全品
— SINCE 1992 —

教育图书 功能学具 学生之家

基础教育行业专研品牌

30+年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中化学

必修第二册 RJ

数智教辅

全品AI学伴

7×24小时有问必答

高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团

天津人民出版社

CONTENTS 目录 导学案

05 第五章　化工生产中的重要非金属元素 PART FIVE

第一节　硫及其化合物 …… 109

第 1 课时　硫和二氧化硫 …… 109

第 2 课时　硫酸　硫酸根离子的检验 …… 113

第 3 课时　不同价态含硫物质的转化 …… 119

第二节　氮及其化合物 …… 121

第 1 课时　氮气与氮的固定　一氧化氮和二氧化氮 …… 121

第 2 课时　氨和铵盐 …… 125

第 3 课时　硝酸　酸雨及防治 …… 130

拓展微课 1　基于硫、氮及其化合物的实验“微设计” …… 133

第三节　无机非金属材料 …… 136

本章素养提升 …… 140

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 …… 141

第 1 课时　化学反应与热能 …… 141

第 2 课时　化学反应与电能 …… 145

拓展微课 2　新型化学电源及分析 …… 150

第二节　化学反应的速率与限度 …… 152

第 1 课时　化学反应的速率 …… 152

拓展微课 3　“变量控制法”在化学反应速率中的应用 …… 155

第 2 课时　化学反应的限度　化学反应条件的控制 …… 157

拓展微课 4　“三段式法”的应用及图像分析 …… 161

本章素养提升 …… 163

07 第七章　有机化合物
PART SEVEN

第一节　认识有机化合物 …… 165

第 1 课时　有机化合物中碳原子的成键特点　烷烃的结构 …… 165

第 2 课时　烷烃的性质 …… 170

第二节　乙烯与有机高分子材料 …… 173

第 1 课时　乙烯 …… 173

第 2 课时　烃　有机高分子材料 …… 177

拓展微课 5　烃一元(或多元)取代物种类及原子共线共面的判断 …… 180

第三节　乙醇与乙酸 …… 182

第 1 课时　乙醇 …… 182

第 2 课时　乙酸　官能团与有机化合物的分类 …… 186

第四节　基本营养物质 …… 190

第 1 课时　糖类 …… 190

第 2 课时　蛋白质　油脂 …… 194

拓展微课 6　抓住官能团　类推陌生有机物的性质 …… 198

本章素养提升 …… 199

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 …… 203

第 1 课时　金属矿物和海水资源的开发利用 …… 203

第 2 课时　煤、石油和天然气的综合利用 …… 206

第二节　化学品的合理使用 …… 208

第三节　环境保护与绿色化学 …… 214

本章素养提升 …… 217

◆ 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

第 1 课时　硫和二氧化硫

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　硫的性质

【新知自主预习】

1. 硫元素的“位—构—性”



硫原子结构示意图

位　位于元素周期表的第____周期、第____族

构　有3个电子层，原子最外层有_____个电子

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

2. 单质硫的性质

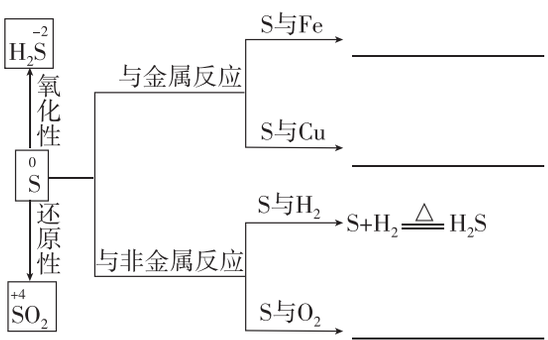
(1)硫的物理性质

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

[注意] 实验室中可用二硫化碳清洗附着在试管内壁上的单质硫。

(2)硫的化学性质

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



【实验活动探究】

某校化学兴趣小组通过实验探究硫的化学性质。

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

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

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


硫粉与铁粉的反应
甲


硫在氧气中燃烧
乙


铁丝在氯气中燃烧
丙

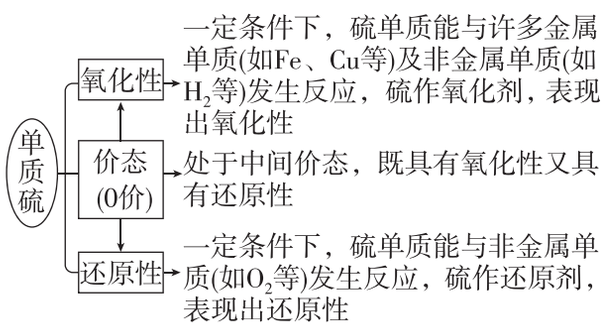
问题一：实验 1 中混合物持续红热，生成黑色固体 FeS。据此得出什么结论？试写出该反应的化学方程式。

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

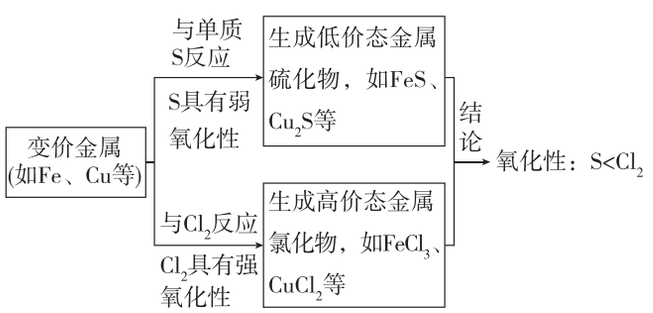
问题三：实验 3 中铁丝剧烈燃烧，产生棕黄色的烟，生成 $FeCl_3$ 固体。从微观角度分析 Fe 与 S、Cl_2 反应产物中 Fe 元素价态不同的原因。

【核心知识讲解】

1. 从元素化合价角度认识单质硫的化学性质



2. 硫、氯气与变价金属反应的比较



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

【知识迁移应用】

例 1 下列物质间的反应中，硫表现出还原性的是 ( )

A. 硫与氢气　　B. 硫与氧气

C. 硫与铁　　D. 硫与钠

例 2 下列物质中，不能由单质直接化合生成的是 ( )

①CuS　②FeS　③SO_3　④H_2S

A. ①③　　B. ①②③　　C. ①②④　　D. 全部

[易错警示]

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

◆ 学习任务二　二氧化硫的性质和用途

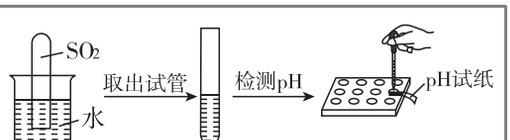
【新知自主预习】

一、SO_2 的物理性质

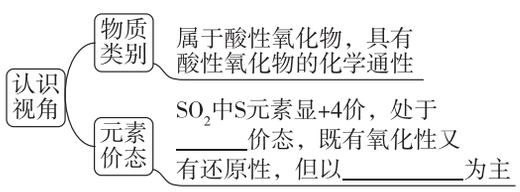
1. 物理性质

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

2. 实验探究

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

二、从“价—类”二维视角认识 SO_2 的化学性质



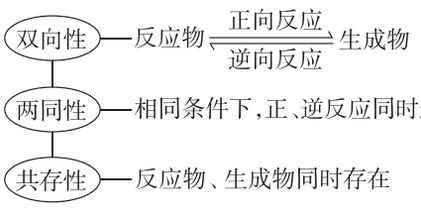
1. 具有酸性氧化物的性质（物质类别）

(1)与水反应

①SO_2 与水反应的化学方程式为_____。

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

可逆反应特点：



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

(2)与碱溶液反应

与少量 NaOH 溶液反应：

$SO_2+NaOH=\!=\!=NaHSO_3$；

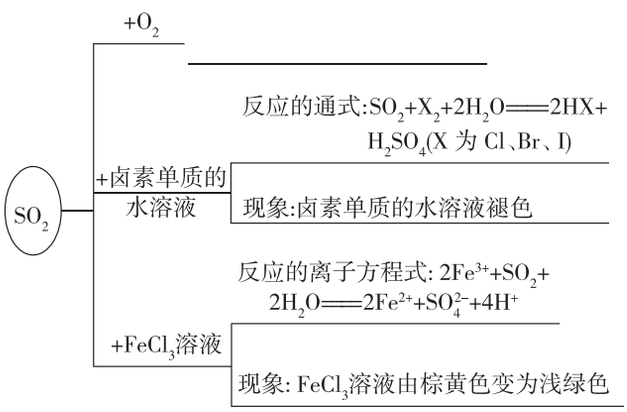
与足量 NaOH 溶液反应：

_____。

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

2. SO_2 具有氧化性和还原性（元素价态）

(1)具有强还原性



(2)具有弱氧化性

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

3. SO_2 具有漂白性 [教材实验 5-2]

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

4. SO_2 的重要用途

(1)工业上常用 SO_2 来漂白纸浆、毛、丝等。

(2)SO_2 可用于_____，还是一种食品添加剂。

【实验活动探究】

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

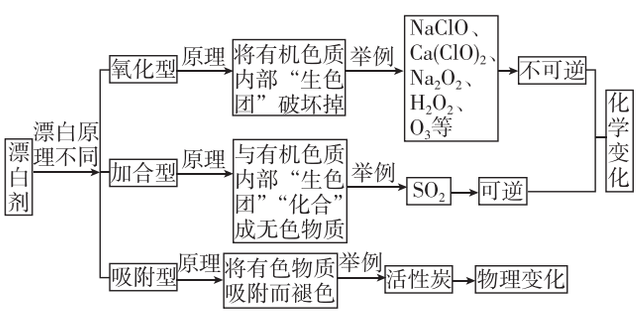
问题二：品红溶液中分别通入 SO_2 和 Cl_2 会出现什么现象？一段时间后对其进行加热，现象又如何？紫色石蕊溶液中分别通入 SO_2 和 Cl_2 会出现什么现象？

【核心知识讲解】

1. SO_2 和 CO_2 的化学性质比较

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

2. 三种类型漂白原理的比较



【知识迁移应用】

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

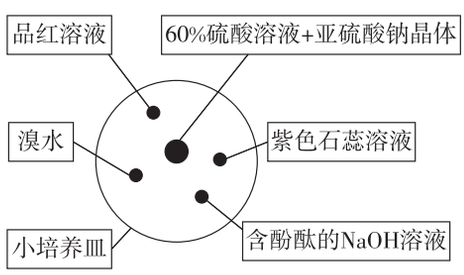
A. 是无色无味的气体

B. 具有漂白作用

C. 属于酸性氧化物

D. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色

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



A. 紫色石蕊溶液变红色，是因为 SO_2 溶于水生成了 H_2SO_3

B. 品红溶液褪色，是因为 SO_2 具有氧化性

C. 溴水橙色褪去，是因为 SO_2 具有还原性

D. 含酚酞的 NaOH 溶液红色变浅

[易错警示]

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

(2)SO_2 不能漂白酸碱指示剂，只能使紫色石蕊溶液变红，但不褪色。

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

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误（正确的打“√”，错误的打“×”）。

(1)硫元素在自然界中只存在化合态，没有游离态（　）

(2)硫和铁、铜在加热条件下生成 Fe_2S_3 和 CuS (　)

(3)硫是一种非金属单质,与其他单质反应,只能作氧化剂 (　)

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

(5)SO_2 与氯水混用,漂白效果更好 (　)

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

(7)某气体通入品红溶液后,品红溶液褪色,则该气体一定是 SO_2 (　)

(8)SO_2 通入紫色石蕊溶液中,溶液先变红后褪色 (　)

2. 下列关于单质硫及 SO_2 的说法中正确的是 (　)

A. SO_2 与 NaOH 溶液反应生成 Na_2SO_4

B. 可用 CS_2 或热 NaOH 溶液清洗残留在试管内壁的硫

C. 硫跟铁单质反应生成硫化铁

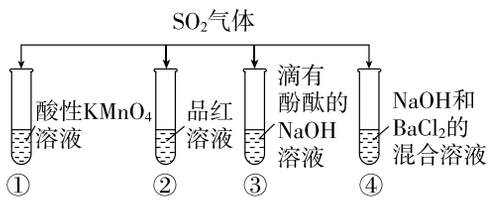
D. SO_2 有毒,不能用作食品添加剂

3. 下列物质均有漂白作用,其中漂白原理与其他三种物质不同的是 (　)

A. SO_2　　B. Na_2O_2

C. NaClO　　D. 氯水

4. [2026·湖南邵阳高一期末] 将 SO_2 气体通入下列四种溶液中,下列说法错误的是 (　)



A. ①中的酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色体现了 SO_2 的还原性

B. ②中品红溶液褪色体现了 SO_2 的漂白性

C. ③中的溶液褪色体现了 SO_2 酸性氧化物的性质

D. ④中产生白色沉淀的离子方程式为 $SO_2+Ba^{2+}+H_2O=BaSO_3\downarrow+2H^+$

第 2 课时　硫酸　硫酸根离子的检验

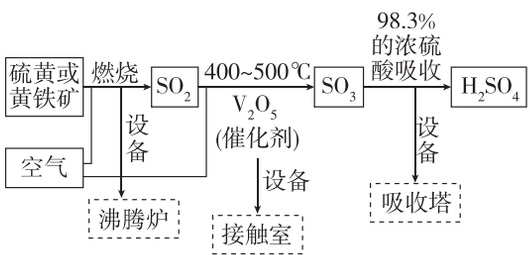
新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　硫酸

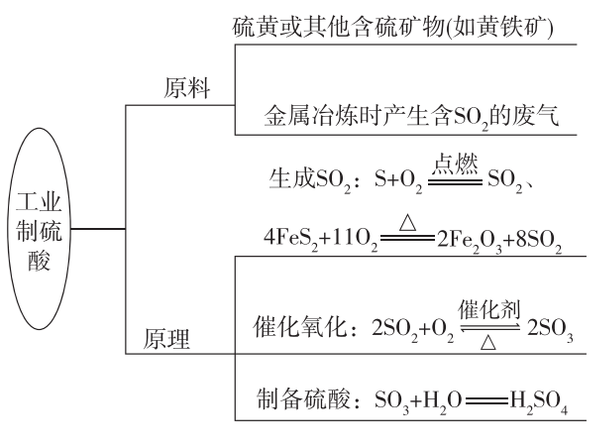
【新知自主预习】

一、工业制备硫酸的原理

1. 工艺流程



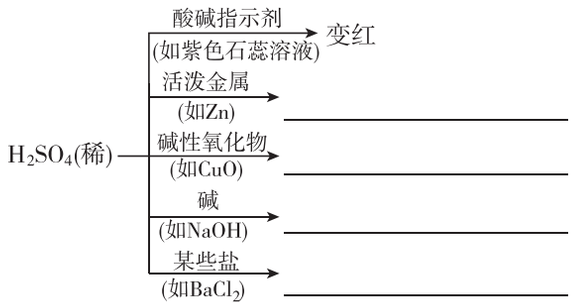
2. 制备原料及反应原理



二、硫酸的主要性质

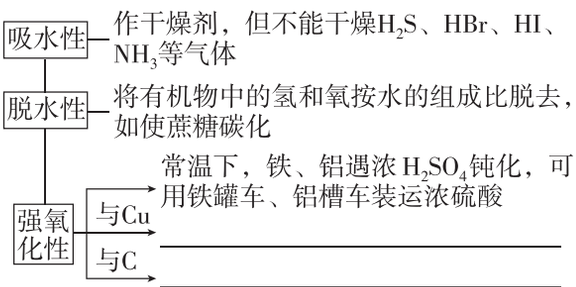
1. 稀硫酸的化学性质

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

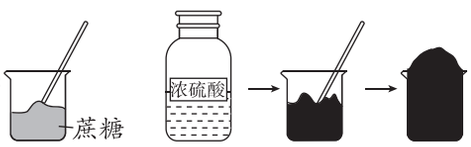


[注意] ①稀释浓硫酸时，将浓硫酸沿器壁缓慢注入水中，并用玻璃棒不断搅拌以散热；②浓硫酸的沸点高、难挥发，常利用浓硫酸制备挥发性酸[如 HCl：$2NaCl(s)+H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}Na_2SO_4+2HCl\uparrow$]。

【实验活动探究】

【实验 1】 浓硫酸与蔗糖发生的“黑面包”反应

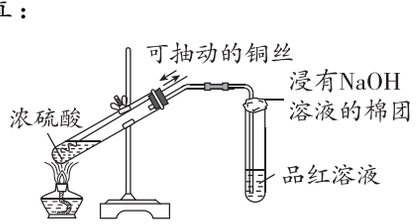
实验操作：



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

【实验 2】 浓硫酸与铜的反应

实验装置：



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

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

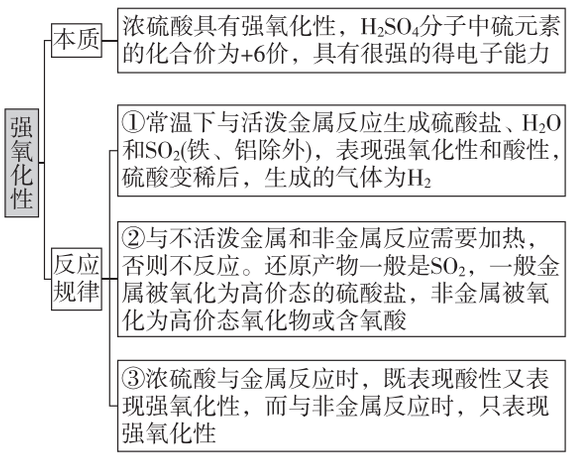
问题二： 实验 2 中的实验现象主要体现了浓硫酸的哪些性质？浓硫酸与铜反应的原理是什么？

【核心知识讲解】

1. 浓硫酸的吸水性和脱水性比较

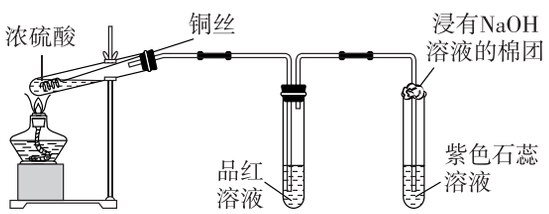
	吸水性	脱水性
作用对象	含有水分子或结晶水的物质	一般为含氢、氧元素的有机物，氢、氧元素按水的组成比脱去
变化类型	物理变化或化学变化	化学变化
能量变化	放热	放热
本质区别	看与浓硫酸接触的物质中是否含有“H_2O”。若含有“H_2O”，则浓硫酸表现吸水性；若不含“H_2O”，只是含有氢元素和氧元素的有机物，则浓硫酸表现脱水性	

2. 浓硫酸的强氧化性



【知识迁移应用】

例 1 [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^{-1})为 50 mL。下列说法不正确的是 ( )



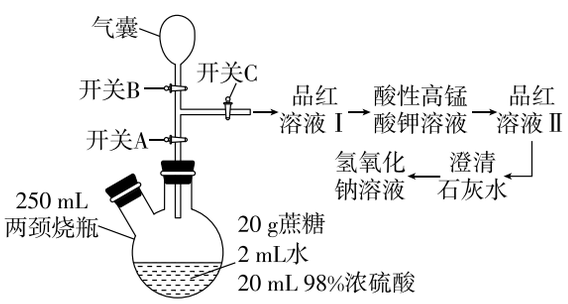
A. 可通过拉动铜丝控制反应的发生与停止

B. 浸有 NaOH 溶液的棉团的作用:$2OH^- + SO_2 = SO_3^{2-} + H_2O$

C. 充分反应后,被还原的硫酸小于 0.45 mol

D. 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_2

例 2 [2026·山东青岛平度一中高一检测] 探究浓硫酸与蔗糖反应及产物性质的实验设计如图所示。反应开始时,打开开关 A、B,关闭 C;当反应停止后,关闭开关 A,打开 C,挤压气囊进行实验。下列说法错误的是 ( )



A. 蔗糖中加水的目的是使浓硫酸遇水放热,加快反应速率

B. 两颈烧瓶中蔗糖变黑,说明浓硫酸具有脱水性

C. 品红溶液Ⅰ褪色,说明有 SO_2 生成

D. 酸性高锰酸钾溶液褪色,澄清石灰水变浑浊,说明有 CO_2 生成

[易错警示] 浓 H_2SO_4 与金属反应的规律

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

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

◆ 学习任务二 硫酸盐 SO_4^{2-} 的检验

【新知自主预习】

一、几种常见的硫酸盐

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

二、SO_4^{2-} 的检验

1. 探究 SO_4^{2-} 的检验［教材实验 5-4］

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

2. SO_4^{2-} 的检验

(1)实验操作

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

(2)理论解释

①先加稀盐酸的目的是排除_____、_____、_____等离子干扰。

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

【实验活动探究】

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

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

【实验步骤】

实验操作流程

粗盐 $\xrightarrow[\text{溶解}]{\text{蒸馏水}}$ 粗盐水 $\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{过量 }BaCl_2}$ $\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{过量 NaOH}}$

(1) (2) (3)

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

(4) (6)

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

问题一: 步骤(2)中如何表明 SO_4^{2-} 沉淀完全?

问题二: 为什么每次加入的试剂都要略微过量?加入稀盐酸的目的是什么?

问题三: 本实验中加入试剂的顺序能否调整?试剂的加入顺序有什么原则吗?

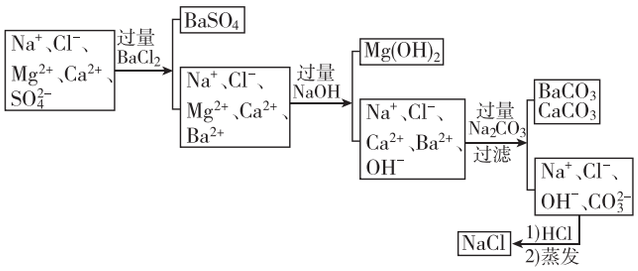
【核心知识讲解】

1. 硫酸根离子(SO_4^{2-})的检验方法及原理

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

2. 粗盐的提纯

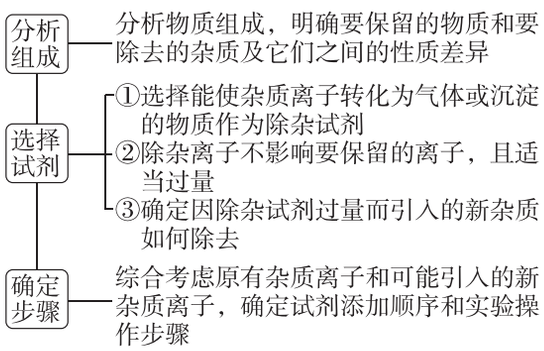
(1)粗盐提纯时,试剂的加入顺序及各步操作时体系中的主要离子和沉淀成分:



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

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

(2)利用离子反应除去杂质的思路和方法



【知识迁移应用】

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

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

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

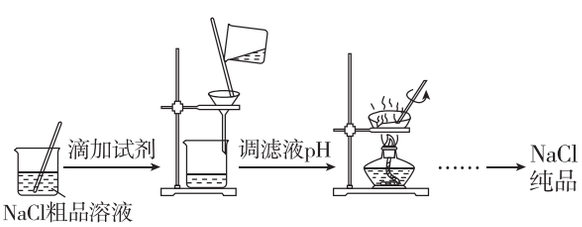
C. 取少量样品于试管中,滴入足量稀硫酸,再滴入 $BaCl_2$ 溶液,若有白色沉淀产生,则说明已变质

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

[易错警示] 检验 SO_4^{2-} 的常见误区及分析

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

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



下列说法不正确的是 ( )

A. 用过量的 $BaCl_2$ 溶液除去 SO_4^{2-}

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

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

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

课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打"√",错误的打"×")。

(1)浓硫酸可用来干燥 NH_3、H_2S ( )

(2)冷的浓硫酸使铁、铝钝化属于物理变化 ( )

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

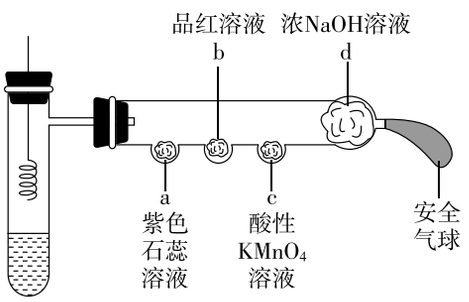
(4)向 $CuSO_4\cdot 5H_2O$ 的表面上滴加浓硫酸，晶体表面会出现“白斑”　　(　)

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

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

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

2. [2026·湖北武汉部分省级示范高中高一期中] 若将铜丝插入热的浓硫酸中进行如图(a～d 均为浸有相应溶液的棉花)所示的探究实验，下列分析正确的是　　(　)



A. a 处变蓝，说明 SO_2 是酸性氧化物

B. c 处褪色，说明 SO_2 具有漂白性

C. 试管底部可能会出现白色固体

D. 铜丝和浓硫酸反应中，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2∶1

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

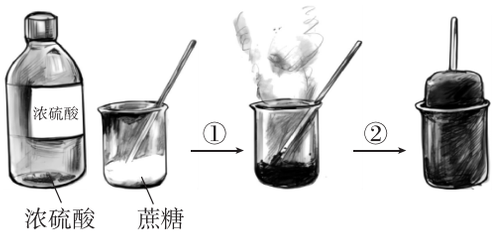
A. 先加 HCl 溶液无明显现象，再加 $BaCl_2$ 溶液有白色沉淀，一定有 SO_4^{2-}

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

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

D. 滴加 $BaCl_2$ 溶液有白色沉淀，一定有 SO_4^{2-}

4. [2024·湖南长沙宁乡一中高一月考] 蔗糖与浓硫酸发生作用的过程如图所示。



下列关于该过程的分析不正确的是　　(　)

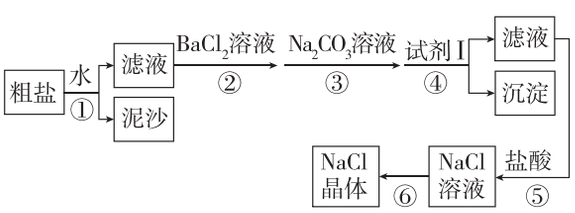
A. 过程中蔗糖分子发生了化学键的断裂

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

C. 过程中产生能使品红溶液褪色的气体，体现了浓硫酸的强氧化性

D. 过程①白色固体变黑，主要体现了浓硫酸的脱水性

5. 粗盐中通常含有 Na_2SO_4、$MgCl_2$、$CaCl_2$ 和泥沙等杂质，实验室用粗盐制备 NaCl 晶体的流程如图所示。



(1)①中不需要使用的实验仪器是_____。

A. 玻璃棒　　B. 漏斗

C. 蒸发皿　　D. 烧杯

(2)下列说法正确的是_____。

A. ②的目的是除去 SO_4^{2-}

B. ②和③的试剂顺序可以互换

C. 试剂Ⅰ是 KOH 溶液

D. ⑤中只发生反应：$OH^-+H^+=H_2O$

(3)⑥中用到的分离方法是_____。

A. 过滤　　B. 冷却结晶

C. 吸附　　D. 蒸发结晶

第 3 课时　不同价态含硫物质的转化

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务　不同价态含硫物质的转化

【新知自主预习】

一、自然界中硫的存在和转化

1. 自然界中硫的存在

自然界中硫元素的存在

(1)硫元素广泛存在于自然界中，是植物生长不可缺少的元素，组成生命体的_____中就含有硫

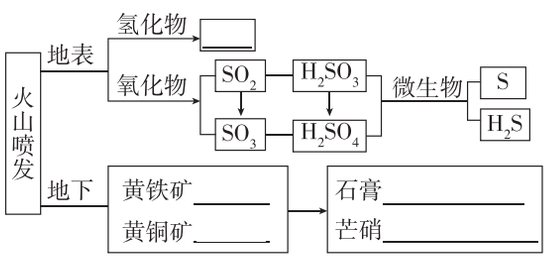
(2)游离态的硫存在于_____附近或地壳的_____中

(3)在岩层深处和海底的无氧环境下，硫元素与铁、铜等金属元素形成的化合物通常以_____的形式存在，如黄铁矿(FeS_2)等

(4)在地表附近，受氧气和水的长期作用，硫化物转化为_____，如石膏($CaSO_4\cdot 2H_2O$)等

2. 自然界中硫的转化

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



二、不同价态含硫物质的转化

1. 转化原理

(1)硫元素常见价态及其转化关系

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

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

2. 实验设计原则

设计实验遵循的原则是科学性、_____、安全性和绿色化。

【实验方案设计】

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

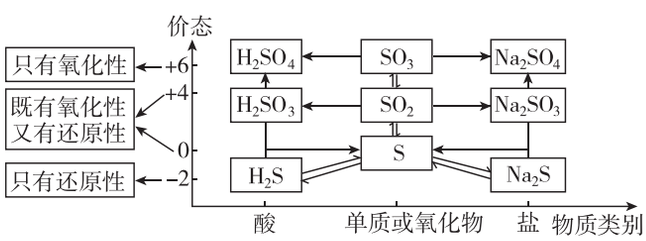
【实验试剂】硫粉、SO_2 水溶液、浓硫酸、氯水、Na_2S 溶液、铜片、品红溶液、稀盐酸、$BaCl_2$ 溶液。

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

序号	价态变化	转化前的含硫物质	选择试剂	转化后的含硫物质	预期现象
①	－2→0				
②	0→－2				
③	0→＋4				
④	＋4→0				
⑤	＋4→＋6				
⑥	＋6→＋4				

【核心知识讲解】

1. 利用“价—类”二维图构建含硫物质的转化关系



2. 含硫物质转化的思路与规律

(1)探究不同价态含硫物质之间相互转化的思路

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

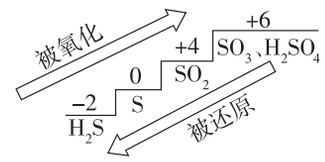
其次，实现不同价态硫元素之间的相互转化，依据的是氧化还原理论，需要寻找合适的氧化剂或还原剂。

第三，提供表明相应转化实际发生的证据。

(2)含硫物质的转化规律

含硫物质的转化规律

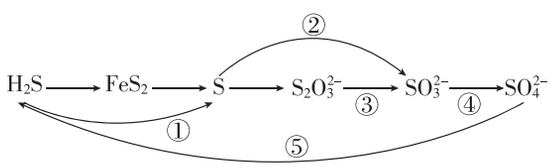
a. 当硫元素的化合价升高或降低时，一般升高或降低到相邻的价态，即台阶式升降，可用下图表示：



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

【知识迁移应用】

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



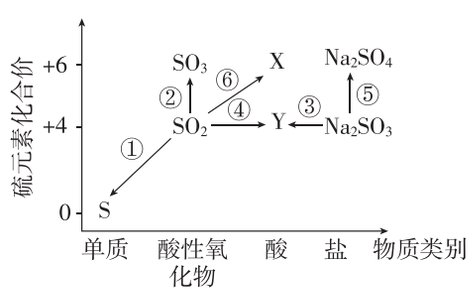
A. H_2S是一种还原性较强的气体

B. 过程①②中，含硫物质均发生氧化反应

C. 过程⑤需要硫氧化细菌参与

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

例 2 如图所示为S元素的“价—类”二维图，图中列出了部分转化箭头 。



下列说法正确的是 (　)

A. Y的化学式为H_2SO_4

B. 实现过程③可以用NaOH溶液

C. 实现过程⑥可以用H_2

D. 实现过程④可以用H_2O

[归纳总结] 硫及其化合物的转化规律

(1)相同价态硫元素的转化是通过非氧化还原反应实现的

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

(2)不同价态硫元素的转化是通过氧化还原反应实现的

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

课堂评价　知识巩固　素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

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

(2)在自然界中，空气中的O_2和H_2O对硫的转化起到重要的作用 (　)

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

(4)在岩层深处和海底无氧环境下，硫元素通常以硫酸盐的形式存在 (　)

(5)因为单质硫易与氧气反应，故自然界中不会存在游离态的硫 (　)

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

A. 煤、石油中的硫元素燃烧时能生成SO_2

B. 动物尸体腐败过程产生的H_2S气体会进入大气

C. 循环过程中硫元素既发生氧化反应又发生还原反应

D. 大气中的硫元素会全部转化成H_2SO_4而形成酸雨

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

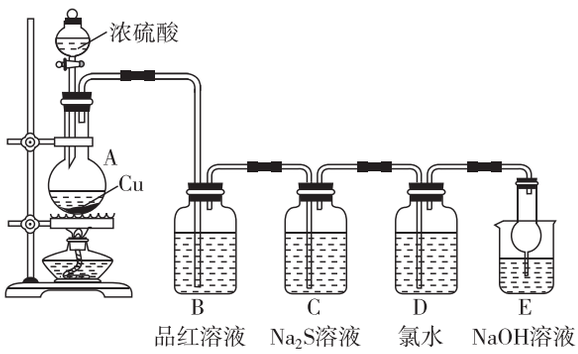
A. 实验室探究SO_2的制备与性质：$Na_2SO_3(s)\xrightarrow{70\%硫酸}SO_2(g)\xrightarrow{H_2O_2、BaCl_2(aq)}BaSO_4(s)$

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

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

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

4. 实验室通过如图所示装置来研究不同价态硫元素之间的转化。



(1)写出 A 中发生反应的化学方程式：_____。

(2)B 中的现象是_____。

(3)C 中的现象是_____，Na_2S 在反应中作_____剂。

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

(5)E 的作用是_____，离子方程式为_____。

(6)上述实验体现的 SO_2 的性质有_____（任填 2 项即可）。

第二节　氮及其化合物

第 1 课时　氮气与氮的固定　一氧化氮和二氧化氮

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　氮气与氮的固定

【新知自主预习】

一、氮元素及在自然界中的存在

1. 氮元素的“位—构—性”

位—氮元素位于元素周期表的第___周期、第___族

构—氮原子结构示意图为_____，最外层有__个电子

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

2. 自然界中氮元素的存在形式

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

二、氮气与氮的固定

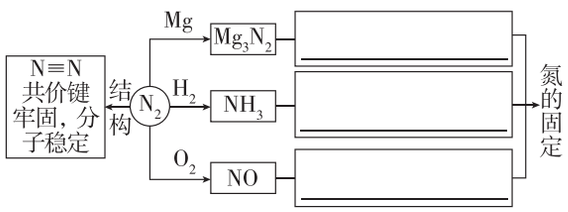
1. 氮气

(1)分子结构

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

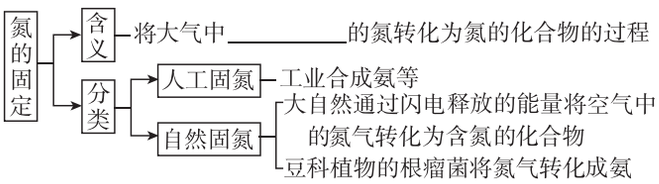
(2)化学性质

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。

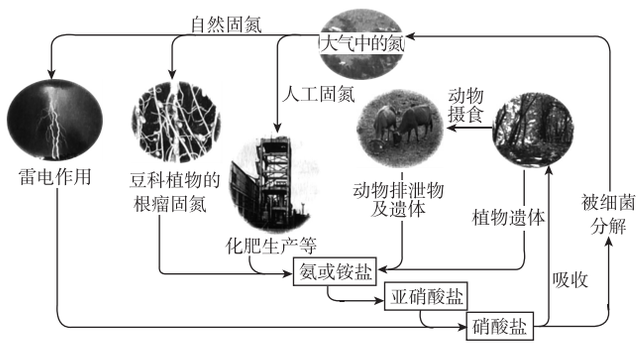


[**注意**] 镁在空气中燃烧时，与空气中的 O_2、N_2、CO_2 均能发生反应，与 N_2 生成 Mg_3N_2，与 CO_2 生成 MgO 和 C。

2. 氮的固定

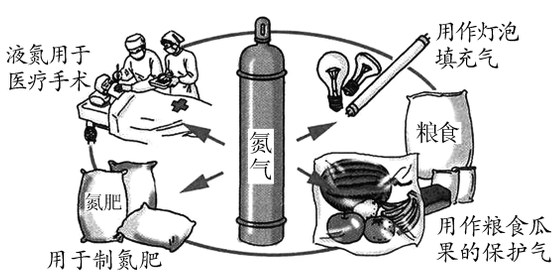


3. 自然界中氮的循环



【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 下列关于氮气的性质的说法中，正确的是（　）

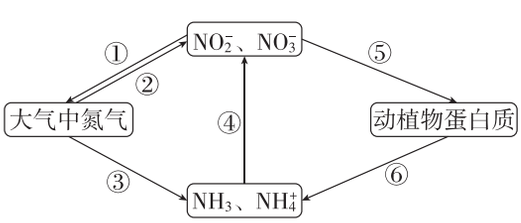
A. 点燃条件下，N_2 在氧气中燃烧生成 NO

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	不易溶于水

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）

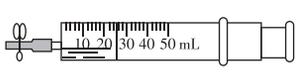
1. 物理性质

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

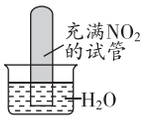
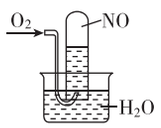
（1）NO_2 溶于水生成硝酸和一氧化氮，化学方程式为_____。

（2）实验探究：NO_2 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 不易溶于水，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_2 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_2 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_2 	通入适量 O_2 后水充满试管

问题一：试分析 NO_2 气体溶于水，最后试管内无色气体约为原 NO_2 体积的$\frac{1}{3}$的原因。

问题二：若 NO_2 与 O_2 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_2 的性质比较

	NO	NO_2
物理性质	通常为无色、无味的气体，不易溶于水	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（不易溶于水）	$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$
与氧气反应	$2NO+O_2=2NO_2$	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_2(NO_2+N_2、NO_2+NO)溶于水：反应原理：$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$
反应分析：只有NO_2时，剩余气体为NO，$V(NO)=\frac{1}{3}V(NO_2)$

NO和O_2同时通入水中：
① $2NO+O_2=2NO_2$
② $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$
反应循环，①×3+②×2得 $4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$

NO_2和O_2同时通入水中：
① $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$
② $2NO+O_2=2NO_2$
反应循环，①×2+②得 $4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$

【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_2的说法正确的是 ( )

A. NO_2能与水反应生成硝酸，故NO_2是酸性氧化物

B. 除去NO_2中混有的NO，可将混合气通入水中

C. NO与NO_2互为同素异形体

D. $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$中氧化剂与还原剂的物质的量之比为1∶2

例 4 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_2，②NO_2和O_2，③NO和NO_2，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_1、V_2、V_3，下列关系正确的是 ( )

A. $V_1>V_3>V_2$　　B. $V_3>V_2>V_1$

C. $V_3>V_1>V_2$　　D. $V_2>V_1>V_3$

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”，错误的打“×”)。

(1)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_2和足量的O_2在放电条件下会生成NO_2 ( )

(4)镁条在空气中燃烧时，可以与O_2、N_2、CO_2等反应生成MgO、Mg_3N_2、C ( )

(5)由于NO极易与O_2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_2与O_2反应时，不论O_2是否足量，其一步反应都只能得到NO，不能生成NO_2 ( )

(7)由于NO_2极易与水反应且密度比空气大，因此收集NO_2只能用向上排空气法 ( )

2. 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_2和H_2合成氨

3. 下列对NO和NO_2的描述正确的是 ( )

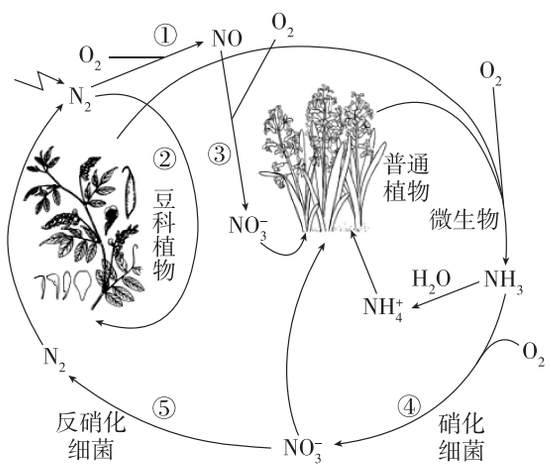
A. NO_2与水的反应中，NO_2既是氧化剂又是还原剂

B. NO是无色气体，可用向上排空气法收集

C. NO_2可由N_2和O_2直接化合得到

D. 从元素化合价角度看，NO只有还原性

4. 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 ( )



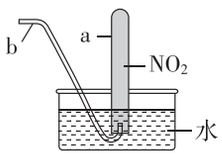
A. 反应①②及工业合成氨均属于氮的固定

B. 反应③的化学方程式为$4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$

C. 反应④中，生成1 mol NO_3^-，至少需要提供4 mol O_2

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. 某同学进行 NO_2 与水反应的实验探究，实验装置如图所示：



(1)将盛满 NO_2 的试管 a 倒置在水中，①预测观察到的现象有哪些？②水会充满整个试管吗？其原因是什么？_____

_____

_____。

(2)如果要将试管 a 中的 NO 气体充分转化，可以采取何种措施？_____

_____。

(3)根据上述实验(1)(2)可知，工业上生产硝酸时，要使 NO_2 完全转化为 HNO_3，应采取的措施是什么？_____

_____。

第 2 课时　氨和铵盐

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　氨的性质

【新知自主预习】

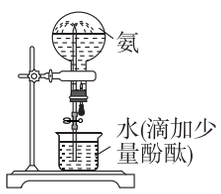
1. 氨的物理性质

(1)物理性质

颜色、状态	气味	密度	沸点	水溶性
无色、气体	有刺激性气味	比空气的_____	沸点为 −33.5 ℃，易液化(液氨常用作制冷剂)	极易溶于水，1 体积水溶解约_____体积氨

[注意] 液氨汽化时要吸收大量的热，使周围温度急剧降低，因此液氨可用作制冷剂。

(2)探究氨的水溶性[教材实验 5-6]

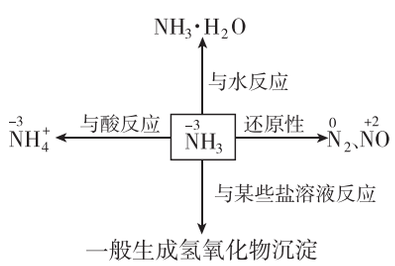
实验操作	在干燥的圆底烧瓶里充满 NH_3，用带有玻璃管和胶头滴管(预先吸入水)的橡胶塞塞紧瓶口。倒置烧瓶，使玻璃管插入盛有水的烧杯中(预先在水中滴加少量酚酞溶液)。打开弹簧夹，挤压胶头滴管，使水进入烧瓶，观察并描述现象 

(续表)

实验现象	烧杯里的液体经玻璃管喷入烧瓶，形如喷泉，溶液变成_____
结论	氨极____溶于水，水溶液呈____性

[注意] “喷泉实验”成功的关键：①装置的气密性良好；②烧瓶内气体的纯度越高，实验效果越好；③连接装置时要迅速，以防空气进入烧瓶，影响实验效果。

2. 氨的化学性质



(1)氨与水的反应

氨的水溶液俗称_____，其水溶液显弱碱性，$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$。氨水能使酚酞溶液变_____或使红色石蕊试纸变_____。

(2)氨与酸的反应

NH_3 可以与酸反应生成铵盐，写出下列反应的化学方程式。