

第3节 硫及其重要化合物

备考要点	素养要求
1. 了解硫元素单质及其重要化合物的制备方法,掌握其主要性质及其应用。 2. 了解硫元素的重要化合物对环境的影响。 3. 能从物质类别、元素价态的角度分析、预测相关物质的性质及转化路径。	1. 宏观辨识与微观探析:能从不同层次认识硫单质及其化合物的多样性,并对其进行分类。 2. 科学探究与创新意识:能根据硫单质及其化合物的性质提出有探究价值的问题;能从问题和假设出发,确定探究目的,设计探究方案,进行实验探究。

考点一 硫及其氧化物的性质



必备知识自主预诊

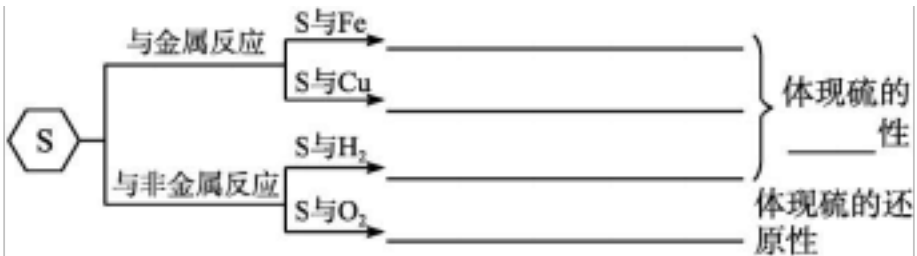


知识梳理

1. 硫
- (1) 自然界中硫元素的存在。
- ①游离态:存在于火山口附近或地壳的岩层中。
- 硫化物:如黄铁矿()、
黄铜矿()等
- ②化合态
- 硫酸盐:如石膏()、
{ (Na₂SO₄·10H₂O)}
- (2) 硫的物理性质。

俗 称	颜色、状 态	溶解性		
		水	酒精	CS ₂
硫 黄			微	
	色晶体		溶	

(3) 化学性质。



微点拨 (1) 单质硫燃烧时, 产物只能是 SO_2 , 无论 O_2 的量是否充足, 均不会生成 SO_3 。

- (2) 汞蒸气有毒, 实验室里不慎洒落一些汞, 可撒上硫粉进行处理($\text{Hg}+\text{S}=\text{HgS}$)。
- (3) 实验室中, 残留在试管内壁上的硫可用 CS_2 溶解除去, 也可用热的 NaOH 溶液除去。

2. 二氧化硫

(1) 物理性质。

颜色	气味	密度	溶解性
无色	刺激性气味	比空气____	

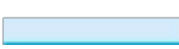
(2) 化学性质。

SO_2 是一种酸性氧化物, 由于 SO_2 中硫元素为+4 价, 属于中间价态, 所以 SO_2 既有_____性又有_____性。

....

性质	实验	现象	主要原理
酸性	将 SO_2 通入紫色石蕊溶液中	紫色变____色	$\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{H}_2\text{SO}_3$ $\text{H}_2\text{SO}_3\rightleftharpoons\text{H}^++\text{HSO}_3^-$
	将 SO_2 通入滴有酚酞的氢氧化钠溶液中	红色变浅或退去	$\text{SO}_2+2\text{OH}^-\rightleftharpoons\text{SO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_2+\text{OH}^-\rightleftharpoons\text{HSO}_3^-$
	将足量 SO_2 通入	溶液先变浑浊后变	$\text{SO}_2+\text{Ca}(\text{OH})_2\rightleftharpoons\text{CaSO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}$

	澄清石灰水中	澄清	$\text{SO}_2 + \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$
	将 SO_2 通入 Na_2CO_3 溶液中	有气泡产生	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$
弱氧化性	将 SO_2 通入氢硫酸中	溶液中产生黄色沉淀	
还原性	将 SO_2 通入溴水中	溶液_____	_____
还原性	将 SO_2 通入 KMnO_4 溶液中	溶液_____	_____
还原性	与 O_2 反应	—	_____
漂白性	将 SO_2 通入品红溶液中, 观察现象; 加热, 观察现象	红色_____, 加热_____	二氧化硫溶于水生成的 HSO_3^- 可与某些有色物质反应生成无色物质, 但无色物质不稳定, 受热或长久放置又容易分解而恢复原来的颜色

 **微点拨** (1) SO_2 使品红溶液退色表现的是 SO_2 的漂白性, 加热后溶液颜色复原; SO_2 使酸性高锰酸钾溶液、溴水、氯水、碘水退色表现的是 SO_2 的还原性, 加热后溶液颜色不复原。

(2) SO_2 不能漂白酸碱指示剂, SO_2 只能使紫色石蕊溶液变红, 但不能使之退色。

(3) 二氧化硫的实验室制法。

① 写出亚硫酸钠固体与硫酸反应制取 SO_2 的化学方程式: _____。

② 写出铜与浓硫酸反应制取 SO_2 的化学方程式: _____

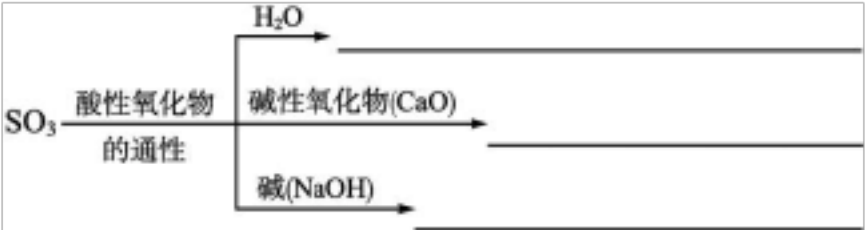
_____。

3. 三氧化硫(SO_3)

(1) 物理性质。

熔点 16.8 ℃, 沸点 44.8 ℃, 在常温下为_____体, 在标准状况下为_____体。

(2) 化学性质。



4. 硫的氧化物的污染与治理

来 源	化石燃料的燃烧及含硫矿石的冶 炼
危 害	污染大气,危害人体健康,形成酸 雨(pH 小于 5.6) 形成酸雨的过程: SO_2 — $\begin{matrix} \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4 \\ \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{H}_2\text{SO}_4 \end{matrix}$
防 治	开发新能源、燃煤脱硫、处理工 业废气

自我诊断

1. 判断正误,正确的打“√”,错误的打“×”。
- (1) 硫在空气中燃烧生成 SO_2 而在纯氧中燃烧生成 SO_3 。

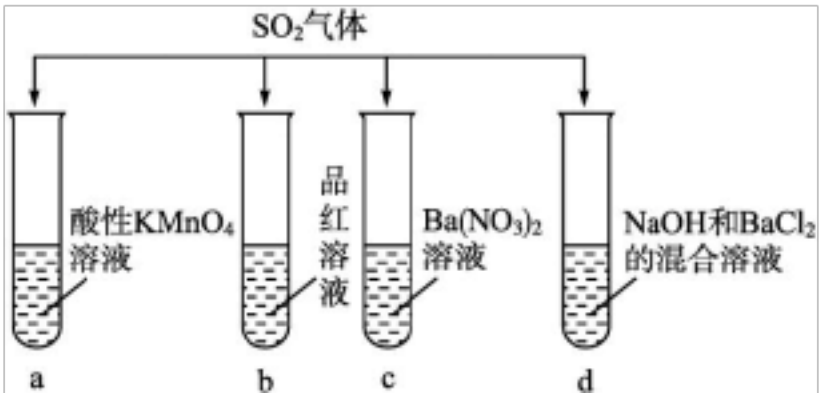
(2) 硫和氯气分别与铁反应后铁元素的价态相同。

(3) SO_2 和 Cl_2 等物质的量混合后通入装有湿润的有色布条的集气瓶中,漂白效果更好。

(4) 二氧化硫作纸浆漂白剂的过程中没有发生化学变化。

(5) 因为 SO_2 具有漂白性,所以它能使品红溶液、酸性高锰酸钾溶液、石蕊溶液退色。

(6) SO_2 气体通入 BaCl_2 溶液产生白色沉淀 BaSO_3 。
2. 将 SO_2 分别通入下列四种溶液中



回答下列问题：

- (1) 试管 a 中的实验现象是 KMnO_4 溶液_____，证明 SO_2 具有_____性；
- (2) 试管 b 中的实验现象是品红溶液_____，证明 SO_2 具有_____性；
- (3) 试管 c 中能产生白色沉淀，该沉淀是_____；
- (4) 试管 d 中能产生白色沉淀，该沉淀是_____。



关键能力 考向突破



考向 1 硫及其化合物的性质

【典例 1】(2020 辽宁抚顺一中期中)1912 年 E.Beckmann 用冰点降低法获得了黄色的正交 α -硫元素的一种同素异形体 S_8 分子。1891 年,M.R.Engel 首次制得了一种菱形的 ϵ -硫,后来证明含有 S_6 分子。下列说法正确的是()

- A. S_6 和 S_8 分子分别与铜粉反应,所得产物可能均为 CuS
- B.推测 Na_2S_8 可能是一种复合分子材料
- C. S_6 和 S_8 分子分别与过量的氧气反应可以得到 SO_3
- D.等质量的 S_6 和 S_8 分子分别与足量的 KOH 反应,消耗 KOH 的物质的量相同

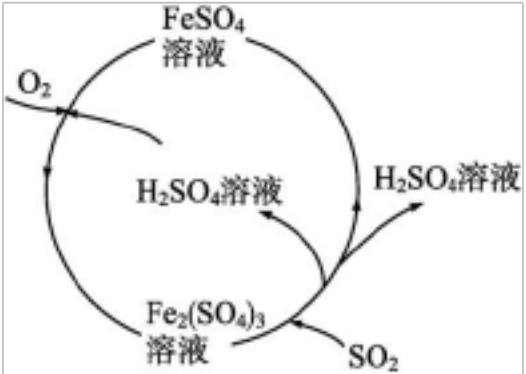
归纳总结 常见的能用于漂白的物质的比较

用于漂白的物质	实际参与漂白的物质	漂白原理	变化类别	漂白特点	漂白的对象
活性炭	活性炭	吸附漂白	物理变化	物理漂白,不可逆	一般用于溶液漂白

续 表

用于漂白的物质	实际参与漂白的物质	漂白原理	变化类别	漂白特点	漂白的对象
氯水	次氯酸	利用次氯酸的强氧化性进行漂白	化学变化	氧化还原漂白,不可逆	可以漂白较多有色物质
次氯酸盐					
次氯酸					
过氧化钠	过氧化氢	过氧化氢的强氧化性	化学变化	氧化还原漂白,不可逆	可以漂白较多有色物质
过氧化氢					
二氧化硫	亚硫酸	亚硫酸与有色物质化合生成不稳定的无色物质	化学变化	非氧化还原漂白,可逆	具有选择性,如可漂白品红、棉、麻、草等

对点演练 1 含硫煤燃烧会产生大气污染物,为防治该污染,某工厂设计了新的治污方法,同时可得到化工产品,该工艺流程如图所示,下列叙述不正确的是()



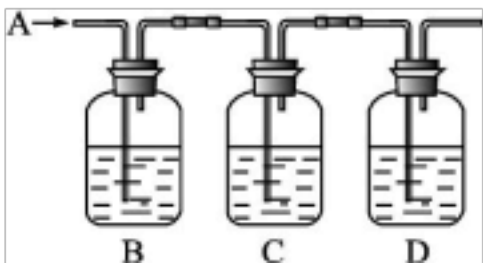
- A. 该过程中可得到化工产品 H_2SO_4
- B. 该工艺流程是除去煤燃烧时产生的 SO_2

C.该过程中化合价发生改变的元素只有 Fe 和 S

D.图中涉及的反应之一为 $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}^+$

考向 2 SO_2 与 CO_2 的性质比较

【典例 2】(2020 江苏徐州调研)如图是检验某无色气体 A 是 SO_2 和 CO_2 的混合气体的装置图,按要求回答下列问题:



- (1)B 中加入的试剂是_____,作用是_____。
- (2)C 中加入的试剂是_____,作用是_____。
- (3)D 中加入的试剂是_____,作用是_____。
- (4)实验时,C 中应观察到的现象是_____。

方法技巧 检验 SO_2 和 CO_2 同时存在的一般流程

SO_2 和 CO_2 都能使澄清石灰水变浑浊,检验二者同时存在的一般流程如下:

流程设计	检验 SO_2 □ 除去 SO_2 □ 检验 SO_2 是否除尽 □ 检验 CO_2			
选用试剂	品红溶液	酸性 KMnO_4 溶液	品红溶液	澄清石灰水
预期现象	退色	退色	不退色	变浑浊

对点演练 2 下列可用来区别 SO_2 和 CO_2 气体的是 ()

- ①澄清石灰水 ②氢硫酸 ③氯水 ④酸性高锰酸钾溶液 ⑤氯化钡溶液 ⑥品红溶液

- A.①④⑤⑥ B.②③④⑤
C.①②③⑥ D.②③④⑥

深度指津 鉴别 SO₂ 和 CO₂ 的方法

试剂	现象及结论	原理(化学方程式)
品红溶液	使品红溶液退色的是 SO ₂ ; 不能使品红溶液退色的是 CO ₂	—
高锰酸钾溶液	使溶液紫色退去的是 SO ₂ , 无明显现象的是 CO ₂	$2\text{KMnO}_4 + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
溴水	使溶液橙色退去的是 SO ₂ , 无明显现象的是 CO ₂	$\text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \longrightarrow 2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
硝酸酸化的硝酸钡溶液	产生白色沉淀的是 SO ₂ , 无明显现象的是 CO ₂	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HNO}_3 + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}\uparrow$ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HNO}_3$
FeCl ₃ 溶液	使溶液由棕黄色变浅绿色的是 SO ₂ , 无明显现象的是 CO ₂	$2\text{FeCl}_3 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{FeSO}_4 + 4\text{HCl}$

考点二 硫酸和硫酸根离子的检验



必备知识 自主预诊



知识梳理

1. 浓硫酸的物理性质

浓硫酸难挥发, 密度比水大, 与水以任意比互溶, 溶于水时放出大量的_____, 稀释浓硫酸的方法是将_____沿容器内壁慢慢注入水中, 并用_____不断搅拌。

2. 稀硫酸的化学性质

稀硫酸具有酸的通性, 写出稀硫酸与下列物质反应的离子方程式:

(1)Fe: _____;

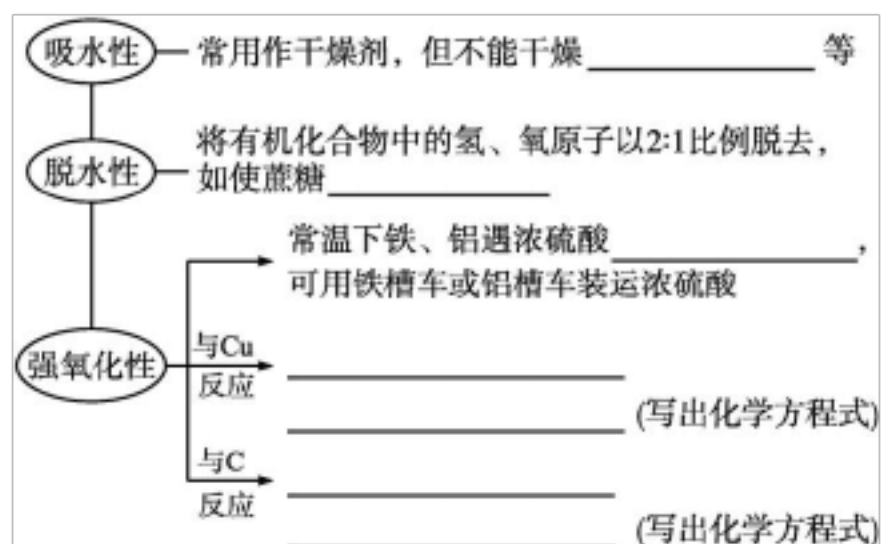
(2)MgO:_____;

(3)Ba(OH)₂: ___;

(4)Na₂SO₃: ___;

(5)BaCl₂: ___。

3. 浓硫酸的特性



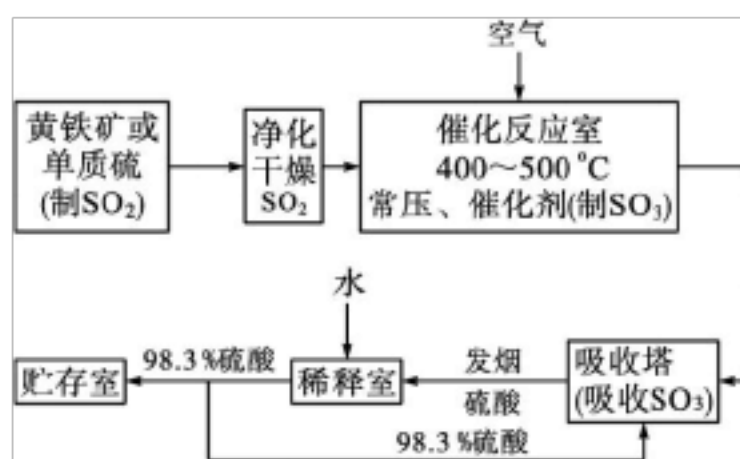
微点拨①H₂SO₄是高沸点、难挥发性的强酸,利用这一性质可以制取HCl和HF:
$$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{NaCl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow, \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\quad} \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}\uparrow。$$

②由“量变”引起的“质变”:金属(如Cu、Zn等)与浓硫酸反应时,开始阶段产生SO₂气体,随着反应的进行,H₂SO₄的浓度变小,最后变为稀硫酸,Cu与稀硫酸不反应,Zn与稀硫酸反应生成H₂而不是SO₂。

③浓硫酸与金属反应时体现了浓硫酸的氧化性和酸性,而与碳等非金属反应时只体现了浓硫酸的氧化性。

4. 硫酸的工业制备

(1) 工艺流程。



[注意]工业上用98.3%的硫酸吸收SO₃,可以避免用水吸收SO₃产生的酸雾腐蚀设备,并且可以提高吸收率。

(2) 反应原理。

①燃烧黄铁矿(FeS₂)或硫制备SO₂:



SO_2 转化为 SO_3 :
_____。

③吸收 SO_3 生成 HSO_4^- :
_____。

5. SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 的检验

(1) SO_3^{2-} 的检验。

SO_3^{2-} 的检验要排除 HSO_3^- 的干扰。因此第一步先加入 CaCl_2 溶液或者 BaCl_2 溶液, 过滤, 在沉淀中加入盐酸有气体生成, 将生成的气体通入品红溶液, 品红溶液退色, 则原溶液中一定有 SO_3^{2-} 。

(2) SO_4^{2-} 的检验。

①检验 SO_4^{2-} 时要防止其他离子的干扰。

a. Ag^+ 干扰。

先用盐酸酸化, 能防止 Ag^+ 干扰, 因为 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ 。

b. CO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 干扰。

因为 BaCO_3 、 BaSO_3 也是白色沉淀, 与 BaSO_4 白色沉淀所不同的是这些沉淀能溶于强酸中。因此检验 SO_4^{2-} , 必须用足量盐酸酸化(不能用 HNO_3 酸化)。所用钡盐溶液不能用 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液, 因为在酸性条件下, SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 、 SO_2 等会被溶液中的 NO_3^- 氧化为 SO_4^{2-} , 从而得出错误的结论。

②正确操作。

被检液 $\xrightarrow[\text{盐酸酸化}]{\text{加足量}}$ 取清液 $\xrightarrow[\text{BaCl}_2 \text{ 溶液}]{\text{滴加}}$ 有白色沉淀, 证明有 SO_4^{2-} 。



自我诊断

1. 判断正误, 正确的打“√”, 错误的打“×”。

(1) 常温下, 将铁片浸入足量浓硫酸中, 铁片不溶解, 说明常温下铁与浓硫酸一定没有发生化学反应。 ()

(2) 浓硫酸溅到皮肤上时立即用稀 NaOH 溶液冲洗。 ()

(3) 浓硫酸滴入蔗糖固体中蔗糖变黑, 将产生的气体通入溴水, 溴水退色, 说明浓硫酸具有脱水性、氧化性。 ()

(4) 可用浓硫酸除去 HCl 中的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。 ()

(5) 在未知溶液中滴加 BaCl_2 溶液出现白色沉淀, 加稀硝酸, 沉淀不溶解, 说明该未知液中存在 SO_4^{2-} 或 SO_3^{2-} 。 ()

硫酸是中学化学实验室的常见药品,其性质有①酸性

②吸水性 ③脱水性 ④强氧化性 ⑤催化作用。请将性质序号填在相应的横线上:

(1) 锌与稀硫酸反应制 H_2 __。

(2) 浓硫酸作干燥剂__。

(3) 浓硫酸使蔗糖变黑__。

(4) 实验室用乙醇和乙酸制取乙酸乙酯__。

(5) 浓硫酸与铜的反应__。

(6) 浓硫酸使湿润的石蕊试纸先变红,后来又变黑__。

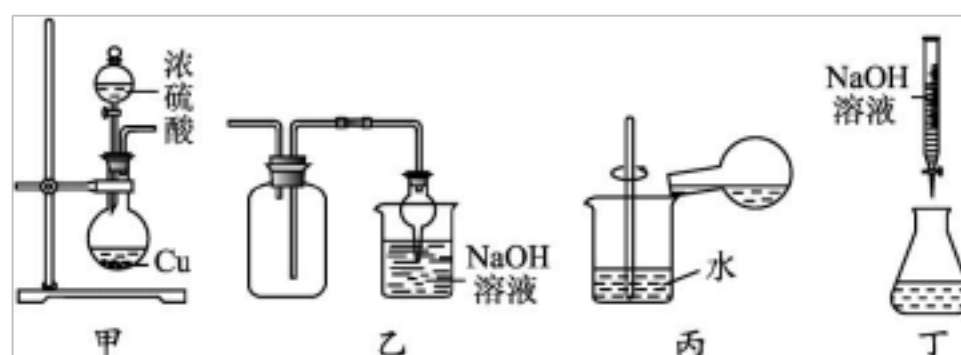


关键能力 考向突破



考向 1 硫酸的性质

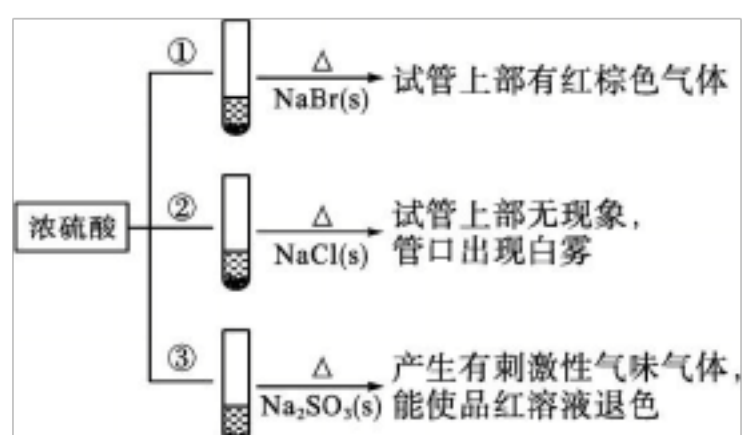
【典例 1】某实验小组探究浓硫酸和铜的反应,下列装置或操作正确的是()



- A. 用装置甲进行铜和浓硫酸的反应
- B. 用装置乙收集二氧化硫并吸收尾气
- C. 用装置丙稀释反应后的混合液
- D. 用装置丁测定余酸的浓度

对点演练 1 (2020 安徽怀宁中学月考) 浓硫酸分别和三种钠盐反应的实验现象如下图所示, 下列分析正确的是

()



- A. 对比①和②可以说明还原性 $Br^- > Cl^-$
- B. ①和③相比说明氧化性 $Br_2 > SO_2$
- C. ②中试管口白雾是 HCl 遇水蒸气所致, 说明酸性 $H_2SO_4 > HCl$

③中浓硫酸被还原成 SO_2

深度指津 1. 浓硫酸吸水性和脱水性的区别与应用

(1) 吸水性。

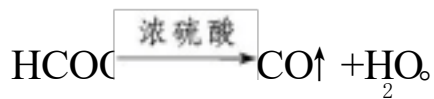
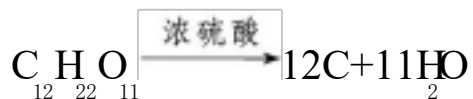
浓硫酸具有吸收水(如气体中、液体中的水分子,以及固体中的结晶水等)的性能,吸水性是浓硫酸的物理性质。因此浓硫酸可作为吸水剂或干燥剂。

①浓硫酸能干燥三类气体:中性气体,如 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CO 、 NO 、 CH_4 等;某些酸性气体,如 SO_2 、 CO_2 、 HCl 、 HF 等;某些氧化性气体,如 F_2 、 Cl_2 等。

②浓硫酸不能干燥两类气体:碱性气体,如氨气(NH_3);还原性气体,如 HBr 、 HI 、 H_2S 等。

(2) 脱水性。

浓硫酸可将许多有机化合物中的氢、氧元素按水的组成比脱去。脱水性是浓硫酸的化学性质。如:



2. 鉴别稀硫酸和浓硫酸的方法

方法一:取少量蒸馏水,向其中加入少量试样,如能放出大量热的则为浓硫酸,无明显变化的则为稀硫酸。

方法二:观察状态,浓硫酸为黏稠状液体,而稀硫酸为黏稠度较小的溶液。

方法三:取等体积的两份物质置于小烧杯中用手掂掂,因为浓硫酸的密度较大,相同体积的浓硫酸和稀硫酸比较,浓硫酸的质量大得多,感觉较重。

方法四:取少量试样,向其中投入铁片,若产生大量气体则为稀硫酸($\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$),若无明显现象(钝化),则为浓硫酸。

方法五:用玻璃棒蘸取试样在纸上写字,立即变黑(浓硫酸的脱水性)者为浓硫酸,否则为稀硫酸。

方法六:取少量试样,分别向其中投入一小块铜片,稍加热发生反应的(有气泡产生)为浓硫酸(浓硫酸表现强氧化性和酸性),无变化的是稀硫酸。

考向 2 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 的检验

【典例 2】(2020 广东广州重点中学联考)在某溶液中加入 BaCl_2 溶液,生成白色沉淀,加入稀硝酸,沉淀不溶解,则下列关于该溶液所含离子的推断中正确的是()

A. 一定含有 SO_4^{2-}

- 含有 SO_4^{2-} 和 Ag^+
- C. 可能含有 SO_4^{2-} 、 Ag^+ 、 SO_3^{2-} 中的一种或两种
- D. 可能含有 SO_3^{2-} 或 CO_3^{2-}

对点演练 2 下列物质的检验中,其结论一定正确的是()

- A. 向某溶液中加入 BaCl_2 溶液,产生白色沉淀,加入稀硝酸后,白色沉淀不溶解,也无其他现象,说明原溶液中一定含有 SO_4^{2-}
- B. 向某溶液中加入盐酸产生无色气体,该气体能使澄清石灰水变浑浊,说明该溶液中一定含有 CO_3^{2-} 或 SO_3^{2-}
- C. 取少量久置的 Na_2SO_3 样品置于试管中加水溶解,再加足量盐酸酸化,然后加 BaCl_2 溶液,若加盐酸时有气体产生,加 BaCl_2 溶液时有白色沉淀产生,说明 Na_2SO_3 样品已部分被氧化
- D. 将某气体通入品红溶液中,品红溶液退色,该气体一定是 SO_2

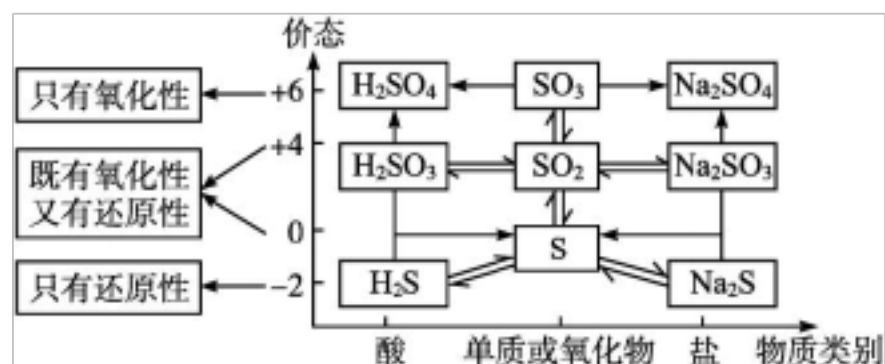
考点三 硫及其化合物的相互转化及应用



必备知识 自主预诊

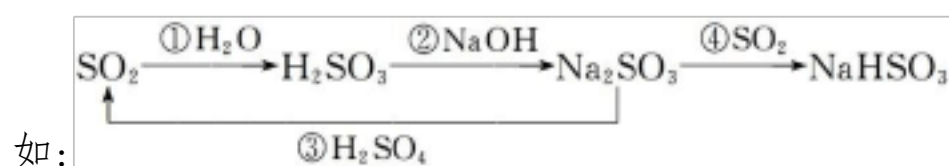
☒ **知识梳理**

1. 理清硫元素的化合价与氧化性、还原性之间的关系



2. 掌握硫及其化合物之间的转化规律

(1) 相同价态硫的转化是通过酸、碱、盐之间的反应实现的。



②③④反应的化学方程式分别为:

② _____;

③ _____;

④ _____。

(2) 不同价态硫的转化是通过氧化还原反应实现的。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/566241031002010233>