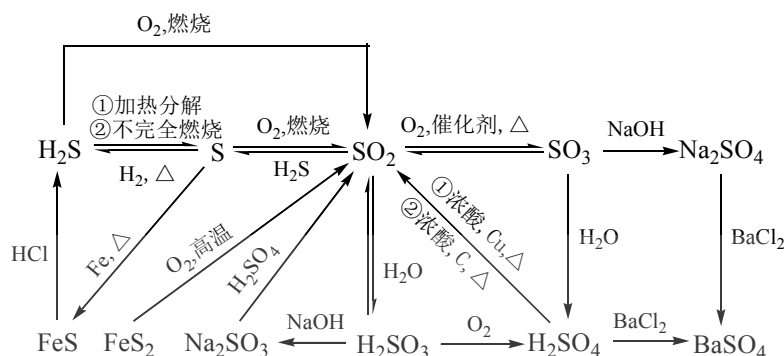




氧族元素及其化合物

◎ 高考怎么考



自检自查必考点

硫单质

1、物理性质：硫为淡黄色固体；不溶于水，微溶于酒精，易溶于 CS₂；

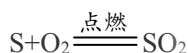
自然界中有硫的游离态存在，如火山口，温泉等；

硫有多种同素异形体：如单斜硫、斜方硫、弹性硫等。

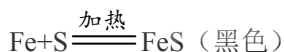
用途：大量用于制造硫酸、硫化天然橡胶，也用于制药和黑火药。

2、化学性质：硫原子最外层 6 个电子。

a、与非金属单质

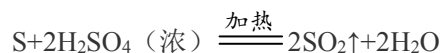
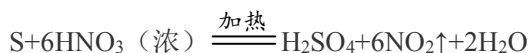


b、与金属单质



【注】硫元素只有在过硫化物 (H₂S₂、Na₂S₂、FeS₂) 中显 -1 价

c、与其他化合物



例题讲解

- 【例1】 (1) 将 m g 铁粉和 n g 硫粉均匀混合，在密闭容器中加热到红热，冷却后加入 $\frac{m}{28b}$ L $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸就不再产生气体。若把已放出的气体收集起来，在标准状况下的体积是_____。
- (2) 若把 0.1 mol 铁粉和 1.6 g 硫粉均匀混合后，铺在石棉网上用酒精灯加热引燃，完全反应后，将残渣全部放入过量的稀 H_2SO_4 中充分反应，结果所产生的气体体积在标准状况下明显少于 1.12 L，其原因是_____。

【答案】(1) $\frac{m}{28b}$ 0.4m L

(2) 与硫反应的铁粉过量，过量的铁粉在加热的条件下被空气中的氧气氧化，生成了铁的氧化物，与 H_2SO_4 反应不再放出 H_2 ，故放出气体的体积小于 2.24 L

自检自查必考点

硫的化合物

一、硫的氢化物

硫化氢的制取： $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{稀}) = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ (不能用浓 H_2SO_4 或硝酸，可以用盐酸，因为 H_2S 具有强还原性)

物理性质： H_2S 是无色、有臭鸡蛋气味的有毒气体；能溶于水，密度比空气略大。

硫化氢的化学性质

A. 可燃性：当 $n_{\text{H}_2\text{S}} / n_{\text{O}_2} \geq 2/1$ 时， $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (H_2S 过量)

当 $n_{\text{H}_2\text{S}} / n_{\text{O}_2} \leq 2/3$ 时， $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (O_2 过量)

当 $\frac{2}{3} < \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{n_{\text{O}_2}} < 2$ 时，两种反应物全部反应完，而产物既有 S 又有 SO_2

B. 强还原性：常见氧化剂 Cl_2 、 Br_2 、 Fe^{3+} 、 HNO_3 、 KMnO_4 等，甚至 SO_2 均可将 H_2S 氧化。

C. 不稳定性：300℃ 以上易受热分解

二、硫的氧化物

(1) 二氧化硫：

① SO_2 是无色而有刺激性气味的有毒气体，密度比空气大，容易液化，易溶于水。

② SO_2 是酸性氧化物，能跟水反应生成亚硫酸，亚硫酸是中强酸。

③ SO_2 有强还原性 常见氧化剂（见上）均可与 SO_2 发生氧化一还原反应

如： $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$

④ SO_2 也有一定的氧化性 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

⑤ SO_2 具有漂白性，能跟有色有机化合物生成无色物质（非氧化还原反应）

⑥实验室制法： $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2\uparrow$

(2) 三氧化硫：是一种没有颜色易挥发的晶体；具有酸性氧化物的通性，遇水剧烈反应生成硫酸并放出大量的热。

(3) 比较 SO_2 与 CO_2 、 SO_3

	SO_2	CO_2	SO_3
物理性质	无色、有刺激性气体、易液化易溶于水(1:40)	无色、无气味气体能溶于水(1:1)	无色固体，熔点(16.8℃)
与水	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ 中强酸	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ 弱酸	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4(\text{强酸})$
与碱	$\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{CaSO}_3 \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 清液 白色沉淀 清液	$\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 清液 白色沉淀 清液	$\text{SO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_4$ (微溶)
紫色石蕊	变红	变红	变红
品红	褪色	不褪色	不褪色
鉴定存在	能使品红褪色，加热后又恢复红色	不能使品红褪色 但能使清石灰水变浑浊	
氧化性	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$ $\text{CO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$	
还原性	有	无	
与 Na_2O_2	$\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$	$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$	$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{SO}_3 =$ $2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2\uparrow$

(4) 酸雨的形成和防治：

硫酸型酸雨的形成过程为： $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$ 、 $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

三、硫酸

1. 硫酸的物理性质

(1) 物理性质：

纯硫酸是一种无色油状液体，沸点高，难挥发。98%的硫酸称为浓硫酸，其密度为 1.84g/mL，物质的量浓度为 18.4mol/L，浓硫酸溶于水时放出大量的热。

(2) 稀释浓硫酸的方法：

把浓硫酸沿器壁慢慢地注入水中，并不断搅拌，使产生的热量迅速地扩散出去。切不可把水倒入浓硫酸里，以防飞溅。

2. 浓硫酸的特性

(1) 吸水性：浓 H_2SO_4 能吸附物质中湿存的水分；

利用此性质可用浓 H_2SO_4 作干燥剂，干燥一些不与浓 H_2SO_4 反应的气体。

可用浓 H_2SO_4 干燥的气体： O_2 、 H_2 、 CO_2 、 Cl_2 、 HCl 、 SO_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_2 等。

【拓展】浓 H_2SO_4 不能干燥碱性气体(如 NH_3)和具有较强还原性的气体(如 H_2S 、 HI)。

(2) 脱水性：浓硫酸将有机物里的氢、氧元素按原子数 2: 1 的比例脱去的性质。

【拓展】吸水性和脱水性的比较

硫酸规格	浓硫酸	浓硫酸
作用类型	吸水作用	脱水作用
作用对象	由 H_2O 分子组成的水，结晶水合物中的水	一般为含氢、氧元素的有机物，H、O 原子按 2: 1 的物质的量之比脱去
变化类型	物理变化	化学变化
能量变化	放热	放热

(3) 强氧化性：

①浓硫酸与金属反应：



②浓硫酸与非金属反应：



③浓硫酸氧化还原性化合物：



④常温下可以使 Fe、Al 钝化，但加热时，Fe、Al 可与浓 H_2SO_4 反应。

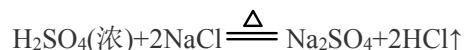
【拓展】浓硫酸的氧化性：

①在高浓度下硫酸主要以分子的形式存在，硫酸中含有非金属性较强且又呈最高价态(+6 价)的硫元素，所以能表现出强氧化性。

②浓硫酸在作氧化剂时，主要是+6 价的硫原子得电子，被还原为低价的硫元素，一般不会有+1 价的氢被还原为氢气。

③浓硫酸有强氧化性，所以不能用来干燥还原性气体， CO 、 H_2 除外。

(4) 难挥发性：根据此性质可制挥发性酸。



3. 硫酸工业

(1) 硫酸的工业制法（三个阶段、三个原理、三种设备）

	阶段	化学方程式	设备
①	SO_2 的制取和净化	$4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$	沸腾炉
②	SO_2 的接触氧化	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_3$	接触室
③	SO_3 的吸收和 H_2SO_4 的生成	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$	吸收塔

(2) 关于硫酸工业综合经济效益的讨论

1) 环境保护与综合利用原料

①尾气吸收: $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

这样得到的 SO_2 气体含量较高, 可返回车间作生产硫酸的原料或作他用, 同时得到的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 可作肥料.

②污水处理(用石灰乳中和处理): $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

③废渣的利用:

黄铁矿矿渣一般可作为制造水泥的原料或制砖. 含铁量高的矿渣, 经处理后可用于炼铁.

2) 能量的充分利用: 余热可以预热反应物(使用热交换器)或发电.

例题讲解

【例2】下列物质和氢硫酸反应不能产生沉淀的是

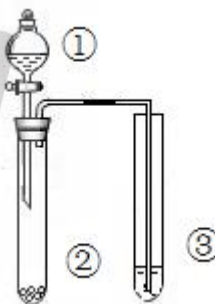
A. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶液 B. Na_2S 溶液 C. CuSO_4 溶液 D. H_2SO_3 溶液

【解析】A 生成 PbS 沉淀; B 中 Na_2S 与 H_2S 不反应; C 生成 CuS 沉淀; D 生成单质 S 沉淀.

【答案】B

【例3】利用右图所示装置进行下列实验, 能得出相应实验结论的是

选项	①	②	③	实验结论
A	稀硫酸	Na_2S	AgNO_3 与 AgCl 的浊溶液	$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$
B	浓硫酸	蔗糖	溴水	浓硫酸具有脱水性、氧化性
C	稀盐酸	Na_2SO_3	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液	SO_2 与可溶性钡盐均可生成白色沉淀
D	浓硝酸	Na_2CO_3	Na_2SiO_3 溶液	酸性: 硝酸 > 碳酸 > 硅酸



【来源】2014 新课标 1

【答案】B

【解析】A. ③中有 AgNO_3 , H_2S 与 AgNO_3 反应能生成硫化银黑色沉淀, 无法证明是硫化银是氯化银转化而来的 B. 硫酸滴到蔗糖中, 变黑证明有脱水性, 碳与浓硫酸反应生成二氧化硫使溴水褪色, 证明浓硫酸具有强氧化性 C. ①和②生成的二氧化硫(以及挥发的盐酸)进入③中, 二氧化硫水溶液显酸性, 二氧化硫在酸性的硝酸钡中被氧化生成硫酸钡沉淀, 但是二氧化硫和可溶性钡盐不会反应生成亚硫酸 D. 硝酸有挥发性会干扰后面碳酸与硅酸酸性的比较

【例4】下列说法中, 正确的是

- A. 某气体能使品红溶液褪色, 则该气体是 SO_2
- B. 向某溶液中加入 AgNO_3 溶液, 产生白色沉淀, 则原溶液中有 Cl^-
- C. 向某溶液中加入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液, 产生白色沉淀, 加入稀硝酸沉淀不溶解, 则原溶液中有 SO_4^{2-}
- D. 向某溶液中加入 NaOH 并加热, 产生可使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体, 则原溶液中有 NH_4^+

【来源】2014 西城期末

【答案】D

【例 5】 下列除杂操作可行的是

- A. 通过浓硫酸除去 HCl 中的 H₂O B. 通过灼热的 CuO 除去 H₂ 中的 CO
C. 通过灼热的镁粉除去 N₂ 中的 O₂ D. 通过水除去 CO 中的 CO₂

【来源】2014 海南卷

【答案】A

【例 6】 硫化氢具有还原性，可以和许多氧化剂反应。在酸性条件下，H₂S 和 KMnO₄ 反应生成 S、MnSO₄、K₂SO₄ 和 H₂O，写出该反应的化学方程式。_____

【来源】2014 上海卷

【答案】 $3H_2SO_4 + 5H_2S + 2KMnO_4 \rightarrow 5S \downarrow + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

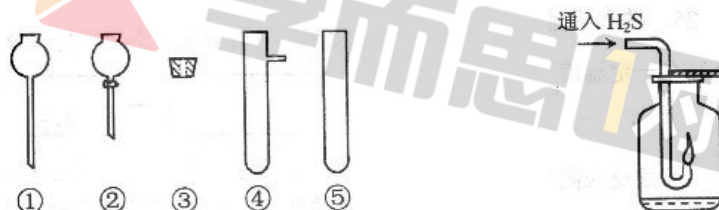
【例 7】 根据硫化氢气体的实验室制法和性质完成下列填空。

(1) 若用启普发生器制取硫化氢气体，则制取气体的原料可选用_____。

- a. 稀硫酸与硫化亚铁 b. 稀硝酸与硫化亚铁
c. 稀硫酸与硫化钠 d. 稀盐酸与硫化亚铁

(2) 现要组装一套可以控制硫化氢气体产生速率的装置，请在下图中选择合适的仪器；

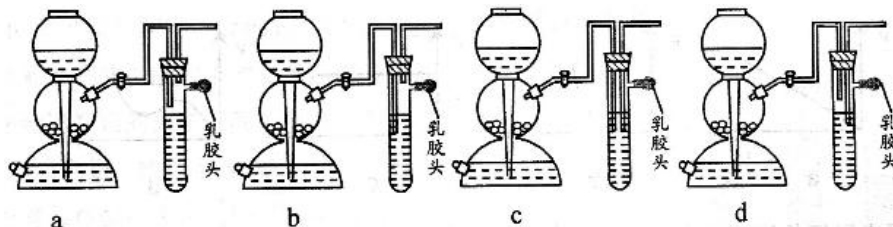
_____ (填编号)。



(3) 如右图，在一个充满氧气的集气瓶中加入少量品红稀溶液，点燃硫化氢气体。在火焰自动熄灭后，停止通入气体，瓶内可观察到的现象是_____。

(4) 在上述集气瓶中继续通入硫化氢气体，振荡，发生反应的化学方程式为：_____。
反应过程中，溶液的 pH _____ (填“变大”、“变小”或“不变”)。

(5) 点燃不纯的硫化氢气体可能会发生爆炸，为了防止意外，可连接一个安全装置。下图的装置能起到此作用的是_____。



(6) 已知硫化氢气体在空气中的体积分数为 4.3%~45.5%时会发生爆炸。当硫化氢气体在空气中的体积分数为 30%时，其爆炸产物是_____。

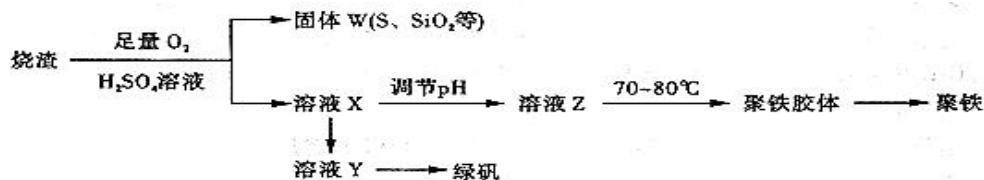
【答案】(1) a d

(2) ② ③ ④

(3) 品红溶液褪色；瓶壁有淡黄色粉末和无色的小液滴

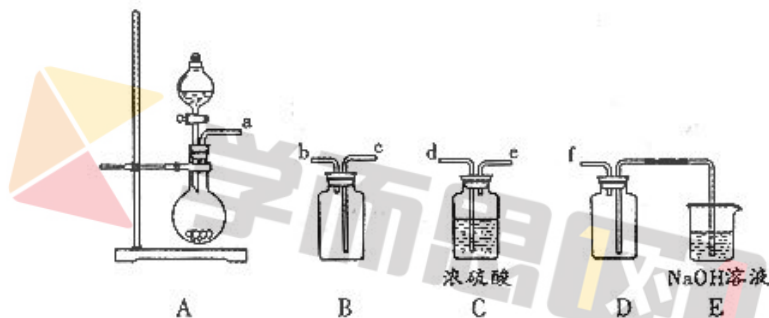
(4) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 变大 (5) b (6) S H_2O

【例 8】聚合硫酸铁又称聚铁，化学式 $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-0.5n}]_n$ ，广泛用于污水处理。实验室利用硫酸厂烧渣（主要成分为铁的氧化物及少量 FeS 、 SiO_2 等）制备聚铁和绿矾（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ），过程如下：



(1) 验证固体 W 焙烧后产生的气体含有 SO_2 的方法是_____

(2) 实验室制备，收集干燥的 SO_2 ，所需仪器如下。装置 A 产生 SO_2 ，按气流方向链接各仪器口，顺序为 $a \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow \underline{\hspace{1cm}} \rightarrow f$ 。装置 D 的作用是_____，装置 E 中 NaOH 溶液的作用是_____。



(3) 制备绿矾时，向溶液 X 中加入过量_____，充分反应后，经_____操作得当溶液 Y，再经浓缩，结晶等步骤得到绿矾。

(4) 溶液 Z 影响聚铁中铁的质量分数，用 pH 试纸测定溶液 pH 的操作方法为_____。若溶液 Z 的 pH 偏小，将导致聚铁中铁的质量分数偏_____。

【答案】(1) 将气体通入品红溶液中，如品红褪色，加热后又变红，证明有 SO_2 。

(2) d e c b；安全瓶，防止倒吸；尾气处理，防止污染

(3) 铁粉 过滤

(4) 将试纸放到表面皿上，用玻璃棒蘸取溶液，点到试纸的中央，然后跟标准比色卡对比。低



自检自查必考点

氧族元素

1、氧族元素比较：

原子半径 $\text{O} < \text{S} < \text{Se} < \text{Te}$

单质氧化性 $\text{O}_2 > \text{S} > \text{Se} > \text{Te}$

单质颜色 无色 淡黄色 灰色 银白色

单质状态 气体 固体 固体 固体

氢化物稳定性 $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{Te}$

最高价含氧酸酸性 $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{SeO}_4 > \text{H}_2\text{TeO}_4$

2、O₂ 和 O₃ 比较

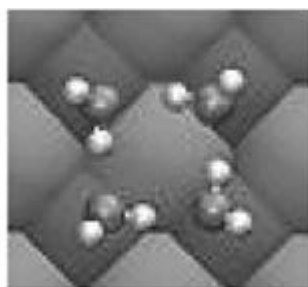
	O ₂	O ₃
颜色	无色	气态—淡蓝色
气味	无	刺激性特殊臭味
水溶性	臭氧密度比氧气的大	
密度	臭氧比氧气易溶于水	
氧化性	强 (不易氧化 Ag、Hg 等)	极强 (O ₃ +2KI+H ₂ O==2KOH+I ₂ +O ₂) (易氧化 Ag、Hg 等不活泼金属)
漂白性	无	有 (极强氧化性—作消毒剂和脱色剂)
稳定性	O ₂ >O ₃ 3O ₂ $\xrightleftharpoons{\text{高压放电}}$ 2O ₃ 2O ₃ ==3O ₂ (常温: 缓慢; 加热: 迅速)	
相互关系	臭氧和氧气是氧的同素异形体	

3、比较 H₂O 和 H₂O₂

	H ₂ O	H ₂ O ₂
稳定性	稳定: 2H ₂ O $\xrightarrow{\text{电解}}$ 2H ₂ ↑+O ₂ ↑	不稳定 2H ₂ O ₂ $\xrightarrow{\text{MnO}_2}$ 2H ₂ O+O ₂ ↑
氧化性	较弱 (遇强还原剂反应) 2Na+2H ₂ O==2NaOH+H ₂ ↑	较强 (遇还原剂反应) SO ₂ +H ₂ O ₂ ==H ₂ SO ₄
还原性	较弱 (遇极强氧化剂反应) 2F ₂ +2H ₂ O==4HF+O ₂	较强 (遇较强氧化剂反应) 2MnO ₄ ⁻ +5H ₂ O ₂ +6H ⁺ ==2Mn ²⁺ +5O ₂ ↑+8H ₂ O
作用	饮用、溶剂等	氧化剂、漂白剂、消毒剂、脱氯剂等

例题讲解

【例 9】水是生命之源，2014 年我国科学家首次拍摄到水分子团簇的空间取向图像，模型如图。下列关于水的说法正确的是



- A. 水是弱电解质
- B. 可燃冰是可以燃烧的水
- C. 氢氧两种元素只能组成水
- D. 0℃时冰的密度比液态水的密度大

【来源】2014 江苏卷

【答案】A

【例 10】已知硫和氧同族，性质相似，请用化学方程式解释下列实验现象：

(1) CS_2 和 Na_2S 水溶液一起振荡，水溶液由无色变有色_____。

(2) P_2S_5 溶于 K_2S 水溶液中_____。

(3) Na_2S_2 溶液中加入稀 HCl 产生浅黄色沉淀_____。

【答案】(1) $\text{CS}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CS}_3$

(2) $\text{P}_2\text{S}_5 + \text{K}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{KPS}_3$

(3) $\text{Na}_2\text{S}_2 + 2\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{NaCl} + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{S} \uparrow$

【例 11】臭氧是一种强氧化剂，常用于消毒、灭菌等。

(1) O_3 与 KI 溶液反应生成的两种单质是_____和_____。(填分子式)

(2) O_3 在水中易分解，一定条件下， O_3 的浓度减少一半所需的时间 (t) 如表所示。已知： O_3 的起始浓度为 0.0216 mol/L 。

t/min T/°C	pH	3.0	4.0	5.0	6.0
20		301	231	169	58
30		158	108	48	15
50		31	26	15	7

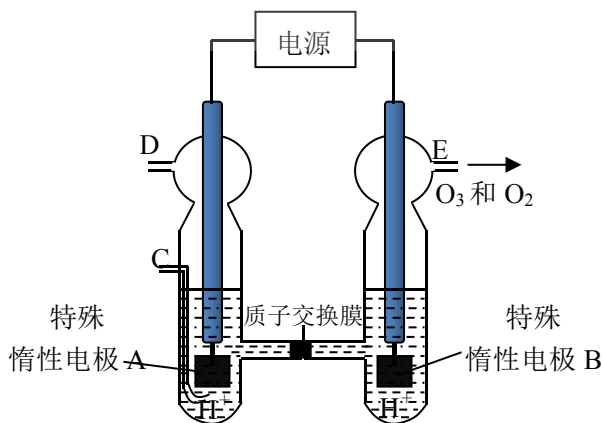
① pH 增大能加速 O_3 分解，表明对 O_3 分解起催化作用的是_____。

② 在 30°C 、 $\text{pH}=4.0$ 条件下， O_3 的分解速率为_____ $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。

③ 据表中的递变规律，推测 O_3 在下列条件下分解速率依次增大的顺序为_____。(填字母代号)

a. 40°C 、 $\text{pH}=3.0$ b. 10°C 、 $\text{pH}=4.0$ c. 30°C 、 $\text{pH}=7.0$

(3) O_3 可由臭氧发生器（原理如题 29 图）电解稀硫酸制得。



题 29 图

① 图中阴极为_____ (填“A”或“B”)，其电极反应式为_____。

②若 C 处通入 O_2 ，则 A 极的电极反应式为_____.

③若 C 处不通入 O_2 ，D、E 处分别收集到 xL 和有 yL 气体(标准情况)，则 E 处收集的气体中 O_3 所占的体积分数为_____(忽略 O_3 的分解)。

【答案】(1) O_2 , I_2

(2) ①溶液的 OH^- 浓度；②0.0001；

③ $b < a < c$

(3) ① $A, 2H^+ + 2e^- = H_2$ ② $O_2 + 4e^- + 4H^+ = 2H_2O$ ③ $\frac{x-2y}{y}$

