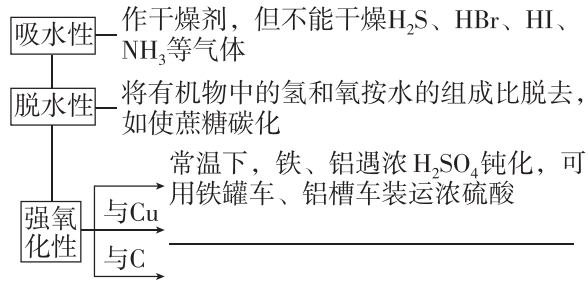
##### 1. 稀硫酸的化学性质

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  $HCl: 2NaCl(s) + H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} Na_2SO_4 + 2HCl \uparrow$  ]。

##### 【实验活动探究】

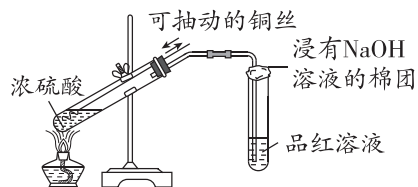
##### 【实验1】浓硫酸与蔗糖发生的“黑面包”反应



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

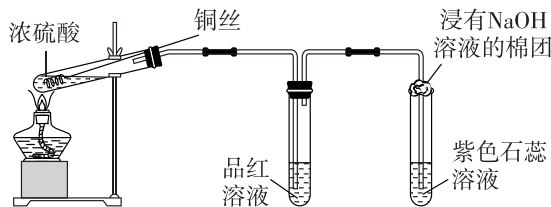
	吸水性	脱水性
作用对象	含有水分子或结晶水的物质	一般为含氢、氧元素的有机物,氢、氧元素按水的组成比脱去
变化类型	物理变化或化学变化	化学变化
能量变化	放热	放热
本质区别	看与浓硫酸接触的物质中是否含有“H <sub>2</sub> O”。若含有“H <sub>2</sub> O”,则浓硫酸表现吸水性;若不含“H <sub>2</sub> O”,只是含有氢元素和氧元素的有机物,则浓硫酸表现脱水性	

#### 2. 浓硫酸的强氧化性

强氧化性	本质	浓硫酸具有强氧化性, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 分子中硫元素的化合价为+6价,具有很强的得电子能力
	反应规律	①常温下与活泼金属反应生成硫酸盐、H <sub>2</sub> O和SO <sub>2</sub> (铁、铝除外),表现强氧化性和酸性,硫酸变稀后,生成的气体为H <sub>2</sub>
		②与不活泼金属和非金属反应需要加热,否则不反应。还原产物一般是SO <sub>2</sub> ,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

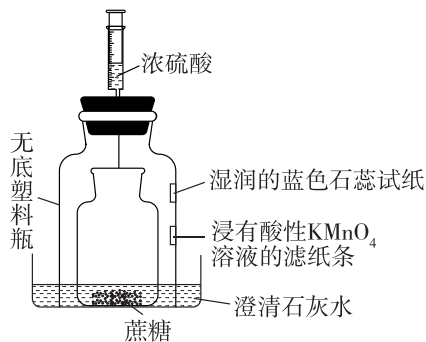
### 【知识迁移应用】

**例 1** [2025·北京清华附中高一期末] 浓硫酸与铜反应的装置如图所示。已知:铜足量,浓硫酸(浓度为 18 mol·L<sup>-1</sup>)为 50 mL。下列说法不正确的是 ( )



- 可通过拉动铜丝控制反应的发生与停止
- 浸有 NaOH 溶液的棉团的作用:  $2\text{OH}^- + \text{SO}_2 = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- 充分反应后,被还原的硫酸小于 0.45 mol
- 若将品红溶液和紫色石蕊溶液调换位置,紫色石蕊溶液变红仍可以证明生成 SO<sub>2</sub>

**例 2** [2024·江苏宿迁高一期末] 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 ( )



- 湿润的蓝色石蕊试纸变红,说明有 SO<sub>2</sub> 生成
- 浸有酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液的滤纸条褪色,说明 SO<sub>2</sub> 具有还原性
- 澄清石灰水变浑浊,说明反应有 CO<sub>2</sub> 产生
- 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 与金属反应的规律

- 与活泼金属(如 Zn)反应,开始产生 SO<sub>2</sub>,硫酸浓度变小后,产生 H<sub>2</sub>。
- 与不活泼金属(如 Cu)反应,开始产生 SO<sub>2</sub>(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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的浓硫酸充分反应,生成 SO<sub>2</sub> 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”;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、 $\text{SO}_4^{2-}$ 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 \_\_\_\_\_。

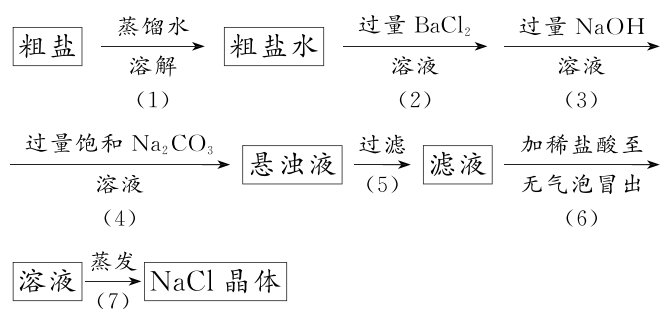
#### 【实验活动探究】

**【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



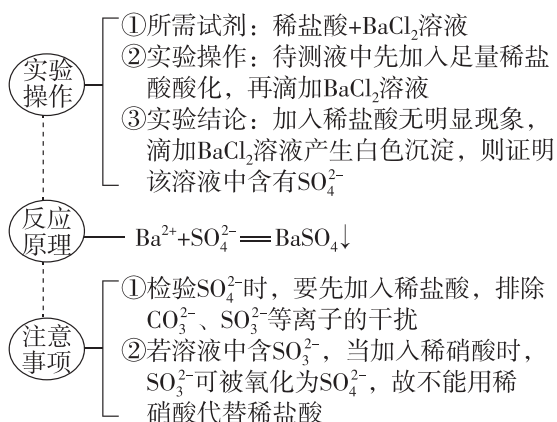
问题一:步骤(2)中如何表明  $\text{SO}_4^{2-}$  沉淀完全?

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?

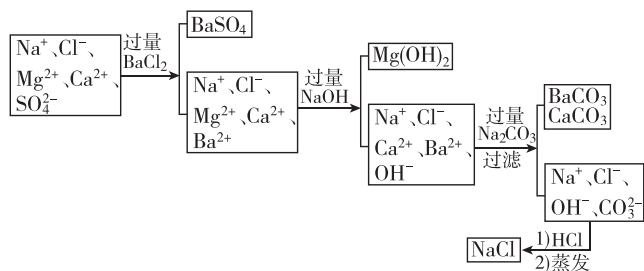
## 【核心知识讲解】

### 1. 硫酸根离子 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 的检验方法及原理



### 2. 粗盐的提纯

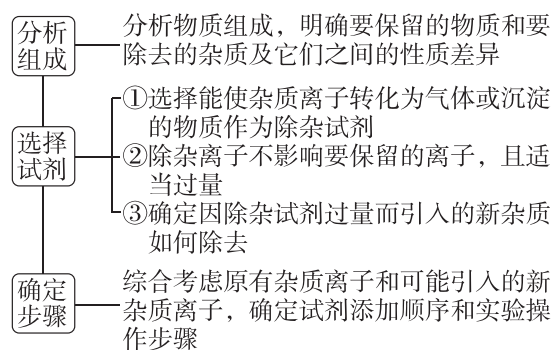
(1)粗盐提纯时，试剂的加入顺序及各步操作时体系中的主要离子和沉淀成分：



**[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  $\text{BaCl}_2$  溶液除去  $\text{SO}_4^{2-}$ ，后加入过量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液除去  $\text{Ca}^{2+}$  及过量的  $\text{Ba}^{2+}$ 。

(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， $\text{Na}_2\text{SO}_3$  在空气中易被氧化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。现有一包装破损的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  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  $\text{BaCl}_2$  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  $\text{BaCl}_2$  溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

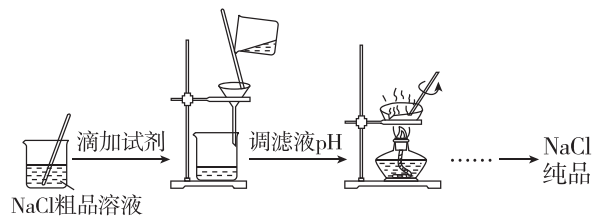
C. 取少量样品于试管中，滴入足量稀硫酸，再滴入  $\text{BaCl}_2$  溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

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  $\text{SO}_4^{2-}$  的常见误区及分析

误区	分析
只加 $\text{BaCl}_2$ 溶液，不加稀盐酸	可能是 $\text{Ag}^+$ 与 $\text{Cl}^-$ 反应生成 $\text{AgCl}$ 沉淀，还可能是 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 等与 $\text{Ba}^{2+}$ 反应生成沉淀
$\text{BaCl}_2$ 溶液与稀盐酸的滴加顺序颠倒	可能是 $\text{Ag}^+$ 与 $\text{Cl}^-$ 反应生成了不溶于稀盐酸的 $\text{AgCl}$ 沉淀
先用稀硝酸酸化再加入 $\text{BaCl}_2$ 溶液或先用稀盐酸酸化再加入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液	$\text{HNO}_3$ 具有强氧化性，能将溶液中的 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 氧化成 $\text{SO}_4^{2-}$

**例 4** [2025·浙江1月选考] 提纯  $\text{NaCl}$  粗品(含少量的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ) 得到  $\text{NaCl}$  纯品的方案如下，所用试剂为  $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、盐酸和  $\text{NaOH}$  溶液。



下列说法不正确的是 ( )

- A. 用过量的  $\text{BaCl}_2$  溶液除去  $\text{SO}_4^{2-}$
- B.  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  通过生成沉淀后过滤除去
- C. 4 种试剂的使用顺序为  $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、盐酸、 $\text{NaOH}$  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  $\text{NaCl}$  纯品

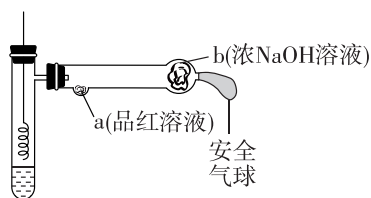
1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

- (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  $\text{SO}_4^{2-}$  ( )
- (6)为除去粗盐水中少量的  $\text{Ca}^{2+}$ ,可向溶液中加入过量的  $\text{K}_2\text{CO}_3$  溶液,然后过滤 ( )
- (7)为除去粗盐水中的  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,可依次加入稍过量的  $\text{NaOH}$ 、 $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  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. [2024·四川宜宾高一统考] 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  $\text{NaOH}$  溶液用于吸收  $\text{SO}_2$
- 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是否有  $\text{SO}_4^{2-}$  的操作及结论均正确的是 ( )

- A. 先加  $\text{HCl}$  溶液无明显现象,再加  $\text{BaCl}_2$  溶液

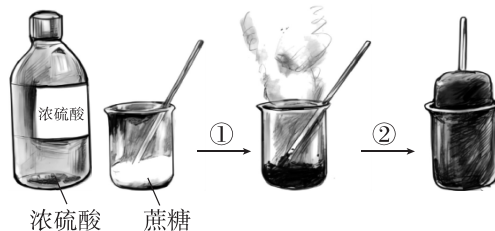
有白色沉淀,一定有  $\text{SO}_4^{2-}$

B. 加盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  溶液有白色沉淀,一定有  $\text{SO}_4^{2-}$

C. 滴加  $\text{MgCl}_2$  溶液未产生白色沉淀,一定没有  $\text{SO}_4^{2-}$

D. 滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液有白色沉淀,一定有  $\text{SO}_4^{2-}$

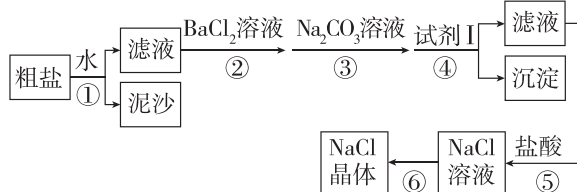
5. [2024·湖南长沙宁乡一中高一月考] 蔗糖与浓硫酸发生作用的过程如图所示。



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  $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  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  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$  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

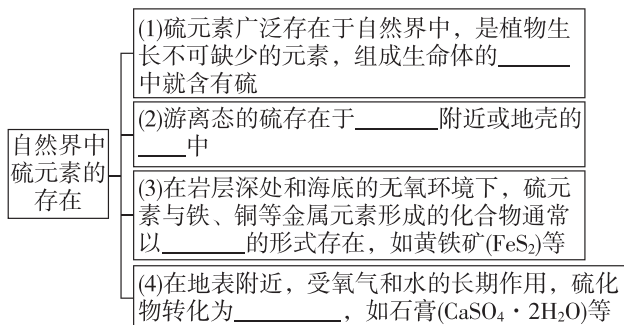
知识导学 素养初识

#### ◆ 学习任务 不同价态含硫物质的转化

##### 【新知自主预习】

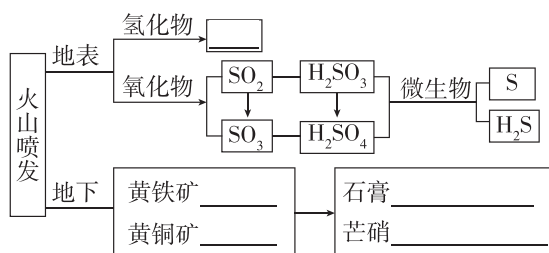
### 一、自然界中硫的存在和转化

#### 1. 自然界中硫的存在



#### 2. 自然界中硫的转化

火山口附近的硫单质被大气中的  $\text{O}_2$  氧化成\_\_\_\_\_, 进一步被氧化生成  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$  和  $\text{SO}_3$  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。

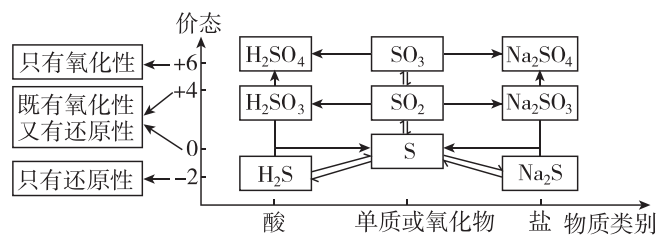
**【实验试剂】** 硫粉、 $\text{SO}_2$  水溶液、浓硫酸、氯水、 $\text{Na}_2\text{S}$  溶液、铜片、品红溶液、稀盐酸、 $\text{BaCl}_2$  溶液。

**【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

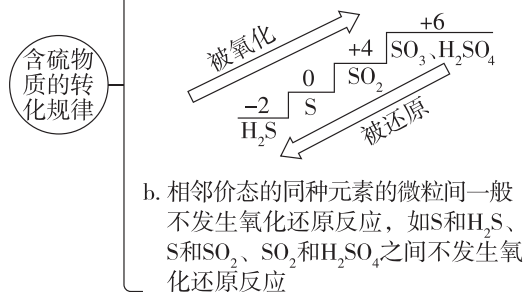
(1) 探究不同价态含硫物质之间相互转化的思路  
首先, 要选择含有不同价态的硫元素的物质, 如含+4价硫元素的物质可以选择二氧化硫或亚硫酸钠。

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。

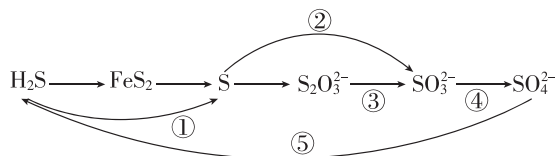
#### (2) 含硫物质的转化规律

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:



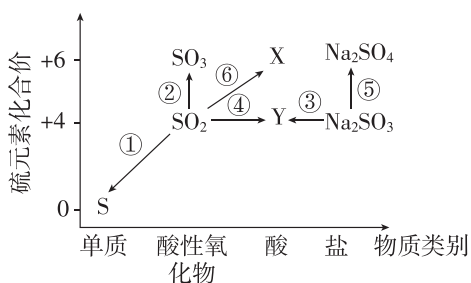
### 【知识迁移应用】

**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  $H_2O_2 + SO_3^{2-} = SO_4^{2-} + H_2O$

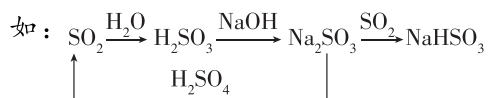
**例 2** [2024·江苏南京二十九中高一月考] 如图所示为 S 元素的“价—类”二维图,图中列出了部分转化箭头。



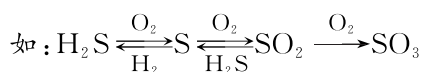
- 下列说法正确的是 ( )
- A. Y 的化学式为  $H_2SO_4$
  - B. 实现过程③可以用 NaOH 溶液
  - C. 实现过程⑥可以用  $H_2$
  - D. 实现过程④可以用  $H_2O$

### 【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



(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“×”)。  
 (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 ( )

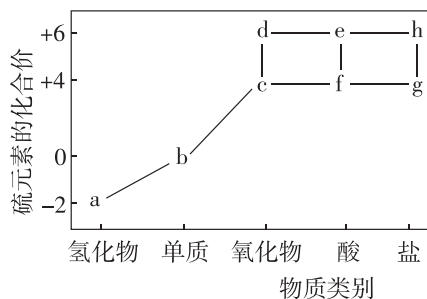
2. [2025·山东莱州一中高一检测] 下列有关硫元素循环的说法不合理的是 ( )

- 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 ( )

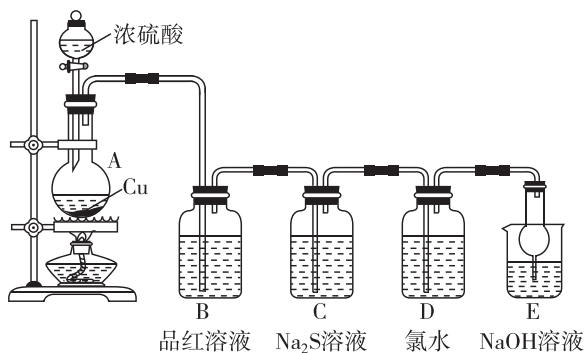
- A. 实验室探究  $SO_2$  的制备与性质:  $Na_2SO_3(s) \xrightarrow{70\% \text{ 硫酸}} SO_2(g) \xrightarrow{H_2O_2, BaCl_2(aq)} BaSO_4(s)$
- B. 工业上制备  $H_2SO_4$  的部分流程:  $FeS_2(s) \xrightarrow{O_2, \text{ 煅烧}} SO_2(g) \xrightarrow{O_2, \text{ 催化剂, 加热}} SO_3(g)$
- C. 用  $Na_2CO_3$  溶液吸收  $SO_2$  制备  $Na_2SO_3$ :  $SO_2(g) \xrightarrow{\text{过量 } Na_2CO_3(aq)} NaHSO_3(aq) \xrightarrow{NaOH(aq)} Na_2SO_3(aq)$
- D. 实验室探究浓硫酸的性质:  $H_2SO_4(\text{浓}) \xrightarrow{Cu, \text{ 加热}} SO_2(g) \xrightarrow{KMnO_4(aq)} H_2SO_4(aq)$

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  $f \rightarrow e$  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<sub>2</sub>S 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<sub>2</sub> 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
<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol>	<p><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。</p> <p><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。</p> <p><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。</p>

### 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

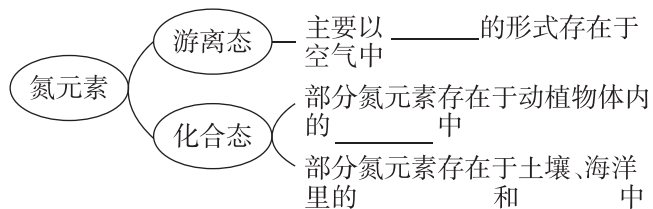
##### 【新知自主预习】

#### 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

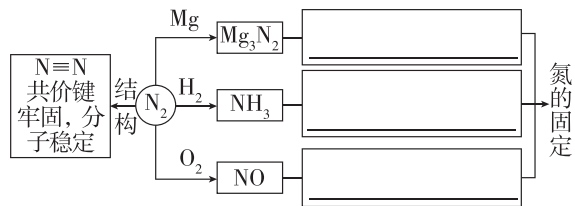
##### (1) 分子结构

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。

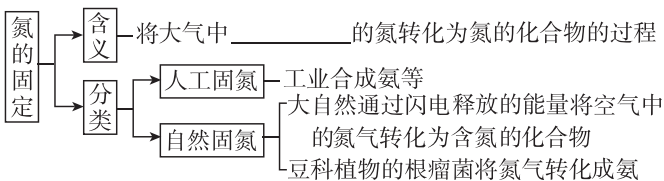
## (2) 化学性质

在高温、放电等条件下,  $N_2$  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。

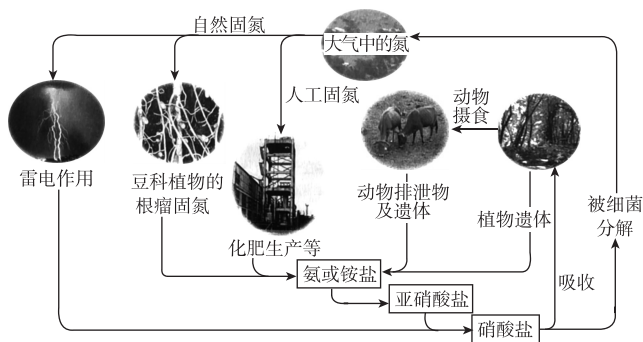


**[注意]** 镁在空气中燃烧时, 与空气中的  $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$  均能发生反应, 与  $N_2$  生成  $Mg_3N_2$ , 与  $CO_2$  生成  $MgO$  和  $C$ 。

## 2. 氮的固定

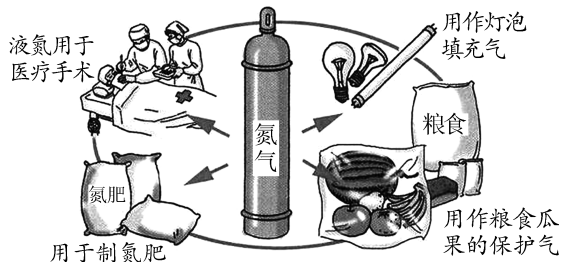


## 3. 自然界中氮的循环



### 【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?

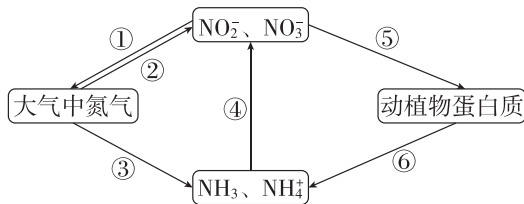
**问题三:**  $N$  元素的非金属性稍弱于  $O$  元素, 而  $N_2$  的化学性质很稳定,  $O_2$  的化学性质活泼。试从微观结构角度分析其原因。

### 【知识迁移应用】

**例 1** [2024·湖南临澧一中高一检测] 下列关于氮气的性质的说法中, 正确的是 ( )

- A. 点燃条件下,  $N_2$  在氧气中燃烧生成  $NO$
- B. 点燃时,  $N_2$  与金属  $Mg$  反应生成  $Mg_3N_2$ ,  $N_2$  作还原剂
- C. 合成氨反应中,  $N_2$  发生氧化反应
- D. 氮气的化学性质稳定, 其原因是两个氮原子之间以共价三键结合

**例 2** [2025·湖南长郡中学高一检测] 氮在自然界中的转化是一个复杂的过程, 如图所示的氮循环是生态系统物质循环的重要组成部分。下列有关氮循环的说法不正确的是 ( )



- A. 雷雨天气容易发生转化②的过程
- B. 图中转化②③④都属于氮的固定
- C. 动植物蛋白质中一定含有氮元素
- D. 转化⑥说明有机物可以转化为无机物

## ◆ 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<sub>2</sub>,化学方程式为\_\_\_\_\_。

## 二、二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)


### 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

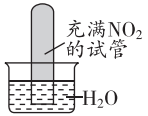
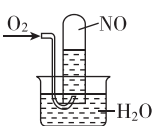
(1)NO<sub>2</sub> 溶于水生成硝酸和一氧化氮,化学方程式为\_\_\_\_\_。

(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 
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 	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> 	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

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,  
 $V(\text{NO}) = \frac{1}{3}V(\text{NO}_2)$

NO 和 O<sub>2</sub> 同时通入水中

$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  ①  
 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$  ②  
 反应循环, ①×3+②×2得  
 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$

NO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 同时通入水中

$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$  ①  
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  ②  
 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** [2025·北京朝阳区高一统考] 下列关于NO和NO<sub>2</sub>的说法正确的是 ( )

- A. NO<sub>2</sub>能与水反应生成硝酸,故NO<sub>2</sub>是酸性氧化物
- B. 除去NO<sub>2</sub>中混有的NO,可将混合气通入水中
- C. NO与NO<sub>2</sub>互为同素异形体
- D. 3NO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O=2HNO<sub>3</sub>+NO中氧化剂与还原剂的物质的量之比为1:2

**例4** [2024·四川自贡高一期末] 同温同压下,向三支容积相同的试管中分别充入等体积的两种气体,它们是①NO和O<sub>2</sub>,②NO<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>,③NO和NO<sub>2</sub>,并将三支试管均倒置于水槽中,充分反应后,试管中剩余气体体积分别为V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>,下列关系正确的是 ( )

- A. V<sub>1</sub>>V<sub>3</sub>>V<sub>2</sub>
- B. V<sub>3</sub>>V<sub>2</sub>>V<sub>1</sub>
- C. V<sub>3</sub>>V<sub>1</sub>>V<sub>2</sub>
- D. V<sub>2</sub>>V<sub>1</sub>>V<sub>3</sub>

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. [2024·湖北黄冈中学高一期中] 氮是各种生物体生命活动不可缺少的重要元素,下列过程不属于氮的固定的是 ( )

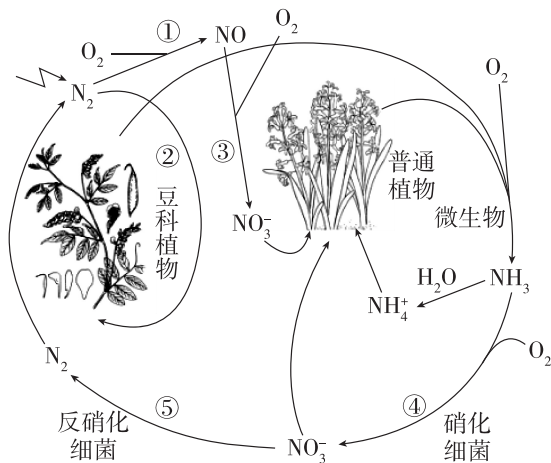
- A. 在一定条件下由氨和二氧化碳合成尿素
- B. 雷雨闪电时,大气中产生了一氧化氮
- C. 豆科农作物的根瘤菌使空气中的氮转化为氨
- D. 工业利用N<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>合成氨

3. 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

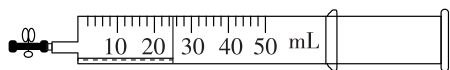
- B. NO是无色气体,可用向上排空气法收集
- C. NO<sub>2</sub>可由N<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>直接化合得到
- D. 从元素化合价角度看,NO只有还原性

4. [2024·安徽蚌埠高一期末] 如图所示是自然界中的氮循环过程,下列有关叙述错误的是 ( )



- A. 反应①②及工业合成氨均属于氮的固定
- B. 反应③的化学方程式为 4NO+3O<sub>2</sub>+2H<sub>2</sub>O=4HNO<sub>3</sub>
- C. 反应④中,生成1 mol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,至少需要提供4 mol O<sub>2</sub>
- D. 过程中参与循环的元素有氮元素,还有氢元素和氧元素

5. 如图所示,常温常压下,在注射器里吸入20 mL NO,然后吸入5 mL水。若再吸入30 mL空气(氧气体积占 $\frac{1}{5}$ ),夹住弹簧夹,让内外大气压相同,观察。下列叙述不正确的是 ( ) (已知常温常压下V<sub>m</sub>=24.5 L·mol<sup>-1</sup>)



- A. 可观察到注射器内气体由无色变成红棕色,最后变成无色
- B. 可观察到注射器的活塞缓缓向右移动
- C. 最终剩余气体体积约为36 mL
- D. 所得硝酸溶液的浓度约为0.065 mol·L<sup>-1</sup>

6. 某同学进行NO<sub>2</sub>与水反应的实验探究,实验装置如图所示:

