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2

北京专版

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 …… 101

第 1 课时 硫和二氧化硫 …… 101

第 2 课时 硫酸 硫酸根离子的检验 …… 105

第 3 课时 不同价态含硫物质的转化 …… 111

第二节 氮及其化合物 …… 114

第 1 课时 氮气与氮的固定 一氧化氮和二氧化氮 …… 114

第 2 课时 氨和铵盐 …… 118

第 3 课时 硝酸 酸雨及防治 …… 122

拓展微课 6 硫、氮及其化合物为主体的实验“微设计” …… 125

第三节 无机非金属材料 …… 128

本章素养提升 …… 132

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 …… 134

第 1 课时 化学反应与热能 …… 134

第 2 课时 化学反应与电能 …… 138

第二节 化学反应的速率与限度 …… 144

第 1 课时 化学反应的速率 …… 144

拓展微课 7 “变量控制法”在化学反应速率中的应用 …… 148

第 2 课时 化学反应的限度 化学反应条件的控制 …… 150

拓展微课 8 “三段式法”的应用及图像分析 …… 155

本章素养提升 …… 157

07 第七章　有机化合物
PART SEVEN

第一节　认识有机化合物 …… 159

第 1 课时　有机化合物中碳原子的成键特点　烷烃的结构 …… 159

第 2 课时　烷烃的性质 …… 164

第二节　乙烯与有机高分子材料 …… 167

第 1 课时　乙烯 …… 168

第 2 课时　烃　有机高分子材料 …… 171

第三节　乙醇与乙酸 …… 174

第 1 课时　乙醇 …… 174

第 2 课时　乙酸　官能团与有机化合物的分类 …… 177

第四节　基本营养物质 …… 182

第 1 课时　糖类 …… 182

第 2 课时　蛋白质　油脂 …… 185

拓展微课 9　抓住官能团　类推陌生有机物的性质 …… 189

本章素养提升 …… 191

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 …… 195

第 1 课时　金属矿物和海水资源的开发利用 …… 195

第 2 课时　煤、石油和天然气的综合利用 …… 198

第二节　化学品的合理使用 …… 201

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	【变化观念与平衡思想】以硫元素为核心建立物质转化视角，能够从物质类别和元素价态两个角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，分析硫及其化合物的化学性质及含硫物质间的转化关系。 【科学探究与创新意识】能根据实验目的和假设设计实验方案，选择适当的实验试剂，探究二氧化硫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。 【科学态度与社会责任】能说明硫及其化合物的应用对社会发展的价值和对环境的影响，能有意识地运用所学知识和方法解决生产、生活中的简单化学问题

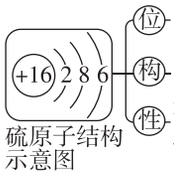
第 1 课时　硫和二氧化硫

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　硫的性质

【新知自主预习】

1. 硫元素的“位—构—性”



硫原子结构示意图

位　位于元素周期表的第____周期、第____族

构　有3个电子层，原子最外层有_____个电子

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

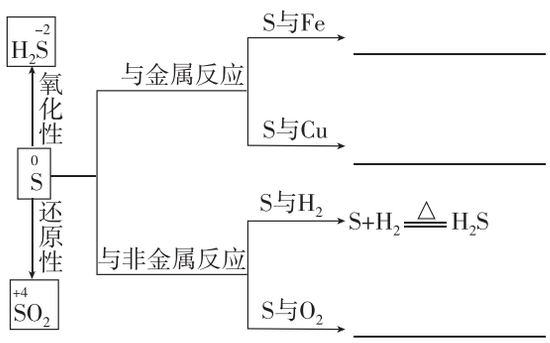
2. 单质硫的性质

(1)硫的物理性质

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

(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
甲


硫在氧气中燃烧
乙


铁丝在氯气中燃烧
丙

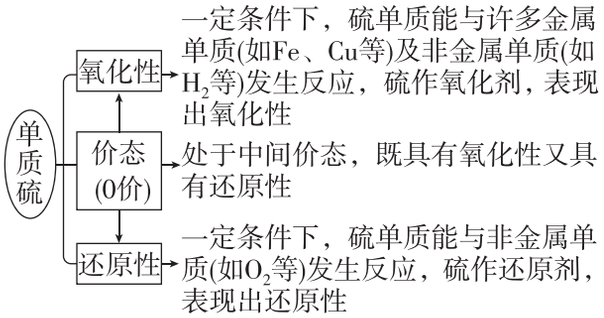
问题一：实验 1 中混合物持续红热，生成黑色固体 FeS。据此得出什么结论？试写出该反应的化学方程式。

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？

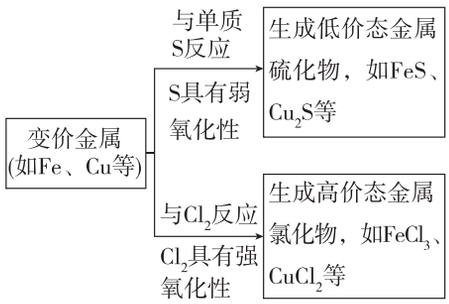
问题三：实验 3 中铁丝剧烈燃烧，产生棕黄色的烟，生成 $FeCl_3$ 固体。从原子结构角度分析 Fe 与 S、Cl_2 反应产物中 Fe 元素价态不同的原因。

【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 反应时生成化合价较低的硫化物，与 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_3　④H_2S

A. ①③　　B. ①②③

C. ①②④　　D. 全部

[易错警示]

由于 SO_2 不可燃，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

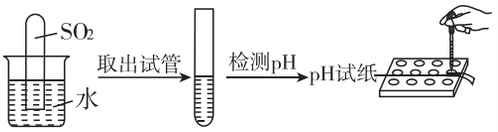
【新知自主预习】

一、SO_2 的物理性质

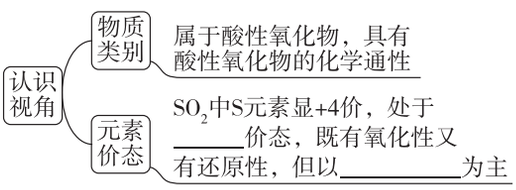
1. 物理性质

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



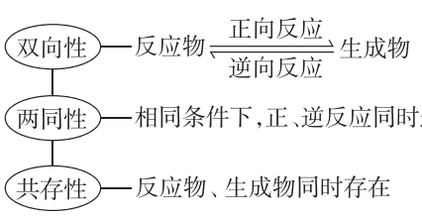
1. 具有酸性氧化物的性质（物质类别）

(1)通性

通性	对应的化学方程式
与水反应	$SO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$
与碱[如 $Ca(OH)_2$]反应	SO_2(少量)$+Ca(OH)_2 \xlongequal{} CaSO_3\downarrow+H_2O$(石灰水变浑浊) $2SO_2$(足量)$+Ca(OH)_2 \xlongequal{} Ca(HSO_3)_2$
与碱性氧化物(如 CaO)反应	$CaO+SO_2 \xlongequal{} CaSO_3$
与某些盐(如 $NaHCO_3$)反应	$NaHCO_3+SO_2 \xlongequal{} NaHSO_3+CO_2$

(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：

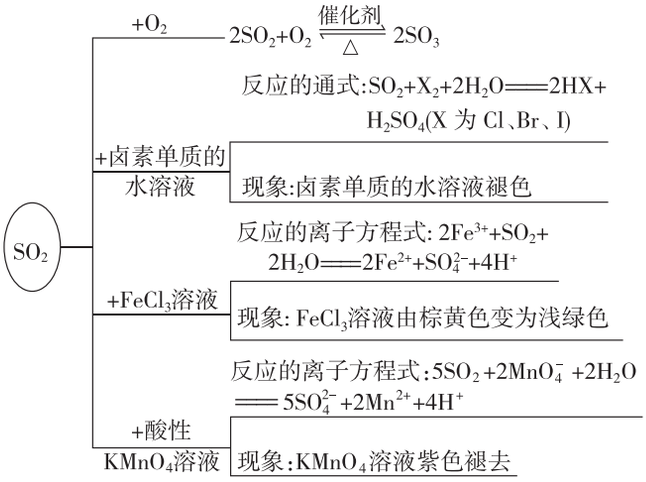


[注意] 可逆反应这一概念的关键词是“同一条件”。例如，$2H_2+O_2 \xlongequal{点燃} 2H_2O$ 和 $2H_2O \xlongequal{电解} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$ 不属于可逆反应。

2. SO_2 具有氧化性和还原性（元素价态）

$S \xleftarrow{氧化性} \overset{+4}{S}O_2 \xrightarrow{还原性} S$(如 SO_3、H_2SO_4 等)

(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。

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

[注意] 品红是一种有机色素，SO_2 使品红溶液褪色表现了 SO_2 的漂白性，但 SO_2 使酸性 $KMnO_4$ 溶液或溴水褪色表现了 SO_2 的还原性而非漂白性。

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？

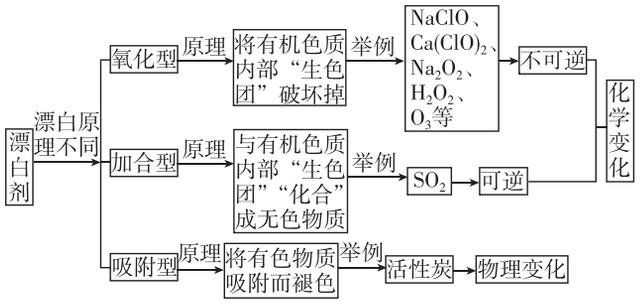
问题二：品红溶液中分别通入 SO_2 和 Cl_2 会出现什么现象？一段时间后对其进行加热，现象又如何？紫色石蕊溶液中分别通入 SO_2 和 Cl_2 会出现什么现象？

【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	$SO_2+2H_2S=3S+2H_2O$	$CO_2+C \xlongequal{高温} 2CO$
差异性	还原性	能被酸性高锰酸钾溶液、Cl_2、Br_2、I_2、Fe^{3+} 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（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

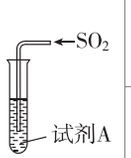


【知识迁移应用】

例 3 SO_2 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_2 残留量超标。葡萄酒中添加适量的 SO_2 能防止葡萄酒中的某些成分氧化变质，这是利用了 SO_2 的（　）

A. 氧化性　B. 漂白性　C. 还原性　D. 有毒性

例 4 [2026·北京八一学校高一期末] 下列关于实验现象的解释或结论中，不正确的是（　）

选项	实验操作	试剂 A	现象	结论
A		酸性 $KMnO_4$ 溶液	紫色褪去	SO_2 具有漂白性
B		新制氯水	黄绿色褪去	SO_2 具有还原性
C		H_2S 溶液	出现淡黄色浑浊	SO_2 具有氧化性
D		盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶液	无明显变化，一段时间后产生白色沉淀	SO_2 具有还原性

[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。

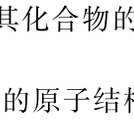
(2)SO_2 不能漂白酸碱指示剂，只能使紫色石蕊溶液变红，但不褪色。

(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. [2026·北京一零一中学高一期末] 下列关于硫及其化合物的说法不正确的是（　）

A. S 的原子结构示意图为 

B. S 与 Fe 在加热条件下可反应生成 FeS

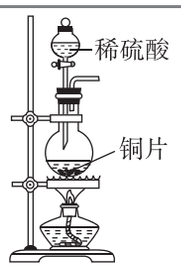
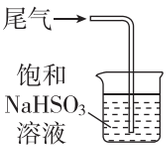
C. S 在氧气中燃烧产生明亮的蓝紫色火焰

D. SO_2 有毒，不能用作食品添加剂

2. 下列物质中的硫元素不能表现出氧化性的是（　）

A. S　　B. Na_2S　　C. SO_2　　D. H_2SO_4

3. 如图所示关于 SO_2 的实验中，能达到实验目的的是（　）

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>A. 制取 SO_2</td><td>B. 验证漂白性</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>C. 收集 SO_2</td><td>D. 尾气处理</td></tr>
</table>

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_2。下列关于 SO_2 的说法中正确的是（　）

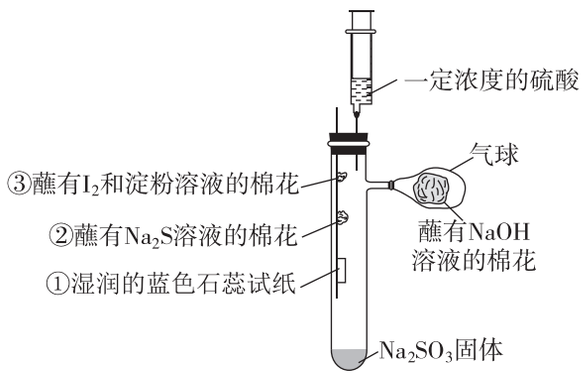
A. SO_2 具有还原性，不能用浓硫酸干燥

B. SO_2 不能用作食品添加剂，不该添加到葡萄酒中

C. SO_2 具有还原性，少量的 SO_2 可防止葡萄酒氧化变质

D. SO_2 可以使新制氯水褪色，体现了它的漂白性

5. 某小组同学用如图所示装置制备并探究 SO_2 的性质。



(1)制备 SO_2 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_2 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_2 具有_____(填“氧化”或“还原”)性。

(4)③中观察到蓝色褪去，SO_2 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

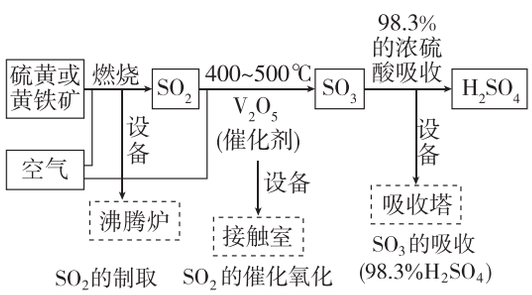
新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　硫酸

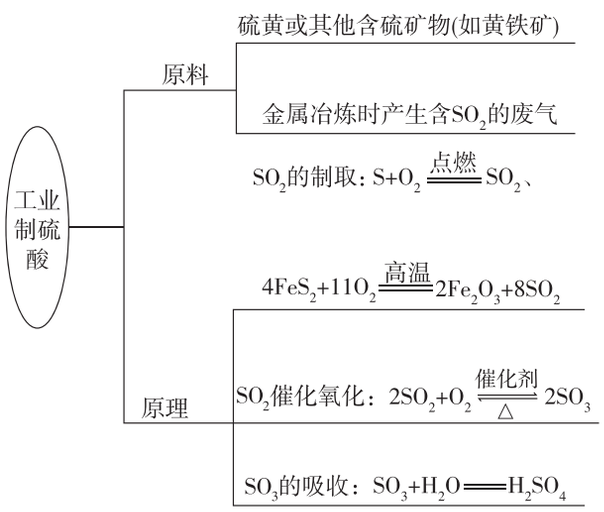
【新知自主预习】

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

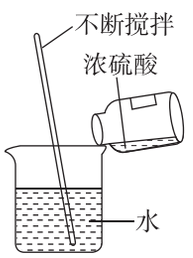
稀硫酸具有酸的化学通性，写出下列反应的离子方程式：

H_2SO_4(稀)
- 酸碱指示剂(如紫色石蕊溶液) → 变红
- 活泼金属(如Zn) → ＿＿＿＿
- 碱性氧化物(如CuO) → ＿＿＿＿
- 碱(如NaOH) → ＿＿＿＿
- 某些盐(如Na_2CO_3) → ＿＿＿＿

2. 浓硫酸的三大特性

- 吸水性：作干燥剂，但不能干燥H_2S、HBr、HI、NH_3等气体
- 脱水性：将有机物中的氢和氧按水的组成比脱去，如使蔗糖碳化
- 强氧化性
  - 常温下，铁、铝遇浓H_2SO_4钝化，可用铁罐车、铝槽车装运浓硫酸
  - 与Cu → ＿＿＿＿
  - 与C → ＿＿＿＿

[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)；

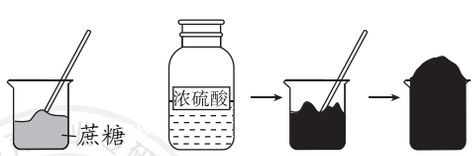


②浓硫酸的沸点高、难挥发，常利用高沸点的浓硫酸制备挥发性低沸点酸[如HCl：$2NaCl(s)+H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}Na_2SO_4+2HCl\uparrow$]。

【实验活动探究】

【实验1】 浓硫酸与蔗糖发生的“黑面包”反应

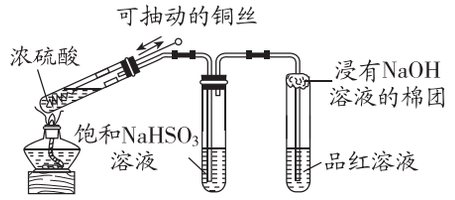
实验操作：



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、$CuSO_4\cdot5H_2O$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_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

浓硫酸具有强氧化性，是因为 H_2SO_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)、H_2O 和 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 H_2。

(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。

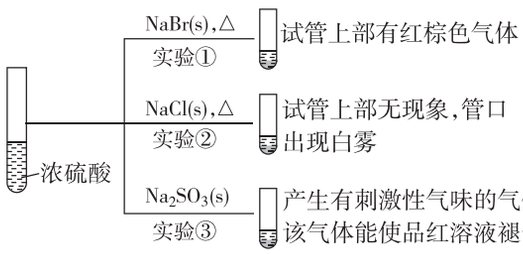
②还原产物一般是 SO_2，一般金属被氧化为高价态的硫酸盐，非金属被氧化为高价态氧化物或含氧酸。

③浓硫酸与金属反应时，既表现酸性又表现强氧化性，而与非金属反应时，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 (　　)



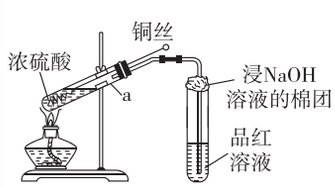
A. 实验①中红棕色气体是 HBr

B. 对比实验②和实验③可知还原性：$SO_4^{2-}>Cl^-$

C. 对比实验①和实验②可知还原性：$Br^->Cl^-$

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 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：Cu_2S、CuS 均为黑色固体，$CuSO_4$ 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/℃	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 ℃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：

$5Cu+4H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}\square$_____$+3CuSO_4+4H_2O$

(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 H_2SO_4 与金属反应的规律

(1)常温下 Fe 和 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 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”	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、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 $\xrightarrow[(1)]{\text{蒸馏水}\atop\text{溶解}}$ 粗盐水 $\xrightarrow[(2)]{\text{过量 }BaCl_2\atop\text{溶液}}$ $\xrightarrow[(3)]{\text{过量 NaOH}\atop\text{溶液}}$

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

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?

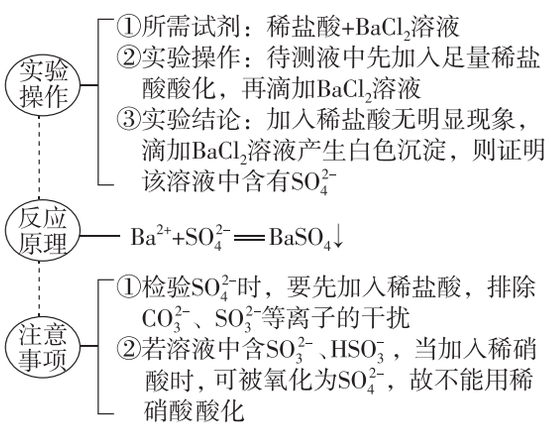
问题二: 为什么每次加入的试剂都要略微过量?加入稀盐酸的目的是什么?

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？

问题四：试总结除去溶液中的杂质离子的方法与原则。

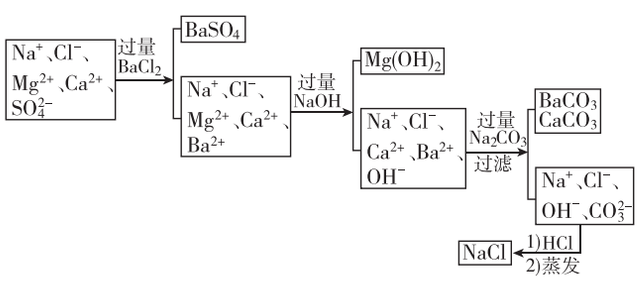
【核心知识讲解】

1. 硫酸根离子（SO_4^{2-}）的检验方法及原理



2. 粗盐的提纯

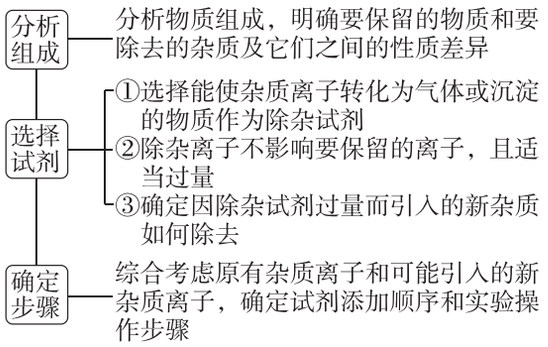
（1）粗盐提纯时，试剂的加入顺序及各步操作时体系中的主要离子和沉淀成分：



[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$BaCl_2$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

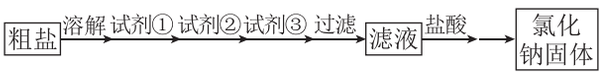
C. 取少量样品于试管中，滴入稀硫酸，再滴入$BaCl_2$溶液，若有白色沉淀产生，则说明已变质

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 用化学沉淀法除去粗盐水中的 Ca^{2+}、Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 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_2CO_3 溶液、NaOH 溶液和 $BaCl_2$ 溶液

B. 加入 $BaCl_2$ 溶液后，静置，沿烧杯壁向上层清液中继续滴加 2 滴 $BaCl_2$ 溶液，可检验 SO_4^{2-} 是否沉淀完全

C. 盐酸的作用：$H^+ + OH^- = H_2O$、$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + H_2O$

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

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-} （ ）

2. ［2025·北京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 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 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. ［2025·北京五十中高一期中］在生产、保存、运输和使用浓硫酸时，下列说法不正确的是 （ ）

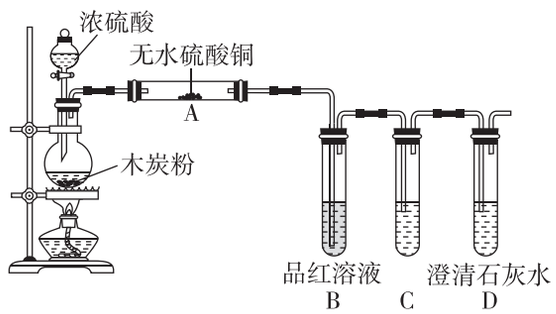
A. 工业制取硫酸过程中尾气不能直接排放

B. 常温下可选用铁制或铝制容器盛装

C. 盛装容器的标签上应标注氧化剂和腐蚀品

D. 使用时向其中直接加水可制得稀硫酸

4. ［2025·大兴高一期末］探究木炭与浓硫酸的反应并检验产物（实验装置如图所示）。



下列说法不正确的是 （ ）

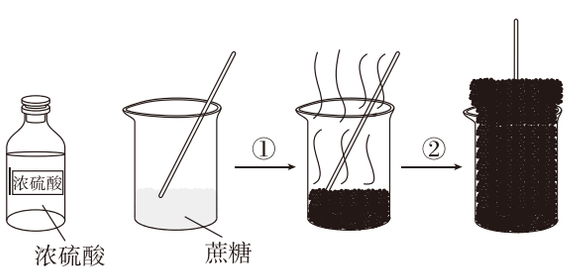
A. 反应中浓硫酸体现氧化性

B. A 中固体变蓝，证明产物中有 H_2O 生成

C. B 中品红溶液褪色，证明产物中有 SO_2 生成

D. C 中若为 NaOH 溶液，目的是除去 CO_2 中混有的 SO_2

5. ［2025·北京十二中高一月考］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 （ ）



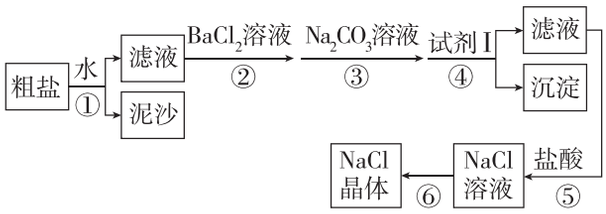
A. 过程①白色固体变黑，主要体现了浓硫酸的脱水性

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. 过程中发生了氧化还原反应

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



(1)①中不需要使用的实验仪器是_____。

A. 玻璃棒　　B. 漏斗

C. 蒸发皿　　D. 烧杯

(2)下列说法正确的是_____。

A. ②的目的是除去 SO_4^{2-}

B. ②和③的试剂顺序可以互换

C. 试剂Ⅰ是 KOH 溶液

D. ⑤中只发生反应：$OH^- + H^+ = H_2O$

(3)⑥中用到的分离方法是_____。

A. 过滤　　B. 冷却结晶

C. 吸附　　D. 蒸发结晶

第 3 课时　不同价态含硫物质的转化

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务　不同价态含硫物质的转化

【新知自主预习】

一、自然界中硫的存在和转化

1. 自然界中硫的存在

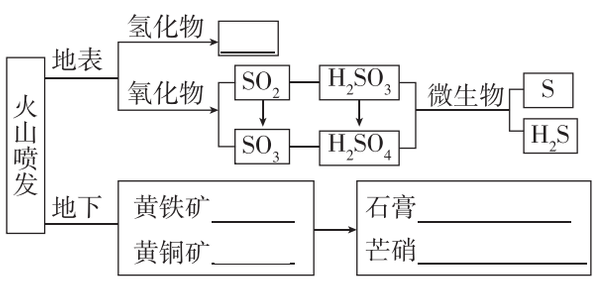
(1)硫元素广泛存在于自然界中，是植物生长不可缺少的元素，组成生命体的_____中就含有硫。

(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)、黄铜矿($CuFeS_2$)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

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。

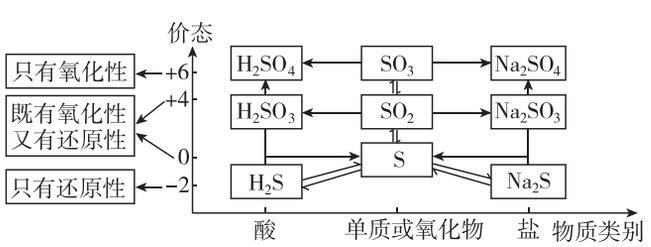
【实验试剂】硫粉、SO_2 水溶液、浓硫酸、氯水、Na_2S 溶液、铜片、铁粉、品红溶液、稀盐酸、$BaCl_2$ 溶液。

【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



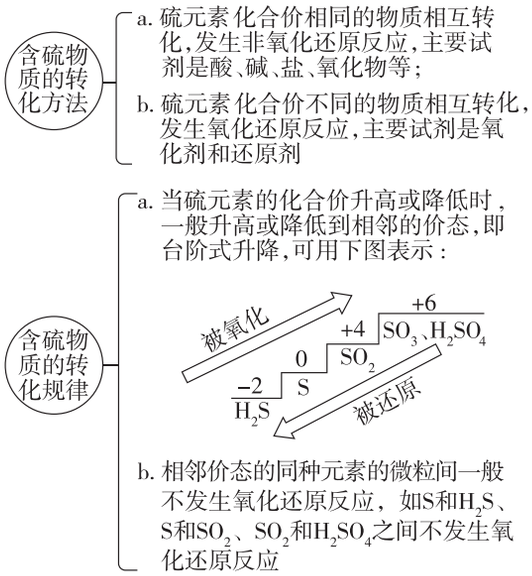
2. 含硫物质转化的思路与方法

(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



【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 ( )

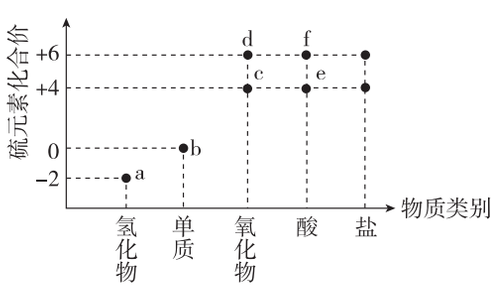
A. 向含足量NaOH的Na_2S溶液中加入Na_2SO_3

B. 常温下,向试管中加入1 mL浓硫酸和一小块铜片

C. 将SO_2通过盛有Na_2O_2的干燥管

D. 向Na_2SO_3固体中加入70%的浓硫酸制备SO_2

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. a在氧气中充分燃烧可转化为d

B. 附着有b的试管,可用CS_2清洗

C. 气体a、c均可用f的浓溶液干燥

D. 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

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

(2)不同价态硫元素的转化是通过氧化还原反应实现的

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

课堂评价

知识巩固　素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

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

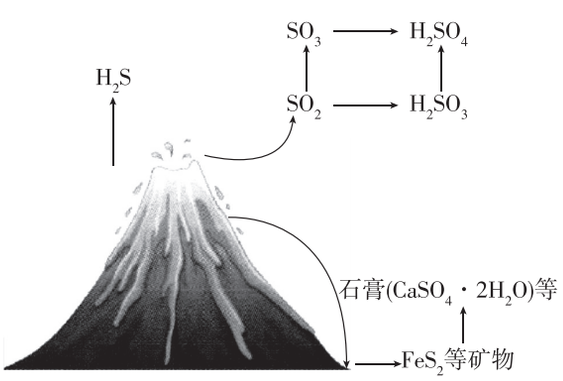
(2)在自然界中,空气中的O_2和H_2O对硫的转化起到重要的作用　(　)

(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. 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　(　)



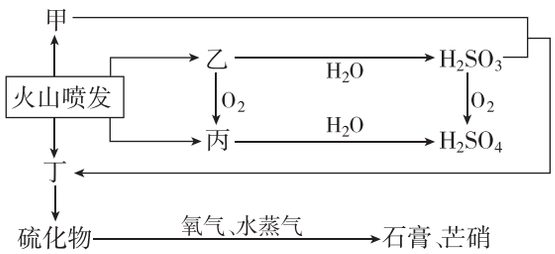
A. 硫在自然界中既有游离态又有化合态

B. $SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$和$SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4$均为硫酸型酸雨的形成途径

C. FeS_2等矿物转化为石膏发生了还原反应

D. 反应$2H_2S+SO_2 \xlongequal{} 3S+2H_2O$中,$SO_2$作氧化剂

3. [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　(　)



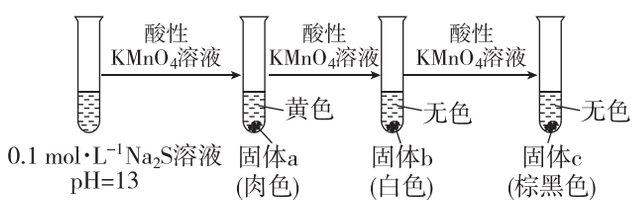
A. 甲只具有还原性

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

4. 某小组同学探究Na_2S与酸性$KMnO_4$溶液的反应,下列说法正确的是　(　)



资料：ⅰ.$(x-1)S+S^{2-} \rightleftharpoons S_x^{2-}$(黄色)。

ⅱ. 低浓度Mn^{2+}呈无色,MnS为肉色沉淀。

ⅲ. $2Mn(OH)_2$(白色)$+O_2 \xlongequal{} 2H_2O+2MnO_2$(棕黑色)。

A. Na_2S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MnS,一定还有$Mn(OH)_2$

C. 固体c的主要成分是MnO_2,MnO_2产生的可能原因是酸性条件下,MnO_4^-将Mn^{2+}氧化

D. 分析上述实验,Na_2S与$KMnO_4$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。 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。 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。 4. 通过对铵盐性质的学习，了解氨的实验室制法，知道铵盐的检验方法，培养学以致用的理念。 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。 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	【变化观念与平衡思想】能以工业合成氨、工业制硝酸的生产原理为载体，应用氧化还原反应原理，设计含氮化合物的转化。 【科学探究与创新意识】能根据氨、铵根离子的性质和反应，选择合适的试剂，设计检验或者制取物质的方案。 【科学态度与社会责任】能理解氮的固定对人类生存的重要意义，明确合成氨工业对社会发展的价值

第 1 课时　氮气与氮的固定　一氧化氮和二氧化氮

新课探究　知识导学　素养初识

◆ 学习任务一　氮气与氮的固定

【新知自主预习】

一、氮元素及在自然界中的存在

1. 氮元素的“位—构—性”

位—氮元素位于元素周期表的第___周期、第____族

构—氮原子结构示意图为_____，最外层有__个电子

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

2. 自然界中氮元素的存在形式

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

二、氮气与氮的固定

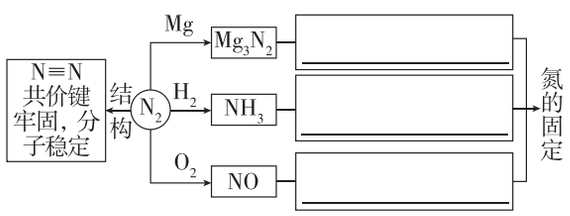
1. 氮气

(1)分子结构

氮分子的结构式为_____，两个氮原子间以_____结合，故 N_2 的化学性质很稳定，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_2 也能与一些金属或非金属单质发生反应。

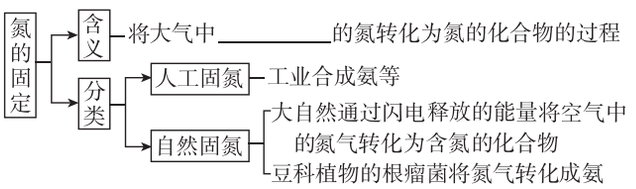
(2)化学性质

在高温、放电等条件下，N_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。

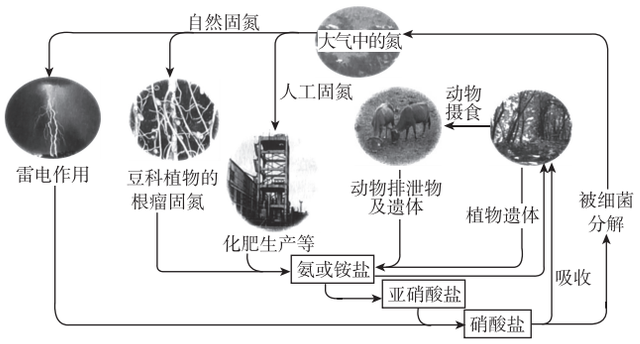


[注意] 镁在空气中燃烧时，与空气中的 O_2、N_2、CO_2 均能发生反应，与 N_2 反应生成 Mg_3N_2，与 CO_2 反应生成 MgO 和 C。

2. 氮的固定

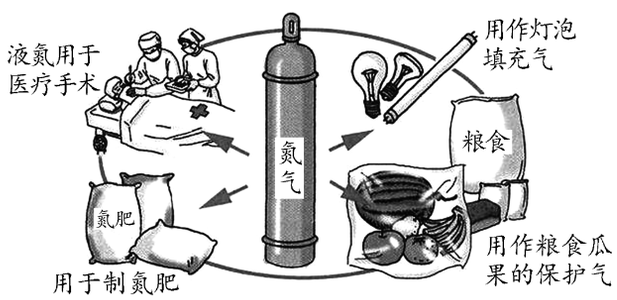


3. 自然界中氮的循环



【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 [2025·北大附中高一期中] 下列反应起自然固氮作用的是 （ ）

A. 植物利用铵盐和硝酸盐合成蛋白质

B. NH_3经催化氧化生成NO

C. 实验室里让镁在N_2中燃烧，得到氮化镁

D. 在闪电的作用下，空气中的N_2和O_2反应生成NO

例2 下列关于氮气的性质，叙述错误的是 （ ）

A. 氮气在通常条件下化学性质稳定

B. 氮气在高温、放电等条件下可以发生化学反应

C. 氮气在化学反应中只能作氧化剂

D. 氮气在发生化学反应过程中发生了化学键的断裂

◆ 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)

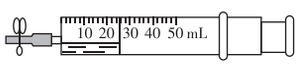
1. 物理性质

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

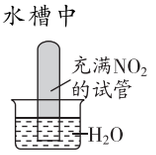
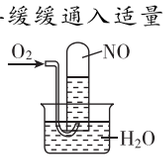
(1)NO_2溶于水生成硝酸和一氧化氮，化学方程式为_____。

(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，再振荡后气体又迅速变为____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. 氮的氧化物

N 的化合价	+1	+2	+3	+4	+5
对应氧化物	N_2O（笑气）	NO	N_2O_3	NO_2、N_2O_4	N_2O_5

2. 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

3. 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
  - $2NO+O_2=2NO_2$ ①
  - $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ ②
  - 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
  - $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ ①
  - $2NO+O_2=2NO_2$ ②
  - 反应循环，①×2+②得 $4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$

基础教育行业专研品牌 全品 SINCE 1992 30+年专注教育行业

【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 [2025·北师大附中高一期末] 在标准状况下将 3.20 g 铜粉投入一定量浓 HNO_3 中，随着铜粉的溶解，反应生成的气体颜色逐渐变浅，当铜粉完全溶解后，共收集到含 NO_2 和 NO 的混合气体 896 mL(折算为标准状况下)，则混合气体中 NO 的体积为（　）

A. 672 mL　　B. 448 mL

C. 336 mL　　D. 224 mL

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. 下列对 NO 和 NO_2 的描述正确的是（　）

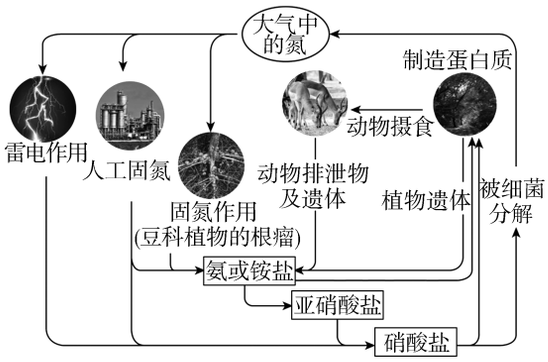
A. NO_2 与水的反应中，NO_2 既是氧化剂又是还原剂

B. NO 是红棕色气体，可用排空气法收集

C. NO_2 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（　）



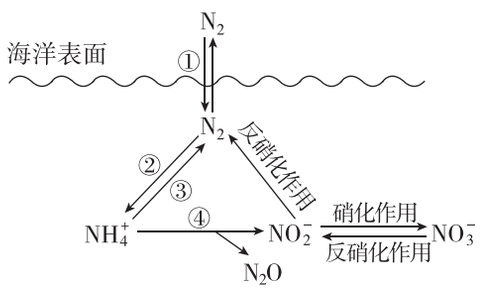
A. 氮元素均被氧化

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_3^- 的废水会影响海洋中 NH_4^+ 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_2 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：_____。

