

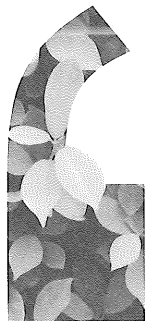
一飞冲天
YI FEI CHONG TIAN

主 编 克 明
副 主 编 尔 何

专题分类

2025 化学

天津出版传媒集团
天津人民出版社



Contents 目录

内容	页码
专题一 物质的量	1
专题二 物质的组成、性质、分类	3
专题三 离子反应	5
专题四 氧化还原反应	8
专题五 化学能与热能	11
专题六 原子结构、分子结构、化学键	15
专题七 元素周期律和元素周期表	17
专题八 化学反应速率与化学平衡	20
专题九 速率、平衡图像	24
专题十 弱电解质的电离平衡	28
专题十一 水的电离和溶液酸碱性	30
专题十二 盐类水解	33
专题十三 沉淀溶解平衡	36
专题十四 电化学	38
专题十五 钠、镁、铝及其化合物	43
专题十六 铁及其化合物	48
专题十七 碳、硅及其化合物	52
专题十八 氯、溴、碘及其化合物	55
专题十九 氧、硫及其化合物和环境保护	59
专题二十 氮及其化合物	62
专题二十一 无机推断	66
专题二十二 生命健康与自然资源	69
专题二十三 化学实验基本方法	71
专题二十四 物质检验、分离、提纯	73
专题二十五 实验方案的设计与评价	77
专题二十六 有机化合物的结构与性质	82
专题二十七 生活中常见的有机物	85
专题二十八 官能团与有机化学反应——烃的衍生物	87
专题二十九 有机合成推断	90
专题三十 物质结构与性质	94
参考答案	97

微信公众号：玩转数学黄老师
全科一飞冲天下载

图书在版编目(CIP)数据

专题分类化学 / 克明主编. -- 天津 : 天津人民出版社, 2018.7 (2024.7重印)
(一飞冲天)
ISBN 978-7-201-11327-2

I. ①专… II. ①克… III. ①中学化学课 - 高中 - 习题集 - 升学参考资料 IV. ①G634.85

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第144337号

专题分类化学

ZHUANTI FENLEI HUAXUE

出版 天津人民出版社
出版人 刘锦泉
地址 天津市和平区西康路35号康岳大厦
邮政编码 300051
邮购电话 (022) 23332435
电子邮箱 reader@tjrmcbs.com

责任编辑 刘骏飞
装帧设计 黑男爵

制版印刷 河间市华新印业有限公司
开本 880毫米×1230毫米 1/8
印张 17
字数 336千字
版次印次 2018年7月第1版 2024年7月第7次印刷
定价 66.00元

版权所有 侵权必究
图书如出现印装质量问题, 请致电联系调换 (022-23332435)

微信公众号：玩转数学黄老师
全科一飞冲天下载

专题一



物质的量

焦点1 阿伏加德罗常数与物质的量

基础题

- (2021·天津高考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列叙述正确的是 ()
A. $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液中, HCl 分子的数目为 N_A
B. 22.4 L 氢气中, H_2 分子的数目为 N_A
C. 180 g 葡萄糖中, C 原子的数目为 $6N_A$
D. 1 mol N_2 中, σ 键的数目为 $3N_A$
- (2020·南开区期末) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 标准状况下, 22.4 L SO_3 含有 N_A 个分子
B. 常温常压下 4.4 g 乙醛所含 σ 键数目为 $0.6N_A$
C. 密闭容器中 2 mol NO 与 1 mol O_2 充分反应, 产物分子数为 $2N_A$
D. 18 g D_2O 中含有的质子数为 $10N_A$
- (2020·河北区期末) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. Na_2O_2 与足量的 H_2O 反应生成 1 mol O_2 , 转移电子数目为 $2N_A$
B. 标准状况下, 33.6 L 四氯化碳中含有氯原子的数目为 $6N_A$
C. 30 g 甲醛和乙酸的混合物中含氧原子数目为 $2N_A$
D. 1 L 1 mol/L NaClO 溶液中含有阴离子的数目小于 N_A
- (2020·和平区一模) 已知 N_A 是阿伏加德罗常数的值, 下列说法错误的是 ()
A. 3 g ^3He 含有的中子数为 N_A

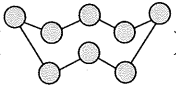
- 1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 磷酸钠溶液中含有的 PO_4^{3-} 数目为 $0.1N_A$
- 1 mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 被还原为 Cr^{3+} 转移的电子数为 $6N_A$
- 48 g 正丁烷和 10 g 异丁烷的混合物中共价键数目为 $13N_A$

- (2021·河北区二模) N_A 代表阿伏加德罗常数的值, 下列说法不正确的是 ()
A. 过氧化钠与水反应生成 2.24 L O_2 (标况下) 时转移的电子数为 $0.2N_A$
B. 100 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液中所含 Fe^{3+} 的数目为 $0.1N_A$
C. 密闭容器中 23 g NO_2 与 N_2O_4 的混合气体中氮原子数为 $0.5N_A$
D. 常温常压下, 124 g P_4 中所含 P—P 键数目为 $6N_A$
- (2020·七校联考期末) 设 N_A 表示阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 将 2 g H_2 与足量的 N_2 混合, 充分反应后转移的电子数为 $2N_A$
B. 常温下, 46 g NO_2 和 N_2O_4 组成的混合气体中所含有的分子数为 N_A
C. 标准状况下, 8 g SO_3 的体积为 2.24 L
D. $1 \text{ mol Na}_2^{18}\text{O}_2$ 与足量水反应, 最终水溶液中 ^{18}O 原子数为 N_A
- (2021·南开区二模) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 常温常压下, 1 L H_2O 中含有的 H^+ 数为 $10^{-7}N_A$
B. 密闭容器中, 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 催化反应后分子总数为 $2N_A$
C. 18 g D_2O 中含有的质子数为 $10N_A$
D. 过氧化钠与水反应时, $0.1 \text{ mol Na}_2\text{O}_2$ 完全反应转移电子数为 $0.2N_A$
- (2023·杨村一中第一次月考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 0.1 mol Cl_2 与足量的 H_2O 反应, 转移电子数是 $0.1N_A$
B. 12 g 石墨中含有 C 个数与 C—C 的个数比为 1:2
C. $1 \text{ mol } ^{14}\text{NO}$ 和 ^{13}CO 混合气体中所含中子数为 $15N_A$
D. $1 \text{ mol Na}_2^{18}\text{O}_2$ 与足量水反应, 最终水溶液中 ^{18}O 原子的数目为 $2N_A$ 个

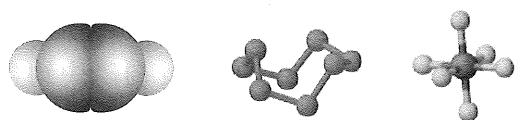
提升题

- (2020·河北区一模) 2018 年国际计量大会将“摩尔”的定义修改为: 1 摩尔包含 $6.022\,140\,76 \times 10^{23}$ 个基本单元, 这一常数被称为阿伏加德罗常数 (N_A), 通常用 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 表示, 新定义于 2019 年 5 月 20 日正式生效。下列说法不正确的是 ()
A. 标准状况下, 22.4 L 的 NH_3 约含有 $10 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个质子
B. 由新定义可知, 阿伏加德罗常数表达为 $N_A = 6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
C. 标准状况下, 18 g H_2O 中约含有 $1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧原子
D. 白磷分子 (P_4) 呈正四面体结构, 62 g 白磷中约含有 $12 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 P—P 键
- 【易错】(2023·新华中学第二次月考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 7.8 g Na_2O_2 和 Na_2S 混合物中所含的阴离子总数为 $0.15N_A$
B. 1 L $0.1 \text{ mol/L K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 离子数为 $0.1N_A$
C. 常温常压下, 124 g P_4 中所含 P—P 键的数目为 $4N_A$
D. 向密闭容器中充入 2 mol NO 与 1 mol O_2 充分反应后容器内的分子数小于 $2N_A$
- (2024·天津一中第二次月考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列叙述正确的是 ()
A. 1 mol SiO_2 中 Si—O 键的数目为 $2N_A$
B. 1 mol Na_2O_2 与足量 CO_2 反应, 转移电子数为 N_A
C. 1 mol CH_4 和白磷 (P_4) 所含共价键数均为 $4N_A$
D. $1 \text{ mol } [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 中所含 σ 键数为 $12N_A$
- (2021·河西区一模) N_A 代表阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()
A. 25 °C 1 L pH=1 的 H_3PO_4 溶液中 H^+ 数目为 $0.1N_A$
B. 0.1 mol/L $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中含有 OH^- 的数目为 $0.2N_A$
C. 足量铁粉与 1 L 14 mol/L 浓硝酸加热充分反应, 转移电子数目为 $14N_A$
D. 标准状况下 22.4 L NO 与足量 O_2 充分反应, 生成 NO_2 分子数目为 N_A

14. (2022·河东区期末) N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列叙述正确的是 ()

- A. 32 g 环状 S_8 () 分子中含有的 S—S 键数为 $1N_A$
- B. 18 g $H_2^{18}O$ 含有的中子数为 $10N_A$
- C. 电解熔融 $MgCl_2$ 制 2.4 g Mg , 电路中通过的电子数为 $0.1N_A$
- D. 0.1 mol CH_4 与足量 Cl_2 反应生成 CH_3Cl 的分子数为 $0.1N_A$

15. (2020·天津一中第一次月考) 下列模型分别表示 C_2H_2 、 S_8 、 SF_6 (空间构型为正八面体) 的结构, 下列说法错误的是 ()



- A. 32 g S_8 分子中含有 0.125 mol σ 键
- B. SF_6 是由极性键构成的非极性分子
- C. 1 mol C_2H_2 分子中有 3 mol σ 键和 2 mol π 键
- D. 1 mol S_8 中含有 8 mol S—S 键

焦点 2 物质的量浓度

基础题

1. (2023·五校联考期中) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列叙述不正确的是 ()

- A. 18 g 重水(D_2O)中含有的质子数为 $9N_A$
- B. 含 0.1 mol $FeCl_3$ 的饱和溶液滴入沸水制得的 $Fe(OH)_3$ 胶体中所含胶体粒子数小于 $0.1N_A$
- C. 6.4 g Cu 与 40 mL 10 mol/L 浓硝酸作用, 产生 NO_2 分子的数目小于 $0.2N_A$
- D. 标准状况下, 11.2 L SO_3 含有 $1.5N_A$ 个共价键

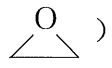
2. (2024·天津一中第一次月考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()

- A. 4.4 g C_2H_4O 中含有 σ 键数目最多为 $0.7N_A$
- B. 1 L pH=4 的 0.1 mol/L $K_2Cr_2O_7$ 溶液中 $Cr_2O_7^{2-}$ 离子数为 $0.1N_A$

C. pH=1 的 HCl 溶液中 H^+ 的数目为 $0.1N_A$

D. 标准状况下, 11.2 L Cl_2 通入水中, 溶液中氯离子数为 $0.5N_A$

3. (2020·十二校一模) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列有关说法正确的是 ()

- A. 常温常压下, 1.8 g 甲基($-CD_3$)中含有的电子数为 N_A
- B. 0.1 mol 环氧乙烷() 中含有的共价键数为 $0.3N_A$
- C. 常温下, 1 L pH=9 的 CH_3COONa 溶液中, 发生电离的水分子数为 $1 \times 10^{-9}N_A$
- D. 加热条件下, 含 0.2 mol H_2SO_4 的浓硫酸与足量铜反应, 转移电子数小于 $0.2N_A$

4. 【易错】(2022·十二校一模) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 34 g  中含有的极性键数目为 $3N_A$
- B. 56 g Fe 高温下与足量水蒸气反应转移电子数为 $3N_A$
- C. 常温下, pH=7 的 1 L 0.5 mol/L CH_3COONH_4 溶液中 CH_3COO^- 与 NH_4^+ 的数目均为 $0.5N_A$
- D. 在含 Fe^{3+} 的数目为 N_A 的 $FeCl_3$ 溶液中, 含有 Cl^- 的数目为 $3N_A$

提升题

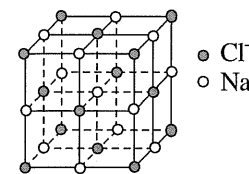
5. (2020·南开中学第二次月考) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()

- ①常温常压下, 17 g 甲基($-^{14}CH_3$)中所含的中子数为 $9N_A$ ②常温常压下, 6.4 g Cu 与 40 mL 10 mol/L 浓 HNO_3 作用, 产生 NO_2 分子的数目为 $0.2N_A$ ③1.6 g 甲烷中含有的 C—H 键数目为 $0.1N_A$ ④某温度时, 1 L pH=6 的纯水中含有 $1.0 \times 10^{-6}N_A$ 个 H^+ ⑤7.8 g  中含有的碳碳双键数目为 $0.3N_A$ ⑥20 g 氦气中所含的原子数目为 N_A ⑦25 $^{\circ}C$ 时, pH=12 的 $NaOH$ 溶液中含有 OH^- 的数目为 $0.01N_A$ ⑧通常状态下, H_3O^+ 和 OH^- 各 1 mol 含有的电子数均为 $10N_A$

- A. ①②⑦ B. ④⑥⑧
C. ②④⑦ D. ②⑥⑧

6. (2020·河西区线上模拟) 用 N_A 表示阿伏加德罗常数的数值, 下列说法中正确的是 ()

- A. 1 L 1 mol/L 的醋酸溶液中 H^+ 的数目为 N_A
- B. 4 mol $NaCl$ 晶体中含有右图所示的结构单元的数目为 N_A
- C. 71 g Cl_2 通入水中, $HClO$ 、 Cl^- 两种粒子数目总和为 $2N_A$
- D. 标准状况下, 22.4 L $CHCl_3$ 和 CCl_4 的混合物所含分子数目为 N_A



7. (2021·南开中学第四次月考) 设 N_A 表示阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 14 g 乙烯中含 C—H 键总数目为 $2N_A$
- B. 常温下, pH=13 的 $NaOH$ 溶液中含有的 OH^- 数目为 $0.1N_A$
- C. 100 mL 12 mol/L 浓硝酸与过量 Cu 反应转移电子的数目为 $0.6N_A$
- D. 电解精炼铜时, 若阳极质量减少 64 g, 则阴极得到电子的数目为 $2N_A$

8. (2022·实验中学第三次月考) N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法不正确的是 ()

- A. 78 g 苯(C_6H_6)和苯乙烯(C_8H_8)的混合物中含有的 σ 键数一定为 $12N_A$
- B. 0.1 mol H_2 和 0.1 mol I_2 于密闭容器中充分反应后, 其分子总数为 $0.2N_A$
- C. 12 g 金刚石中含有化学键的数目为 $4N_A$
- D. 1 L 1 mol/L 的 NH_4Br 溶液中通入适量氨气后呈中性, 此时溶液中 NH_4^+ 的数目为 N_A

9. (2024·重点校联考期末) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。侯氏制碱法涉及 $NaCl$ 、 CO_2 、 NH_3 、 NH_4Cl 和 $NaHCO_3$ 等物质, 下列叙述正确的是 ()

- A. 11.2 L CO_2 含 π 键数目为 N_A
- B. 1 mol $NaHCO_3$ 完全分解, 得到的 CO_2 分子数目为 N_A
- C. 体积为 1 L 的 1 mol/L 氨水溶液中, OH^- 数目为 N_A
- D. 1 mol $NaCl$ 和 NH_4Cl 的混合物中质子总数为 $28N_A$

专题二

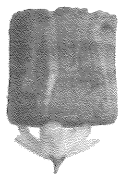


物质的组成、性质、分类

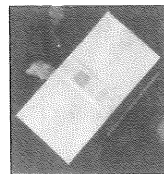
焦点 1 物质的组成、分类

基础题

- (2022·南开区期中)下列氧化物中属于酸性氧化物的是 ()
A. NO B. NO₂ C. SiO₂ D. H₂O
- (2022·南开区期中)下列说法正确的是 ()
A. H₂、D₂、T₂ 是氢元素的同素异形体
B. H₂、D₂、T₂ 摩尔质量之比为 1:2:3
C. 由 H、D、T 与 ¹⁶O、¹⁷O、¹⁸O 能形成 9 种水分子
D. D、T 发生核聚变成为其他元素,属于化学变化
- (2023·天津高考)近年来我国航天事业发展迅速,下列所涉及化学知识的叙述错误的是 ()
A. “嫦娥五号”取回的月壤样品中含有天然玻璃物质,玻璃是晶体
B. “天舟六号”壳体使用了铝合金,合金是金属材料
C. “长征七号”采用了液氧煤油发动机,煤油是混合物
D. “天宫”空间站新补充了一批氦推进剂,氦是稀有气体
- (2020·南开区二模)下列说法正确的是 ()
A. 黄铜是铜的合金,属于混合物
B. 二氧化氮能溶于水生成硝酸,属于酸性氧化物
C. 氧化铝可用于制作高温结构陶瓷制品,属于金属材料
D. 生物柴油可作内燃机的燃料,属于烃类
- (2021·南开区一模)下列物品所使用的主要材料不属于无机非金属材料的是 ()



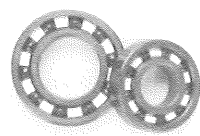
A. 石墨烯超轻海绵



B. 宣纸



C. 瓷器



D. 碳化硅陶瓷轴承

- (2020·部分区二模)下列各项中所列物质与所属类别对应正确的是 ()
A. 电解质:氧化钠、石墨、硫酸
B. 混合物:盐酸、冰水混合物、氢氧化铁胶体
C. 原子晶体:金刚石、Na、Al₂O₃
D. 一元酸:醋酸、苯甲酸、高锰酸
- (2021·河北区一模)下列关于“嫦娥五号”所用的材料中不属于新型无机非金属材料的是 ()
A. 挖土铲——氮化碳特种钻 B. 国旗——复合纤维织物
C. 降落伞——氮化硼纤维 D. 望远镜——碳化硅特种陶瓷
- (2020·红桥区一模)下列“中国制造”所用材料属于有机高分子材料的是 ()
A. 北京大兴国际机场航站楼所用水泥
B. 北斗卫星太阳能电池板所用高纯硅
C. 国产航母“山东舰”舰身所用无磁镍铬钛合金钢
D. 医用口罩中间过滤层所用高熔融指数聚丙烯(PP)材料
- (2023·新华中学第一次月考)下列物质的分类正确的是 ()
A. 酸——硫酸、纯碱、水
B. 分散系——空气、食盐水、盐酸
C. 非电解质——液氯、乙醇、NH₃
D. 电解质——盐酸、硫酸、硝酸
- (2020·河西区一模)下列说法正确的是 ()
A. 植物油氢化产物属于烃类
B. 制作集成电路板的酚醛树脂可导电
C. 石油经催化裂化与裂解可获得较多的气态烯烃等产品
D. 鸡蛋清中滴加 1% 醋酸铅溶液产生的沉淀能重新溶于水

- (2024·天津一中第一次月考)“探索浩瀚宇宙,发展航天事业,建设航天强国,是我们不懈追求的梦想。”航天科技的发展与化学密切相关。下列说法不正确的是 ()
A. 神舟十四号飞船外壳使用的氮化硅陶瓷属于新型无机非金属材料
B. 航天飞船内安装盛有过氧化钠颗粒的装置,它的用途是再生氧气
C. 航天服壳体使用的铝合金材料因熔点比纯铝高而耐用
D. 中国空间站存储器所用的材料石墨烯与金刚石互为同素异形体

提升题

- (2022·和平区二模)从科技前沿到日常生活,化学无处不在。下列说法不正确的是 ()
A. 在三星堆“祭祀坑”提取到丝绸制品残留物,其中丝绸主要成分为蛋白质
B. 2022 年北京冬奥会吉祥物使用的聚乙烯属于高分子材料
C. “天和”核心舱中使用的氮化硼陶瓷基复合材料属于高分子材料
D. “空气捕捉”法能实现从空气中捕获二氧化碳,利于碳达峰、碳中和
- (2023·新华中学第二次月考)化学与生活密切相关。下列叙述错误的是 ()
A. 中国古代利用明矾溶液清除铜镜表面的铜锈
B. 二氧化硅是将太阳能转变为电能的常用材料
C. 使用含钙离子浓度较大的地下水洗衣服,肥皂去污能力差
D. 与铜相比,青铜具有熔点低、硬度大等特点

14. (2023·耀华中学第一次月考)下列说法中正确的是 ()

- A. 氢氧化铁胶体常用作吸附剂, FeCl_3 溶液常用作刻蚀剂, 可用丁达尔效应鉴别二者
- B. 铝、镁、钛等合金广泛应用于飞船建造, 合金熔点通常高于其组成金属的熔点
- C. Al_2S_3 可用作半导体材料, 工业上常用 AlCl_3 溶液和 Na_2S 溶液反应制备 Al_2S_3
- D. 晶体硅的导电性介于导体和绝缘体之间, 常用于制造光导纤维

15. 【易错】(2023·南开中学第一次月考)下列有关物质分类及转化的说法中正确的有 ()

- ①含有金属元素的离子不一定是阳离子
- ② CO_2 和 NO_2 均能与水反应生成酸, 故二者都是酸性氧化物
- ③石墨和 C_{60} 互为同素异形体
- ④有化学键断裂的变化一定是化学变化
- ⑤用鸡蛋壳膜和蒸馏水除去淀粉胶体中的食盐不涉及化学变化
- ⑥面粉中禁止添加 CaO_2 、过氧化苯甲酰等增白剂, 其中 CaO_2 属于碱性氧化物, 也属于离子化合物, 其阴、阳离子个数比为 1:1
- ⑦通过化学变化可以实现 ^{16}O 与 ^{18}O 间的相互转化
- ⑧胶体区别于其他分散系的本质特征是有丁达尔效应
- ⑨ BaSO_4 虽难溶于水, 其饱和溶液导电能力差, 但是 BaSO_4 是强电解质
- ⑩向浓氨水中滴加 FeCl_3 饱和溶液可制得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体
- A. ①③⑤⑨ B. ④⑥⑨⑩
- C. ①②⑥⑧ D. ③⑤⑦⑧

焦点 2 分散系

基础题

1. (2021·和平区一模)朱自清在《荷塘月色》中写道:“薄薄的青雾浮起在荷塘里……月光是隔了树照过来的, 高处丛生的灌木, 落下参

差的斑驳的黑影……”月光穿过薄雾所形成的种种美景的最本质原因是 ()

- A. 空气中的小水滴颗粒大小约为 $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$
- B. 光是一种胶体
- C. 雾是一种胶体
- D. 发生丁达尔效应

2. 下列有关说法正确的是 ()

- A. 某放热反应能自发进行, 因此该反应是熵增反应
- B. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体无色、透明, 不能透过滤纸
- C. 单质硅是将太阳能转变为电能的常用材料
- D. SiO_2 既能和 NaOH 溶液反应又能和氢氟酸反应, 所以是两性氧化物

3. (2020·天津一中第五次月考)科学防护对预防病毒感染非常重要。下列说法中错误的是 ()

- A. 聚丙烯和聚四氟乙烯为生产防护服的主要原料, 二者均属于有机高分子材料
- B. “84”消毒液、二氧化氯泡腾片可用作环境消毒
- C. 免洗手消毒液的成分活性银离子、乙醇均能使蛋白质变性
- D. 冠状病毒粒子直径约 $60 \sim 220 \text{ nm}$, 介于溶液和胶体粒子之间

提升题

4. (2024·杨村一中第一次月考)下列有关物质分类或归类正确的一组是 ()

- ①液氯、干冰、磁性氧化铁均为化合物
- ②氢氟酸、氢氧化铁胶体、水玻璃均为混合物
- ③明矾、小苏打、烧碱均为电解质

④只含一种元素的物质、分子式为 C_5H_{10} 的物质、淀粉均为纯净物

⑤ SO_2 、 NO_2 、 SiO_2 均为酸性氧化物

- A. ①② B. ②③
- C. ③④ D. ②③⑤

5. (2020·河北区二模)下列说法正确的是 ()

- A. 根据分散系是否具有丁达尔效应将分散系分为溶液、胶体和浊液
- B. 核酸是一类含磷的生物高分子化合物, 在稀盐酸中可发生水解
- C. 离子化合物 NH_5 (H 有正价和负价), 阴离子为 8 电子稳定结构
- D. 常温下, 35.5 g Cl_2 溶于水后, 溶液中 Cl_2 、 HClO 、 ClO^- 、 Cl^- 四种微粒总数为 N_A

6. (2022·实验中学第一次月考)下列叙述正确的有 ()

- ① CO_2 、 SiO_2 、 P_2O_5 均为酸性氧化物
- ② NaHCO_3 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 FeCl_2 均可由化合反应制得
- ③碘晶体分散到酒精中、饱和氯化铁溶液滴入沸水中所形成的分散系分别为溶液、胶体
- ④灼热的炭与 CO_2 的反应、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 的反应均是氧化还原反应, 又是吸热反应
- ⑤需要通电才可进行的有: 电离、电解、电镀、电化学腐蚀
- ⑥氯化铝溶液与氢氧化铝胶体具有的共同性质是: 能透过滤纸
- ⑦苛性钾、次氯酸、氯气按顺序分类依次为强电解质、弱电解质和非电解质
- ⑧碱石灰、生石灰、玻璃、漂白粉、光导纤维都是混合物
- A. 3 个 B. 4 个
- C. 5 个 D. 6 个

微信公众号：玩转数学黄老师

专题三



离子反应

焦点1 离子共存



基础题

1. (2021·耀华中学二模)下列各组离子能大量共存的是 ()

- A. NaClO 水溶液中: Fe^{2+} 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 H^+
 B. FeCl_3 水溶液中: K^+ 、 Na^+ 、 I^- 、 SO_4^{2-}
 C. 透明酸性溶液中: SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 Cu^{2+} 、 Na^+
 D. $\text{pH}=2$ 的溶液中: K^+ 、 CH_3COO^- 、 HCO_3^- 、 MnO_4^-

2. (2020·南开中学第二次月考)室温下,下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是 ()

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液: Na^+ 、 K^+ 、 CO_3^{2-} 、 AlO_2^-
 B. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_2 溶液: K^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 MnO_4^-
 C. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ K_2CO_3 溶液: Na^+ 、 Ba^{2+} 、 Cl^- 、 OH^-
 D. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液: K^+ 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 HSO_3^-

3. (2021·和平区二模)常温时,下列各离子组在指定溶液中能大量共存的是 ()

- A. 强碱溶液: K^+ 、 Na^+ 、 AlO_2^- 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
 B. 含 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的溶液: H^+ 、 NH_4^+ 、 ClO^- 、 SO_4^{2-}
 C. $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)} = K_w$ 的溶液: Na^+ 、 K^+ 、 CO_3^{2-} 、 S^{2-}
 D. 能与 Al 反应放出 H_2 的溶液: Na^+ 、 Cu^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^-

4. (2022·十二校一模)室温下,下列各组离子、分子在指定溶液中能大量共存的是 ()

- A. 澄清透明的溶液: Mg^{2+} 、 H^+ 、 SO_4^{2-} 、 MnO_4^-
 B. $\text{pH}=1$ 的溶液中: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 K^+ 、 SO_4^{2-}
 C. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液: Ca^{2+} 、 K^+ 、 HSO_3^- 、 CH_3COO^-
 D. $\frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = 0.1 \text{ mol/L}$ 的溶液: Na^+ 、 K^+ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

5. (2020·部分区二模)下列选项错误的是 ()

- A. 氧化铁溶于过量氢碘酸: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

B. 足量氨水吸收少量二氧化碳气体: $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$

C. 常温下,水电离出的 $c(\text{H}^+) = 10^{-13} \text{ mol/L}$,则 K^+ 、 AlO_2^- 、 Cl^- 、 Br^- 可能会大量共存

D. 在明矾溶液中, S^{2-} 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 不能大量共存



提升题

6. (2020·七校联考)常温下,下列各组离子在指定溶液中一定能大量共存的是 ()

- A. 滴入酚酞显红色的溶液中: K^+ 、 Na^+ 、 I^- 、 SiO_3^{2-}
 B. 水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^-
 C. 加入铝粉能放出氢气的溶液中: Ba^{2+} 、 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 NO_3^-
 D. $c(\text{SO}_3^{2-}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Ca^{2+} 、 ClO^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+

7. 【易错】(2020·河西区一模)室温下,下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是 ()

- A. 甲基橙呈红色的溶液: Na^+ 、 Fe^{2+} 、 I^- 、 NO_3^-
 B. $c(\text{Al}^{3+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液: K^+ 、 OH^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
 C. $K_w/c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液: Na^+ 、 K^+ 、 SiO_3^{2-} 、 Cl^-
 D. $c(\text{Mn}^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液: K^+ 、 H^+ 、 MnO_4^- 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

8. (2021·南开中学第五次月考)下列各离子组在指定的溶液中能够大量共存的是 ()

- A. 无色溶液中: Cu^{2+} 、 K^+ 、 SCN^- 、 Cl^-
 B. $\text{pH}=1$ 的溶液中: Cl^- 、 K^+ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_4^{2-}
 C. 含有 NO_3^- 的溶液中: I^- 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 H^+
 D. 由水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^-

9. (2021·河西区二模)常温下,下列各组离子在指定溶液中一定能大量共存的是 ()

- A. 酸性溶液中: Al^{3+} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-}
 B. $c(\text{OH}^-)/c(\text{H}^+) = 10^{12}$ 的溶液中: NH_4^+ 、 Cl^- 、 NO_3^-
 C. 含 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0.5 \text{ mol/L}$ 的溶液中: K^+ 、 MnO_4^- 、 Cl^-
 D. 由水电离的 $c(\text{OH}^-) = 10^{-13} \text{ mol/L}$ 的溶液中: K^+ 、 Cl^- 、 SO_3^{2-}

焦点2 离子方程式书写和正误判断



基础题

1. (2024·耀华中学第一次月考)下列有关电极方程式或离子方程式错误的是 ()

- A. 碱性锌锰电池的正极反应: $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{MnO}(\text{OH}) + \text{OH}^-$
 B. 铅酸蓄电池充电时的阳极反应: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$
 C. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液滴入 FeCl_2 溶液中: $\text{K}^+ + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$
 D. TiCl_4 加入水中: $\text{TiCl}_4 + (x+2)\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^-$

2. (2021·河西区一模)下列反应的离子方程式正确的是 ()

- A. 盐酸与氨水反应: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
 B. SO_2 被过量的氨水吸收: $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$
 C. 氢氧化镁固体溶解于氯化铵溶液: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4^+ = \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 D. 将少量 1% 的硝酸银溶液滴入 1% 的氨水中: $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{AgOH} \downarrow + \text{NH}_4^+$

3. (2021·南开区一模)不能正确表示下列变化的离子方程式是 ()

- A. 高锰酸钾标准溶液与草酸反应: $2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
 B. 水的电离: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$
 C. 向澄清石灰水中加入过量的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液: $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 D. 酸性溶液中 KIO_3 与 KI 反应: $5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

4. (2021·河东区一模)下列方程式与所给事实相符的是 ()

- A. 用过量 NaOH 溶液脱除烟气中的 SO_2 : $\text{OH}^- + \text{SO}_2 = \text{HSO}_3^-$
 B. 电镀铜的阴极反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$
 C. 向 AgNO_3 溶液中加入过量氨水: $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{AgOH} \downarrow + \text{NH}_4^+$
 D. 用食醋处理水垢[主要成分 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$]: $2\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$; $2\text{H}^+ + \text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

5. (2021·部分区一模)下列离子方程式书写正确的是 ()
- A. Al 与 NaOH 溶液反应: $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$
- B. Na_2S 溶液呈碱性: $\text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + 2\text{OH}^-$
- C. 向 FeCl_3 溶液中加入铜粉: $\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$
- D. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 与足量稀硝酸反应: $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
6. (2020·杨村一中第一次月考)下列离子方程式正确的是 ()
- A. 碳酸钙与醋酸反应: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{CH}_3\text{COOH} = 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- B. 苯酚钠溶液中通入少量 CO_2 : $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{HCO}_3^-$
- C. FeBr_2 和足量 Cl_2 反应: $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^- + 2\text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Br}_2 + 4\text{Cl}^-$
- D. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 与氢碘酸的反应: $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
7. (2021·和平区三模)下列化学用语表述不正确的是 ()
- A. 电解 MgCl_2 溶液: $\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
- B. 使用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 检验 Fe^{2+} : $2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 3\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow$
- C. 泡沫灭火器工作原理: $\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$
- D. NH_4Cl 在水中发生水解: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
8. (2024·杨村一中第一次月考)下列离子方程式中正确的是 ()
- A. 澄清的石灰水与盐酸反应:
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. NH_4HCO_3 溶液与过量 NaOH 溶液反应:
 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. 碘化亚铁溶液中滴加少量稀硝酸:
 $3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = 3\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow$
- D. 过量的 NaHSO_4 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应:
 $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

提升题

9. (2020·十二校二模)下列离子方程式书写正确的是 ()
- A. 过量氢氧化钙溶液与碳酸氢镁溶液反应: $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- B. 向酸性 KMnO_4 溶液中加入足量 NaHSO_3 溶液, 溶液紫色褪去:
 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$
- C. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ 与足量盐酸反应生成 AgCl : $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^- + 3\text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$

D. 用 KSCN 溶液检验某溶液中含有 Fe^{3+} : $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3 \downarrow$

10. (2023·天津一中第二次月考)下列实验所涉及反应的离子方程式错误的是 ()

A. 过氧化钠与水反应: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}^+ + 4\text{OH}^- + \text{O}_2 \uparrow$

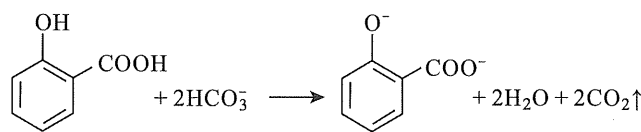
B. 向海带灰浸出液中滴加几滴硫酸酸化的过氧化氢溶液: $2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

C. 向硫酸铜溶液中通入 H_2S : $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$

D. 用酸性高锰酸钾标准溶液滴定草酸: $2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

11. (2021·南开中学模拟)下列离子方程式书写正确的是 ()

A. 用碳酸氢钠溶液检验水杨酸中的羧基:



B. 用高锰酸钾标准溶液滴定草酸: $2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

C. 电解饱和食盐水: $2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{通电}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$

D. 向 NH_4HSO_3 溶液中加入过量 NaOH 溶液并加热: $\text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^- + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

12. 【易错】(2020·南开中学第六次月考)以 NaClO 为有效成分的“84”消毒液在日常的消杀工作中起到了重要作用。某研究小组设计下列实验探究 NaClO 的性质。(已知电离常数: H_2CO_3 : $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$; HClO : $K_a = 2.9 \times 10^{-8}$)

实验	装置	试剂(少量)	预测可能的现象
①		酚酞	无色溶液最终呈红色
②		CO_2	无明显现象
③		淀粉-KI 溶液 + 稀硫酸	无色溶液立即变蓝
④		FeCl_3 溶液	溶液略呈浅绿色

结合上述实验探究, 预测的现象以及解释均正确的是 ()

A. 实验①: NaClO 溶液呈碱性: $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$

B. 实验②: NaClO 可用于制得 HClO : $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO} + \text{CO}_3^{2-}$

C. 实验③: NaClO 具有氧化性: $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}^- + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

D. 实验④: NaClO 具有还原性: $\text{ClO}^- + 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{ClO}_3^- + 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+$

13. (2022·五校联考期中)下列离子方程式正确的是 ()

A. 磁性氧化铁溶于稀硝酸: $3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

B. 向 BaCl_2 溶液中通入 CO_2 气体: $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}^+$

C. 向 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中逐滴加入 NaHSO_4 溶液至 Ba^{2+} 恰好沉淀完全: $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

D. 将氯气溶于水制备次氯酸: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{ClO}^-$

14. (2023·新华中学第一次月考)下列指定反应的离子方程式正确的是(已知 $K_a: \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO} > \text{HCO}_3^-$) ()

A. Na_2O_2 与 H_2^{18}O 反应: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2^{18}\text{O} = 4\text{Na}^+ + 4\text{OH}^- + ^{18}\text{O}_2 \uparrow$

B. 向次氯酸钠溶液中通入少量的 CO_2 : $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$

C. FeCl_3 溶液中加入过量 Na_2S 溶液: $\text{S}^{2-} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{S} \downarrow + 2\text{Fe}^{2+}$

D. 向 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体中加入 HI 溶液: $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

15. (2020·和平区三模)下列解释事实的化学用语不正确的是 ()

A. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ 溶液呈碱性: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^-$

B. 向 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀中加入氨水溶解: $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$

C. 电解 NaCl 溶液, 阴极区溶液 pH 增大: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$

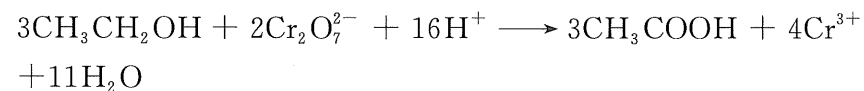
D. 钢铁发生吸氧腐蚀, 负极反应为: $\text{Fe} - 3\text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$

16. (2024·重点校联考期末)下列离子方程式与所给事实不相符的是 ()

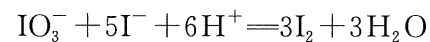
A. 用碳酸钠溶液处理水垢中的硫酸钙:



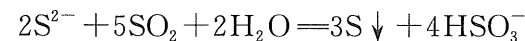
B. 用酸性 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液检验司机酒驾:



C. 用醋酸和淀粉-KI 溶液检验加碘盐中的 IO_3^- :



D. 向硫化钠溶液中通入足量二氧化硫, 出现黄色浑浊:



焦点3 粒子的性质及检验

基础题

1. (2022·天津一中第二次月考)下列操作能达到相应实验目的的是 ()
- A. 检验溶液中的 Na^+ : 用洁净的玻璃棒蘸取溶液, 在酒精灯外焰上灼烧, 观察颜色
- B. 检验溶液中的 Cu^{2+} : 取少量溶液, 滴加足量氨水, 观察现象
- C. 测定“84”消毒液的 pH: 用洁净的玻璃棒蘸取少量“84”消毒液滴在 pH 试纸上, 与标准比色卡对比读数
- D. 检验溶液中的 NH_4^+ : 取少量溶液, 加入 NaOH 浓溶液并加热, 用湿润的蓝色石蕊试纸放在试管口检验生成的气体
2. (2022·南开区期末) 某白色固体混合物由 NaCl 、 KCl 、 MgSO_4 、 CaCO_3 中的两种组成, 进行如下实验: ①混合物溶于水, 得到澄清透明溶液; ②做焰色试验, 透过钴玻璃可观察到紫色; ③向溶液中加入碱, 产生白色沉淀。根据实验现象可判断其组成为 ()
- A. KCl 、 CaCO_3 B. KCl 、 NaCl
- C. MgSO_4 、 NaCl D. KCl 、 MgSO_4
3. (2024·南开中学统练5) 下列方案设计、现象和结论都正确的是 ()

选项	目的	方案设计	现象和结论
A	验证反应物浓度增大可加快反应速率	在 3 支试管中分别加入 $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 草酸溶液各 2 mL, 再同时加入 1 mL $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 高锰酸钾溶液, 观察现象	若 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 草酸溶液中紫色最先褪去, 则反应物浓度增大时, 该反应速率不一定增大, 还有其他影响因素, 需要进一步探究
B	以 Al_2O_3 为原料制备 $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	在 Al_2O_3 中加入适量浓盐酸, 加热促进溶解, 蒸发浓缩至溶液表面出现一层晶膜, 静置, 冷却结晶	若冷却时晶体析出量很少, 则说明氯化铝溶解度随温度降低变化不明显, 应采取蒸发结晶的方法
C	判断 C 元素和 S 元素的非金属性强弱	常温下, 测定等物质的量浓度的 Na_2CO_3 和 Na_2SO_3 溶液的 pH	若 Na_2CO_3 溶液 pH 比 Na_2SO_3 溶液的大, 则非金属性: $\text{S} > \text{C}$
D	检验 1-溴丙烷消去产物中的丙烯	取 5 mL 1-溴丙烷和 10 mL 饱和氢氧化钾、乙醇溶液, 均匀加热, 将产生的气体通入 2 mL 稀酸性高锰酸钾溶液中	若高锰酸钾溶液褪色, 则有丙烯生成

提升题

4. (2020·河北区期末) 下列实验操作能达到其对应目的的是 ()

选项	实验操作	目的
A	向 2 mL 1 mol/L NaOH 溶液中先加入 2 滴 1 mol/L MgCl_2 溶液, 再加入 2 滴 1 mol/L FeCl_3 溶液	证明 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀可以转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀
B	向淀粉溶液中加入稀硫酸, 水浴加热一段时间后, 再加入氢氧化钠至溶液呈碱性, 最后加入新制的氢氧化铜并加热	验证淀粉已水解
C	将 1 mL KSCN 溶液与 1 mL 同浓度 FeCl_3 溶液充分混合; 再继续加入 KSCN 溶液	证明溶液中存在平衡: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$
D	将乙醇与浓硫酸共热制得的气体, 直接通入溴水中	检验产物是乙烯气体

5. (2020·实验中学三模) 下列实验方案中, 能达到实验目的的是 ()

选项	实验目的	实验方案
A	比较 HF 和 HClO 的酸性强弱	分别测定等体积等物质的量浓度的 HF 和 HClO 溶液消耗 NaOH 的物质的量
B	检验溶液中是否含 NH_4^+	滴加稀 NaOH 溶液, 并将润湿的红色石蕊试纸置于盛放溶液的试管口, 观察试纸颜色变化
C	证明 Na_2CO_3 溶液中存在水解平衡	向含有酚酞的 Na_2CO_3 溶液中加入少量 BaCl_2 固体, 观察溶液颜色变化
D	证明 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀可以转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$	向 2 mL 1 mol/L NaOH 溶液中先加入 3 滴 1 mol/L MgCl_2 溶液, 再加入 3 滴 1 mol/L FeCl_3 溶液

6. 【易错】(2022·河北区一模) 根据下列实验操作和现象所得到的结论正确的是 ()

选项	实验操作和现象	实验结论
A	向苯酚溶液中滴加少量浓溴水、振荡, 无白色沉淀	苯酚浓度小
B	向久置的 Na_2SO_3 溶液中加入足量 BaCl_2 溶液, 出现白色沉淀; 再加入足量稀盐酸, 部分沉淀溶解	部分 Na_2SO_3 被氧化

C	向 20% 蔗糖溶液中加入少量稀 H_2SO_4 , 加热; 再加入银氨溶液; 未出现银镜	蔗糖未水解
D	向某黄色溶液中加入淀粉 KI 溶液, 溶液呈蓝色	溶液中含 Br_2

7. (2024·河北区期中) 由下列实验现象一定能得出相应结论的是 ()

选项	A	B	C	D
装置				
现象	蔗糖变黑, 有气泡产生, 品红溶液和酸性高锰酸钾溶液均褪色	左边棉球变黄, 右边棉球变蓝	产生气泡, 溶液呈蓝色	②中倒吸一段水柱
结论	品红溶液褪色和高锰酸钾溶液褪色均体现了 SO_2 的漂白性	氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$	用该装置可以制备 SO_2	说明①中发生了吸氧腐蚀

8. (2023·塘沽一中第一次月考) 根据下列实验操作和现象所得到的结论正确的是 ()

选项	实验操作	实验现象	结论
A	将某气体通入品红溶液中	品红溶液褪色	该气体一定是 SO_2
B	向亚硝酸中加入少量 NaHCO_3 溶液	有气泡生成	非金属性 $\text{N} > \text{C}$
C	某无色溶液中可能含有: Ba^{2+} 、 NH_4^+ 、 I^- 、 SO_3^{2-} , 向该溶液中加入少量溴水	溶液呈无色	该溶液中一定不含 Ba^{2+} , 肯定含有 SO_3^{2-} , 可能含有 I^-
D	将少量铜粉加入 1.0 mol/L $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中	固体溶解, 溶液变蓝色	金属铁比铜活泼

专题四



氧化还原反应

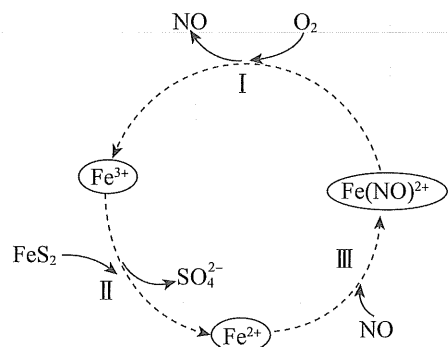
焦点1 氧化还原反应概念

基础题

1. (2022·南开区期中)下列变化或反应中,与氧化还原反应无关的是 ()

- A. 绿色植物的光合作用
- B. 谷物酿造酒和醋
- C. 切开的土豆、苹果,在空气中放置一段时间后变色
- D. 二氧化硫漂白纸张

2. (2024·天津一中第一次月考)在酸性条件下,黄铁矿(FeS_2)催化氧化的反应为 $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$,实现该反应的物质间转化关系如图所示。下列分析错误的是 ()



- A. 反应 I 的离子方程式为 $4\text{Fe}(\text{NO})^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 4\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 反应 II 的氧化剂是 Fe^{3+}
- C. 反应 III 是非氧化还原反应
- D. 黄铁矿催化氧化过程中: NO 和 $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$ 均作催化剂

3. (2024·天津一中第一次月考)三草酸合铁酸钾是制备负载型活性铁催化剂的主要原料,该配合物在光照下易分解: $4\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \xrightarrow{\text{光照}} 6\text{K}_2\text{O} + 2\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 11\text{CO} \uparrow + 13\text{CO}_2 \uparrow$,下列说法不正确的是 ()

- A. 反应物中 C 元素既体现氧化性又体现还原性
- B. 氧化产物和还原产物的物质的量之比为 1:1
- C. 若有 2 mol $\text{Fe}(\text{III})$ 被还原,则被还原的 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 为 6.5 mol
- D. 每生成 0.6 mol K_2O ,转移电子数为 1.3 mol

4. (2023·塘沽一中第一次月考)根据如表信息,判断下列叙述中正确的是 ()

	氧化剂	还原剂	其他反应物	氧化产物	还原产物
①	Cl_2	FeBr_2			Cl^-
②	KClO_3	浓盐酸		Cl_2	
③	KMnO_4	H_2O_2	H_2SO_4	O_2	Mn^{2+}

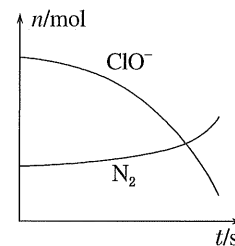
- A. 氧化性强弱的比较: $\text{KClO}_3 > \text{Fe}^{3+} > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2$
- B. 表中②组反应的还原产物是 KCl ,生成 1 mol KCl 时转移电子的物质的量是 6 mol
- C. 表中①组的反应可知:通入 Cl_2 的量不同,氧化产物可能不同
- D. 表中③组反应的离子方程式为: $2\text{MnO}_4^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{O}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

5. (2021·耀华中学第一次月考)水热法制备 Fe_3O_4 纳米颗粒的总反应为: $3\text{Fe}^{2+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{O}_2 + x\text{OH}^- = \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$,下列说法正确的是 ()

- A. 铁元素被氧化,硫元素被还原
- B. 该反应的还原剂有 Fe^{2+} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
- C. $x=2$
- D. 每生成 1 mol Fe_3O_4 ,则转移电子 2 mol

提升题

6. (2020·南开区期末)某离子反应涉及 H_2O 、 ClO^- 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 N_2 、 Cl^- 几种微粒,其中 N_2 、 ClO^- 的物质的量随时间变化的曲线如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该反应中 Cl^- 为氧化产物
- B. 消耗 1 mol 还原剂,转移 3 mol 电子
- C. 反应后溶液的碱性增强
- D. 该反应氧化剂与还原剂物质的量之比为 2:3

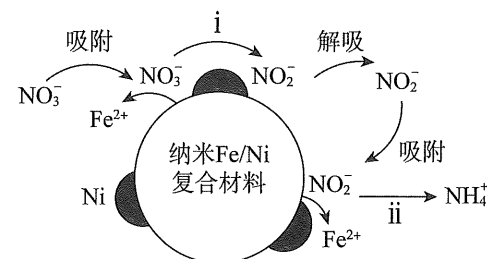
7. (2020·天津高考) Fe 、 Co 、 Ni 能与 Cl_2 反应,其中 Co 和 Ni 均生成二氯化物,由此推断 FeCl_3 、 CoCl_3 和 Cl_2 的氧化性由强到弱的顺序为 _____, $\text{Co}(\text{OH})_3$ 与盐酸反应有黄绿色气体生成,写出反应的离子方程式: _____。

焦点2 氧化还原反应的规律



基础题

1. (2024·南开中学第一次月考)在酸性环境中,纳米 Fe/Ni 复合材料去除污染水体的 NO_3^- 的反应过程(Ni 不参与反应)如图所示:



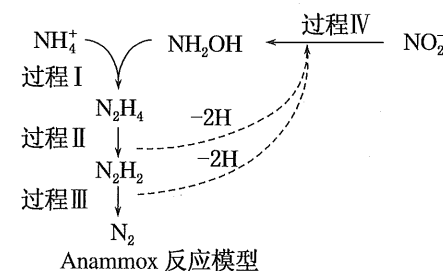
下列表达反应过程或现象的方程式正确的是 ()

- A. 反应步骤 i: $\text{NO}_3^- + 2\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{NO}_2^- + 2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- B. 反应步骤 ii: $\text{NO}_2^- + 3\text{Fe} + 8\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 反应进行一段时间,过滤出水体中出现的白色絮状物,白色絮状物在空气中最终变成红褐色: $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$
- D. 硝酸亚铁溶液中滴加稀硫酸发现溶液变黄: $2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

2. (2020·部分区一模)在 BaCl_2 溶液中通入 SO_2 气体,未见到沉淀。若再通入或加入下列物质中的一种,则可以看到沉淀,则该物质不可能为 ()

- A. Cl_2
- B. CO_2
- C. NH_3
- D. H_2O_2

3. (2020·南开区一模)厌氧氨化法(Anammox)是一种新型的氨氮去除技术,下列说法中正确的是 ()



- A. 1 mol NH_4^+ 所含的质子总数为 $10N_A$ (设 N_A 为阿伏加德罗常数的值)
- B. N_2H_2 中含有 σ 键和 π 键
- C. 过程 IV 中, NO_2^- 发生氧化反应
- D. 该方法每处理 1 mol NH_4^+ ,需要 0.5 mol NO_2^-

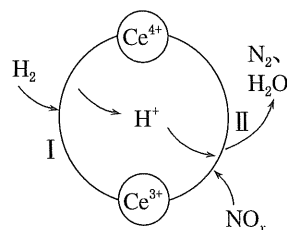
4. (2020·南开区二模)硝酸厂的烟气中含有大量的氮氧化物(NO_x),将烟气与 H_2 的混合气体通入 $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 与 $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ [Ce 中文名“铈”]的混合溶液中实现无害化处理,其转化过程如图所示。下列说法正确的是 ()

A. 该转化过程的实质为 NO_x 被 H_2 还原

B. $x=1$ 时,过程 II 中氧化剂与还原剂的质量之比为 2:1

C. 处理过程中,混合溶液中 Ce^{3+} 和 Ce^{4+} 总数减少

D. 过程 I 发生反应的离子方程式: $\text{H}_2 + \text{Ce}^{4+} = 2\text{H}^+ + \text{Ce}^{3+}$



5. (2021·和平区期末)将过量 H_2O_2 溶液加入含 $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ 的氨水中,加热后冷却,生成暗棕红色晶体 M [化学式为 $\text{Cr}(\text{NH}_3)_3\text{O}_4$],其离子方程式为 $\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 = \text{M} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^- + \text{O}_2 \uparrow$,测得 M 中有 2 个过氧键。下列叙述正确的是 ()

A. M 中 Cr 的化合价为 +3

B. 参与反应的 H_2O_2 全部被氧化

C. 向 FeSO_4 溶液中滴加几滴 M 的溶液,没有明显现象

D. 转移 0.2 mol 电子时,生成 M 的质量为 16.7 g

提升题

6. 【难题】(2023·天津一中第三次月考)实验室模拟工业处理含铬废水,操作及现象如图 1 所示,反应过程中铬元素的化合价变化如图 2。已知:深蓝色溶液中生成了 CrO_5 。下列说法不正确的是 ()

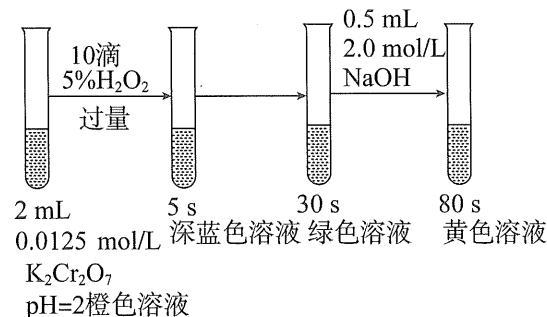


图1

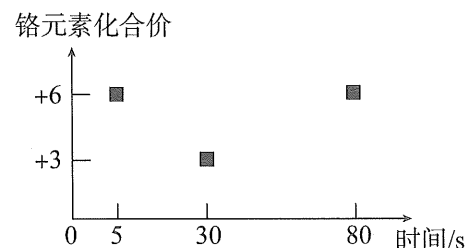


图2

A. 0~5 s 过程中,发生的氧化还原反应为: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{CrO}_5 + 5\text{H}_2\text{O}$

B. 实验开始至 30 s 溶液中发生的总反应的离子方程式为: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 8\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 \uparrow$

C. 30~80 s 过程中,Cr 元素被氧化,可能是溶液中剩余的 H_2O_2 所致

D. 80 s 时,在碱性条件下,溶液中含铬微粒主要为 CrO_4^{2-}

7. (2022·天津一中第二次月考) KIO_3 常用作食盐中的补碘剂,可用“氯酸钾氧化法”制备,该方法的第一步反应为 $6\text{I}_2 + 11\text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 6\text{KH}(\text{IO}_3)_2 + 5\text{KCl} + 3\text{Cl}_2 \uparrow$ 。下列说法错误的是 ()

A. 产生 22.4 L (标准状况) Cl_2 时,反应中转移 10 mol e^-

B. 反应中氧化剂和还原剂的物质的量之比为 11:6

C. 可用石灰乳吸收反应生产的 Cl_2 制备漂白粉

D. 可用酸化的淀粉碘化钾溶液检验食盐中的 IO_3^- 的存在

8. (2024·静海一中第一次月考)常温下,二氧化氯(ClO_2)是一种黄绿色气体,具有强氧化性,已被联合国世界卫生组织(WHO)列为 A1 级高效安全消毒剂。常温下,它可用氯酸钠固体与浓盐酸反应制备得到,该反应体系中的物质有 NaCl 、 H_2O 、 ClO_2 、 NaClO_3 、 Cl_2 、 HCl 。

(1)写出并配平该反应的化学方程式_____。

(2)该反应的还原产物是_____。

(3)在标准状况下,如果反应中生成 11.2 L 氯气,则被氧化的 HCl 的物质的量为_____,转移电子数目为_____。

(4)二氧化氯可迅速氧化硫化物(其中还原产物中氯元素为负一价),以除去水中硫化物产生的臭味。取适量 ClO_2 通入含有 H_2S (二元弱酸)的水中,再向其中加入少量氯化钡溶液,发现有白色沉淀生成。写出 ClO_2 与 H_2S 水溶液反应的离子方程式_____。

焦点 3 氧化还原反应方程式配平及相关计算

基础题

1. 设 N_A 表示阿伏加德罗常数的值,下列叙述正确的是 ()

A. 1 mol Cl_2 与足量 Fe 反应,转移的电子数目为 $3N_A$

B. 3 mol NO_2 与足量 H_2O 反应,转移的电子数目为 $2N_A$

C. 1 mol Al^{3+} 含有的核外电子数目为 $3N_A$

D. 0.10 mol Fe 粉与足量水蒸气反应生成的 H_2 分子数目为 $0.10N_A$

2. (2020·南开中学第一次月考)下列方程式书写不正确的是 ()

A. 向 NaOH 溶液中通入过量 SO_2 : $2\text{OH}^- + \text{SO}_2 = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

B. 铜久置空气中表面出现绿色固体: $2\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$

C. Fe 与稀硝酸反应,当 $n(\text{Fe}):n(\text{HNO}_3)=1:2$ 时, $3\text{Fe} + 2\text{NO}_3^- + 8\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

D. AgNO_3 溶液与过量浓氨水反应的离子方程式: $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{H}_2\text{O}$

3. (2021·南开区期末)向 H_2O_2 溶液中加入 Br_2 可以加快 H_2O_2 的分解速率。其反应机理可能有两步,第 1 步: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Br}_2 = 2\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{Br}^-$ 。下列说法正确的是 ()

A. H_2O_2 分子中含有离子键和非极性键

B. 第 2 步反应为: $2\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Br}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 + \text{O}_2 \uparrow$

C. 第 1 步反应每生成 0.1 mol O_2 ,转移 0.2 mol 电子

D. 该反应机理中, Br^- 催化 H_2O_2 分解产生 O_2

提升题

4. (2023·天津一中第二次月考)在特定碱性条件下,过量 H_2O_2 可将 $\text{Cr}(\text{III})$ 完全氧化成 $\text{Cr}(\text{VI})$,其反应为 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{CrO}_2^- + \text{W} \longrightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Y}$ (未配平),下列有关说法错误的是 ()

A. W 为 OH^-

B. 上述反应中氧化剂和还原剂的物质的量之比为 3:2

C. 1 mol H_2O_2 参加反应时,转移电子的物质的量为 2 mol

D. 在酸性条件下 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 可以转化为 CrO_4^{2-}

5. (2024·静海一中第一次月考)高铁酸钾(K_2FeO_4)是一种新型的污水处理剂。

(1) K_2FeO_4 的制备:湿法制备高铁酸钾(K_2FeO_4)是以次氯酸钠和氯化铁为原料,在碱性溶液中反应生成高铁酸钠,然后加入氢氧化钾,将其转化成高铁酸钾。

①写出并配平生成高铁酸钠的反应的离子方程式:_____。

②若反应过程中转移了 0.9 mol 电子,则还原产物的物质的量为 _____ mol。

③低温下,向高铁酸钠溶液中加入 KOH 至饱和可析出高铁酸钾(K_2FeO_4),由此可说明溶解度 Na_2FeO_4 _____ K_2FeO_4 (填“>”“<”或“=”)。

(2) K_2FeO_4 的性质:

i. 将 K_2FeO_4 固体溶于蒸馏水中,有少量无色气泡产生,经检验为 O_2 ,液体有丁达尔效应。

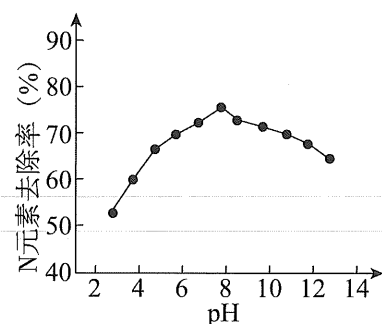
ii. 将 K_2FeO_4 固体溶于浓 KOH 溶液中,放置 2 小时无明显变化。

iii. 将 K_2FeO_4 固体溶于硫酸中,产生无色气泡的速率明显比 i 快。

① K_2FeO_4 溶于蒸馏水的化学反应方程式是 _____。

② K_2FeO_4 的氧化性与溶液 pH 的关系是 _____。

(3) K_2FeO_4 的应用。 K_2FeO_4 可用于生活垃圾渗透液的脱氮(将含氮物质转化为 N_2)处理。 K_2FeO_4 对生活垃圾渗透液的脱氮效果随水体 pH 的变化结果如下:



① K_2FeO_4 脱氮的最佳 pH 是 _____。

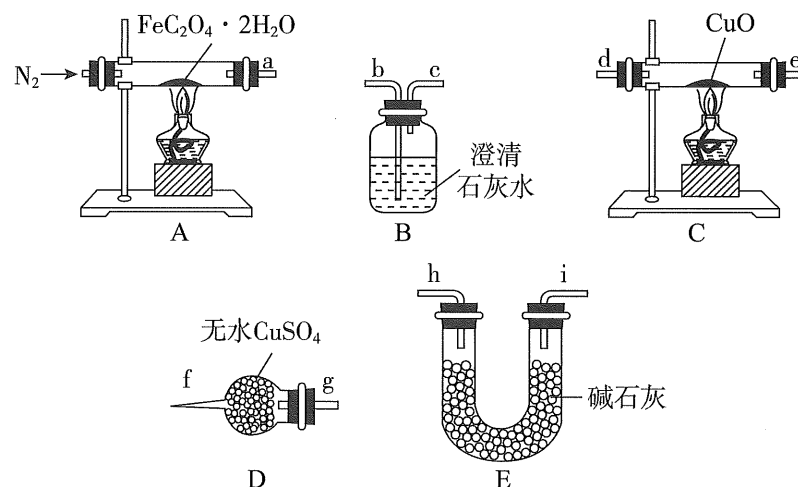
② 根据图推测, pH=4 时生活垃圾渗透液中含氮物质主要以 _____ 形式存在。

③ pH 大于 8 时,脱氮效果随 pH 的升高而减弱,分析可能的原因: _____。

6. (2024·耀华中学开学考试)草酸亚铁晶体($\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 相对分子质量为 180)呈淡黄色,可用作照相显影剂。某实验小组对其进行了一系列探究。

I. 纯净草酸亚铁晶体热分解产物的探究

(1) 气体产物成分的探究。小组成员采用如下装置(可重复选用)进行实验:



① 装置 D 的名称为 _____。

② 按照气流从左到右的方向,上述装置的连接顺序为 _____ → 尾气处理装置(填仪器接口的字母编号)。

③ 实验前先通入一段时间 N_2 ,其目的为 _____。

④ 实验证明气体产物中含有 CO,依据的实验现象为 _____。

(2) 固体产物成分的探究。充分反应后, A 处反应管中残留黑色固体。查阅资料可知,黑色固体可能为 Fe 或 FeO。小组成员设计实验证明了其成分只有 FeO,其操作及现象为 _____。

(3) 依据(1)和(2)中结论,可知 A 处反应管中发生反应的化学方程式为 _____。

II. 草酸亚铁晶体样品纯度的测定

工业制得的草酸亚铁晶体中常含有 FeSO_4 杂质,测定其纯度的步骤如下:

步骤 1: 称取 m g 草酸亚铁晶体样品并溶于稀 H_2SO_4 中,配成 250 mL 溶液;

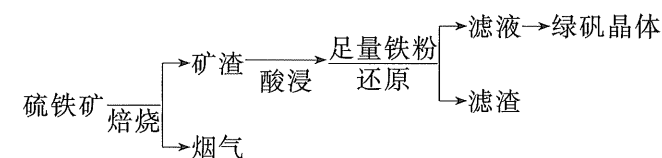
步骤 2: 取上述溶液 25.00 mL,用 c mol/L KMnO_4 标准液滴定至终点,消耗标准液 V_1 mL;

步骤 3: 向反应后溶液中加入适量锌粉,充分反应后,加入适量稀 H_2SO_4 ,再用 c mol/L KMnO_4 标准溶液滴定至终点,消耗标准液 V_2 mL。

(4) 步骤 3 中加入锌粉的目的为 _____。

(5) 草酸亚铁晶体样品的纯度为 _____ (列出计算式即可,不必化简);若步骤 1 配制溶液时部分 Fe^{2+} 被氧化,则测定结果将 _____ (填“偏高”“偏低”或“不变”)。

7. (2024·南开中学第一次月考)以硫铁矿(主要成分为 FeS_2 , 还有少量 CuS 、 SiO_2 等杂质)为原料制备绿矾晶体($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)的工艺流程如下:



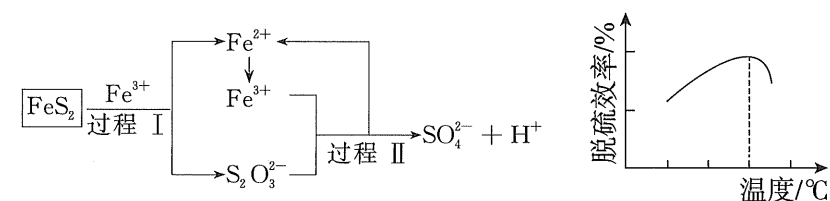
(1) 烟气中的 SO_2 会污染环境,可用足量氨水吸收,写出该反应的离子方程式 _____。

(2) 仅用一种试剂检验滤液中金属阳离子,则所用试剂及现象分别为 _____。

(3) FeSO_4 溶液制备绿矾晶体过程中要保持 H_2SO_4 过量,理由是 _____。

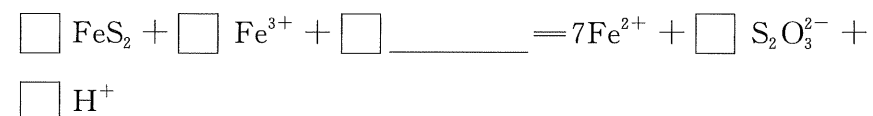
写出由滤液得到绿矾晶体实验操作方法为:在隔绝空气的条件下 _____, _____,过滤、洗涤、干燥。

(4) 燃料细菌脱硫法是用氧化亚铁硫杆菌(T. f)对硫铁矿进行催化脱硫,同时得到 FeSO_4 溶液。其过程如图所示:



已知总反应为: $\text{FeS}_2 + 14\text{Fe}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 15\text{Fe}^{2+} + 16\text{H}^+$

① 将过程 I 离子方程式补充完整:



② 过程 II 反应的离子方程式 _____。

③ 研究发现,用氧化亚铁硫杆菌(T. f)脱硫,温度过高脱硫效率降低(如图),可能的原因是 _____。

(5) 绿矾晶体($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)在空气中易被氧化。取 x g 样品,加水完全溶解,用酸化的 a mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定至终点,消耗 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液 b mL。则绿矾晶体纯度的计算式为 _____ (用含 a 、 b 、 x 的代数式表示)。

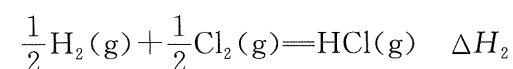
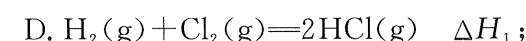
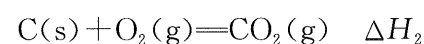
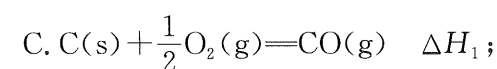
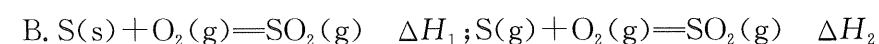
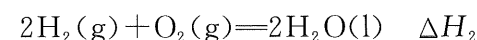
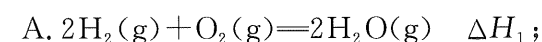
专题五 化学能与热能

焦点1 化学反应中能量变化的有关概念及计算

基础题

1. (2020·和平区期末)在同温同压下,下列各组热化学方程式中,

$\Delta H_2 > \Delta H_1$ 的是 ()



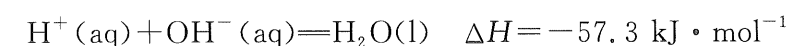
2. (2020·南开区期末)下列说法正确的是 ()

A. 若反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 在一定条件下能自发进行,该反应一定为放热反应

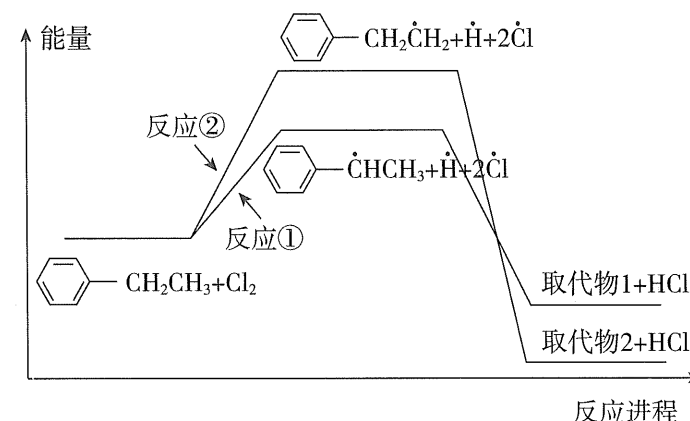
B. 若通过外加电流保护钢铁水闸门,应将闸门与电源正极相连

C. 向 5 mL 0.1 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中,滴加 5 滴浓硫酸,溶液橙色加深

D. CH_3COOH 溶液与 NaOH 溶液反应生成 1 mol 水时的热化学方程式为:



3. (2024·静海一中第二次月考)乙苯与氯气在光照条件下反应生成两种一氯取代物,反应过程中的能量变化如图所示。下列说法正确的是 ()



A. 反应生成相同物质的量的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 比 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$

吸收的热量更多

B. 反应刚开始时产物中取代物 2 所占的比例大于取代物 1

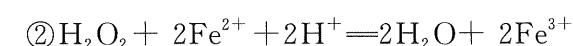
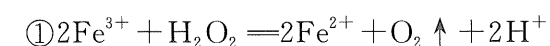
C. 反应①的 ΔH 大于反应②的 ΔH

D. 稳定性: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\dot{\text{C}}\text{H}_2 > \text{C}_6\text{H}_5\dot{\text{C}}\text{HCH}_3$

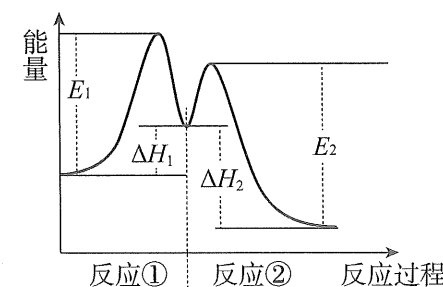
4. (2023·部分区期中)某温度下,向 10 mL 0.40 mol/L H_2O_2 溶液中加入适量 FeCl_3 溶液,不同时刻测得生成 O_2 的体积(已折算为标准状况)如下表所示。

t/min	0	2	4	6
V(O_2)/mL	0	9.9	17.2	22.4

资料显示,反应分两步进行:



反应过程中能量变化如图所示。下列说法不正确的是 ()



A. Fe^{3+} 的作用是增大过氧化氢的分解速率

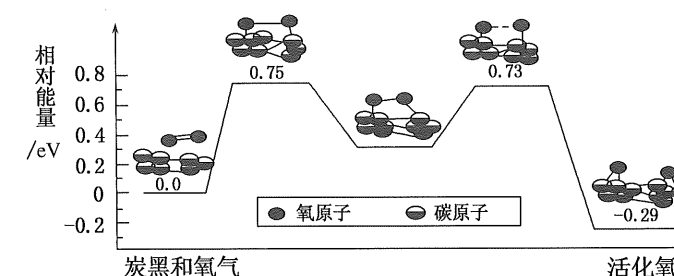
B. 0~6 min 的平均反应速率: $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 3.33 \times 10^{-2} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

C. 反应 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = E_1 - E_2 < 0$

D. 反应①是吸热反应、反应②是放热反应

提升题

5. (2020·河西区一模)已知活性氧可以把 SO_2 快速氧化为 SO_3 , 根据计算机模拟结果,在炭黑表面上 O_2 转化为活性氧的反应历程与能量变化关系如图所示。下列说法正确的是 ()



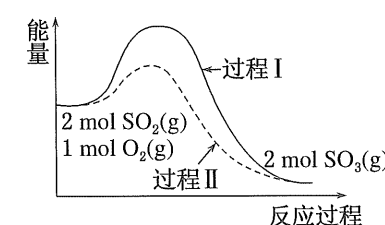
A. O_2 转化为活性氧与碳氧键生成无关

B. 每活化 1 个 O_2 分子最终吸收 0.29 eV 能量

C. 该过程的最大能垒(活化能) $E_{\text{正}} = 0.73 \text{ eV}$

D. 炭黑可加快 SO_2 转化为 SO_3 的反应速率

6. (2019·南开区第五次月考)在某温度下,反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -a \text{ kJ}/\text{mol}$, 能量变化如图所示,实验研究小组在 2 L 恒容密闭容器中加入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 混合气体,经测定反应 10 分钟达到平衡,放出能量 0.1a kJ。下列说法中正确的是 ()



A. 过程 II 可能使用了催化剂,催化剂可以提高 SO_2 的平衡转化率

B. 反应物断键吸收能量之和小于生成物成键释放能量之和

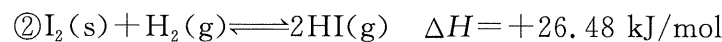
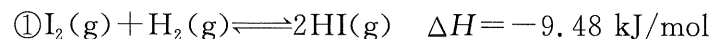
C. 上述实验中 SO_2 的转化率为 5%

D. 上述实验从开始到平衡的平均速率 $v(\text{O}_2) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

焦点 2 热化学方程式书写及正误判断

基础题

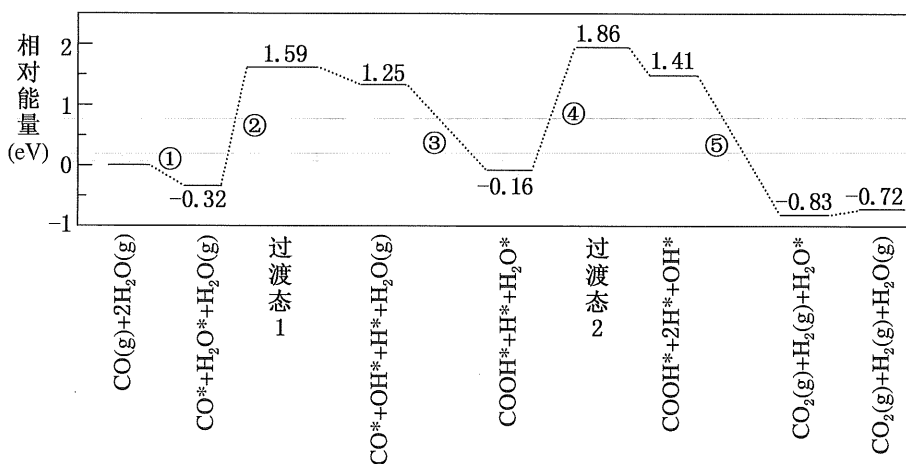
1. 【易错】(2024·耀华中学第二次月考)根据碘与氢气反应的热化学方程式:



下列判断正确的是

- A. 254 g $\text{I}_2(\text{g})$ 中通入 2 g $\text{H}_2(\text{g})$, 反应放热 9.48 kJ
 B. 1 mol 固态碘与 1 mol 气态碘所含的能量相差 17.00 kJ
 C. 反应①的生成物比反应②的生成物稳定
 D. 反应②的反应物总能量比反应①的反应物总能量低

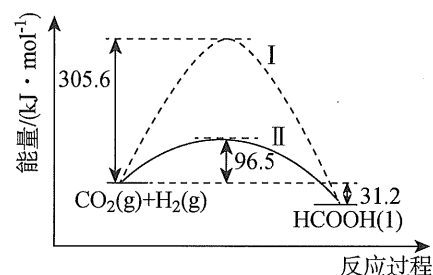
2. (2020·南开区二模)水煤气变换反应为: $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 。我国学者结合实验与计算机模拟结果,研究了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程,如图所示,其中吸附在金催化剂表面上的物质用*标注。下列说法正确的是



- A. 水煤气变换反应的 $\Delta H > 0$
 B. 步骤③的化学方程式: $\text{CO}^* + \text{OH}^* + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{COOH}^* + \text{H}_2\text{O}^*$
 C. 步骤⑤只有非极性键 H—H 键形成

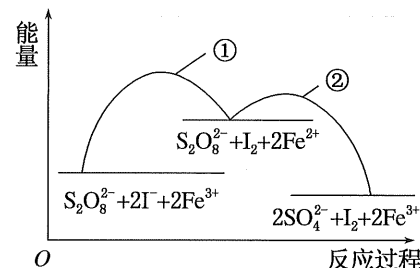
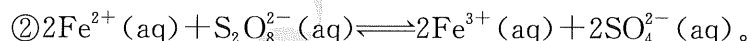
D. 该历程中活化能 $E_{\text{正}} = 1.70 \text{ eV}$

3. (2021·南开区二模)二氧化碳捕获技术可用于去除气流中的二氧化碳或者分离出二氧化碳作为气体产物,其中 CO_2 催化合成甲酸是一种很有前景的方法,且生成的甲酸是重要化工原料,该反应在无催化剂和有催化剂时的能量变化如图所示。下列说法正确的是



- A. 由图可知,过程 I 是有催化剂的能量变化曲线
 B. CO_2 催化合成甲酸的热化学方程式为 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{HCOOH}(\text{g}) \quad \Delta H = -31.2 \text{ kJ/mol}$
 C. 该反应的原子利用率为 100%, 符合绿色化学的理念
 D. 该反应可用于 CO_2 的吸收和转化, 有助于缓解酸雨的形成

4. (2020·红桥区一模)如图所示,已知反应 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$, 若向该溶液中加入含 Fe^{3+} 的某溶液, 反应机理如下:



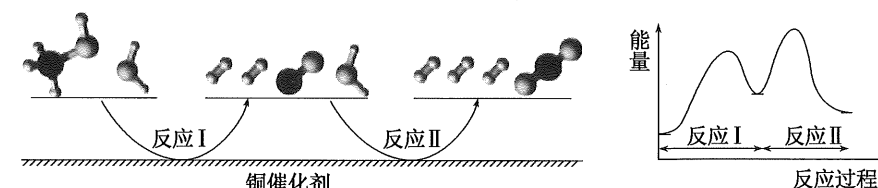
下列有关该反应的说法不正确的是

- A. Fe^{3+} 是该反应的催化剂
 B. $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$ 是放热反应

C. 加入 Fe^{3+} 后降低了该反应的活化能

D. 向该溶液中滴加淀粉溶液, 溶液变蓝, 适当升温, 蓝色加深

5. (2020·红桥区二模)多相催化反应是在催化剂表面通过吸附、解吸过程进行的。我国学者发现 $T^\circ\text{C}$ 时(各物质均为气态), 甲醇与水在铜催化剂上的反应机理和能量图如下:

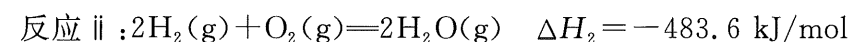
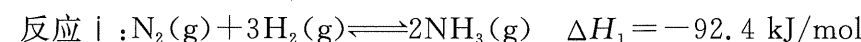


下列说法正确的是

- A. 反应 II 的热化学方程式为: $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +a \text{ kJ/mol} (a > 0)$
 B. 1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 和 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的总能量大于 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 的总能量
 C. 选择优良的催化剂降低反应 I 和 II 的活化能, 有利于减少过程中的能耗
 D. $\text{CO}(\text{g})$ 在反应中生成又消耗, $\text{CO}(\text{g})$ 可认为是催化剂

6. (2022·南开区期末)氮元素的单质及其化合物在工农业生产、生活中有着重要作用。回答下列问题:

(1) 已知:



则氨气完全燃烧生成氮气和水蒸气的热化学方程式为

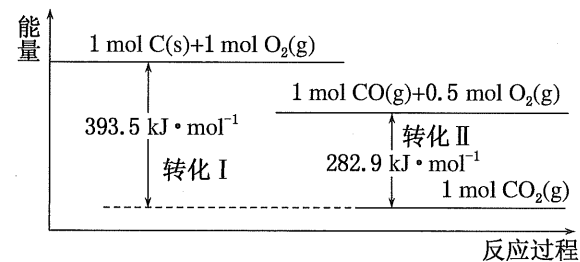
(2) 已知反应 i 断开 1 mol 化学键所需的能量如下表。

	$\text{N} \equiv \text{N}$	$\text{H}-\text{H}$	$\text{N}-\text{H}$
键能/($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	945	436	?

则断开 1 mol $\text{N}-\text{H}$ 键所需的能量是 kJ。

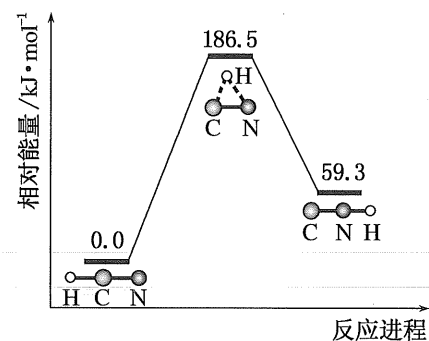
C. $\Delta H_2 > \Delta H_1 > \Delta H_3$ D. $\Delta H_3 > \Delta H_2 > \Delta H_1$

4. (2020·和平区模拟) 根据如下能量关系示意图, 下列说法正确的是 ()



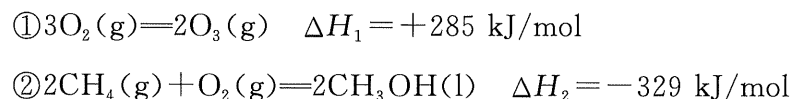
- A. 1 mol C(s) 与 1 mol O₂(g) 的能量之和为 393.5 kJ
 B. 反应 2CO(g) + O₂(g) = 2CO₂(g) 中, 生成物的总能量大于反应物的总能量
 C. C → CO 的热化学方程式为 2C(s) + O₂(g) = 2CO(g) ΔH = -221.2 kJ · mol⁻¹
 D. 若热值是指一定条件下单位质量的物质完全燃烧所放出热量, 则 CO 热值 ΔH = -10.1 kJ · mol⁻¹

5. (2020·天津高考) 理论研究表明, 在 101 kPa 和 298 K 下, HCN(g) ⇌ HNC(g) 异构化反应过程的能量变化如图所示。下列说法错误的是 ()



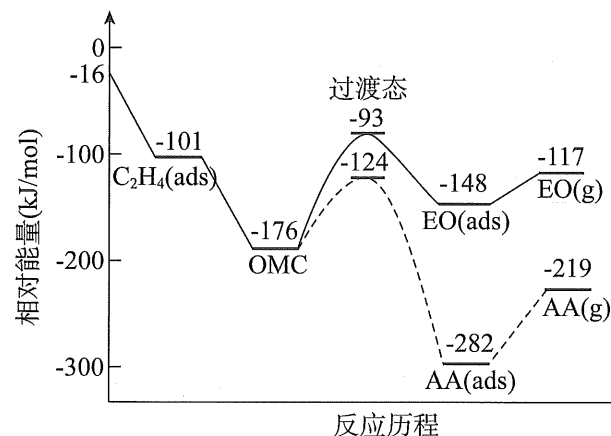
- A. HCN 比 HNC 稳定
 B. 该异构化反应的 ΔH = +59.3 kJ · mol⁻¹
 C. 正反应的活化能大于逆反应的活化能
 D. 使用催化剂, 可以改变反应的反应热

6. (2024·耀华中学第二次月考) 甲烷选择性氧化制备甲醇是一种原子利用率高的方法。回答下列问题:
 已知下列反应的热化学方程式:



反应 ③ CH₄(g) + O₃(g) = CH₃OH(l) + O₂(g) 的 ΔH₃ = _____ kJ/mol, 平衡常数 K₃ = _____ (用 K₁、K₂ 表示)。

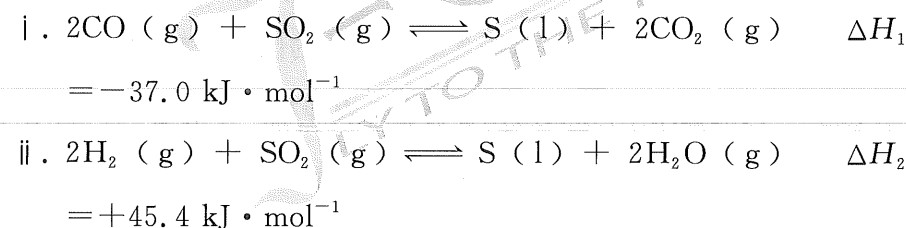
7. (2024·耀华中学第三次月考) 银及其化合物在催化与电化学等领域中具有重要应用。在银催化下, 乙烯与氧气反应生成环氧乙烷 (EO) 和乙醛 (AA)。根据如图所示, 回答下列问题:



- (1) 中间体 OMC 生成吸附态 EO(ads) 的活化能为 _____ kJ/mol。
 (2) 由 EO(g) 生成 AA(g) 的热化学方程式为 _____。

提升题

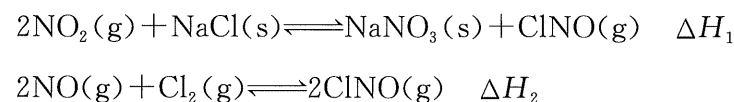
8. (2021·和平区二模) 已知:



写出 CO(g) 与 H₂O(g) 反应生成 CO₂(g)、H₂(g) 的热化学方程式 _____。

9. (2024·耀华中学开学模拟) 烟道气中含 NO、NO₂、SO₂ 等多种有害气体, 合理治理烟道气具有重要意义。

(1) 烟道气中的氮氧化物与悬浮在大气中的海盐粒子相互作用时, 涉及如下反应:



则反应: 4NO₂(g) + 2NaCl(s) ⇌ 2NaNO₃(s) + 2NO(g) + Cl₂(g) ΔH₃ = _____ (用含 ΔH₁、ΔH₂ 的式子表示)。

(2) 利用 CO 可将 NO 转化为无害的 N₂, 其反应为: 2NO(g) + 2CO(g) ⇌ N₂(g) + 2CO₂(g)。在容积均为 2 L 的甲、乙两个恒温 (反应温度分别为 T₁ °C、T₂ °C) 恒容密闭容器中, 分别加入物质的量之比为 1:1 的 NO 和 CO, 测得各容器中 n(CO) 随反应时间 t 的变化情况如下表所示:

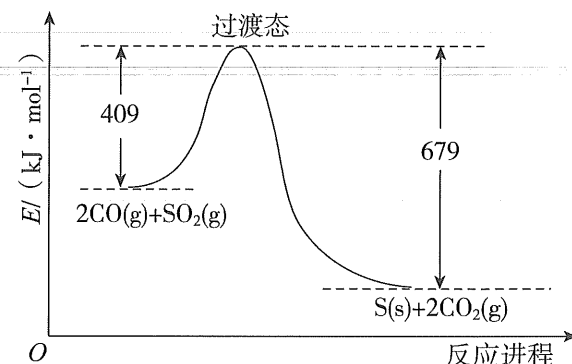
t/min	0	10	20	30	40
n(CO)/mol					
甲 (T ₁ °C)	2.00	1.50	1.10	0.80	0.80
乙 (T ₂ °C)	2.00	1.45	1.00	1.00	1.00

- ① 已知 T₁ > T₂, 则该反应的 ΔH _____ 0 (填“>”或“<”)。
 ② 甲容器达平衡时, 体系的压强与反应开始时体系的压强之比为 _____。

(3) 对烟道气中的 SO₂ 进行回收再利用具有较高的社会价值和经济效益。

其反应为: 2CO(g) + SO₂(g) ⇌ S(s) + 2CO₂(g)。

- ① 写出该反应平衡常数表达式 _____。
 ② 由 SO₂ 和 CO 反应生成 S 和 CO₂ 的能量变化如图所示, 在恒温恒容的密闭容器中进行反应, 对此反应下列说法正确的是 _____ (填序号)。



- a. 若混合气体密度保持不变, 则已达平衡状态
 b. 从反应开始到平衡, 容器内气体的压强保持不变
 c. 达平衡后若再充入一定量 CO₂, 新平衡体系混合气体中 CO 的体积分数增大
 d. 分离出一部分 S, 正、逆反应速率均保持不变

微信公众号：玩转数学黄老师

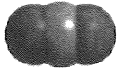
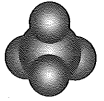
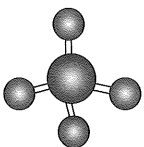
专题六

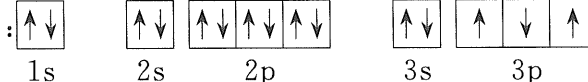
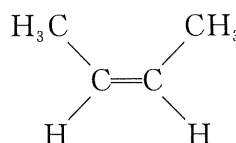
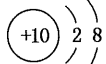


原子结构、分子结构、化学键

焦点 1 基本概念

基础题

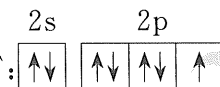
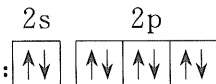
1. (2022·和平区二模)下列说法不正确的是 ()
- A. 丙三醇和乙二醇互为同系物
- B. $^{12}_6\text{C}$ 和 $^{14}_6\text{C}$ 互为同位素
- C. 乙醛和环氧乙烷互为同分异构体
- D. 石墨和足球烯互为同素异形体
2. (2022·耀华中学第一次月考)“天问一号”于 2021 年 2 月被火星捕获。火星大气中含有羰基硫(COS)分子,其结构与 CO_2 相似,关于羰基硫的说法正确的是 ()
- A. 空间填充模型: 
- B. 结构式: $\text{S}=\text{C}=\text{O}$
- C. 共用电子对都偏向碳
- D. 是含有极性键的非极性分子
3. (2021·南开区期末)下列有关化学用语表示正确的是 ()
- A. ClO_2 的结构式: $\text{Cl}-\text{O}-\text{Cl}$
- B. CH_4 的球棍模型: 
- C. 羟基($-\text{OH}$)的电子式: $\cdot\ddot{\text{O}}:\text{H}$
- D. 中子数为 8 的 C 原子: $^{14}_8\text{C}$
4. (2021·河西区一模)下列说法正确的是 ()
- A. PH_3 的电子式为: $\text{H}:\text{P}:\text{H}$
- B. 沸点: $\text{CCl}_4 > \text{CBr}_4$
- C. 第一电离能: $\text{S} > \text{P}$
- D. CH_4 分子球棍模型: 
5. (2021·河东区一模)下列化学用语正确的是 ()
- A. 中子数为 18 的氯原子: $^{18}_{17}\text{Cl}$

B. CO_2 分子的电子式: $:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{O}}:$ C. 铝元素轨道表示式: D. 顺-2-丁烯的结构简式: 6. (2020·南开区期末)用化学用语表示 $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 中的相关微粒,其中正确的是 ()A. F^- 的结构示意图: B. 水分子的空间填充模型: C. SiF_4 的电子式: $\text{F}:\ddot{\text{Si}}:\text{F}$ D. 中子数为 15 的 Si 原子: $^{29}_{14}\text{Si}$

7. (2020·红桥区线上模拟)下列说法正确的是 ()

A. 原子半径: $\text{P} < \text{S} < \text{Cl}$ B. 电负性: $\text{C} < \text{N} < \text{O}$ C. 热稳定性: $\text{HF} < \text{HCl} < \text{HBr}$ D. 第一电离能: $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al}$

8. (2020·和平区三模)下列各微粒的电子排布式或电子排布图不符合能量最低原理的是 ()

A. Fe^{2+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$ B. Cu : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$ C. F : D. Na^+ : 

9. (2024·天津一中第二次月考)下列各项表达式正确的是 ()

A. 乙炔的分子空间结构模型示意图: B. HClO 的结构式: $\text{H}-\text{Cl}-\text{O}$ C. 离子化合物 NH_5 的电子式: $[\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}]^+ \text{H}^-$ D. Fe^{3+} 的最高能层电子排布式: $3s^2 3p^6 3d^5$

10. (2020·河西区线上模拟)同周期两种主族元素 X、Y 的逐级电离能(I)数据如下表如下:

电离能 (kJ/mol)	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	...
X	738	1 451	7 733	10 540	13 630	...
Y	578	1 817	2 745	11 575	14 830	...

下列有关说法正确的是 ()

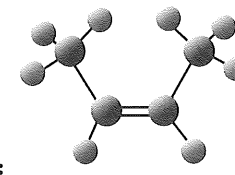
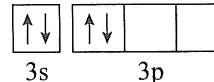
A. 电负性: $\text{X} < \text{Y}$ B. 与水反应剧烈程度: $\text{X} < \text{Y}$

C. X 的最外层电子数为 1

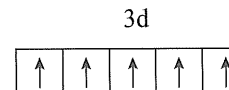
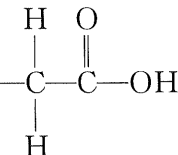
D. Y 的最高化合价为 +2

提升题

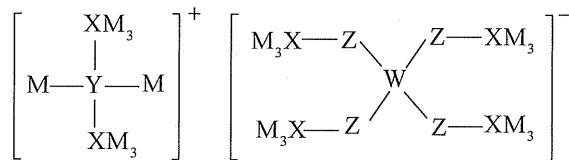
11. (2023·宝坻一中期末)下列化学用语或图示表达不正确的是 ()

A. 乙炔的结构简式: $\text{HC}\equiv\text{CH}$ B. 顺-2-丁烯的分子结构模型: C. 基态 Si 原子的价层电子的轨道表示式: D. Na_2O_2 的电子式: $\text{Na}^+[:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{Na}^+$

12. (2023·新华中学第二次月考)下列化学用语正确的是 ()

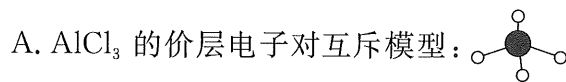
A. 二氧化碳的电子式: $:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{O}}:$ B. HBr 的形成过程: $\text{H}\times + \cdot\ddot{\text{Br}}\cdot \longrightarrow \text{H}^+[\times\ddot{\text{Br}}:]^-$ C. 基态 Mn^{2+} 的价电子轨道表示式: D. 乙酸的结构式: 

13. (2022·天津一中第五次月考)某多孔储氢材料前驱体结构如图, M、W、X、Y、Z 五种元素原子序数依次增大,基态 Z 原子的电子填充了 3 个能级,其中有 2 个未成对电子。下列说法正确的是 ()



- A. 氢化物沸点: $X > Y$
 B. 原子半径: $M < X < Y < Z$
 C. 第一电离能: $M < X < Y < Z$
 D. 阴、阳离子中均有配位键
14. 【易错】(2020·河北区二模)下面有关叙述中,不正确的是 ()
- A. CH_4 中心原子的杂化轨道类型为 sp^3 杂化
 B. 以非极性键结合起来的双原子分子一定是非极性分子
 C. 氯化钠晶体中, Na^+ 和 Cl^- 的配位数均为 8
 D. 镍元素基态原子的电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
15. (2020·十二校一模)下列说法正确的是 ()
- A. 最外层都只有 2 个电子的元素原子性质一定相似
 B. 同一周期元素中,第一电离能随原子序数增加而增大
 C. I_3AsF_6 晶体中存在 I_3^+ 离子, I_3^+ 离子的几何构型为 V 形
 D. H_2O_2 是一种含有极性键和非极性键的非极性分子
16. (2020·天津一中第一次月考)以下有关元素性质的说法不正确的是 ()
- A. 具有下列电子排布式的原子中① $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$; ② $1s^2 2s^2 2p^3$; ③ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$; ④ $1s^2 2s^2 2p^2$, 原子半径最大的是①
 B. 具有下列价电子排布式的原子中① $3s^2 3p^1$; ② $3s^2 3p^2$; ③ $3s^2 3p^3$; ④ $3s^2 3p^4$, 第一电离能最大的是③
 C. ①Na、K、Rb; ②N、P、S; ③Na、P、Cl, 元素的电负性随原子序数增大而增大的是③
 D. 某主族元素气态基态原子的逐级电离能分别为 738、1 415、7 733、10 450、13 630、17 995 等,它与氯气反应时,生成的阳离子是 X^{3+}

17. (2024·耀华中学第一次月考)下列化学用语或表述正确的是 ()



- B. $CH_3CH(CH_2CH_3)_2$ 的名称: 3-甲基戊烷
 C. 基态 Ni 原子价电子排布式: $3d^{10}$
 D. 次氯酸的电子式: $H:\ddot{Cl}:\ddot{O}:$

焦点 2 粒子间作用力

基础题

1. (2020·天津一中第一次月考)不能用键能的大小作为主要依据来解释的是 ()
- A. HF、HCl、HBr、HI 的热稳定性依次减弱
 B. 金刚石的硬度大于硅,其熔、沸点也高于硅
 C. 稀有气体一般难于发生化学反应
 D. N_2 化学性质比 O_2 稳定
2. (2020·天津一中第一次月考)氮化硼(BN)是一种新型结构材料,具有超硬、耐磨、耐高温等优良特性,下列各组物质熔化时所克服的微粒间作用力与氮化硼熔化时克服的微粒间作用力的类型都相同的是 ()
- A. 硝酸钠和金刚石
 B. 晶体硅和水晶
 C. 冰和干冰
 D. 苯和萘
3. (2020·实验中学三模)已知: $SiCl_4$ 的分子结构与 CCl_4 相似,下列说法不正确的是 ()
- A. $SiCl_4$ 的分子是由极性键构成的非极性分子
 B. NH_4Cl 与 NaOH 所含化学键类型和晶体类型均相同
 C. SiO_2 、 $SiCl_4$ 的相对分子质量不同,所以沸点不同
 D. 熔点: $LiF > NaF > NaCl > KCl$

4. (2020·天津一中第一次月考)下列关于晶体的说法正确的组合是 ()
- ①分子晶体中都存在共价键 ②在晶体中只要有阳离子就一定有阴离子 ③金刚石、NaF、NaCl、 H_2O 、 H_2S 晶体的熔点依次降低 ④离子晶体中只有离子键没有共价键,分子晶体中肯定没有离子键 ⑤ SiO_2 晶体中每个硅原子与两个氧原子以共价键相结合 ⑥晶体中分子间作用力越大,分子越稳定 ⑦氯化钠熔化时离子

键被破坏

- A. ①②③⑥ B. ①②④
 C. ③⑦ D. ③⑤⑦

5. (2021·南开中学第五次月考)下列说法中正确的是 ()

- A. 乙烯中 $C=C$ 的键能是乙烷中 $C-C$ 的键能的 2 倍
 B. 氮气分子中含有 1 个 σ 键和 2 个 π 键
 C. N—O 键的极性比 C—O 键的极性大
 D. NH_4^+ 中 4 个 N—H 键的键能不相同

提升题

6. (2022·河西区一模)下列说法正确的是 ()
- A. NH_4^+ 能与 Cu^{2+} 以配位键结合
 B. NH_3 与 H_2O 分子的空间结构均为四面体形
 C. NH_3 的沸点比 PH_3 的高,是因 NH_3 分子间存在氢键
 D. NH_3 比 N_2 更易溶于水,是因 N—H 是极性键而 N—N 是非极性键
7. (2020·新华中学第十二次统练)从结构角度分析,下列说法错误的是 ()
- A. I_3^+ 的立体构型为 V 形,中心原子的杂化方式为 sp^3
 B. $ZnCO_3$ 中,阴离子立体构型为平面三角形,C 原子的杂化方式为 sp^2
 C. 因 HF 分子间存在氢键,所以 HX 中其沸点最高
 D. 因金属性: $K > Na > Mg$,所以熔点: $KCl > NaCl > MgCl_2$

8. (2023·天津高考)下表列出 $25^\circ C$ 时不同羧酸的 pK_a (即 $-\lg K_a$)。根据表中的数据推测,结论正确的是 ()

羧酸	CH_3COOH	CH_2FCOOH	$CH_2ClCOOH$	$CH_2BrCOOH$
pK_a	4.76	2.59	2.87	2.90

- A. 酸性强弱: $CH_2ICOOH > CH_2BrCOOH$
 B. 对键合电子的吸引能力强弱: $F < Cl < Br$
 C. $25^\circ C$ 时的 pK_a 大小: $CHF_2COOH < CH_2FCOOH$
 D. $25^\circ C$ 时 0.1 mol/L 溶液的碱性强弱: $CH_3COONa < CH_2ClCOONa$
9. $Na_2[Zn(OH)_4]$ 中含有的化学键包括 (填序号)。
- a. 离子键 b. 极性共价键
 c. 非极性共价键 d. 配位键

专题七



元素周期律和元素周期表

焦点1 元素周期律

基础题

1. (2023·河西区期中)下列叙述正确,且能用元素周期律解释的是 ()

- A. 原子半径: $F > N$ B. 还原性: $Se^{2-} > S^{2-}$
C. 第一电离能: $K > Fe$ D. 元素的非金属性: $S > Cl$

2. (2023·耀华中学第二次月考)下列性质的比较,不能用元素周期律解释的是 ()

- A. 酸性: $HNO_3 > H_2CO_3$ B. 还原性: $S^{2-} > Cl^-$
C. 沸点: $H_2O > HF$ D. 热稳定性: $NH_3 > PH_3$

3. (2020·河西区一模)某元素原子价电子排布式为 $3d^5 4s^2$,下列说法正确的是 ()

- A. 该元素位于元素周期表 ds 区
B. 该元素的最高化合价为 +5 价
C. 该元素位于第四周期第 VB 族
D. 该元素的某些氧化物可用作催化剂

4. (2020·河北区期末)四种短周期元素 W、X、Y 和 Z 在周期表中的位置如图所示,四种元素原子的最外层电子数之和为 22。下列说法正确的是 ()

	W	X	
Y			Z

- A. 氢化物的沸点: $X < Z$
B. 化合物熔点: $YX_2 < WX_2$
C. 最高价氧化物对应水化物的酸性: $Y > W$
D. 第一电离能: $W > X$

5. (2024·南开中学第二次月考)下列性质不能用于判断 Na、Mg 的金属性强弱的是 ()

- A. 单质的密度
B. 元素的电负性
C. 单质与水反应的难易程度
D. 最高价氧化物对应的水化物的碱性

6. (2024·南开中学期中)W、X、Y、Z 为短周期主族元素,原子序数依次增大,最外层电子数之和为 19。Y 的最外层电子数与其 K 层电子数相等, WX_2 是形成酸雨的物质之一。下列说法正确的是 ()

- A. 原子半径: $X > W$

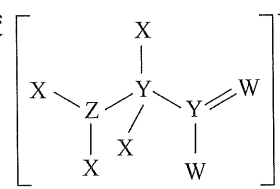
- B. 简单氢化物的沸点: $X > Z$
C. Y 与 X 可形成共价化合物
D. Z 的最高价氧化物在标准状况下为气体

7. (2024·耀华中学第二次月考)下列事实不能说明 C 的非金属性大于 Si 的是 ()

- A. 熔、沸点: $CO_2 < SiO_2$
B. 酸性: $H_2CO_3 > H_2SiO_3$
C. 热稳定性: $CH_4 > SiH_4$
D. CH_4 中 C 为 -4 价, SiH_4 中 Si 为 +4 价

8. (2024·和平区期末)X、Y、Z、W 是原子序数依次增大的短周期主族元素,Y、Z、W 位于同一周期,基态 W 原子的核外电子总数是其最高能级电子数的 2 倍,它们形成的某种阴离子的结构如图所示。下列说法错误的是 ()

- A. 由 X、Y、W 三种元素形成的酸都是二元酸
B. 该阴离子与 X^+ 形成的化合物是两性物质
C. 元素的第一电离能: $Y < W < Z$
D. 简单离子半径: $X < W < Z$



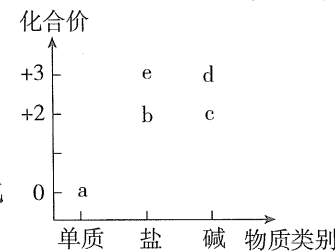
9. (2022·南开中学第二次月考)右表为元素周期表的一部分,其中 X、Y、Z、W 为短周期元素,W 元素的核电荷数为 X 元素的 2 倍。下列说法正确的是 ()

- A. X、W、Z 元素的原子半径及它们的气态氢化物的热稳定性均依次递增
B. W、X、Y 元素在自然界均能以游离态存在
C. YX_2 晶体熔化、液态 WX_3 气化均需克服分子间作用力
D. 根据元素周期律,推测 T 元素的单质可能具有半导体特性, T_2X_3 具有氧化性和还原性

		X
Y	Z	W
	T	

10. (2022·南开中学第二次月考)部分含铁物质的类别与相应化合价关系如图所示。下列推断不合理的是 ()

- A. a 可与 e 反应生成 b
B. b 既可被氧化,也可被还原
C. 可将 e 加入浓碱液中制得 d 的胶体
D. 可存在 $b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow b$ 的循环转化关系

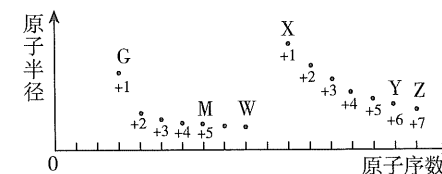


11. (2021·天津一中第四次月考)研究表明,榴莲中恶臭物质由原子序数依次增大的 A、B、C、D、E 五种短周期非金属元素组成,基态 A、B 原子的未成对电子数之和与基态 C 原子的未成对电子数相同,B、C、D 同周期,且第一电离能: $B < D < C$,D 与 E 的最外层电子数相同。下列说法正确的是 ()

- A. 电负性: $C > D > E > B$
B. 简单氢化物的沸点: $D > C > E$
C. 简单离子的还原性: $C > D > E$
D. 常见最高正价: $E > D > C > B$

12. (2021·南开区一模)短周期元素 G、M、W、X、Y、Z 的原子半径及其最高正化合价随原子序数递增的变化如图所示。下列说法正确的是 ()

- A. 碱性: $GOH > XOH$
B. 还原性: $HW > HZ > H_2Y$
C. 酸性: $H_2YO_4 > HZO_4$
D. 离子半径: $M^{3-} > W^- > X^+$



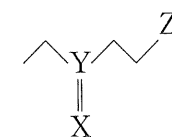
提升题

13. (2024·杨村一中第三次月考)含主族元素 N、F、Cl、As、Se 等的某些化合物对工农业生产意义重大,下列说法正确的是 ()

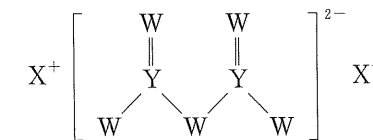
- A. N 元素基态原子所有价电子的电子云轮廓图均为哑铃形
B. Se 元素基态原子的电子排布式为 $[Ar]4s^2 4p^4$
C. O、F、Cl 电负性由大到小的顺序为 $F > Cl > O$
D. 第一电离能 $As > Se$

14. (2020·河东区线上模拟)利用 Al-PMOF 可快速将芥子气降解为无毒物质,其结构如图所示。其中 X、Y、Z 为短周期元素且原子序数依次增大,X、Y 同主族。下列说法正确的是 ()

- A. 原子半径: $Z > Y > X$
B. YXZ_2 中 Y 的化合价为 +5
C. 含氧酸酸性: $Z > Y$
D. 同浓度氢化物水溶液酸性: $Z > Y > X$

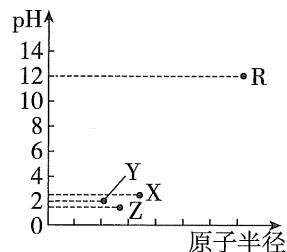


15. 【易错】(2021·南开中学下学期第五次月考)短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大,X 的原子半径是所有短周期主族元素中最大的,W 的核外电子数与 X、Z 的最外层电子数之和相等,Y 的原子序数是 Z 的最外层电子数的 2 倍,由 W、X、Y 三种元素形成的化合物 M 的结构如图所示。下列叙述正确的是 ()

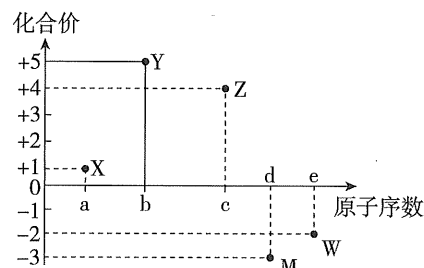


- A. 元素非金属性强弱的顺序为 $W > Y > Z$
B. Y 单质的熔点高于 X 单质
C. W 分别与 X、Y、Z 形成的二元化合物均只有一种
D. 化合物 M 中 W 不都满足 8 电子稳定结构

16. (2022·五校联考期末)短周期元素 R、X、Y、Z 的原子核外 L 层上的电子数之和为 32,它们的最高价氧化物分别与水反应可得四种溶液,浓度均为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的上述四种溶液的 pH 与对应元素原子半径的关系如图所示,Y 元素最高价氧化物对应的水化物的 pH 值为 2。下列说法正确的是 ()



- A. X、Y 形成的化合物均满足 8 电子结构
 B. R 元素与氢元素形成的化合物具有强氧化性
 C. Z、R 组成的化合物 R_2Z_8 中,含有离子键和非极性共价键
 D. 简单气态氢化物的热稳定性: $\text{Y} < \text{Z} < \text{X}$
17. (2023·塘沽一中第一次月考)五种短周期元素 X、Y、Z、M、W 的原子序数与其常见化合价的关系如图所示,下列关系不正确的是 ()

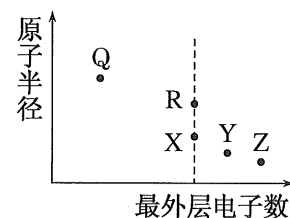


- A. 元素 X 可能为锂
 B. 原子半径大小: $r(\text{M}) > r(\text{W})$
 C. X_2W 中各原子均达 8 电子稳定结构
 D. Y 和 M 在同一族
18. (2022·五校联考期中)A、B、C、D、E、F 是分属三个短周期的主族元素,且原子序数依次增大。A、D 同主族,B 的氢化物水溶液呈碱性,C、E 同主族,形成的化合物 EC_2 是形成酸雨的主要物质之一。请用化学用语回答下列问题:
- (1)F 在元素周期表中的位置为_____。
- (2)常温下,液态的 B_2A_4 与气态的 BC_2 两者发生反应生成无毒物质,该反应的化学方程式为_____。
- (3) D_2E 溶液在空气中长期放置发生反应,生成物之一为 H。H 与过氧化钠的结构和化学性质相似,其溶液显黄色,H 的电子式为_____。写出在空气中长期放置生成 H 的化学方程式为:_____。H 的溶液与稀硫酸反应产生的现象为_____。
- (4)化学家发现一种化学式为 A_4B_4 的离子化合物,一定条件下 1 mol 熔融 A_4B_4 电离生成两种离子各 1 mol,则该物质熔融时的电离方程式为_____。

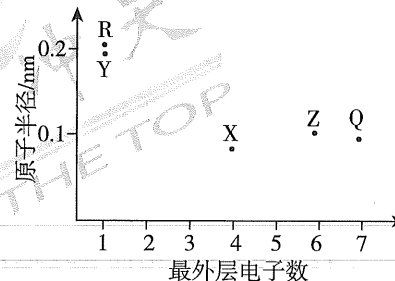
焦点 2 元素周期表

基础题

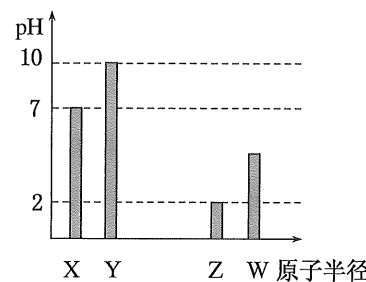
1. (2021·南开中学下学期第五次月考)下列事实不能说明氯元素的非金属性比硫元素的非金属性强的是 ()
- A. 还原性: $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^-$ B. 水溶性: $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S}$
 C. 稳定性: $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S}$ D. 酸性: $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$
2. (2019·河西区二模)X、Y、Z、Q、R 为原子序数依次增大的短周期主族元素,其原子半径与最外层电子数的关系如图所示。R 原子最外层电子数是 Q 原子最外层电子数的 4 倍,Q 的简单离子核外电子排布与 Z^{2-} 相同。下列相关叙述不正确的是 ()
- A. 化合物 XZ_2 中含有离子键
 B. 五种元素中 Q 的金属性最强
 C. 气态氢化物的稳定性: $\text{YH}_3 > \text{XH}_4$
 D. 最高价氧化物对应的水化物酸性: $\text{HYO}_3 > \text{H}_2\text{RO}_3$



3. (2021·天津高考)元素 X、Y、Z、Q、R 的原子序数依次增大且小于 20,其原子半径和最外层电子数之间的关系如图所示。下列判断正确的是 ()
- A. X 的电负性比 Q 的大
 B. Q 的简单离子半径比 R 的大
 C. Z 的简单气态氢化物的热稳定性比 Q 的强
 D. Y 的最高价氧化物对应的水化物的碱性比 R 的强



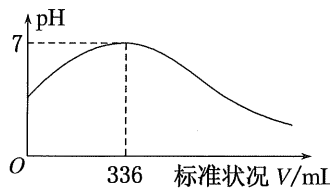
4. (2020·河东区一模)X、Y、Z、W 均为常见短周期非金属元素,常温下,其最简单氢化物水溶液(浓度均为 0.01 mol/L)的 pH 和原子半径的关系如图所示。其中 X 为氧元素。下列有关说法正确的是 ()
- A. Y 是钠元素
 B. 图中 Y 的氢化物不能与 X 的氢化物反应
 C. Z 的最高价氧化物对应水化物的化学式为 HClO_4
 D. W 的最高价氧化物对应水化物是弱酸



5. (2020·部分区一模)元素 Q、R、W、Y、X 在元素周期表 2、3、4 周期中,元素 Q、R、W、Y 与元素 X 相邻,已知:X 元素为磷元素;W 的氯化物分子呈正四面体结构;W 与 Q 可以形成一种高温结构陶瓷;Y 的最高价氧化物的水化物是强酸。下列说法错误的是 ()
- A. W 的氧化物的晶体类型是共价晶体
 B. Q 的单质在空气中广泛存在
 C. R 和 Y 形成的化合物中,R 可以呈现的最高化合价是 +5 价
 D. Q、R、X 的氢化物中,沸点最低的是 Q 的氢化物
6. 下列叙述正确的是 ()
- A. 第四周期元素中,锰原子价电子层中未成对电子数最多
 B. 第三周期主族元素的离子半径随核电荷数增大依次减小
 C. 卤素氢化物中,HCl 的沸点最低的原因是其分子间的范德华力最小
 D. 价层电子对互斥理论中, π 键电子对数不计入中心原子的价层电子对数
7. (2023·天津一中第二次月考)下表为某短周期元素 R 的各级电离能数据(用 I_1 、 I_2 、 I_3 ……表示,单位 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)。下列关于元素 R 的判断正确的是 ()

元素	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	...
R	738	1 451	7 733	10 540	13 630	...

- A. R 元素同周期相邻元素的第一电离能均小于 738 kJ/mol
 B. R 元素位于元素周期表的第 III A 族
 C. R 元素位于元素周期表的 p 区
 D. R 元素基态原子的轨道表示式: $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$
8. 【易错】(2020·天津一中第五次月考)短周期主族元素 X、Y、Z、Q、R 的原子序数依次增大,X 的简单阴离子与锂离子具有相同的电子层结构,Y 原子最外层电子数等于内层电子数的 2 倍,Q 的单质与稀硫酸剧烈反应生成 X 的单质。向 100 mL X_2R 的水溶液中缓缓通入 RZ_2 气体,溶液 pH 与 RZ_2 体积关系如下图。下列说法正确的是 ()
- A. X_2R 溶液的浓度为 $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 B. 最简单气态氢化物的稳定性: $\text{Y} > \text{Z} > \text{R}$
 C. 工业上通常采用电解法冶炼 Q 的单质
 D. RZ_2 通入 BaCl_2 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,均无明显现象



(5) 铜的化合物种类很多,如图是氯化亚铜的晶胞结构(黑色球表示 Cu^+ , 白色球表示 Cl^-), 已知晶胞的棱长为 $a \text{ nm}$, N_A 表示阿伏加德罗常数, 则氯化亚铜密度为 $\rho = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式, 不用化简)。

专题八



化学反应速率与化学平衡

焦点1 化学反应速率和化学平衡的移动

基础题

1. (2023·南开中学第三次月考)在一定条件下,将A和B各0.32 mol充入10 L的恒容密闭容器中,发生如下反应: $A(s) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ $\Delta H < 0$,反应过程中测定的数据如表所示,则下列说法正确的是 ()

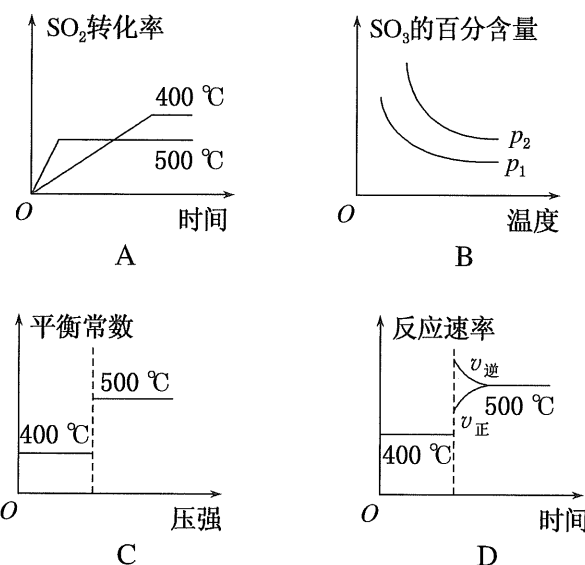
t/min	0	2	4	7	9
n(B)/mol	0.32	0.24	0.22	0.20	0.20

- A. 其他条件不变,降低温度,反应达到新平衡前, $v_B(\text{逆}) > v_B(\text{正})$
 B. 其他条件不变,起始时向容器中充入各0.64 mol的A和B,平衡时 $n(C) < 0.48$ mol
 C. 其他条件不变,向平衡体系中再充入0.32 mol B和0.16 mol C,达新平衡时A的转化率增大
 D. 反应前2 min的平均反应速率 $v(C) = 0.004$ mol/(L·min)
2. (2021·和平区三模)300 °C时,将气体X和气体Y各0.16 mol充入10 L恒容密闭容器中,发生反应: $X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$ $\Delta H < 0$,一段时间后达到平衡。反应过程中测定的数据如下表:

t/min	2	4	7	9
n(Y)/mol	0.12	0.11	0.10	0.10

- 下列说法正确的是 ()
- A. 前2 min的平均反应速率 $v(X) = 2.0 \times 10^{-2}$ mol/(L·min)
 B. 其他条件不变,再充入0.1 mol X和0.1 mol Y,再次平衡时Y的转化率不变
 C. 当 $v_{\text{逆}}(Y) = 2v_{\text{正}}(Z)$ 时,说明反应达到平衡
 D. 该反应在250 °C时的平衡常数小于1.44

3. (2020·河北区期末)已知: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ $\Delta H < 0$,且压强 $p_1 < p_2$ 。下列图像中曲线变化趋势错误的是 ()



4. (2022·南开中学第三次月考) N_2O_5 在一定温度下可发生反应: $2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H > 0$ 。T₁温度时,向密闭容器中通入 N_2O_5 气体,部分实验数据见下表:

时间/s	0	500	1000	1500
c(N ₂ O ₅)/(mol·L ⁻¹)	5.00	3.52	2.50	2.50

- 下列说法正确的是 ()
- A. 500 s内 NO_2 的生成速率为 2.96×10^{-3} mol/(L·s)
 B. T₁温度下该反应平衡时 N_2O_5 的转化率为29.6%
 C. 平衡后,其他条件不变,将容器体积变为原来的1/2,则 $c(N_2O_5) < 5.00$ mol/L
 D. T₁、T₂温度下的平衡常数分别为K₁、K₂,若 $T_1 > T_2$,则 $K_1 > K_2$

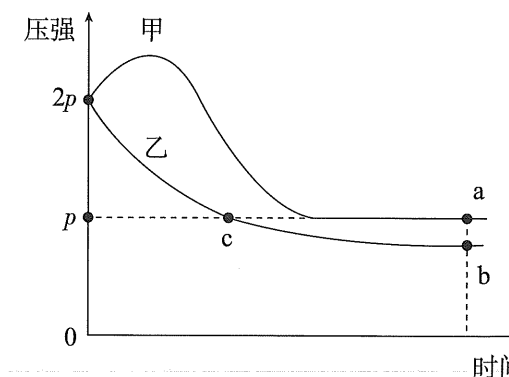
提升题

5. (2020·部分区一模)下列有关化学反应原理判断正确的是 ()
- A. 若一定条件下,反应 $H_2(g) + X_2(g) \rightleftharpoons 2HX(g)$ 达平衡后,压缩容器,则反应物浓度增大,平衡正向移动
 B. 已知水合肼($N_2H_4 \cdot H_2O$)是二元弱碱,能发生类似于多元酸的电离形式,则在水中它的第二步电离方程式为 $N_2H_5^+ + H_2O \rightleftharpoons N_2H_6^{2+} + OH^-$

- C. 同温同压下, $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ 在光照和点燃条件下的 ΔH 不同

- D. 在一定条件下的 Na_2CO_3 溶液,若升高温度,则 $c(HCO_3^-)/c(CO_3^{2-})$ 减小

6. (2023·河东区期末)向体积均为1 L的两恒容密闭容器中分别充入2 mol X和1 mol Y,发生反应: $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$ ΔH ,其中甲为绝热过程,乙为恒温过程,两反应体系的压强随时间的变化曲线如图所示。下列说法正确的是 ()

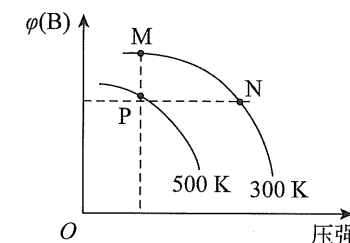


- A. $\Delta H > 0$ B. 气体的总物质的量: $n_a < n_c$
 C. 平衡时容器的压强: $p_{\text{甲}} < p_{\text{乙}}$ D. 反应速率: $v_{a\text{正}} < v_{b\text{正}}$

焦点2 化学平衡常数

基础题

1. (2024·耀华中学开学考试)向密闭容器中充入1 mol A,发生反应 $aA(g) \rightleftharpoons bB(g) + cC(g)$,达到平衡时,体系中B的体积分数 $\varphi(B)$ 随温度、压强的变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该反应的 $\Delta H < 0, \Delta S < 0$
 B. M、N两点对应的化学平衡常数: $M > N$
 C. P、M两点对应的A的转化率: $P < M$
 D. 恒温恒容时,再充入少量A,达到新平衡, $\varphi(B)$ 增大

2. (2022·和平区期末)某温度下,在2 L的密闭容器中,充入4 mol A和2 mol B进行如下反应: $3A(g)+2B(g)\rightleftharpoons 4C(s)+2D(g)$,反应一段时间后达到平衡,测得生成1.6 mol C,则下列说法正确的是 ()

A. 增大压强,平衡向逆反应方向移动
B. 达平衡后B的转化率为40%
C. 增加A,平衡正向移动,化学平衡常数增大
D. 若升高温度,A的转化率增大,则该反应 $\Delta H < 0$

3. (2022·南开区期末)NO与CO是燃油汽车尾气中的两种有害气体,常温常压下它们之间的反应: $CO(g)+NO(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+\frac{1}{2}N_2(g)$ $\Delta H=-374.3\text{ kJ/mol}$ $K=2.5\times 10^{60}$,反应速率较小。有关该反应的说法正确的是 ()

A. K 很大,NO与CO在排入大气之前就已反应完全
B. 增大压强,平衡将向右移动, $K>2.5\times 10^{60}$
C. 升高温度,化学反应速率和 K 均增大
D. 选用适宜催化剂可达到尾气排放标准

4. (2020·和平区一模)在300 mL的密闭固定容器中,一定条件下发生 $Ni(s)+4CO(g)\rightleftharpoons Ni(CO)_4(g)$ 的反应,该反应平衡常数(K)与温度(T)的关系如下表所示:

$T/^\circ\text{C}$	25	80	230
K	5×10^4	2	1.9×10^{-5}

下列说法不正确的是 ()

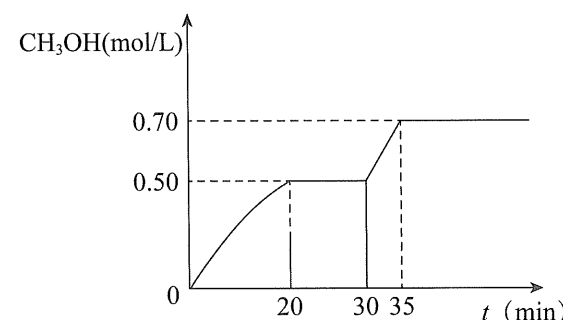
- A. 上述生成 $Ni(CO)_4(g)$ 的反应为放热反应
B. 在80℃时,测得某时刻 $Ni(CO)_4$ 、CO浓度均为0.5 mol/L,则此时 $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$
C. 80℃达到平衡时,测得 $n(\text{CO})=0.3\text{ mol}$,则 $Ni(CO)_4$ 的平衡浓度为 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
D. 25℃时反应 $Ni(CO)_4(g)\rightleftharpoons Ni(s)+4CO(g)$ 的平衡常数为 2×10^{-5}
5. (2020·河北区一模)某温度时,两个恒容密闭容器中仅发生反应 $2NO_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)+O_2(g)$ $\Delta H>0$ 。实验测得: $v_{\text{正}}(\text{NO}_2)=k_{\text{正}}c^2(\text{NO}_2)$, $v_{\text{逆}}(\text{NO})=k_{\text{逆}}c^2(\text{NO})\cdot c(\text{O}_2)$, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 为化学反应速率常数,只受温度影响。

容器编号	起始浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$			平衡浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$
	$c(\text{NO}_2)$	$c(\text{NO})$	$c(\text{O}_2)$	$c(\text{O}_2)$
I	0.6	0	0	0.2
II	0.6	0.1	0	

下列说法不正确的是 ()

- A. I中 NO_2 的平衡转化率约为66.7%
B. II中达到平衡状态时, $c(\text{O}_2)<0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
C. 该反应的化学平衡常数可表示为 $K=\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$
D. 升高温度,达到平衡状态时I中 $c(\text{O}_2)<0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

6. (2024·红桥区期末)在容积为2 L的密闭容器中,充入2 mol CO_2 和6 mol H_2 ,在温度500℃时发生反应:
 $\text{CO}_2(g)+3\text{H}_2(g)\rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)+\text{H}_2\text{O}(g)$ $\Delta H<0$ 。
 CH_3OH 的浓度随时间变化如图。回答有关问题:



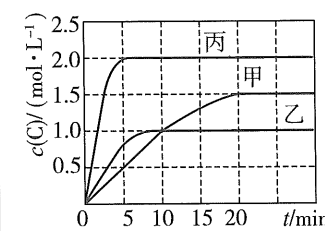
- (1)从反应开始到20分钟时, H_2 的平均反应速率 $v(\text{H}_2)=$ _____。
(2)从30分钟到35分钟达到新的平衡,改变的条件可能是_____ (填序号)。
A. 减小压强 B. 加入催化剂
C. 升高温度 D. 增大反应物的浓度
(3)计算该反应在20分钟达到平衡时的平衡常数(保留2位小数)_____。
(4)如果在30分钟时,再向容器中充入2 mol CO_2 和6 mol H_2 ,保持温度不变,达到新平衡时, CH_3OH 的浓度_____ $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (填“>”“<”或“=”)。

提升题

7. (2021·和平区一模)向甲、乙、丙三个密闭容器中充入一定量的A和B,发生反应: $A(g)+xB(g)\rightleftharpoons 2C(g)$ $\Delta H=a\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 各容

器的反应温度、反应物起始量,反应过程中C的浓度随时间变化关系分别如下表和下图所示。下列说法正确的是 ()

容器	甲	乙	丙
容积	0.5 L	0.5 L	1.0 L
温度/ $^\circ\text{C}$	T_1	T_2	T_2
反应物起始量	1.5 mol A 0.5 mol B	1.5 mol A 0.5 mol B	6.0 mol A 2.0 mol B



- A. $T_1<T_2$,该反应为吸热反应
B. 10 min内甲容器中反应的平均速率 $v(\text{B})=0.10\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
C. 保持其他条件不变,若起始时向乙容器中充入3.0 mol A、1.0 mol B和2.0 mol C,则反应达到新平衡前 $v_{\text{逆}}>v_{\text{正}}$
D. $T_2^\circ\text{C}$,向丙容器的平衡体系中再充入1.5 mol A、0.5 mol B,达到新平衡时C的体积分数大于25%

8. (2023·耀华中学第二次月考)某温度下,反应 $\text{CH}_2=\text{CH}_2(g)+\text{H}_2\text{O}(g)\rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(g)$ 在密闭容器中达到平衡,下列说法正确的是 ()

A. 增大压强, $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$,平衡常数增大
B. 加入催化剂,平衡时 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(g)$ 的浓度增大
C. 恒容下,充入一定量的 $\text{H}_2\text{O}(g)$,平衡向正反应方向移动,平衡常数不变
D. 恒容下,充入一定量的 $\text{CH}_2=\text{CH}_2(g)$, $\text{CH}_2=\text{CH}_2(g)$ 的平衡转化率增大

9. (2021·河西区一模)已知一定温度下,在体积为2 L的恒容密闭容器中充入1 mol H_2S 气体,起始压强为 $p_1\text{ MPa}$,发生反应:
 $2\text{H}_2\text{S}(g)\rightleftharpoons 2\text{H}_2(g)+\text{S}_2(g)$ $\Delta H>0$ 。在5 min时反应达到平衡,压强变为 $1.2p_1\text{ MPa}$ 。

- (1)当断裂1 mol H—H键,同时反应物_____,可以判定该反应达到平衡状态。
(2)从开始到平衡, $v(\text{H}_2)=$ _____。
(3) H_2S 的平衡转化率为_____。
(4)化学平衡常数的值 $K_p=$ _____ (用平衡分压代替平衡浓度表示,平衡分压=总压×各组分物质的量分数)。

10. (2021·北辰区一模)温度为 $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时向容积为 2 L 的密闭容器中投入 3 mol H_2 和 1 mol CO_2 发生反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = -49.4\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。反应达到平衡时,测得放出热量 19.76 kJ ,求平衡时:

- (1) H_2 的转化率为_____。
 (2) $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时该反应的平衡常数 $K =$ _____ (列计算式表示)。

11. (2022·耀华中学第一次月考)化学平衡常数是表明化学反应限度的一个特征值。

某实验小组通过实验测定可逆反应: $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Fe}^{3+}$ 的平衡常数 K 。

实验步骤:

- ①将 $0.01\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{ Ag}_2\text{SO}_4$ 溶液与 $0.04\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{ FeSO}_4$ 溶液 ($\text{pH}=1$) 等体积混合,得到灰黑色的沉淀和黄色的溶液。
 ②向实验 I 所得溶液中加入浓硝酸,证实灰黑色固体是 Ag 。
 ③取实验 I 中所得上清液 $V\text{ mL}$ 。用 $c_1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KSCN 溶液滴定,至溶液变为稳定浅红色时,消耗 $V_1\text{ mL}$ 。

已知: $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{AgSCN}$, $K = 10^{12}$

$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$, $K = 10^{2.3}$

- (1)①溶液中, Fe^{3+} 的作用是_____。
 ②反应的平衡常数 $K =$ _____。
 (2)若取实验 I 所得浊液测定 Ag^+ 浓度,所得到的 K _____ (填“偏大”“无影响”“偏小”)。

12. (2024·重点校联考期末) CO_2 经催化加氢生成二甲醚或甲醇。

- (1) 1 mol CO_2 与 H_2 反应生成 $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 放出 61.25 kJ 热量,写出该反应的热化学方程式_____。

- (2)合成甲醇的反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。

①该反应只有低温时自发,则合成甲醇反应的活化能 $E_a(\text{正})$ _____ $E_a(\text{逆})$ (填“>”“=”或“<”)。

②若在恒温恒容条件下进行,下列不能说明该反应已经达到化学平衡状态的是_____ (填序号)。

- A. CH_3OH 的浓度不再改变
 B. 混合气体的平均相对分子质量不变
 C. 容器内混合气体的密度不再改变
 D. H_2O 的物质的量分数不变

③ $T\text{ }^{\circ}\text{C}$, 100 MPa 条件下,向 2 L 恒容容器中充入 $1\text{ mol CO}_2(\text{g})$ 和 $3\text{ mol H}_2(\text{g})$,测得不同时刻容器内压强变化如表:

时间/h	1	2	3	4	5	6
p/MPa	80	75	72	71	70	70

已知:分压 = 总压 $\times$ 体积分数,分压变化率 = $\frac{\Delta p}{\Delta t}$,该反应用分压表示的平衡常数表达式为 $K_p =$ _____,反应前 1 小时内, H_2 分压变化率为 _____ $\text{MPa} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

13. (2024·耀华中学第二次月考)反应 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{一定条件}} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 在工业上有重要应用。

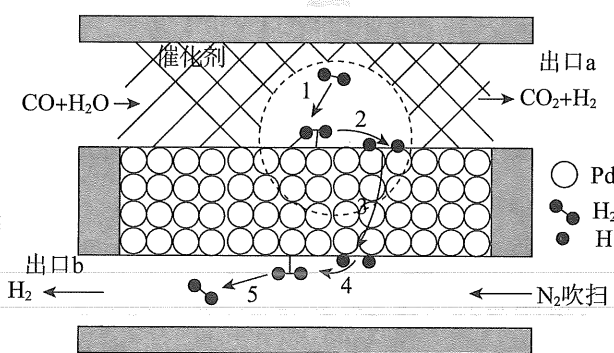
(1)该反应在不同温度下的平衡常数如表所示。

温度/ $^{\circ}\text{C}$	700	800	830	1 000
平衡常数	1.67	1.11	1.00	0.59

①反应的 ΔH _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。

②反应常在较高温度下进行,该措施的优缺点是_____。

(2)该反应常在 Pd 膜反应器中进行,其工作原理如图所示。



①利用平衡移动原理解释反应器存在 Pd 膜时具有更高转化率的原因是_____。

②某温度下, H_2 在 Pd 膜表面上的解离过程存在如下平衡: $\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}$, 其正反应的活化能远小于逆反应的活化能。下列说法错误的是_____ (填序号)。

- A. Pd 膜对气体分子的透过具有选择性
 B. 过程 2 的 $\Delta H > 0$
 C. 加快 Pd 膜内 H 原子迁移有利于 H_2 的解离
 D. H 原子在 Pd 膜表面上结合为 H_2 的过程为放热反应

③同温同压下,等物质的量的 CO 和 H_2O 通入无 Pd 膜反应器, CO 的平衡转化率为 75% ;若换成 Pd 膜反应器, CO 的平衡转化率为 90% ,则相同时间内出口 a 和出口 b 中 H_2 的质量比为_____。

(3)恒定总压 1.70 MPa 和水碳比 $[n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{CO}) = 12:5]$ 投料,在不同条件下达到平衡时 CO_2 和 H_2 的分压(某成分分压 = 总压 $\times$ 该成分的物质的量分数)如下表:

	$p(\text{CO}_2)/\text{MPa}$	$p(\text{H}_2)/\text{MPa}$	$p(\text{CH}_4)/\text{MPa}$
条件 1	0.40	0.40	0
条件 2	0.42	0.36	0.02

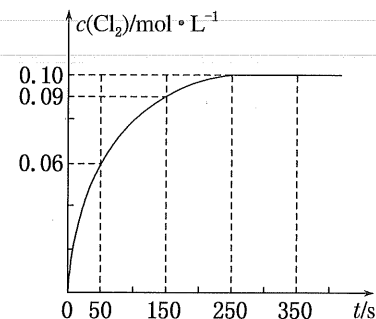
①在条件 1 下,水煤气变换反应的分压平衡常数 $K_p =$ _____。

②对比条件 1,条件 2 中 H_2 产率下降是因为发生了一个不涉及 CO_2 的副反应,写出该反应方程式_____。

焦点 3 等效平衡

基础题

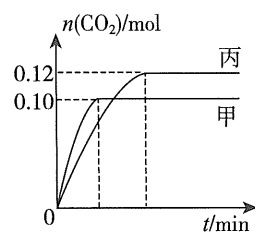
1. (2020·南开区一模) $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,向 2 L 恒容密闭容器中充入 1 mol PCl_5 ,发生反应 $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 。反应过程中 $c(\text{Cl}_2)$ 随时间变化的曲线如图所示,下列说法不正确的是 ()



- A. 反应在 $0\sim 50\text{ s}$ 的平均速率 $v(\text{Cl}_2) = 1.2 \times 10^{-3}\text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
 B. 该温度下,反应的平衡常数 $K = 0.025$
 C. 保持其他条件不变,升高温度,若平衡时 $c(\text{PCl}_3) = 0.11\text{ mol/L}$,则该反应的 $\Delta H > 0$
 D. 反应达平衡后,再向容器中充入 1 mol PCl_5 ,该温度下再达到平衡时, $c(\text{Cl}_2) > 0.2\text{ mol/L}$

2. (2021·南开区一模)汽车尾气净化的主要原理为 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$, 一定温度下, 在三个容积均为 2.0 L 的恒容密闭容器中反应, 起始物质的量与反应温度如表所示, 反应过程中甲、丙容器中 CO_2 的物质的量随时间变化关系如图所示。下列说法正确的是 ()

容器	温度/℃	起始物质的量/mol	
		$\text{NO}(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$
甲	T_1	0.20	0.20
乙	T_1	0.30	0.30
丙	T_2	0.20	0.20



- A. 该反应的正反应为吸热反应
 B. 达到平衡时, 乙中 CO_2 的体积分数比甲中的大
 C. $T_1^\circ\text{C}$ 时, 若起始时向甲中充入 0.40 mol NO 、0.40 mol CO 、0.40 mol N_2 和 0.40 mol CO_2 , 则反应达到新平衡前 $v(\text{正}) < v(\text{逆})$
 D. $T_2^\circ\text{C}$ 时, 若起始时向丙中充入 0.10 mol N_2 和 0.20 mol CO_2 , 则达平衡时 N_2 的转化率为 60%
3. (2020·天津一中第四次月考)向某密闭容器中充入 NO_2 , 发生反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 。其他条件相同时, 不同温度下平衡体系中各物质的物质的量分数如下表(已知: N_2O_4 为无色气体)。

$t/^\circ\text{C}$	27	35	49	70
$\text{NO}_2\%$	20	25	40	66
$\text{N}_2\text{O}_4\%$	80	75	60	34

- 下列说法不正确的是 ()
- A. 27°C , 该平衡体系中的 NO_2 转化率为 $\frac{8}{9}$
 B. 平衡时, NO_2 的消耗速率为 N_2O_4 消耗速率的 2 倍
 C. 室温时, 将盛有 NO_2 的密闭玻璃球放入冰水中其颜色会变浅
 D. 其他条件不变, 增大 NO_2 起始量, 平衡正移, 该反应的化学平衡常数增大
4. (2021·和平区二模)相同温度下, 甲、乙两个恒容密闭容器均进行反应: $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{W}(\text{g}) + 2\text{Z}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ 。实验过程中部分数据如表所示。

容器	起始容积	物质的起始加入量	平衡时 Z 的物质的量浓度
甲	2 L	1 mol X、1 mol Y	$0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
乙	5 L	2 mol W、4 mol Z	$0.48 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- 下列说法不正确的是 ()
- A. 该温度下 W 为非气态
 B. 适当降低乙容器的温度可能使平衡时 $c(\text{Z})_{\text{甲}} = 1.5c_{\text{Z}}(\text{Z})$
 C. 该温度下反应的化学平衡常数 $K = 9$
 D. 平衡后正反应速率 $v_{\text{正}}(\text{X})$: 甲 > 乙

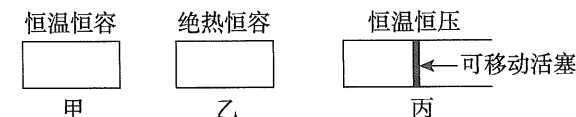
提升题

5. 【易错】(2020·耀华中学第二次月考)一定温度下, 在三个容器相同的恒容密闭容器中按不同方式投入反应物, 发生反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ (正反应放热), 测得反应的相关数据如下:

	容器 1	容器 2	容器 3
反应温度 T/K	700	700	800
反应物投入量	2 mol SO_2 、 1 mol O_2	4 mol SO_3	2 mol SO_2 、 1 mol O_2
平衡 $v_{\text{正}}(\text{SO}_2)/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	v_1	v_2	v_3
平衡 $c(\text{SO}_3)/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	c_1	c_2	c_3
平衡体系总压强 p/Pa	p_1	p_2	p_3
物质的平衡转化率 α	$\alpha_1(\text{SO}_2)$	$\alpha_2(\text{SO}_3)$	$\alpha_3(\text{SO}_2)$
平衡常数 K	K_1	K_2	K_3

- 下列说法正确的是 ()
- A. $v_1 < v_2, c_2 < 2c_1$
 B. $K_1 > K_3, p_2 > 2p_3$
 C. $v_1 < v_3, \alpha_1(\text{SO}_2) > \alpha_3(\text{SO}_2)$
 D. $c_2 > 2c_3, \alpha_2(\text{SO}_3) + \alpha_3(\text{SO}_2) > 1$

6. (2021·河北区二模)某研究小组模拟三种已装固体 V_2O_5 催化剂的密闭容器装置, 发生的反应为: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H_1 = -197.7 \text{ kJ/mol}$
- I. 在初始体积与温度相同的条件下, 甲、乙、丙中均按 2 mol SO_2 、1 mol O_2 投料, 达平衡时, 三个容器中 SO_2 的转化率从大到小的顺序为 (用“甲、乙、丙”表示)。

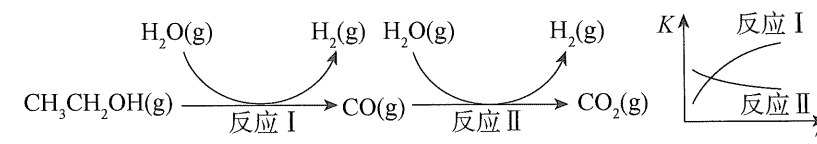


- II. 下列均能作为容器甲和容器乙达平衡标志的是 (填字母)。

- A. 温度不变
 B. 密度保持不变
 C. 压强保持不变
 D. O_2 浓度保持不变

- III. 400°C , 在容器丙中投入 4 mol SO_2 、2 mol O_2 进行反应时, 放出 $a \text{ kJ}$ 热量; 若在 500°C , 投入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 进行反应, 放出 $b \text{ kJ}$ 热量, 则 a (填“>”“<”或“=”) $2b$ 。

7. (2022·南开中学第四次月考)氢气是一种理想的绿色能源。利用生物质发酵得到的乙醇制取氢气, 具有良好的应用前景。乙醇和水蒸气重整制氢的部分反应过程如下图所示:



已知: 反应 I 和反应 II 的平衡常数随温度变化曲线如图所示。

- (1) 反应 I 中, 1 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 参与反应后的热量变化是 236 kJ。

① 反应 I 的热化学方程式是 _____。

② 反应 I 在较高温度下能够自发进行的原因是 _____。

③ 已知绝热恒压下, 下列说法能够判断反应 I 达到化学平衡状态的是 (填字母)。

- a. CO 的含量保持不变
 b. 容器中压强保持不变
 c. $2v_{\text{正}}(\text{CO}) = v_{\text{逆}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$
 d. 体系的温度保持不变

- (2) 反应 II 中, ① 某温度下, 已知 CO 和 H_2O 的起始浓度总和为 5 mol/L, 且 $n(\text{CO})/c(\text{H}_2\text{O}) = 1.5$ 的投料比下, CO 的平衡转化率为 40%, 该温度下反应平衡常数的值为 _____。

② 当不同的进气比 $[n(\text{CO})/c(\text{H}_2\text{O})]$ 达到相同的 CO 平衡转化率时, 对应的反应温度和进气比的关系是 _____。

专题九



速率、平衡图像

基础题

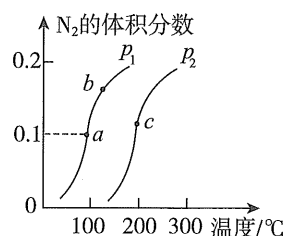
1. (2021·和平区期末)一定条件下,向一密闭容器中充入一定量的 NH_3 , 反应 $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 达到平衡时 N_2 的体积分数与温度、压强的关系如图所示。下列有关说法中正确的是 ()

A. 压强: $p_1 > p_2$

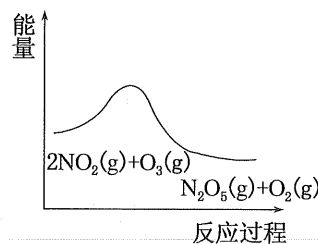
B. b 、 c 两点对应的平衡常数: $K_c > K_b$

C. a 点: $2v(\text{NH}_3)_{\text{正}} = 3v(\text{H}_2)_{\text{逆}}$

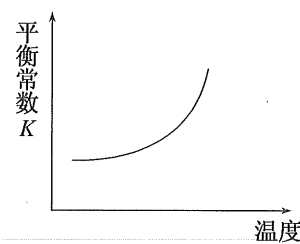
D. a 点: NH_3 的转化率为 $\frac{1}{3}$



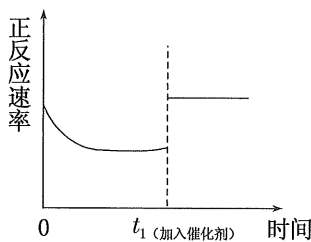
2. (2020·部分区一模)臭氧是理想的烟气脱硝试剂,其脱硝反应为: $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, 该反应一定条件下可自发进行。若反应在恒容密闭容器中进行,下列由该反应作出的判断(有关图像)错误的是 ()



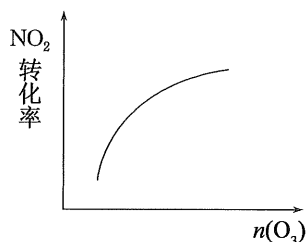
A



B

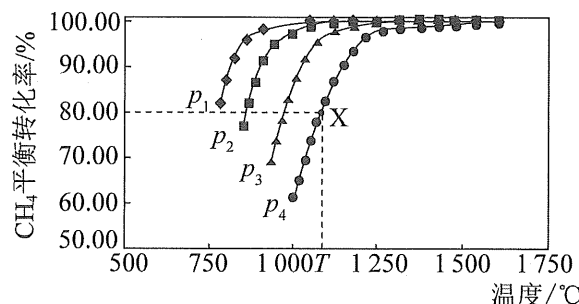


C



D

3. (2023·和平区期末)向 10 L 密闭固定容器中充入物质的量浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_4 和 CO_2 , 在一定条件下发生反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$, 测得 CH_4 的平衡转化率与温度及压强的关系如图, 下列说法不正确的是 ()



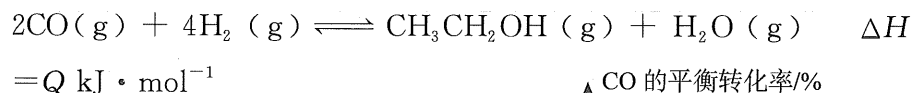
A. 平衡时 CO 与 H_2 的物质的量之比为 1:1

B. p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 由小到大的顺序为 $p_1 < p_2 < p_3 < p_4$

C. $T^\circ\text{C}$ 时, $K = 0.1024$

D. 随着温度升高, CH_4 的转化率增大

4. (2022·河西区二模)向 2 L 容积密闭容器中投入一定量的 CO 和 H_2 , 发生如下反应:



CO 的平衡转化率与温度、投料比 α ($\alpha = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$) 的关系如图所示。

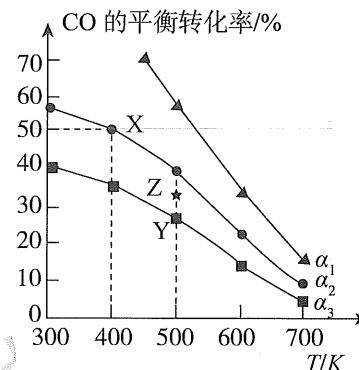
下列有关说法正确的是 ()

A. $Q > 0$

B. 投料比: $\alpha_1 < \alpha_2$

C. 在 400 K、 $\alpha_2 = 2$ 条件下, 反应的平衡常数的值为 0.25

D. 在 500 K、 α_3 条件下, 增大压强, CO 的平衡转化率能从 Y 点到 Z 点



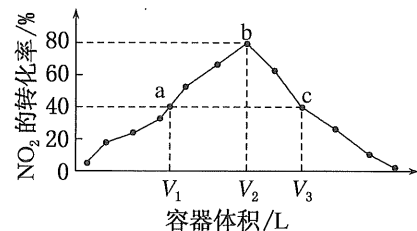
5. (2020·新华中学第十二次统练)温度为 $T^\circ\text{C}$, 向体积不等的恒容密闭容器中分别加入足量活性炭和 1 mol NO_2 , 发生反应: $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$, 反应相同时间, 测得各容器中 NO_2 的转化率与容器体积的关系如图所示。下列说法正确的是 ()

A. $T^\circ\text{C}$ 时, 该反应的化学平衡常数为 $\frac{4}{45}$

B. 图中 c 点所示条件下, $v(\text{正}) = v(\text{逆})$

C. 图中 a 点所示条件下, $v(\text{正}) > v(\text{逆})$

D. 向 a 点平衡体系中充入一定量的 NO_2 , 达到平衡时, NO_2 的转化率比原平衡小



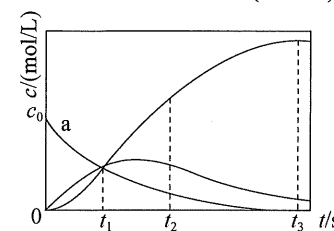
6. (2022·南开区一模)反应 $\text{X} \rightarrow 2\text{Z}$ 经历两步: ① $\text{X} \rightarrow \text{Y}$; ② $\text{Y} \rightarrow 2\text{Z}$. 反应体系中 X 、 Y 、 Z 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线如图所示。下列说法不正确的是 ()

A. a 为 $c(\text{X})$ 随 t 的变化曲线

B. t_1 时, $c(\text{X}) = c(\text{Y}) = c(\text{Z})$

C. t_2 时, Y 的消耗速率大于生成速率

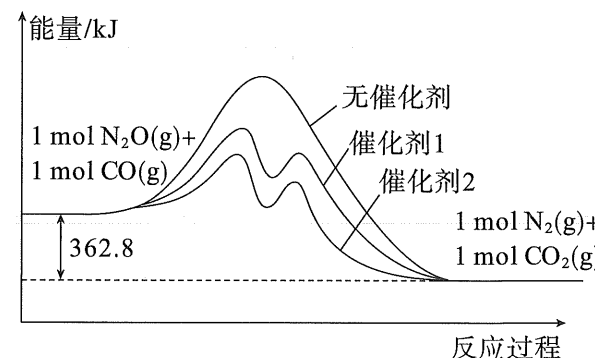
D. t_3 后, $c(\text{Z}) = 2c_0 - c(\text{Y})$



7. (2023·河北区一模)汽车尾气含有 CO_2 、 CO 、 H_2O 、氮氧化物(用 N_2O 表示)等气体, 其中 CO 和 N_2O 为大气污染物。请回答下列问题:

(1) CO_2 分子的 VSEPR 模型为 _____。

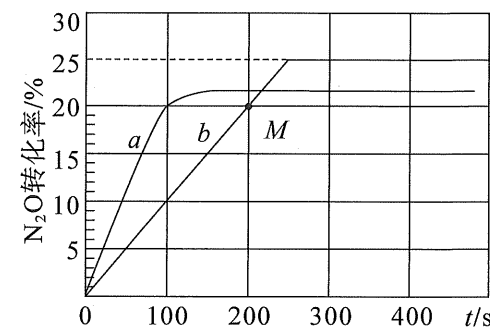
(2) 用 CO 还原 N_2O 的能量变化如下图所示:



则反应 $\text{CO}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = \text{_____} \text{ kJ/mol}$.

- (3) 在相同温度和压强下, 1 mol N_2O 和 1 mol CO 经过相同反应时间(均未达平衡)测得, 反应物转化率使用催化剂 1 _____ 催化剂 2(填“大于”“等于”或“小于”).

- (4) 在体积均为 1 L 的密闭容器 A(500 $^\circ\text{C}$, 恒温)、B(起始 500 $^\circ\text{C}$, 绝热)两个容器中分别加入 0.1 mol N_2O 、0.4 mol CO 和相同催化剂, 实验测得 A、B 容器中 N_2O 的转化率随时间的变化关系如图所示。



① B 容器中 N_2O 的转化率随时间的变化关系是上图中的 _____ 曲线(填“a”或“b”).

②在密闭容器 A 中,下列事实能判断反应达到平衡状态的是_____(填序号)。

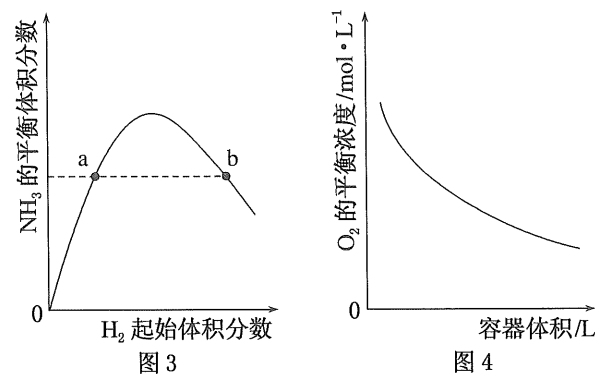
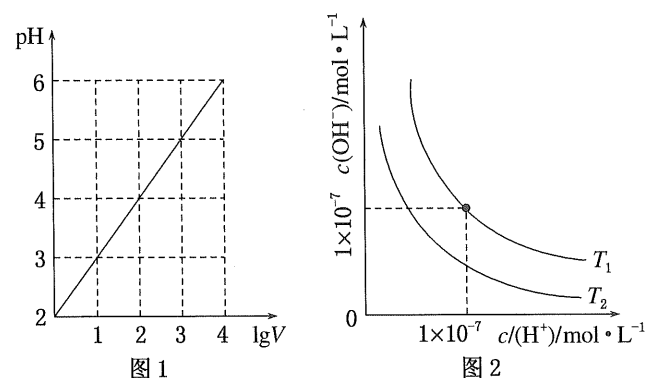
- A. 气体的密度不再变化
B. 混合气体的平均相对分子质量不再变化
C. 体系中 CO 的转化率不变
D. $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)}$ 的比值不再变化

③要缩短 b 曲线对应容器达到平衡的时间,但不改变 N_2O 的平衡转化率,在催化剂一定的情况下可采取的措施是_____。

④500 °C 时,该反应的化学平衡常数 $K = \frac{1}{4}$ (用分数表示)。

提升题

8. (2020 · 天津一中第三次月考)下列图示与对应的叙述相符的是 ()

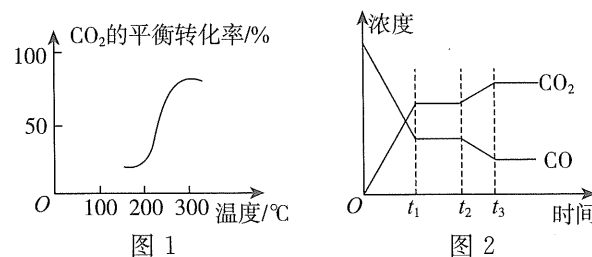


- A. 图 1 表示 1 L pH=2 的 CH_3COOH 溶液加水稀释至 V L, pH 随 $\lg V$ 的变化
B. 图 2 表示不同温度下水溶液中 H^+ 和 OH^- 浓度的变化的曲线, 图中温度 $T_2 > T_1$

C. 图 3 表示一定条件下的合成氨反应中, NH_3 的平衡体积分数随 H_2 起始体积分数(N_2 的起始量恒定)的变化, 图中 a 点 N_2 的转化率小于 b 点

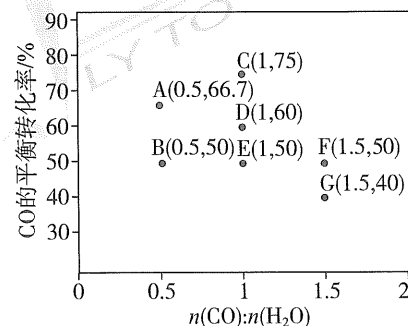
D. 图 4 表示同一温度下, 在不同容积的容器中进行反应 $2\text{BaO}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{BaO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$, O_2 的平衡浓度与容器容积的关系

9. (2021 · 红桥区一模) 利用反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H$, 可获得化工原料 CO, CO_2 的平衡转化率与温度的关系如图 1。



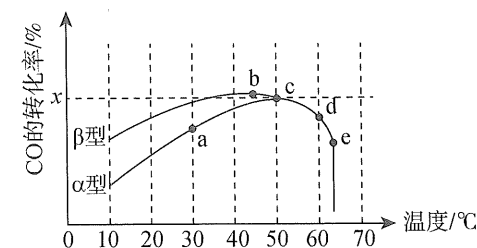
- (1) ΔH _____ (填“>”“<”或“=”)0。
(2) 240 °C 时, 将 3 mol CO_2 和 2 mol H_2 通入容积为 8 L 的恒容密闭容器中, 达到平衡时 CO_2 的转化率为 50%。此时该反应的平衡常数 $K = \frac{1}{4}$ 。
(3) 该反应在一恒容密闭容器中进行, 反应过程如图 2, t_1 时达到平衡, t_2 时仅改变一个条件, 该条件是_____。

10. (2021 · 十二校一模) 反应 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 中, 在进气比 $[n(\text{CO}) : n(\text{H}_2\text{O})]$ 不同时, 测得相应的 CO 的平衡转化率如图所示。(各点对应的反应温度可能相同, 也可能不同)。



- (1) 图中 D、E 两点对应的反应温度分别为 T_D 和 T_E 。判断: T_D _____ T_E (填“<”“>”或“=”)。
(2) 已知 CO 和 H_2O 的起始浓度总和为 5 mol/L, 在 G 点的投料比下, 该温度下反应平衡常数的值为_____。
(3) 当不同的进气比达到相同的 CO 平衡转化率时, 对应的反应温度和进气比的关系是_____。

11. (2021 · 南开区二模) 工业上, 常采用氧化还原的方法处理尾气中的 CO。沥青混凝土可作为反应 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g})$ 的催化剂。下图表示在相同的恒容密闭容器、相同起始浓度、相同反应时间段下, 使用同质量的不同沥青混凝土(α 型、 β 型) 催化时, CO 的转化率与温度的关系。



回答下列问题:

- (1) 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g})$ 的 ΔS _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。
(2) 在 a、b、c、d 四点中, 未达到平衡状态的是_____。
(3) a、b 两点的平衡常数 $K(a)$ _____ $K(b)$ (填“>”“<”或“=”)。
已知 c 点时容器中 O_2 浓度为 0.04 mol/L, 则 50 °C 时, 在 α 型沥青混凝土中 CO 转化反应的平衡常数 $K = \frac{1}{4}$ (用含 x 的代数式表示)。
(4) 在均未达到平衡状态时, 同温下不同型沥青混凝土中 CO 转化速率 $v(\alpha)$ _____ $v(\beta)$ (填“>”“<”或“=”)。

12. (2021 · 红桥区二模) H_2S 的转化是资源利用和环境保护的重要研究课题。请回答下列问题:

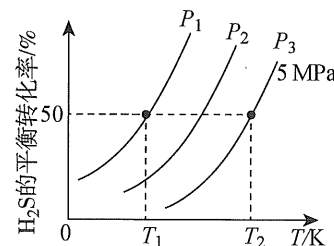
(1) H_2S 与 CO_2 在高温下反应制得的羰基硫(COS)可用于合成除草剂。在 610 K 时, 将 0.40 mol H_2S 与 0.10 mol CO_2 充入 2.5 L 的空钢瓶中, 发生反应: $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +35 \text{ kJ/mol}$, 反应达平衡后水蒸气的物质的量为 0.01 mol。

- ①在 610 K 时, 反应经 2 min 达到平衡, 则 0~2 min 的反应速率 $v(\text{H}_2\text{S}) = \frac{0.01}{2 \times 2.5} = 0.002 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$ 。
②该条件下, 容器中反应达到化学平衡状态的依据是_____ (填字母序号)。

- A. 容器内混合气体密度不再变化
B. $v_{\text{消耗}}(\text{H}_2\text{S}) = v_{\text{生成}}(\text{COS})$
C. 容器内的压强不再变化
D. H_2S 与 CO_2 的质量之比不变

(2)工业上可以通过硫化氢分解制得 H_2 和硫蒸气。在密闭容器中充入一定量 H_2S 气体,反应原理:

$2H_2S(g) \rightleftharpoons 2H_2(g) + S_2(g)$, H_2S 气体的平衡转化率与温度、压强的关系如图所示。



①图中压强(P_1 、 P_2 、 P_3)的大小顺序为_____, ΔH _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。

②如果要进一步提高 H_2S 的平衡转化率,除改变温度、压强外,还可以采取的措施有_____。

③在温度 T_2 、 $P_3 = 5\text{MPa}$ 条件下,该反应的平衡常数 $K_p =$ _____ MPa (已知:用平衡分压代替平衡浓度计算,分压 = 总压 $\times$ 物质的量分数)。

13. (2020·天津一中第三次月考)温室效应是全球关注的环境问题之一。 CO_2 是目前大气中含量最高的一种温室气体, CO_2 的综合利用是解决温室及能源问题的有效途径。

(1) CO_2 催化加氢也能合成低碳烃: $2CO_2(g) + 6H_2(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + 4H_2O(g)$,不同温度下平衡时的四种气态物质的物质的量如图1所示,曲线b表示的物质为_____ (填化学式)。

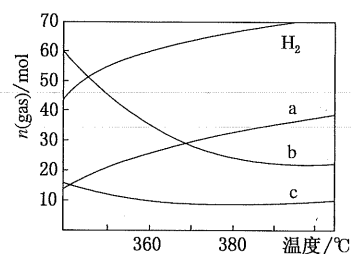


图1 平衡时气体物质的量随温度变化曲线

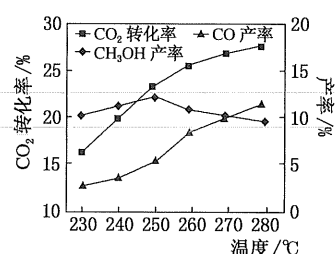


图2 温度对 CO_2 平衡转化率及甲醇和 CO 产率的影响

(2) CO_2 和 H_2 在催化剂 Cu/ZnO 作用下可发生两个平行反应,分别生成 CH_3OH 和 CO 。

反应 A: $CO_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g) + H_2O(g)$

反应 B: $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$

控制 CO_2 和 H_2 初始投料比为 1:3 时,温度对 CO_2 平衡转化率及甲醇和 CO 产率的影响如图2所示。

①由图2可知温度升高 CO 的产率上升,其主要原因可能是_____。

②由图2可知获取 CH_3OH 最适宜的温度是_____。下列措施有利于提高 CO_2 转化为 CH_3OH 的平衡转化率的有_____ (填字母)。

A. 使用催化剂

B. 增大体系压强

C. 增大 CO_2 和 H_2 的初始投料比

D. 投料比不变和容器体积不变,增加反应物的浓度

14. (2020·实验中学三模)一氯氨、二氯氨和三氯氨(NH_2Cl 、 $NHCl_2$ 和 NCl_3)是常用的饮用水二级消毒剂。

(1)用 Cl_2 和 NH_3 反应制备三氯胺的方程式为 $3Cl_2(g) + NH_3(g) \rightleftharpoons NCl_3(l) + 3HCl(g)$,向容积均为 1 L 的甲、乙两个恒温(反应温度分别为 400°C 、 $T^\circ\text{C}$)容器中分别加入 2 mol Cl_2 和 2 mol NH_3 ,测得各容器中 $n(Cl_2)$ 随反应时间 t 的变化情况如下表所示:

t/min	0	40	80	120	160
甲(400°C) $n(Cl_2)/\text{mol}$	2.00	1.50	1.10	0.80	0.80
乙($T^\circ\text{C}$) $n(Cl_2)/\text{mol}$	2.00	1.45	1.00	1.00	1.00

① $T^\circ\text{C}$ _____ 400°C (填“>”或“<”),该反应 ΔH _____ 0 (填“>”或“<”)。

②该反应自发进行的条件是_____ (填“高温”“低温”或“任何温度”)。

③对该反应,下列说法正确的是_____ (填字母)。

A. 若容器内气体密度不变,则表明反应达到平衡状态

B. 若容器内 Cl_2 和 NH_3 物质的量之比为 3:1,则表明反应达到平衡状态

C. 反应达平衡后,其他条件不变,加入一定量的 NCl_3 ,平衡将向逆反应方向移动

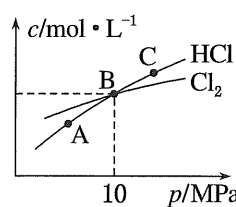
D. 反应达到平衡后,其他条件不变,在原容器中按 $\frac{n(Cl_2)}{n(NH_3)} = 1$

继续充入一定量反应物,达新平衡后 Cl_2 的转化率增大

(2)工业上可利用反应 $2Cl_2(g) + NH_3(g) \rightleftharpoons NHCl_2(l) + 2HCl(g)$ 制备二氯胺。

① $NHCl_2$ 在中性、酸性环境中会发生强烈水解,生成具有强杀菌作用的物质,写出该反应的化学方程式:_____。

②在恒温条件下,将 2 mol Cl_2 和 1 mol NH_3 充入某密闭容器中发生上述反应,测得平衡时 Cl_2 和 HCl 的物质的量浓度与平衡总压的关系如图所示。则 A、B、C 三点中 Cl_2 转化率最高的是_____点(填“A”“B”或“C”);B 点时反应物转化率: $\alpha(Cl_2)$ _____ $\alpha(NH_3)$ (填“>”“=”或“<”),若 B 点平衡体积为 2 L,则平衡常数 $K =$ _____。



15. 【难题】(2022·河西区二模)除去废水中 $Cr(VI)$ 的方法有很多种。请按要求回答下列问题。

(1)金属除 $Cr(VI)$ 法:其他条件相同时,用等量的 Zn 粉、 $Zn-Cu$ 粉分别处理酸性含 $Cr(VI)$ 废水。 $Cr(VI)$ 的残留率随时间的变化如图1所示,图1中 b 方法选用的金属粉处理效果更快的原因是_____。

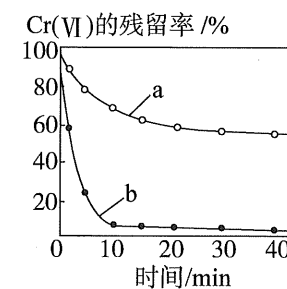


图1

(2) $NaHSO_3$ 与熟石灰除 $Cr(VI)$ 法:向酸性废水中加入 $NaHSO_3$, 再加入熟石灰,使 Cr^{3+} 沉淀。已知常温下 $K_{sp}[Cr(OH)_3] = 6.3 \times 10^{-31}$; 设 $c(Cr^{3+}) \leq 6.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 时沉淀完全。

①实验中的 $NaHSO_3$ 作用是_____。

② $Cr(III)$ 在水溶液中的存在形态分布如图2所示。当 $pH > 12$ 时, $Cr(III)$ 去除率下降的原因可用离子方程式表示为_____。

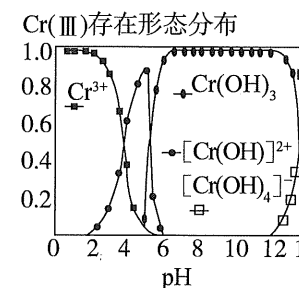


图2

③为使 Cr^{3+} 沉淀完全,调控溶液的 pH 最小值为_____。

(3) 离子交换法除铬(VI)法: Cr(VI)去除率与 pH 关系如图 3 所示。

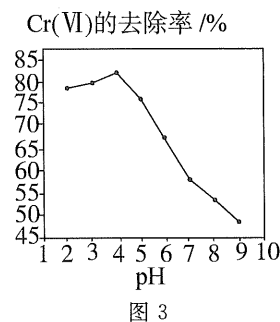


图3

已知: 强碱性树脂 (ROH) 与废水中的 CrO_4^{2-} 、 HCrO_4^- 离子能发生交换均生成 $\text{R}_2\text{CrO}_4(\text{s})$ 。其反应可表示为 (以 CrO_4^{2-} 发生交换为例) $2\text{ROH}(\text{s}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{R}_2\text{CrO}_4(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 。

① 写出 HCrO_4^- 发生交换反应的平衡常数表达式 $K =$ _____。

② 当 $\text{pH} > 4$ 时, Cr(VI) 去除率下降的原因是 _____。

16. (2023·耀华中学第三次月考) 处理、回收利用 CO 是环境科学研究的热点课题。回答下列问题:

(1) CO 用于处理大气污染物 N_2O 的反应为 $\text{CO}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ 。在 Zn^+ 作用下该反应的具体过程如图 1 所示, 反应过程中能量变化情况如图 2 所示。

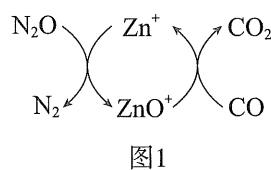


图1

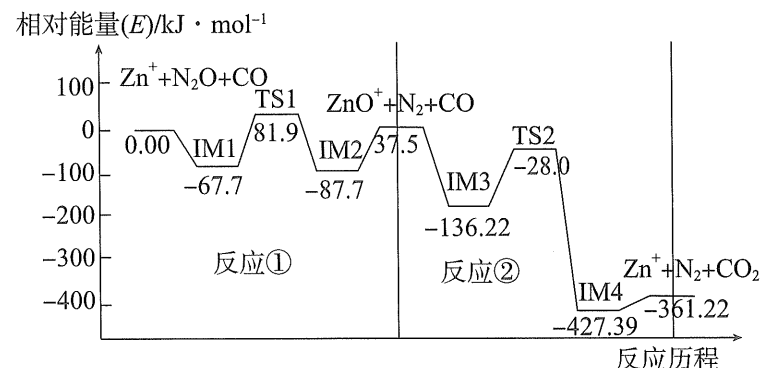


图2

总反应: $\text{CO}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; 该总反应的决速步是反应 _____ (填“①”或“②”), 该判断的理由是 _____。

(2) 已知: $\text{CO}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ 的速率方程为 $v = k \cdot c(\text{N}_2\text{O})$, k 为速率常数, 只与温度有关。为提高反应速率, 可采取的措施是 _____ (填序号)。

- A. 升温 B. 恒容时, 再充入 CO
C. 恒压时, 再充入 N_2O D. 恒压时, 再充入 N_2

(3) 在总压为 100 kPa 的恒容密闭容器中, 充入一定量的 $\text{CO}(\text{g})$ 和 $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ 发生上述反应, 在不同条件下达到平衡时, 在 $T_1 \text{ K}$ 时 N_2O 的转化率与 $\frac{n(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{CO})}$ 、在 $\frac{n(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{CO})} = 1$ 时 N_2O 的转化率与 $\frac{1}{T}$ 的变化曲线如图 3 所示:

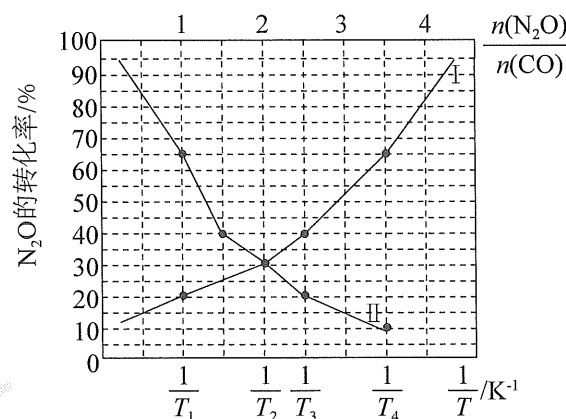
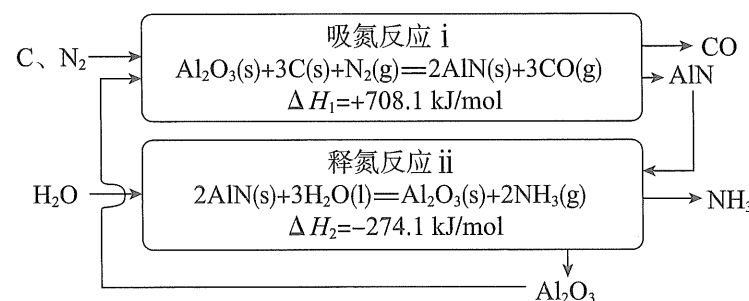


图3

① 表示 N_2O 的转化率随 $\frac{n(\text{N}_2\text{O})}{n(\text{CO})}$ 的变化曲线为 _____ (填“Ⅰ”或“Ⅱ”)。

② T_1 _____ T_2 (填“>”或“<”)。

17. (2023·和平区二模) 基于 Al_2O_3 载氮体的碳基化学链合成氨技术示意图如下。

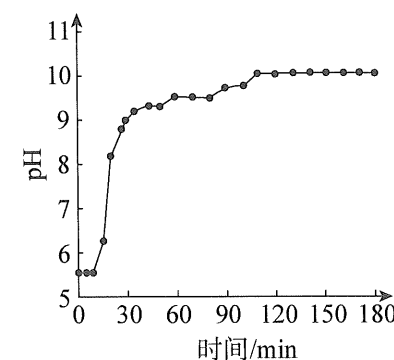


(1) 总反应 $3\text{C}(\text{s}) + \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 3\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H =$ _____ kJ/mol 。

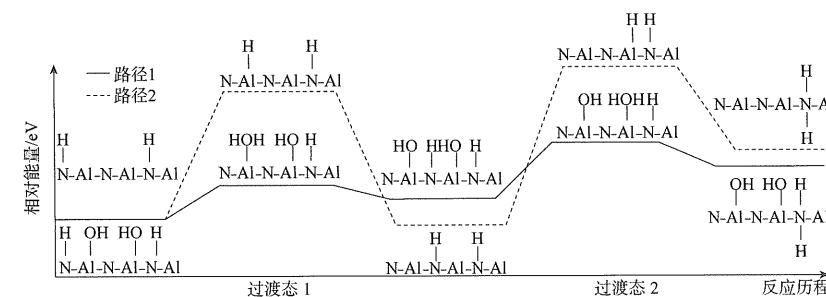
(2) 有利于提高反应 i 平衡转化率的条件为 _____ (填序号)。

- a. 高温高压
b. 高温低压
c. 低温高压
d. 低温低压

(3) 在 60°C 、100 kPa 条件下, 反应 ii 中溶液 pH 随时间的变化如图所示, 120 min ~ 180 min 持续收集到氨气, 但溶液 pH 几乎不变的原因是 _____。



(4) 为探究反应 ii 中 15 min 时反应速率突然加快的原因, 我国科学家利用计算机模拟了反应 ii 的反应路径。



① 比较不同路径, 路径 1 能垒 (活化络合物与反应物的零点能之差) 较低的原因是 _____ 的键能大于 _____ 的键能。

② 15 min 时反应速率突然加快的原因是 _____。

(5) 相较于哈伯法合成氨, 碳基化学链合成氨的优势有 _____ (写出两条即可)。

专题十



弱电解质的电离平衡

基础题

1. (2021·南开区一模) 常温下 $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.75 \times 10^{-5}$, $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.75 \times 10^{-5}$ 。下列说法正确的是 ()

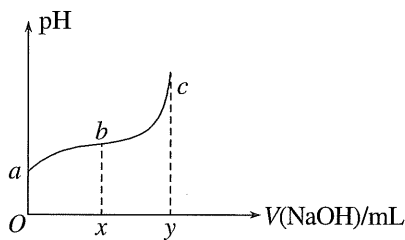
- A. 一定浓度的 CH_3COOH 溶液加水稀释, 所有离子的浓度均减小
 B. $\text{pH}=4$ 的 CH_3COOH 溶液和 $\text{pH}=10$ 的氨水反应后 $\text{pH}=7$
 C. 等浓度的 CH_3COONa 和 NH_4Cl 溶液中阴离子浓度之和, 前者小于后者
 D. 等浓度等体积的 CH_3COOH 溶液和氨水分别与 NaHCO_3 固体反应, 消耗 NaHCO_3 的量相同

2. (2020·河北区期末) 25℃时, 下列说法正确的是 ()

- A. 向 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中加入少量水, 溶液中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 减小
 B. 向盐酸中加入氨水至中性, 溶液中 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{Cl}^-)} > 1$
 C. pH 为 2 的盐酸与等体积 $\text{pH}=12$ 的氨水混合后所得溶液呈酸性
 D. Na_2SO_3 溶液中: $c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)]$

3. (2020·和平区一模) 25℃时, 向 50 mL 含有 0.1 mol Cl_2 的氯水中滴加 2 mol/L 的 NaOH 溶液, 得到溶液 pH 随加入 NaOH 溶液体积的变化如图所示。下列说法正确的是 ()

- A. 若 a 点 $\text{pH}=4$, 且 $c(\text{Cl}^-) = mc(\text{HClO})$, 则 HClO 的电离平衡常数为 $\frac{10^{-4}}{m+1}$
 B. 若 $x=100$, b 点对应溶液中, $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, 可用 pH 试纸测定其 pH
 C. 若 $y=200$, c 点对应溶液中, $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) = 2c(\text{Cl}^-) + c(\text{HClO})$
 D. $b \rightarrow c$ 段, 随 NaOH 溶液的滴入, $\frac{c(\text{HClO})}{c(\text{ClO}^-)}$ 的值逐渐增大



4. 对比观察下表数据, 从中获得的有关结论不正确的是 ()

25℃几种酸的 K_a		不同温度下 CH_3COOH 的 K_a	
HF	6.3×10^{-4}	0℃	1.66×10^{-5}
HClO	4.0×10^{-8}	10℃	1.73×10^{-5}
HCN	6.2×10^{-10}	25℃	1.75×10^{-5}

- A. 表中的酸都是弱酸
 B. 相同温度下不同弱酸的 K_a 不同
 C. 电离常数 K_a 与温度有关, 但 K_a 随温度的变化不大
 D. 推测常温下可发生反应: $\text{NaClO} + \text{HCN} = \text{NaCN} + \text{HClO}$
 5. (2022·河东区二模) 已知 25℃时, $K(\text{HA}) = 5.0 \times 10^{-4}$, $K(\text{HB}) = 1.7 \times 10^{-5}$ 。下列说法不正确的是 ()

- A. 25℃时, 等浓度的 NaA 和 NaB 两溶液, 水的电离程度前者小于后者
 B. 25℃时, 等 pH 的 NaA 和 NaB 两溶液, $c(\text{A}^-) \cdot c(\text{HB}) > c(\text{B}^-) \cdot c(\text{HA})$
 C. 25℃时, 等物质的量浓度的 HA 和 HB 两溶液加水稀释 10 倍后, 电离度 $\alpha(\text{HA}) < \alpha(\text{HB})$
 D. 25℃时, $c(\text{A}^-)$ 和 $c(\text{B}^-)$ 相等的两种酸溶液 pH 相等, 混合后 pH 不变

6. (2020·十二校一模) 下列说法正确的是 ()

- A. 向 NaHCO_3 溶液中通入 CO_2 至 $\text{pH}=7$, 则 $c(\text{Na}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
 B. 室温下, 浓度均为 0.1 mol/L 的 CH_3COOH 、 CH_3COONa 混合溶液的 $\text{pH}=4$, 则 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) - c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \times (10^{-4} - 10^{-10}) \text{ mol/L}$
 C. 加水稀释 0.1 mol/L 醋酸溶液, 溶液中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{OH}^-)}$ 增大
 D. 室温下, NaHA 溶液的 $\text{pH} < 7$, 则一定有 $c(\text{Na}^+) = c(\text{HA}^-) + c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{A}^{2-})$

7. (2022·耀华中学第一次月考) 鸟嘌呤(G)是一种有机弱碱, 可与盐酸反应生成盐酸盐(用 GHCl 表示)。已知 GHCl 水溶液呈酸性, 下列叙述正确的是 ()

- A. 0.001 mol/L GHCl 水溶液的 $\text{pH}=3$
 B. 0.001 mol/L GHCl 水溶液加水稀释, pH 升高

- C. GHCl 在水中的电离方程式为: $\text{GHCl} = \text{G} + \text{HCl}$

- D. GHCl 水溶液中: $c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-) = c(\text{GH}^+) + c(\text{G})$

8. 室温下, 将一元酸 HA 的溶液和 KOH 溶液等体积混合(忽略体积变化), 下列中和反应结论正确的是 ()

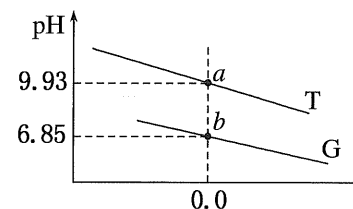
选项	起始浓度/(mol·L ⁻¹)		反应后溶液的 pH	结论
	$c(\text{HA})$	$c(\text{KOH})$		
A	0.1	0.1	7	HA 为弱酸
B	0.1	0.1	9	$c(\text{K}^+) < c(\text{A}^-)$
C	0.2	0.1	6	HA 为强酸
D	0.2	0.1	8	$c(\text{A}^-) < c(\text{HA})$

提升题

9. (2020·天津高考) 常温下, 下列有关电解质溶液的说法错误的是 ()

- A. 相同浓度的 HCOONa 和 NaF 两溶液, 前者的 pH 较大, 则 $K_a(\text{HCOOH}) > K_a(\text{HF})$
 B. 相同浓度的 CH_3COOH 和 CH_3COONa 两溶液等体积混合后 pH 值为 4.7, 则溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
 C. FeS 溶于稀硫酸, 而 CuS 不溶于稀硫酸, 则 $K_{sp}(\text{FeS}) > K_{sp}(\text{CuS})$
 D. 在 1 mol/L Na_2S 溶液中, $c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S}) = 1 \text{ mol/L}$

10. (2020·和平区期末) 乙二胺($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) 是二元弱碱, 在水中的电离原理类似于氨。常温下, 向乙二胺溶液中滴加稀盐酸, 溶液的 pH 随离子浓度变化关系如图所示。下列叙述不正确的是 ()

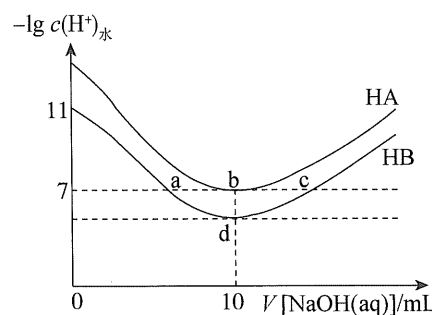


$$\lg \frac{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+)}{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)} \text{ 或 } \lg \frac{c(\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^{2+})}{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+)}$$

- A. 常温下, $\text{p}K_b = -\lg K_b = 7.15$
 B. 溶液中水的电离程度: a 点大于 b 点
 C. $\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3\text{Cl}_2$ 溶液中: $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
 D. 曲线 G 代表 pH 与 $\lg \frac{c(\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^{2+})}{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+)}$ 的变化关系

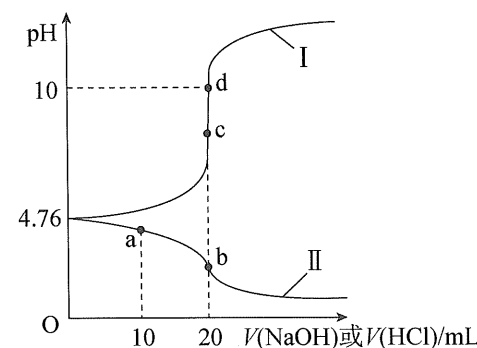
11. (2022·河西区二模) 25℃时分别向体积均为 10 mL、浓度均为 0.1 mol/L 的 HA 溶液、HB 溶液中滴加 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液, 两种溶液中由水电离的 $c(\text{H}^+)$ 的负对数即 $[-\lg c(\text{H}^+)]_{\text{水}}$ 与滴加 $V[\text{NaOH}(\text{aq})]$ 的关系如图所示。下列说法不正确的是 ()

- A. HA 为强酸
B. a、b 两点溶液均呈中性
C. b、d 两点溶液中 $c(\text{A}^-) = c(\text{B}^-)$
D. c 点溶液中 $n(\text{B}^-) + n(\text{HB}) = 0.001 \text{ mol}$

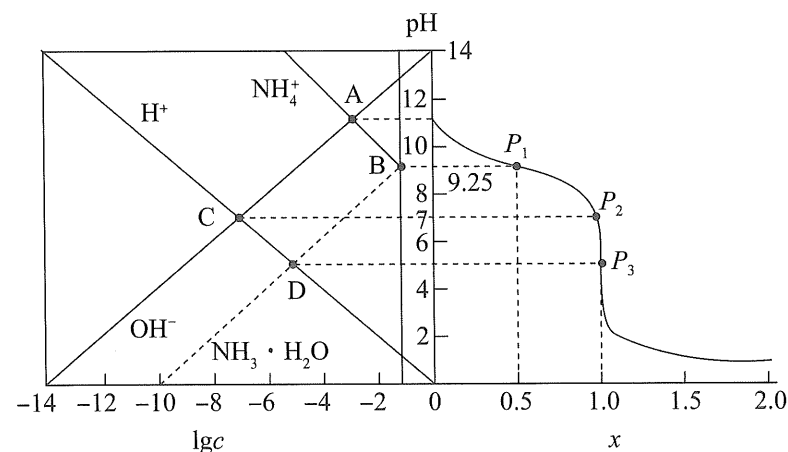


12. (2022·红桥区一模) 常温下, 向 20 mL 浓度均为 0.1 mol·L⁻¹ 的 HA 与 NaA 的混合溶液中, 分别滴加浓度均为 0.1 mol·L⁻¹ 的 HCl、NaOH 两种溶液, 混合溶液的 pH 变化情况如图所示。下列说法正确的是 ()

- A. 滴加 HCl 溶液的曲线为 I
B. 水的电离程度: $c > b > a$
C. d 点时, $\lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} \approx 5.24$
D. c 点溶液中存在: $c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{A}^-) + c(\text{HA})]$



13. (2023·和平区一模) 25℃时, 用 HCl 气体调节 0.10 mol·L⁻¹ 氨水的 pH, 溶液中微粒浓度的对数值 (lgc)、反应物的物质的量之比 $x = \frac{n(\text{HCl})}{n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 与 pH 的关系如下图。若忽略通入气体后溶液体积的变化, 下列说法正确的是 ()



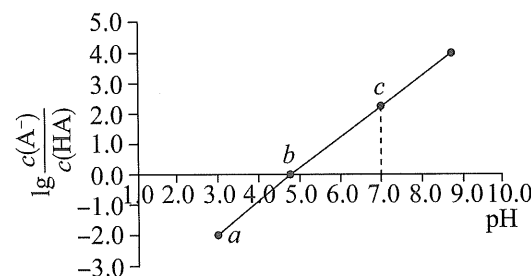
- A. 25℃时, 图中各点对应的溶液中水的电离程度: $A > B > C > D$

- B. P_3 所示溶液中 $c(\text{NH}_4^+)$ 是 P_1 所示溶液中 $c(\text{NH}_4^+)$ 的 2 倍

- C. C 所示溶液中: $c(\text{NH}_4^+) = 10^{2.25} c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

- D. 25℃时, 若改用 1.0 mol·L⁻¹ 氨水, 当 $x=0.5$ 时, P_1 会上移

14. (2023·河西区一模) 室温下, 向 20.0 mL 0.100 mol/L 的某弱酸 HA 的溶液中滴加同浓度的 NaOH 溶液, 过程中 $\lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$ 随 pH 的变化关系如图所示。下列说法不正确的是 ()



- A. a 到 c 的过程中, $[n(\text{HA}) + n(\text{A}^-)]$ 为定值

- B. a 到 c 的过程中, 水的电离程度不断减小

- C. b 点时, $c(\text{Na}^+) < c(\text{HA})$

- D. c 点时加入碱的体积小于 20 mL

15. (2023·南开区一模) 向 NaOH 溶液中持续滴加稀盐酸, 溶液 pH 及温度随时间的变化如图所示。

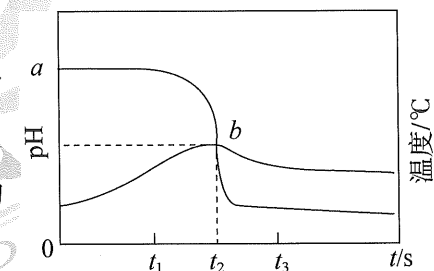
- 下列说法正确的是 ()

- A. NaOH 溶液的起始浓度为 10^{-a} mol/L

- B. 在滴定至终点的过程中, 水的电离程度不断减小

- C. $t_1 \text{ s} \rightarrow t_3 \text{ s}$ 对应的溶液中均存在: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$

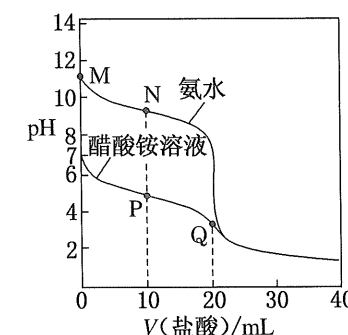
- D. 由 $t_2 \text{ s}$ 后溶液的温度变化可推知, NaOH 与 HCl 的反应是吸热反应



16. (2020·天津一中第三次月考) 25℃时, 分别向 20.00 mL 0.100 0 mol·L⁻¹ 的氨水、醋酸铵溶液中滴加 0.100 0 mol·L⁻¹ 的盐酸, 溶液 pH 与加入盐酸体积的变化关系如图所示。

- 下列说法正确的是 ()

- A. M 点溶液中: $c(\text{OH}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{H}^+)$



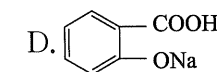
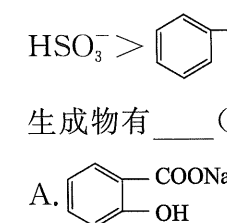
- B. N 点溶液中: $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{OH}^-)$

- C. P 点溶液中: $c(\text{NH}_4^+) > 2c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

- D. Q 点溶液中: $2c(\text{Cl}^-) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{NH}_4^+)$

17. 已知 25℃时 H_2CO_3 的电离平衡常数为 $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$, 则反应: $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ 的平衡常数 $K =$ _____。

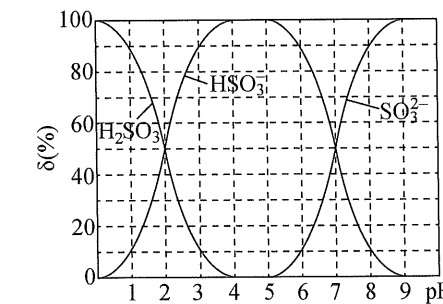
18. 【易错】(2021·河北区二模) (1) 已知酸性 $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} > \text{HSO}_3^- > \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, 水杨酸 ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$) 与 Na_2SO_3 溶液反应, 生成物有 _____ (填字母)。



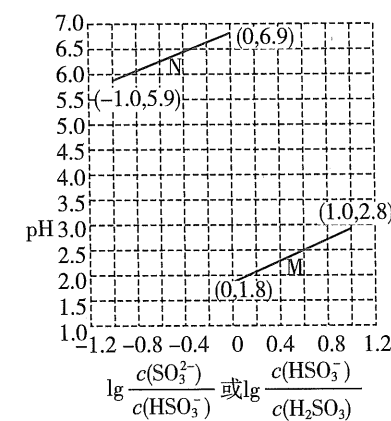
- (2) 亚硫酸电离常数为 K_{a1} 、 K_{a2}

改变 0.1 mol/L 亚硫酸溶液的 pH, 其平衡体系中含硫元素微粒物质的量分数 δ

与 pH 的关系如图, $\frac{K_{a1}}{K_{a2}} =$ _____。



19. (2021·和平区二模) 常温下将 NaOH 溶液滴加到一定浓度的 H_2SO_3 溶液中, 混合溶液的 pH 与离子浓度变化的关系如图所示。



- (1) $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) =$ _____。

- (2) 当滴加 NaOH 溶液使混合溶液呈中性时, 溶液中各离子浓度的大小关系为 _____。

专题十一



水的电离和溶液酸碱性

焦点1 水的电离平衡及影响因素

基础题

1. (2020·南开区一模)室温下,关于 pH=11 的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液,下列分析正确的是 ()

- A. $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 10^{-3} \text{ mol/L}$
 B. 加入少量水,溶液中 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 增大
 C. 由水电离产生的 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
 D. 加入等体积 pH=3 的盐酸,所得溶液中: $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

2. (2022·部分区一模)25℃, CH_3COOH 的 $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$ 。依次进行如下实验:

- ①取一定量冰醋酸,配制成 100 mL 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液
 ②取 20 mL ①中所配溶液,加入 20 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液
 ③继续滴加 a mL 0.1 mol/L 盐酸,至溶液的 pH=7

下列说法错误的是 ()

- A. 水电离的 $c(\text{H}^+)$: ①<②
 B. ②中,反应后的溶液: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
 C. ③中,反应后的溶液: $c(\text{Cl}^-) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+)$
 D. ③中, $a < 10$

3. (2023·河北区一模)室温下,下列说法正确的是 ()

- A. 向 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中加水稀释,溶液中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 减小
 B. 等物质的量浓度的 HCOONa 和 NaF 溶液,前者 pH 较大,则可发生反应: $\text{HCOOH} + \text{NaF} = \text{HCOONa} + \text{HF}$
 C. pH=9 的 CH_3COONa 溶液与 pH=5 的 CH_3COOH 溶液,水的电离程度相同
 D. 等浓度等体积的 NaOH 溶液和二元弱酸 H_2A 溶液混合后溶液呈酸性,则混合液中: $c(\text{HA}^-) > c(\text{A}^{2-}) > c(\text{H}_2\text{A})$

4. (2023·河东区一模)有 25 mL 0.1 mol/L 的三种溶液:① Na_2CO_3 溶液;② CH_3COONa 溶液;③ NaOH 溶液,下列说法正确的是 ()

电离平衡常数	K_{a1}	K_{a2}
H_2CO_3	4.5×10^{-7}	4.7×10^{-11}
CH_3COOH	1.75×10^{-5}	—

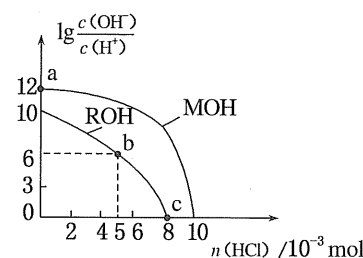
- A. 3 种溶液 pH 的大小顺序是 ③>②>①
 B. 若将 3 种溶液稀释相同倍数, pH 变化最大的是 ②
 C. 若分别加入 25 mL 0.1 mol/L 盐酸后, pH 最大的是 ①
 D. 若 3 种溶液的 pH 均为 9, 则物质的量浓度的大小顺序是 ③>①>②

提升题

5. (2020·红桥区线上模拟)25℃时,体积均为 100 mL、浓度均为 0.1 mol/L 的两种一元碱 MOH 和 ROH 的溶液中,分别通入 HCl 气体, $\lg[c(\text{OH}^-)/c(\text{H}^+)]$ 随通入 HCl 的物质的量的变化如图所示。

下列有关说法中不正确的是(不考虑溶液体积的变化) ()

- A. MOH 是强碱, ROH 是弱碱
 B. a 点由水电离产生的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的乘积为 1×10^{-26}
 C. b 点溶液中: $c(\text{Cl}^-) > c(\text{R}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
 D. c 点溶液的 pH=7, 且所含溶质为 ROH 和 RCl

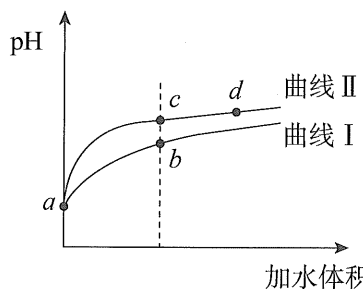


6. (2022·十二校一模)室温下,通过下列实验探究 NaHCO_3 溶液的性质。下列有关说法正确的是 ()

实验	实验操作和现象
1	用 pH 计测定 0.05 mol/L NaHCO_3 溶液,测得 pH 约为 8.3
2	向 10 mL 0.05 mol/L NaHCO_3 溶液中滴加 10 mL 0.05 mol/L NaOH 溶液,反应结束后测得溶液 pH 约为 10.3
3	向 10 mL 0.05 mol/L NaHCO_3 溶液中滴加 10 mL 0.05 mol/L HCl,反应结束后测得溶液 pH 约为 5.6
4	向 0.05 mol/L NaHCO_3 溶液中滴加过量 0.1 mol/L CaCl_2 溶液,产生白色沉淀

- A. NaHCO_3 溶液中 HCO_3^- 的电离程度大于水解程度
 B. 实验 2 滴加结束后: $c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) = c(\text{OH}^-)$
 C. 实验 3 滴加过程中: $c(\text{Na}^+) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
 D. 实验 4 反应静置后的上层清液中: $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) < K_{sp}(\text{CaCO}_3)$

7. (2023·河西区二模)某温度下, HNO_2 和 CH_3COOH 的电离常数 K_a 分别为 5.0×10^{-4} 和 1.7×10^{-5} 。将 pH 和体积均相同的两种酸溶液分别稀释(忽略温度的变化),其 pH 随加水体积的变化如图所示。下列叙述正确的是 ()



- A. 曲线 I 代表 CH_3COOH 溶液
 B. 溶液中水的电离程度: b 点>c 点
 C. 从 c 点到 d 点, 溶液中 $\frac{c(\text{HNO}_2) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{NO}_2^-)}$ 的值增大
 D. a 点相同体积的两溶液分别与 NaOH 恰好中和后, 溶液中 $c(\text{Na}^+)$ 相同

焦点2 溶液的酸碱性及 pH

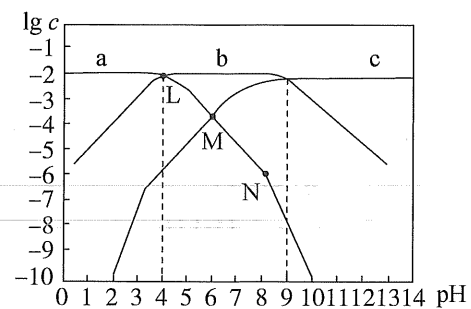
基础题

1. (2020·河东区一模)一定温度下,下列溶液的离子浓度关系式正确的是 ()

- A. 稀释氨水溶液 10 倍后,其 $c(\text{OH}^-)$ 为原来的 $\frac{1}{10}$
 B. pH 之和为 14 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 与 NaOH 溶液混合: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$
 C. pH=5 的 H_2S 溶液中, $c(\text{H}^+) = c(\text{HS}^-) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$
 D. 将等物质的量的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 混合溶于水中 $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} < 1$

2. 【易错】(2022·和平区二模)25℃时,向 1 L 0.01 mol/L 的 H_2A 溶液中滴加盐酸或 NaOH 溶液,溶液中 $c(\text{H}_2\text{A})$ 、 $c(\text{HA}^-)$ 、 $c(\text{A}^{2-})$ 的对数值 (lgc) 与 pH 的关系如图所示,下列说法不正确的是 ()

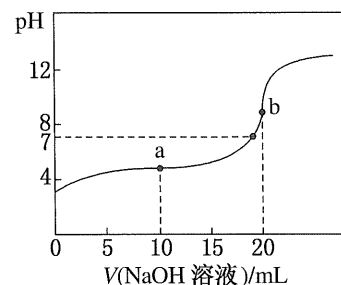
- A. 适当升高温度, L 点会右移
 B. M 点时, $2\text{pH} = -\lg(K_{a1} \cdot K_{a2})$
 C. 随着 pH 增加, $c(\text{H}_2\text{A}) \cdot c(\text{OH}^-)$ 先增大后减小
 D. N 点时 $c(\text{H}_2\text{A}) = c(\text{OH}^-)$, 则溶液中 $n(\text{Na}^+) + n(\text{H}^+) - n(\text{A}^{2-}) = 0.01 \text{ mol}$



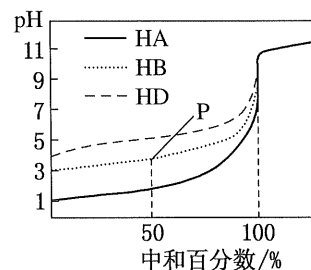
3. (2020·河北区二模)室温下,下列有关结论正确的是 ()

- A. 向稀醋酸中加水稀释使电离程度增大,溶液 pH 减小
 B. 将 CH_3COONa 溶液从 20℃ 升温至 30℃, 溶液中 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$ 增大
 C. 向 0.1 mol/L 的 NaHSO_3 溶液中加入氨水至中性, 则 $c(\text{Na}^+) + c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-)$
 D. 为确定某酸 H_2A 是强酸还是弱酸, 可测 NaHA 溶液的 pH。若 $\text{pH} < 7$, 则 H_2A 是强酸

4. (2020·南开区二模) 25℃时, 将 0.1 mol/L NaOH 溶液加入 20 mL 0.1 mol/L CH₃COOH 溶液中, 所加入溶液体积(V)和混合液的 pH 关系曲线如图所示。下列结论正确的是 ()



- A. pH = 7 时, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{Na}^+)$
 B. a 点所示的溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
 C. b 点所示的溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$
 D. a、b 两点所示的溶液中水的电离程度相同
5. (2020·部分区二模) 室温下, 用等浓度的 NaOH 溶液, 分别滴定浓度均为 0.1 mol·L⁻¹ 的三种酸(HA、HB 和 HD) 溶液, 滴定的曲线如图所示, 下列判断正确的是 ()



- A. 等浓度的三种酸中和等量的 NaOH 需要三种酸的体积: $V(\text{HA}) > V(\text{HB}) > V(\text{HD})$
 B. 从滴定开始至 pH=7 时, 三种溶液中水的电离程度逐渐增大
 C. 滴定至 P 点时, 溶液中: $c(\text{HB}) + c(\text{H}^+) = c(\text{B}^-) + c(\text{OH}^-)$
 D. 当中和百分数达 100% 时, 将三种溶液混合后: $c(\text{HA}) + c(\text{HB}) + c(\text{HD}) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$

6. (2022·河北区二模) 水浴加热滴加酚酞的 NaHCO₃ 溶液, 颜色及 pH 随温度变化如下(忽略水的挥发):

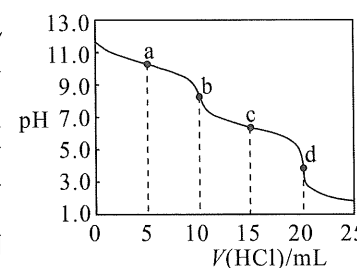
实验	①	②	③	④	⑤
温度/℃	20	30	40	从 40℃ 冷却到 20℃	沸水浴后冷却到 20℃
颜色变化	红色略加深			红色接近①	红色比③加深较多
pH	8.31	8.29	8.26	8.31	9.20

- 下列说法不正确的是 ()
- A. NaHCO₃ 溶液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
 B. ①→③的过程中, 颜色加深的原因可能是 HCO₃⁻ 水解程度增大
 C. ①→③的过程中, pH 稍微下降说明升温过程中 $c(\text{OH}^-)$ 减小
 D. ⑤比①pH 增大, 推测是由于 NaHCO₃ 分解生成的 Na₂CO₃ 的缘故

7. (2023·河北区二模) 常温下, 用 0.1 mol/L 氨水滴定 10 mL 浓度均为 0.1 mol/L 的 HCl 和 CH₃COOH 的混合液, 下列说法正确的是 ()

- A. 在氨水滴定前, HCl 和 CH₃COOH 的混合液中 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
 B. 当滴入氨水 10 mL 时, $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{CH}_3\text{COOH})$
 C. 当滴入氨水 20 mL 时, $c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$
 D. 当溶液呈中性时, 氨水滴入量大于 20 mL, $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-)$

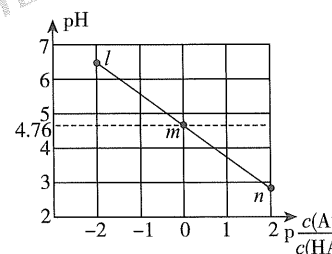
8. (2021·北辰区一模) 室温下, 向 10 mL 0.100 0 mol/L Na₂CO₃ 溶液中逐滴滴加 0.100 0 mol/L HCl 溶液, 整个反应过程中无气体逸出(溶解的 CO₂ 均表示为 H₂CO₃)。测得混合溶液的 pH 随加入 HCl 溶液体积的变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. a 点溶液的溶质主要为 NaCl、NaHCO₃
 B. b 点溶液中 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$
 C. c 点时, 溶液中发生的离子反应是 $3\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3$
 D. 取 d 点溶液加热至沸腾, 然后冷却至室温, 溶液的 pH 不变

提升题

9. (2021·部分区一模) 常温下, 将 NaOH 溶液滴加到 20 mL 等浓度的某一元酸(HA) 溶液中, 测得混合溶液的 pH 与离子浓度变化关系如图所示[已知: $\text{p} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = -\lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$]。下列叙述错误的是 ()

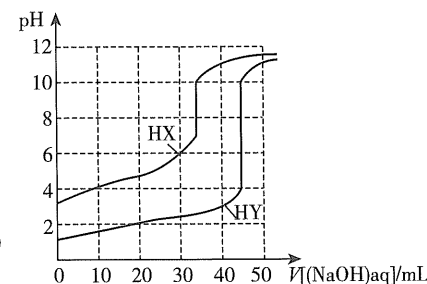


- A. 混合溶液中: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{A}^-) + c(\text{OH}^-)$
 B. $K_a(\text{HA})$ 为 $10^{-4.76}$
 C. l 点所示溶液中: $c(\text{Na}^+) < c(\text{A}^-)$
 D. 各点水的电离程度关系: $n > m > l$

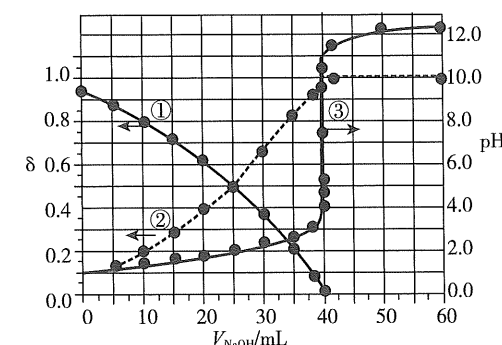
10. (2021·河西区二模) 常温下, 相同浓度的 HX、HY 溶液分别用同浓度的 NaOH 标准溶液滴定, 滴定曲线如图所示。下列说法正确

的是

- ()
- A. HX、HY 起始溶液体积相同
 B. 电离常数: $K(\text{HX}) < K(\text{HY})$
 C. 均可用甲基橙作滴定指示剂
 D. pH=7 时, 两种溶液中: $c(\text{X}^-) = c(\text{Y}^-)$

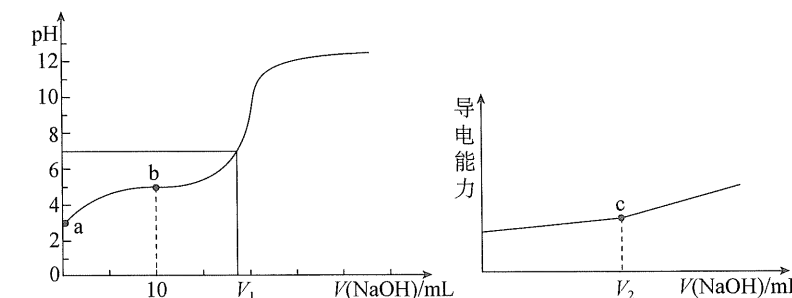


11. 【易错】(2021·红桥区二模) 以酚酞为指示剂, 用 0.100 0 mol·L⁻¹ 的 NaOH 溶液滴定 20.00 mL 未知浓度的二元酸 H₂A 溶液。溶液中 pH、分布系数 δ 随滴加 NaOH 溶液体积 V_{NaOH} 的变化关系如下图所示。[如 A²⁻ 的分布系数: $\delta(\text{A}^{2-}) = \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{A}^{2-})}$]



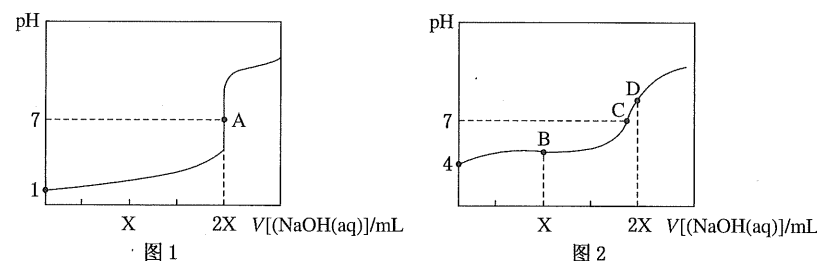
- 下列叙述正确的是 ()
- A. 曲线①代表 $\delta(\text{H}_2\text{A})$, 曲线②代表 $\delta(\text{HA}^-)$
 B. H₂A 溶液的浓度为 0.200 0 mol·L⁻¹
 C. HA⁻ 的电离常数 $K_a = 1.0 \times 10^{-2}$
 D. 滴定终点时, 溶液中 $c(\text{Na}^+) < 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-)$

12. (2022·红桥区二模) 25℃时, 向 20.00 mL 0.10 mol·L⁻¹ HA 溶液中逐滴加入 0.10 mol·L⁻¹ NaOH 溶液, 同时分别测得溶液 pH 和导电能力的变化如图所示, 下列说法不正确的是 ()



- A. a 点对应溶液的 pH 等于 3, 说明是 HA 是弱酸
 B. b 点对应的溶液中: $c(\text{A}^-) < c(\text{Na}^+) < c(\text{HA})$
 C. c 点对应的溶液中: $c(\text{HA}) + c(\text{A}^-) = c(\text{Na}^+)$
 D. 根据溶液 pH 和导电能力的变化可推断: $V_1 < V_2$

13. (2020·河西区二模) 25℃, 用 0.100 mol·L⁻¹ 的 NaOH 溶液分别滴定 20.00 mL 0.100 mol·L⁻¹ 的盐酸和 0.100 mol·L⁻¹ 的醋酸, 得到如下图所示滴定曲线:

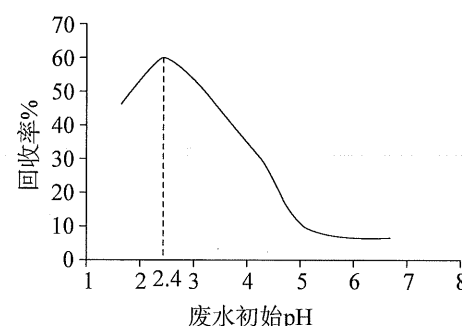


下列说法不正确的是 ()

- A. 图 1 表示的是滴定盐酸的曲线
B. 图 2 滴定应选用甲基橙作指示剂
C. 图中 A、D 点水的电离程度: A < D
D. 图 2 中 B 点: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

14. (2023·天津一中第五次月考)

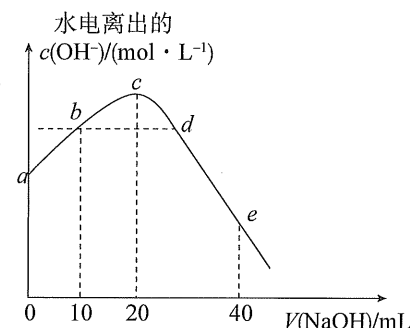
甲酸(HCOOH)是重要的化工原料。工业废水中的甲酸及其盐, 通过离子交换树脂(含固体活性成分 R₃N, R 为烷基)因静电作用被吸附回收, 其回收率



(被吸附在树脂上甲酸根的物质)的量分数)与废水初始 pH 关系如图(已知甲酸 $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$), 下列说法不正确的是 ()

- A. 活性成分 R₃N 在水中存在平衡: $\text{R}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R}_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$
B. pH=5 的废水中 $c(\text{HCOO}^-) : c(\text{HCOOH}) = 18$
C. 废水初始 pH < 2.4, 随 pH 下降, 甲酸的电离被抑制, 与 R₃NH⁺ 作用的 HCOO⁻ 数目减少
D. 废水初始 pH > 5, 离子交换树脂活性成分主要以 R₃NH⁺ 形态存在

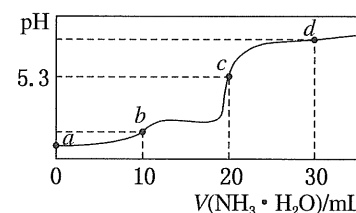
15. (2023·南开中学第四次月考) 常温下, 向 20 mL 0.1 mol/L CH₃COOH 溶液中逐滴加入 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液, 溶液中水电离出的 $c(\text{OH}^-)$ 随加入 NaOH 溶液的体积变化如图所示, 下列说法正确的是 ()



- A. b、d 两点溶液的 pH 相同
B. 从 a 到 e, 水的电离程度一直增大
C. 从 a 到 c 的过程中, 溶液的导电能力逐渐增强
D. e 点所示溶液中, $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{CH}_3\text{COOH}) + 2c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.1 \text{ mol/L}$

16. (2020·十二校二模) 常温下, 几种弱电解质的电离平衡常数如表所示, 向 20 mL 0.1 mol/L 的盐酸溶液中逐滴滴加 0.1 mol/L 的氨水, 溶液的 pH 变化曲线如图所示。

弱电解质	电离平衡常数 K
H ₂ CO ₃	$K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$
NH ₃ ·H ₂ O	$K_b = 1.75 \times 10^{-5}$
CH ₃ COOH	$K_a = 1.75 \times 10^{-5}$

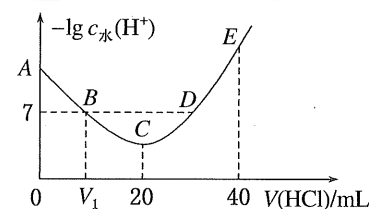


下列说法正确的是 ()

- A. CH₃COONH₄ 溶液中 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) \neq 10^{-7} \text{ mol/L}$
B. NH₄⁺ 和 HCO₃⁻ 能发生彻底水解反应
C. 曲线上水的电离程度最大的点为 b 点
D. d 点时, $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) = \frac{1}{3} [c(\text{NH}_4^+) - 2c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})]$

17. (2020·天津一中第四次月考) 羟胺的电离方程式为: $\text{NH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{OH}^+ + \text{OH}^-$ (25℃时, $K_b = 9.0 \times 10^{-9}$), 用 0.1 mol/L 盐酸滴定 20 mL 0.1 mol/L 羟胺溶液, 恒定 25℃时, 滴定过程中由水电离出来的 H⁺ 浓度的负对数与盐酸体积的关系如图所示(已知: lg3=0.5)。下列说法错误的是 ()

- A. 图中 $V_1 < 10$
B. A 点对应溶液的 pH=9.5
C. A、B、C、D 四点中酸性最强的点为 D 点
D. E 点对应溶液中存在: $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3\text{OH}^+) + c(\text{NH}_2\text{OH})$

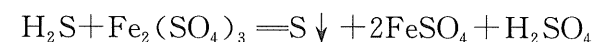


18. (2022·河北区二模) 石油产品中含有 H₂S 及 COS、CH₃SH 等多种有机硫化物, 石油化工催生出多种脱硫技术。可以用 K₂CO₃ 溶液吸收 H₂S, 其原理为 $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{KHS} + \text{KHCO}_3$, 该反应的平衡常数为 _____。(已知 H₂CO₃ 的 $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$; H₂S 的 $K_{a1} = 5.6 \times 10^{-8}$, $K_{a2} = 1.2 \times 10^{-15}$)

19. (2023·南开区第五次月考) H₂S 和 SO₂ 会对环境和人体健康带来极大的危害, 工业上采取多种方法减少这些有害气体的排放, 回答下列各方法中的问题。

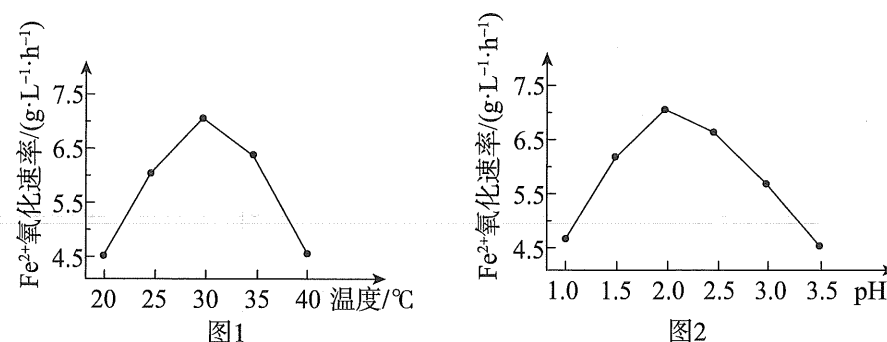
I. H₂S 的除去

方法 1: 生物脱 H₂S 的原理为:



(1) 硫杆菌存在时, FeSO₄ 被氧化的速率是无菌时的 5×10⁵ 倍, 该菌的作用是 _____。

(2) 由图 1 和图 2 判断使用硫杆菌的最佳条件为 _____。若反应温度过高, 反应速率下降, 其原因是 _____。

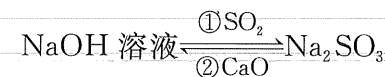


方法 2: 在一定条件下, 用 H₂O₂ 氧化 H₂S

(3) 随着参加反应的 $n(\text{H}_2\text{O}_2)/n(\text{H}_2\text{S})$ 变化, 氧化产物不同。当 $n(\text{H}_2\text{O}_2)/n(\text{H}_2\text{S}) = 4$ 时, 氧化产物的分子式为 _____。

II. SO₂ 的除去

方法 1(双碱法): 用 NaOH 吸收 SO₂, 并用 CaO 使 NaOH 再生



- (4) 写出过程①的离子方程式: _____; CaO 在水中存在如下转化: $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 从平衡移动的角度, 简述过程②NaOH 再生的原理 _____。

方法 2: 用氨水除去 SO₂

- (5) 已知 25℃时, NH₃·H₂O 的 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$, H₂SO₃ 的 $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$ 。若氨水的浓度为 2.0 mol·L⁻¹, 溶液中的 $c(\text{OH}^-) = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。将 SO₂ 通入该氨水中, 当 $c(\text{OH}^-)$ 降至 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 溶液中的 $c(\text{SO}_3^{2-})/c(\text{HSO}_3^-) = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

专题十二



盐类水解

焦点1 盐类水解基础知识



基础题

1. (2020·实验中学三模) 室温下, 下列关系或描述正确的是 ()

A. pH=12 的氨水与 pH=2 的盐酸等体积混合溶液中: $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-)$

B. AgCl 在同浓度的 CaCl_2 和 NaCl 溶液中的溶解度: 前者 > 后者

C. 0.1 mol/L pH=4.5 的 NaHSO_3 溶液中: $c(\text{HSO}_3^-) > c(\text{H}_2\text{SO}_3) > c(\text{SO}_3^{2-})$

D. NaHS 水溶液中只存在 HS^- 的电离和水解两种平衡

2. (2020·杨村一中高三模拟) H_2S 为二元弱酸, 20 °C 的 $\text{pK}_{\text{a}1} = 6.89$, $\text{pK}_{\text{a}2} = 14.15$ (电离常数 K 的负对数 $-\lg K = \text{pK}$)。在 20 °C 时, 向 0.1 mol/L 的 Na_2S 溶液中缓慢通入 HCl (忽略溶液体积变化和 H_2S 的挥发), 在该过程中下列微粒物质的量浓度关系一定正确的是 ()

A. 溶液中 $c(\text{HS}^-) = c(\text{S}^{2-})$ 时, $c(\text{S}^{2-}) + 2c(\text{H}_2\text{S}) < c(\text{Cl}^-)$

B. 溶液呈中性时, $c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S}) = c(\text{Cl}^-)$

C. 溶液 pH=6.89 时, $c(\text{Cl}^-) > c(\text{HS}^-) = c(\text{H}_2\text{S}) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

D. 溶液中 $c(\text{Cl}^-) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c(\text{OH}^-) + c(\text{HS}^-) + c(\text{S}^{2-}) = c(\text{H}^+)$

3. (2023·天津高考) 在浓度为 0.1 mol/L 的 NaH_2PO_4 溶液中, 下列说法正确的是 ()

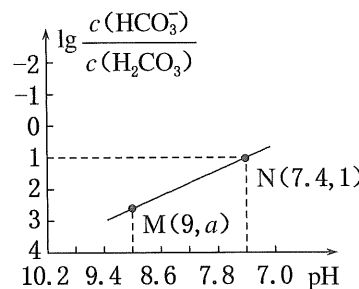
A. 溶液中浓度最大的离子是 H_2PO_4^-

B. $c(\text{H}_3\text{PO}_4) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{PO}_4^{3-}) = 0.1 \text{ mol/L}$

C. $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + 2c(\text{HPO}_4^{2-}) + 3c(\text{PO}_4^{3-})$

D. 磷酸第二步电离平衡的平衡常数表达式为 $K = \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HPO}_4^{2-})}$

4. (2020·新华中学第十二次统练) 25 °C 时, 向 NaHCO_3 溶液中滴入盐酸, 混合溶液的 pH 与离子浓度变化的关系如图所示。下列叙述错误的是 ()



A. N 点溶液可由等体积等浓度的 NaHCO_3 、 H_2CO_3 溶液混合而成

B. 25 °C 时, H_2CO_3 的一级电离常数 $K(\text{H}_2\text{CO}_3) = 1.0 \times 10^{-6.4}$

C. 图中 $a = 2.6$

D. 25 °C 时, $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ 的 $K_{\text{h}} = 1.0 \times 10^{-7.6}$

5. (2023·南开中学第三次月考) 下列有关水溶液的说法中正确的是 ()

A. 将 0.10 mol/L 氨水加水稀释后, 溶液中 $c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ 变大

B. 为确定某二元酸 H_2A 是强酸还是弱酸, 可测 NaHA 溶液的 pH。若 $\text{pH} > 7$, 则 H_2A 是弱酸; 若 $\text{pH} < 7$, 则 H_2A 是强酸

C. 将 CH_3COOH 溶液加水稀释并恢复原温度后, 溶液中 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}$ 变大

D. 用 0.200 0 mol/L NaOH 标准溶液滴定 HCl 与 CH_3COOH 的混合溶液 (混合溶液中两种酸的浓度均为 0.100 0 mol/L) 至中性时, 溶液中的酸未被完全中和

6. (2021·和平区期末) 已知 KH_2PO_4 溶液显酸性, 溶液中存在平衡: $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$ ①, $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ ②, $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ ③。下列有关 KH_2PO_4 溶液的说法正确的是 ()

A. 向 KH_2PO_4 溶液中加入 Zn, 平衡 ① 左移, 平衡 ② 和 ③ 右移, $c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ 增大

B. 向 KH_2PO_4 溶液中加入 K_3PO_4 , 则 $c(\text{H}^+) + c(\text{K}^+) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + c(\text{OH}^-) + \frac{1}{2}c(\text{HPO}_4^{2-})$

C. 向 KH_2PO_4 溶液中加入少量 KOH 溶液, $\frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}$ 、 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)}$ 均增大

D. 加入氨水至中性, 则 $3c(\text{K}^+) = c(\text{PO}_4^{3-}) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$

7. (2021·河西区一模) 在 25 °C, 草酸 (HOCCOOH) 电离常数: $K_{\text{a}1} = 5.9 \times 10^{-2}$, $K_{\text{a}2} = 6.4 \times 10^{-5}$ 。下列说法正确的是 ()

A. 0.1 mol/L HOCCOOH 溶液的 $\text{pH} < 1$

B. 将 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液加水稀释时, $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 将增大

C. 0.1 mol/L NaHC_2O_4 溶液中: $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

D. 向草酸溶液加入 Na_2CO_3 粉末, 有 CO_2 放出, 说明草酸为弱酸

8. (2023·南开中学第三次月考) 常温时, 下列关于微粒浓度关系的说法正确的是 ()

A. 向 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液滴加 NaOH 溶液至中性:

$c(\text{Na}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

B. pH=5 的 H_2S 溶液与 pH=9 的 NaOH 溶液混合:

$c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HS}^-) + c(\text{S}^{2-})$

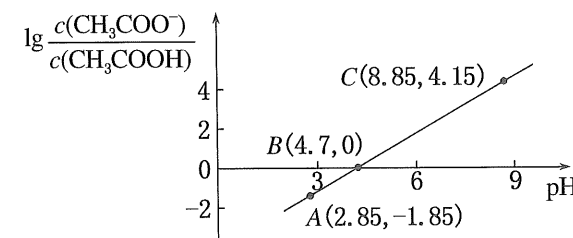
C. Na_2CO_3 溶液中: $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-)$

D. ① 0.01 mol/L $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液, ② 0.01 mol/L NH_4Cl 溶液, ③ 0.01 mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液, 同温时 $c(\text{NH}_4^+)$ 由大到小的顺序为: ③ > ② > ①



提升题

9. (2020·芦台一中高三模拟) 25 °C 时, 向 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中逐渐加入 NaOH 固体, 恢复至原温度后溶液中的 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 与 pH 的关系如图所示 (忽略溶液体积变化)。



下列有关叙述不正确的是 ()

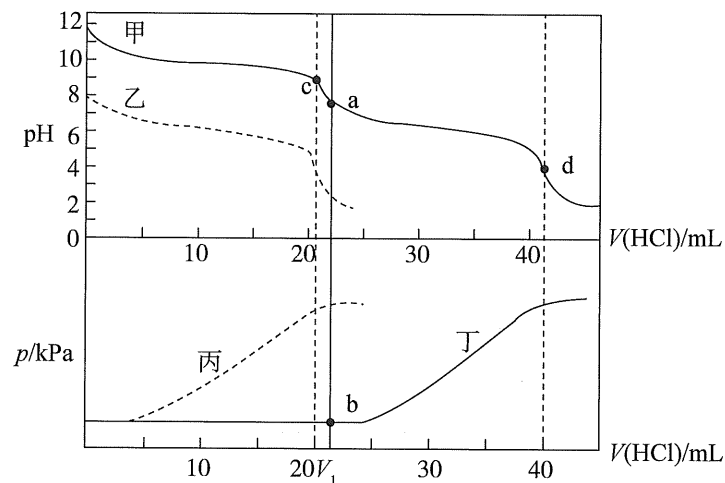
A. CH_3COOH 的 $K_{\text{a}} = 1.0 \times 10^{-4.7}$

B. C 点的溶液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

C. B 点的溶液中: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{OH}^-)$

D. A 点的溶液中: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{H}^+) + c(\text{CH}_3\text{COOH}) - c(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ mol/L}$

- 10.【难题】(2022·天津一中第四次月考)某同学在两个相同的特制容器中分别加入 20 mL $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液和 40 mL $0.2 \text{ mol/L} \text{NaHCO}_3$ 溶液,再分别用 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸滴定,利用 pH 计和压力传感器检测,得到如图曲线:



下列说法正确的是 ()

- A. 图中甲、丁线表示向 NaHCO_3 溶液中滴加盐酸,乙、丙线表示向 Na_2CO_3 溶液中滴加盐酸
- B. 当滴加盐酸的体积为 V_1 mL 时 (a 点、b 点),所发生的反应用离子方程式表示为: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. 根据 $\text{pH}-V(\text{HCl})$ 图,滴定分析时,c 点可用酚酞、d 点可用甲基橙作指示剂指示滴定终点
- D. Na_2CO_3 和 NaHCO_3 溶液中均满足: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$

焦点 2 粒子浓度大小比较

基础题

1. (2020·天津适应性考试)常温下,下列溶液均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,有关叙述正确的是 ()
- A. 碳酸氢钠溶液中 $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$
- B. 碳酸钠溶液比碳酸氢钠溶液的 pH 小
- C. 碳酸钠溶液中 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{CO}_3^{2-})$
- D. 碳酸钠溶液中滴加盐酸至 $\text{pH}=7$,所得溶液的溶质只有 NaCl

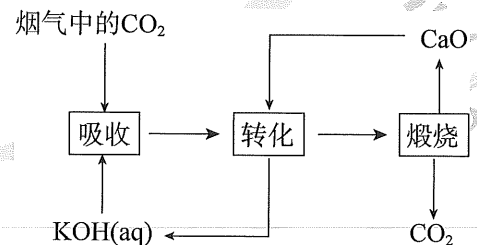
2. (2020·部分区一模)下列叙述正确的是 ()

- A. 常温下,相同浓度的溶液碱性比较: $\text{NaHCO}_3 < \text{Na}_2\text{CO}_3$
- B. 常温下,往 Na_2CO_3 溶液中滴加稀盐酸至中性时,溶质的主要成分有 NaHCO_3 、NaCl
- C. 加热 FeCl_3 溶液至蒸干,可得到纯净的 FeCl_3 固体
- D. 常温下,若 FeCl_3 溶液中含有 FeCl_2 可用 NaOH 溶液鉴别

3. 有 4 种混合溶液,分别由等体积 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 2 种溶液混合而成:① CH_3COONa 与 HCl ;② CH_3COONa 与 NaOH ;③ CH_3COONa 与 NaCl ;④ CH_3COONa 与 NaHCO_3 。下列各项排序正确的是 ()

- A. $\text{pH}: ② > ③ > ④ > ①$
- B. $c(\text{CH}_3\text{COO}^-): ② > ④ > ③ > ①$
- C. 溶液中 $c(\text{H}^+): ① > ③ > ② > ④$
- D. $c(\text{CH}_3\text{COOH}): ① > ④ > ③ > ②$

4. (2023·天津一中第四次月考)一种捕集烟气中 CO_2 的过程如图所示。室温下以 0.1 mol/L KOH 溶液吸收 CO_2 ,若通入 CO_2 所引起的溶液体积变化和 H_2O 挥发可忽略,溶液中含碳物种的浓度 $c_{\text{总}} = c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$ 。 H_2CO_3 电离常数分别为 $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2} = 4.4 \times 10^{-11}$ 。下列说法正确的是 ()



- A. KOH 吸收 CO_2 所得到的溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{HCO}_3^-)$
- B. KOH 溶液吸收 CO_2 , $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol/L}$ 溶液中: $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$
- C. KOH 完全转化为 K_2CO_3 时,溶液中: $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
- D. 如图所示的“吸收”“转化”过程中,溶液的温度下降

5. (2021·河北区一模)常温下,下列溶液中微粒的物质的量浓度关系正确的是 ()

- A. 向氨水中加入氯化铵固体,溶液中 $\frac{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 比值变大
- B. 少量 Cl_2 通入过量冷的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中: $c(\text{Na}^+) = c(\text{HClO}) + c(\text{ClO}^-) + c(\text{Cl}^-)$

- C. $\text{pH}=8$ 的 CH_3COONa 溶液和 $\text{pH}=8$ 的 NaOH 溶液,由水电离产生的 $c(\text{OH}^-)$ 相等

- D. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 溶液等体积混合: $c(\text{Cl}^-) + c(\text{H}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{OH}^-)$

6. (2021·十二校一模)下列溶液中各微粒的浓度关系不正确的是 ()

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCOOH}$ 溶液中: $c(\text{HCOO}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$
- B. $1 \text{ L } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的溶液中: $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cu}^{2+})$
- C. 浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水和 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 溶液等体积混合: $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2c(\text{H}_2\text{CO}_3) + 2c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$
- D. HA 的电离常数 $K_a = 1.0 \times 10^{-4}$,在 NaA 和 HA 混合溶液中,当 $\text{pH}=4$ 时, $c(\text{A}^-) > c(\text{HA})$

7. (2023·滨海新区三模)已知: 25°C 时,苯酚 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) 的 $K_a = 1.0 \times 10^{-10}$, CH_3COOH 的 $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$,下列说法正确的是 ()

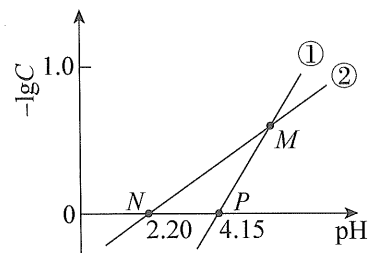
- A. 25°C 时,等 pH 的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$ 和 CH_3COONa 溶液中, $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
- B. 将浓度均为 0.1 mol/L 的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$ 和 NaOH 溶液加热,两种溶液的 pH 均变大
- C. 25°C 时, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 溶液与 NaOH 溶液混合,测得 $\text{pH}=10.00$,则此时溶液中 $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})$

- D. 25°C 时, 0.1 mol/L 的 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 溶液中加入少量 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$ 固体,水的电离程度变小

8. (2022·河西区一模)室温下, $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.75 \times 10^{-5}$,现有浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液、 CH_3COONa 溶液,下列说法不正确的是 ()

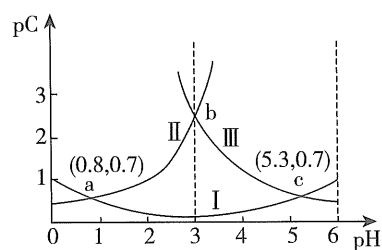
- A. CH_3COOH 溶液中 $c(\text{H}^+) < 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 若将两溶液等体积混合,混合溶液的 $\text{pH} < 7$
- C. 两溶液中均存在 $c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 两溶液中由水电离产生的 $c(\text{OH}^-)$ 较大的是 CH_3COONa 溶液

9. (2023·实验中学热身训练) 常温时, 分别向一元酸 HX 溶液和 CuSO_4 溶液中滴加 NaOH 溶液, $-\lg C$ 与 pH 的关系如图所示 [C 表示 $\frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)}$ 或 $c(\text{Cu}^{2+})$]。已知常温时, $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 1.0 \times 10^{-19.7}$ 。下列说法错误的是 ()



- A. 曲线①表示 $-\lg \frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)}$ 与 pH 的关系
 B. 一元酸 HX 的电离平衡常数 $K_a(\text{HX}) = 1.0 \times 10^{-2.2}$
 C. 对于曲线②的溶液, N 点水的电离程度小于 M 点
 D. M 点时, 对于 CuSO_4 溶液:

$$2c(\text{Cu}^{2+}) + c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$$
10. (2021·和平区一模) 在常温下, 向一定浓度的二元弱酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中逐滴加入 NaOH 溶液, pC ($\text{pC} = -\lg x$, x 表示溶液中溶质微粒的物质的量浓度) 与溶液 pH 的变化关系如图。下列说法正确的是 ()



- A. 常温下, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的 $K_{a1} = 10^{-5.3}$
 B. pH=3 时, 溶液中 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$
 C. pH 由 0.8 增大到 5.3 的过程中, 水的电离程度逐渐减小
 D. 常温下, 随着 pH 的变化, $\frac{c^2(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 的值是一定值

提升题

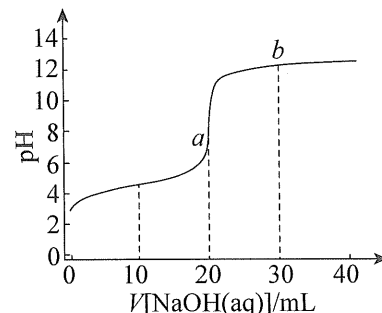
11. (2022·天津一中第五次月考) 已知二甲胺 $[(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 在水中的电离与一水合氨相似, 下列关于常温下 pH=12 的二甲胺溶液的叙述正确的是 ()
- A. $c(\text{OH}^-) = c[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+]$

B. 加水稀释时 $\frac{c[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+]}{c[(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}]}$ 增大

C. 与 pH=2 的盐酸等体积混合后, 溶液呈中性

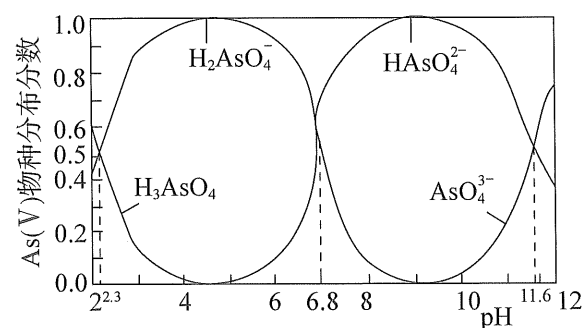
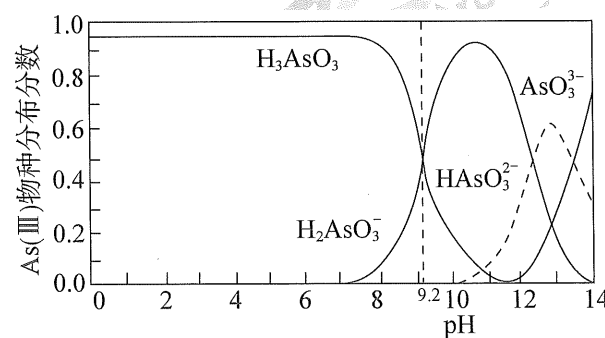
D. 加入氢氧化钠固体可抑制二甲胺的电离, 电离常数 K_b 变小

12. (2023·河西区三模) 常温下, 向 20 mL 0.1 mol/L 的某一元酸 (HA) 溶液中加入几滴酚酞溶液, 再逐滴滴加 0.1 mol/L NaOH 溶液, 测得滴定曲线如图。下列说法不正确的是 ()



- A. $V=10$ mL 时, $c(\text{HA}) > c(\text{A}^-)$
 B. pH=7 时, $V(\text{NaOH}) < 20$ mL
 C. 到达滴定终点时, 溶液的颜色由无色变为粉红色
 D. a 点的水的电离程度大于 b 点的水的电离程度

13. (2023·和平区三模) 常温下, As(III) 和 As(V) 水溶液中含砷的各物种的分布分数 (平衡时某物种的浓度占各物种浓度之和的分数) 与 pH 的关系如图所示。



下列说法不正确的是 ()

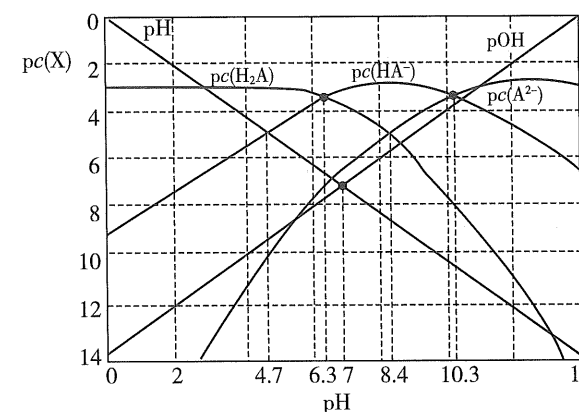
- A. 常温下, 酸性: $\text{H}_3\text{AsO}_4 > \text{H}_3\text{AsO}_3$

B. 常温下, $\text{H}_2\text{AsO}_4^- + \text{H}_2\text{AsO}_3^- \rightleftharpoons \text{HAsO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{AsO}_3$ $K = 10^{2.4}$

C. 常温下, pH=8 时, 溶液中 $c(\text{H}_3\text{AsO}_4) : c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-) : c(\text{HAsO}_4^{2-}) : c(\text{AsO}_4^{3-}) = 1 : 10^{5.7} : 10^{6.9} : 10^{3.3}$

D. 常温下, 同浓度的 Na_3AsO_4 溶液与 Na_2HAsO_3 溶液, 前者碱性更强

14. 【易错】(2021·和平区二模) 二元酸 (H_2A) 溶液中物质浓度的负对数 $\text{pc}(\text{X})$ 与溶液 pH 的关系如图所示。下列说法不正确的是 ()



- A. 图中温度下 $K_w = 1 \times 10^{-14}$
 B. $\text{p}K_{a1}(\text{H}_2\text{A}) = 6.3$, $\text{p}K_{a2}(\text{H}_2\text{A}) = 10.3$
 C. 溶液中可能存在: $c(\text{H}^+) = 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{OH}^-)$
 D. pH=8 的溶液中: $c(\text{A}^{2-}) > c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{HA}^-)$

15. (2023·塘沽一中模拟考试) 常温下, H_2S 的 $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 7.0 \times 10^{-15}$, $K_{\text{sp}}(\text{MnS}) = 1.4 \times 10^{-15}$ 。向含 $0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Mn^{2+} 废水中通入一定量的 H_2S , 当溶液的 $\text{pH} = a$, $c(\text{HS}^-) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Mn^{2+} 开始沉淀, 则 $a =$ 。

16. (2023·芦台一中模拟考试) CO_2 被 NaOH 溶液捕获所得溶液中存在 $2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_3^{2-}$, 室温下该反应平衡常数 $K =$ (已知室温下, H_2CO_3 的 $K_{a1} = 4 \times 10^{-7}$; $K_{a2} = 5 \times 10^{-11}$)。

17. (2021·部分区一模) 已知: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 为二元弱酸, $K_{a1} = 5.9 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.4 \times 10^{-5}$, 向 20 mL 0.1 mol $\cdot \text{L}^{-1}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中滴加 10 mL 0.2 mol $\cdot \text{L}^{-1}$ KOH 溶液。溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ (填“大于”“小于”或“等于”)。



视频讲解

专题十三



沉淀溶解平衡



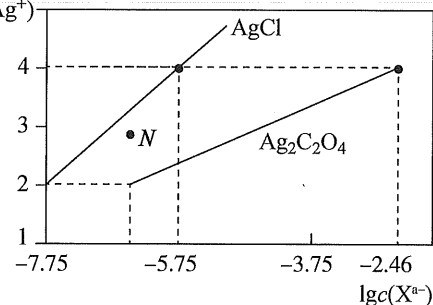
基础题

1. (2020·河西区二模) 下列反应的发生与“难溶电解质的溶解平衡”或“盐类水解平衡”无关的是 ()

- A. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀能在饱和 NH_4Cl 溶液中溶解
B. 向淀粉 KI 溶液中滴加稀硫酸可观察到溶液变蓝
C. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液遇 NaHCO_3 溶液快速生成白色泡沫
D. 含有 CaSO_4 的水垢经饱和 Na_2CO_3 溶液浸泡转化为易溶于酸的 CaCO_3

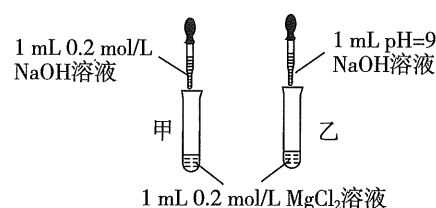
2. (2021·和平区三模) 常温下, 用 AgNO_3 溶液分别滴定浓度均为 0.01 mol/L 的 KCl 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 所得的沉淀溶解平衡图像如图所示(不考虑 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的水解)。下列说法正确的是 ()

- A. $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 的数量级 $-\lg c(\text{Ag}^+)$ 等于 10^{-7}
B. N 点表示 AgCl 的不饱和溶液
C. 向 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 的混合液中滴入 AgNO_3 溶液时, 先生成 $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 沉淀
D. $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{AgCl} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的平衡常数为 $10^{9.04}$



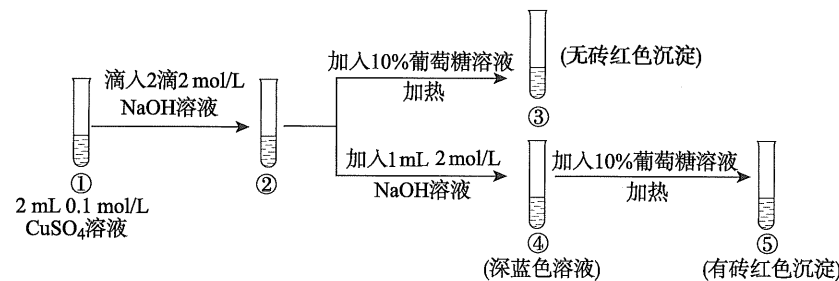
3. (2021·河西区期末) 已知 25°C 下, $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 1.8 \times 10^{-11}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4.0 \times 10^{-38}$ 。按如图所示进行实验, 甲、乙两试管中溶液分别充分反应后, 下列有关叙述不正确的是 ()

- A. 甲试管溶液中有沉淀生成
B. 乙试管溶液中无沉淀生成
C. 乙中发生反应为 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$



- D. 再向甲中滴入 4 滴 0.1 mol/L FeCl_3 溶液会观察到白色沉淀转化为红褐色沉淀

4. (2021·河东区二模) 新制氢氧化铜悬浊液中存在平衡: $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ (深蓝色)。某同学进行下列实验:



下列说法不正确的是 ()

- A. 用激光笔照射试管①, 能看到明亮的“通路”
B. 试管④中现象是 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ 中平衡正向移动的结果
C. 试管⑤中现象证明葡萄糖具有还原性
D. 对比③和⑤可知 $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ 氧化性强于 $\text{Cu}(\text{OH})_2$

5. (2021·河东区一模) 某小组在验证反应 $\text{Fe} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}$ 的实验中检测到 Fe^{3+} , 实验过程如下: 向硝酸酸化的 0.05 mol/L 硝酸银溶液 ($\text{pH} \approx 2$) 中加入过量铁粉, 搅拌后静置, 烧杯底部有黑色固体, 溶液呈黄色。取上层清液, 滴加 KSCN 溶液, 溶液变红, 同时发现有白色沉淀产生, 且溶液颜色深浅、沉淀量多少与取样时间有关, 对比实验记录如下:

序号	取样时间/min	现象
i	3	产生大量白色沉淀, 溶液呈红色
ii	30	产生白色沉淀, 较 3 min 时量少; 溶液红色较 3 min 时加深
iii	120	产生白色沉淀, 较 30 min 时量少; 溶液红色较 30 min 时变浅

(资料: Ag^+ 与 SCN^- 生成白色沉淀 AgSCN)

依据上述实验现象, 不能得出的结论是 ()

- A. 上层清液中滴加 KSCN 溶液, 溶液变红, 说明溶液中含有 Fe^{3+}
B. 上层清液中滴加 KSCN 溶液, 产生白色沉淀, 说明溶液中含有 Ag^+
C. Fe^{3+} 产生的原因是酸性溶液中的 NO_3^- 具有氧化性
D. 30 min 时“白色沉淀量减少, 溶液红色加深”的原因可能是: $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Ag} \downarrow$

6. (2022·和平区一模) 室温下, 将 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AgNO_3 溶液和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液等体积充分混合, 一段时间后过滤, 得滤液 a 和沉淀 b。取等量的滤液 a 于两支试管中, 分别滴加相同体积、浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2S 溶液和 Na_2SO_4 溶液, 前者出现浑浊, 后者溶液仍澄清; 再取少量的沉淀 b, 滴加几滴氨水, 沉淀逐渐溶解。下列说法正确的是 ()

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2S 溶液中存在:

$$c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S})$$

- B. 过滤后所得清液中一定存在:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^-)} \text{ 且 } c(\text{Ag}^+) > \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}}$$

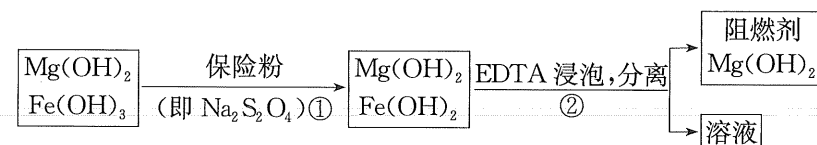
- C. 沉淀 b 中滴加氨水的离子方程式: $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$

- D. 从实验现象可以得出该温度下 $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S}) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$



提升题

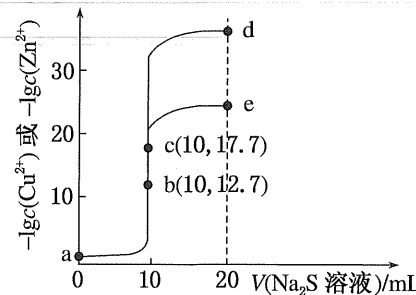
7. (2022·天津一中第三次月考) 某工厂用六水合氯化镁和粗石灰制取的氢氧化镁含有少量氢氧化铁杂质, 通过如下流程进行提纯精制, 获得阻燃剂氢氧化镁。下列说法不正确的是 ()



- A. 步骤①中保险粉是作还原剂, 步骤②中分离操作的名称是过滤
B. 步骤①中的反应式: $3\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 3\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$
C. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 可以作阻燃剂是因为它分解需要吸收大量的热
D. 从步骤②中可知 OH^- 和 EDTA 共存时, Fe^{2+} 更易和 EDTA 结合, 生成可溶性化合物

8. (2020·和平区线上模拟) $T^\circ\text{C}$ 时, 分

- 别向 10 mL 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CuCl_2 和 ZnCl_2 溶液中滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2S 溶液, 滴加过程中 $-\lg c(\text{Cu}^{2+})$ 和 $-\lg c(\text{Zn}^{2+})$ 与 Na_2S 溶液体积 (V) 的关系如图所示 [已知: $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$, $\lg 3 \approx 0.5$]。下列有关说法错误的是 ()



- A. a~b~d 为滴定 ZnCl_2 溶液的曲线
B. 对应溶液 pH: $a < b < e$
C. a 点对应的 CuCl_2 溶液中: $c(\text{Cl}^-) < 2[c(\text{Cu}^{2+}) + c(\text{H}^+)]$
D. d 点纵坐标约为 33.9



视频讲解

9. (2023·红桥区一模) 已知物质的相关数据如下表, 下列说法正确的是 ()

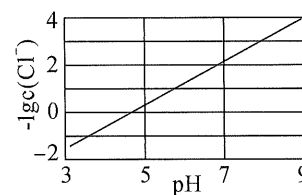
物质	HF	H ₂ CO ₃	CaF ₂	Ca(OH) ₂
相关数据	$K_a=6.8 \times 10^{-4}$	$K_{a1}=4.5 \times 10^{-7}$ $K_{a2}=4.7 \times 10^{-11}$	$K_{sp}=3.5 \times 10^{-11}$	$K_{sp}=5.6 \times 10^{-5}$

- A. NaF 不与盐酸反应
B. NaF 溶液中存在的所有微粒有: H₂O、H⁺、Na⁺、F⁻、OH⁻
C. HF 与碳酸钠溶液反应, 可能产生气体
D. 向石灰水悬浊液中加入 NaF 溶液, 溶液可能变澄清
10. (2023·南开区二模) 室温下, 通过下列实验探究 0.1 mol/L NaHS 溶液的性质。

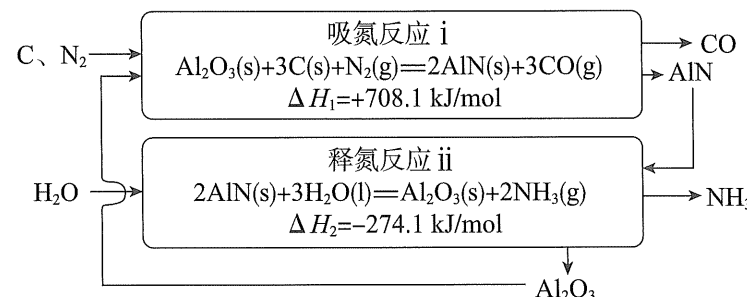
实验	实验操作和现象
①	滴加几滴酚酞溶液, 溶液变红
②	加入等体积 0.1 mol/L NaOH 溶液充分混合, 无明显现象
③	加入少量 CuSO ₄ 溶液, 产生黑色沉淀
④	加入适量 NaClO 溶液, 有淡黄色沉淀产生

- 下列有关说法正确的是 ()
- A. 实验①溶液中: $c(S^{2-}) > c(H_2S)$
B. 实验②所得溶液中: $c(OH^-) = c(H^+) + c(HS^-) + 2c(H_2S)$
C. 实验③反应后静置一段时间, 上层清液中存在: $c(Cu^{2+}) \cdot c(S^{2-}) < K_{sp}(CuS)$
D. 实验④中反应的离子方程式: $2HS^- + ClO^- = 2S \downarrow + Cl^- + H_2O$
11. (2021·耀华中学一模) 向湿法炼锌的电解液中同时加入 Cu 和 CuSO₄, 可生成 CuCl 沉淀除去 Cl⁻, 降低对电解的影响, 反应原理如下:
- $$Cu(s) + Cu^{2+}(aq) \rightleftharpoons 2Cu^+(aq) \quad \Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$
- $$Cl^-(aq) + Cu^+(aq) \rightleftharpoons CuCl(s) \quad \Delta H_2 = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$
- 实验测得电解液 pH 对溶液中残留 $c(Cl^-)$ 的影响如图所示。下列说法正确的是 ()
- A. 溶液 pH 越大, $K_{sp}(CuCl)$ 增大
B. 向电解液中加入稀硫酸, 有利于 Cl⁻ 的去除

- C. 反应达到平衡时增大 $c(Cu^{2+})$, $c(Cl^-)$ 减小
D. $\frac{1}{2}Cu(s) + \frac{1}{2}Cu^{2+}(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons CuCl(s)$ 的 $\Delta H = (a + 2b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



12. (2023·和平区二模) 基于 Al₂O₃ 载氮体的碳基化学链合成氨技术示意图如下。



可用 0.2 mol/L AgNO₃ 溶液吸收反应 ii 排放出的 NH₃, AgNO₃ 全部生成 Ag(NH₃)₂NO₃ 而失效。为使吸收液完全再生, 向其中加入 0.4 mol/L HNO₃ 溶液调节 pH 至少为_____。

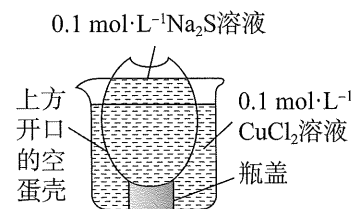
[已知: 常温下 $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ 的 $K_b(NH_3) = 2 \times 10^{-5}$, $Ag^+ + 2NH_3 \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+$ 的 $K_{稳} = 1 \times 10^7$]

13. (2022·河西区期末) 硫元素及其化合物在工农业生产中有重要应用。请按要求回答下列问题。

(1) 同学甲向 CuCl₂ 溶液中滴入 Na₂S 溶液, 观察有黑色沉淀生成。写出该反应的离子方程式_____。

(2) 同学乙设计如图所示实验, 静置一周过程中观察蛋壳内溶液无明显现象; 烧杯内溶液渐渐褪色且有淡黄色浑浊。已知 $K_{sp}(CuS) = 6.3 \times 10^{-35}$ 。

i. 可预测蛋壳外 $c(S^{2-}) < \underline{\hspace{2cm}}$ mol/L。
ii. 解释观察到现象可能的原因是 S²⁻ 可通过蛋壳上的微孔, Cu²⁺ 不能; 还可能是_____。



14. 电镀、制革等行业排放的含铬废水和污泥是重要的环境污染源。请回答下面问题:

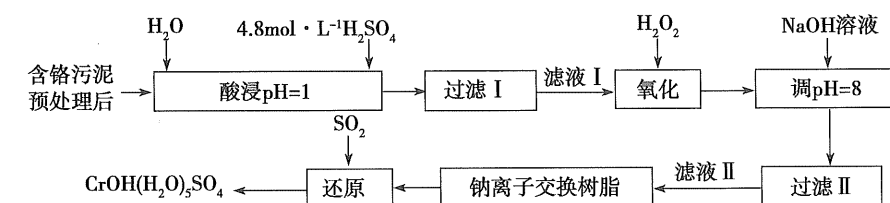
(1) 已知加酸可以使 CrO_4^{2-} 转化为 $Cr_2O_7^{2-}$: $2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O$

① 升高温度, 溶液中 CrO_4^{2-} 的平衡转化率减小, 则该反应的 ΔH _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。若要加快反应速率且提高 CrO_4^{2-} 的转化率可采用的措施为_____ (填字母)。

- a. 用合适的催化剂 b. 增加溶液的酸性
c. 降低温度 d. 加入碳酸钠溶液

② 若常温下 pH=1 的溶液中 $Cr_2O_7^{2-}$ 浓度为 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $Cr_2O_7^{2-}$ 浓度是 CrO_4^{2-} 浓度的 10 倍, 该反应的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ (用含 a 的代数式表示)。

- (2) 如图是某工厂对污泥中铬元素的回收与再利用的工艺流程图 (其中硫酸浸取液中的金属离子主要是 Cr^{3+} , 其次是 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+}):



部分阳离子常温下以氢氧化物形式沉淀完全时溶液的 pH 为 Fe^{3+} : 3.2; Mg^{2+} : 11.1; Al^{3+} : 8; Cr^{3+} : 5。

- ① H₂O₂ 的作用是_____。
② 钠离子交换树脂的反应原理为 $M^{n+} + nNaR \rightarrow MR_n + nNa^+$, 利用钠离子交换树脂可除去滤液 II 中的金属阳离子是_____。

- (3) 某工厂的酸性废水中含 $Cr_2O_7^{2-}$ 会造成铬污染, 排放前先将 $Cr_2O_7^{2-}$ 还原成 Cr^{3+} , 并转化成 $Cr(OH)_3$ 除去, 工厂采用的方法是向废水中加入少量 NaCl, 分别以铁和石墨为电极进行电解, 溶液的 pH 不断升高, 溶液由酸性转变为碱性。在此处理过程中, 铁电极连接电源的_____ (填“正极”或“负极”), $Cr_2O_7^{2-}$ 转化为毒性较低的 Cr^{3+} 的离子方程式为_____。在阴极区有 $Fe(OH)_3$ 和 $Cr(OH)_3$ 沉淀生成。电解后的溶液中 $c(Cr^{3+})$ 为 $3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 已知 $K_{sp}[Fe(OH)_3] = 4.0 \times 10^{-38}$, $K_{sp}[Cr(OH)_3] = 6.0 \times 10^{-31}$, 则溶液中 $c(Fe^{3+})$ 为_____。

专题十四

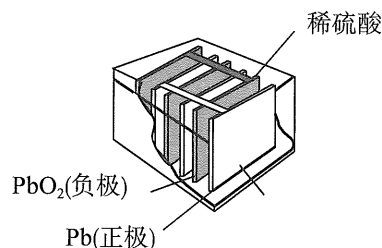


电化学

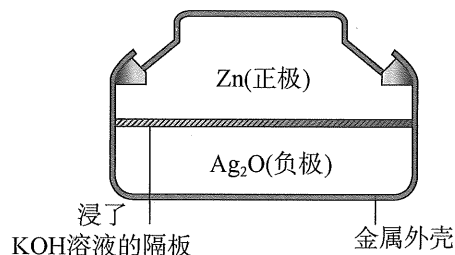
焦点 1 原电池原理

基础题

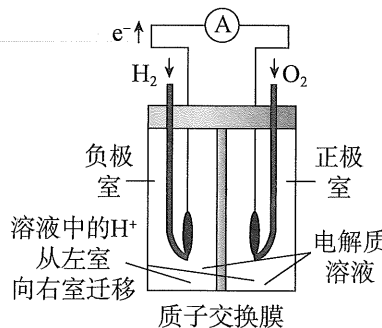
1. (2022·河西区期末)判断如下原电池装置图示中电子或离子流向、正极或负极等标注正确的是 ()



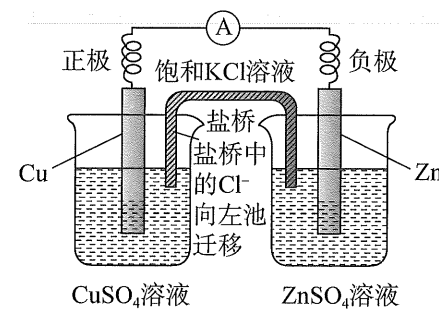
A. 铅蓄电池



B. 锌银纽扣电池

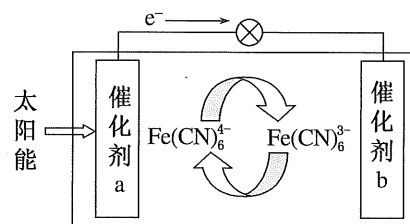


C. 燃料电池



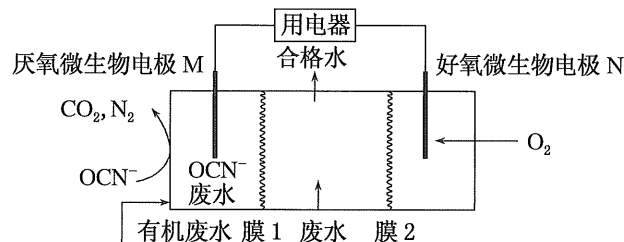
D. 锌铜原电池

2. (2020·南开区期末)一种太阳能电池的工作原理如图所示,电解质为铁氰化钾 $K_3[Fe(CN)_6]$ 和亚铁氰化钾 $K_4[Fe(CN)_6]$ 的混合溶液。下列说法不正确的是 ()



- A. K^+ 移向催化剂 b
B. 催化剂 a 表面发生的化学反应: $Fe(CN)_6^{4-} - e^- = Fe(CN)_6^{3-}$
C. $Fe(CN)_6^{3-}$ 在催化剂 b 表面被氧化
D. 电解质溶液中的 $Fe(CN)_6^{4-}$ 和 $Fe(CN)_6^{3-}$ 浓度基本保持不变

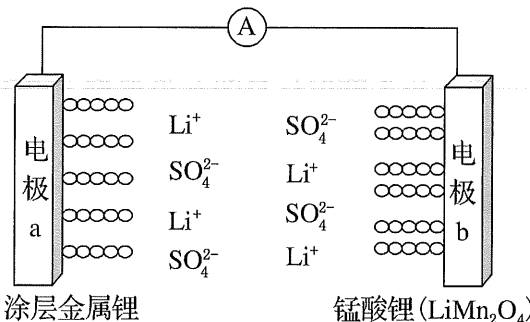
3. (2022·南开中学第三次月考)某废水含 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 等离子。利用微生物电池进行废水脱盐的同时处理含 OCN^- 的酸性废水,装置如图所示。下列说法错误的是 ()



- A. 好氧微生物电极 N 为正极
B. 膜 1、膜 2 依次为阴离子、阳离子交换膜
C. 通过膜 1 和膜 2 的阴离子总数一定等于阳离子总数
D. 电极 M 的电极反应式为 $2OCN^- - 6e^- + 2H_2O = 2CO_2 \uparrow + N_2 \uparrow + 4H^+$

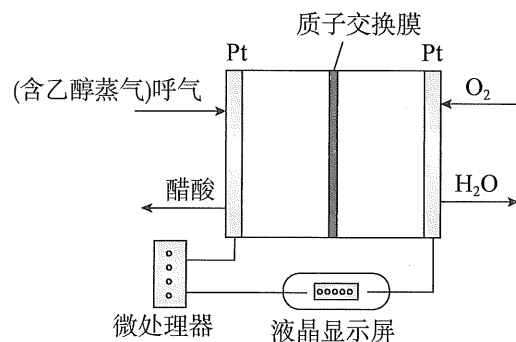
4. (2020·和平区一模)新

型水溶液锂电池是采用复合膜包裹的锂作负极,锰酸锂 ($LiMn_2O_4$) 作正极,以 Li_2SO_4 水溶液作电解质溶液。充、放电



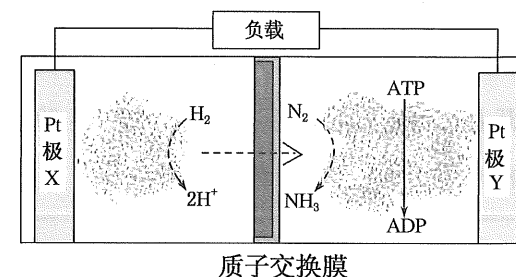
时, $LiMn_2O_4$ 与 $Li_2Mn_2O_4$ 可以相互转化。下列有关说法正确的是 ()

- A. 电池放电时,溶液中的 SO_4^{2-} 向电极 b 移动
B. 负极的电极反应式为: $2Li + 2H_2O = 2LiOH + H_2 \uparrow$
C. 电池充电时,外加直流电源的正极与电极 a 相连
D. 电池充电时,阳极的电极反应式为: $Li_2Mn_2O_4 - e^- = LiMn_2O_4 + Li^+$
5. (2022·河西区一模)常用于检测酒驾的酸性燃料电池酒精检测仪工作原理如图所示。下列说法不正确的是 ()



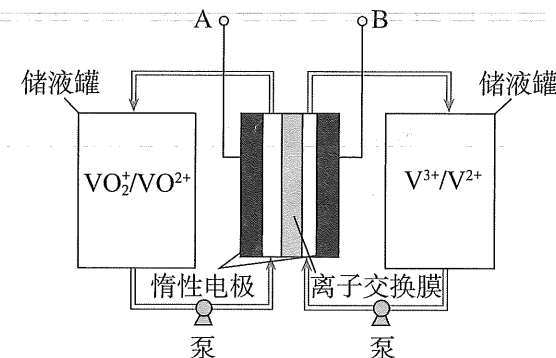
- A. 电子从左侧 Pt 电极经导线转移到右侧 Pt 电极
B. 该电池工作时质子从左池经交换膜向右池迁移
C. 负极反应式: $CH_3CH_2OH - 4e^- + 4OH^- = CH_3COOH + 3H_2O$
D. 每消耗标准状况下 2.24 L O_2 时理论上生成 0.1 mol CH_3COOH

6. (2020·河西区一模)科学家利用 H_2-N_2 生物燃料电池,以固氮酶为正极催化剂、氢化酶为负极催化剂,在室温条件下即实现合成 NH_3 的同时还获得电能,其工作原理如下图所示:



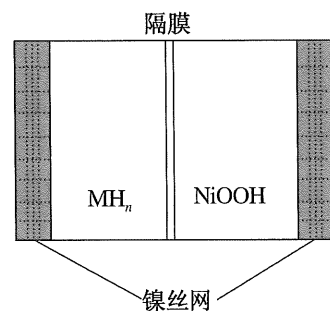
下列叙述不正确的是 ()

- A. 该装置是将化学能转化为电能
B. 正极反应: $N_2 + 6e^- + 6H^+ = 2NH_3$
C. 电池工作时 H_2 在负极发生还原反应
D. 电子沿 X 极板经导线向 Y 极板迁移
7. (2023·河西区一模)目前发展势头强劲的绿色环保储能电池——钒电池的工作原理如图所示,放电时电子由 B 极沿导线向 A 极移动,电解质溶液含有硫酸。下列说法正确的是 ()

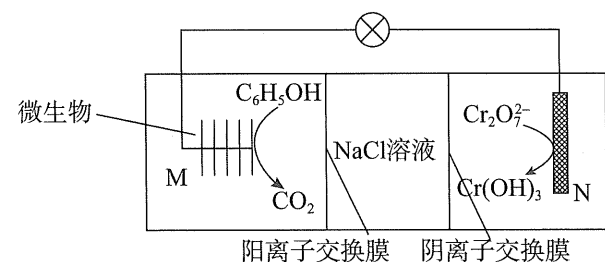


- A. 基态钒原子的价层电子排布式为 $4s^2$
B. 放电时 H^+ 由 B 极经离子交换膜向 A 极移动
C. 电池充电时 V^{2+} 被氧化为 V^{3+}
D. 充电时 A 极反应为 $VO_2^+ + e^- = VO^{2+}$

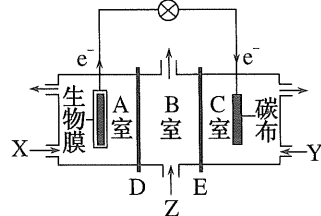
8. (2020·河东区一模)如图所示电池是一种新型储氢材料—镍电池($\text{MH}_n\text{—Ni}$),(MH_n 中金属和氢都为0价)。下列有关说法不正确的是 ()



- A. 放电时正极反应为 $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$
 B. 电池的电解液可为 KOH 溶液
 C. 充电时阴极反应为 $\text{MH}_n + n\text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons n\text{H}_2\text{O} + \text{M}$
 D. MH_n 是一类储氢材料, n 越大, 电池的比能量越高
9. (2022·部分区一模)在 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 存在下, 利用微生物电化学技术实现含苯酚废水的有效处理, 同时向外界提供电能, 其工作原理如图所示。下列说法正确的是 ()



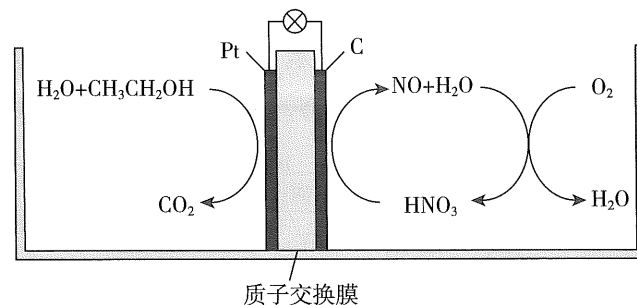
- A. N 极为电池的正极, 产生 OH^-
 B. 工作一段时间后, NaCl 溶液浓度增大
 C. M 极的电极反应为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 11\text{H}_2\text{O} - 23\text{e}^- \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 23\text{H}^+$
 D. 处理 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 时, OH^- 从阴离子交换膜左侧向右侧移动
10. (2020·河北区一模)某微生物电池在运行时可同时实现净化有机物污水、净化含 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 废水(pH 约为 6)和淡化食盐水, 其装置示意图如图所示。图中, D 和 E 为阳离子交换膜或阴离子交换膜, Z 为待淡化食盐水。已知 Cr^{3+} 完全沉淀所需的 pH 为 5.6。下列说法不正确的是 ()
- A. E 为阴离子交换膜
 B. X 为有机物污水, Y 为含 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 废水



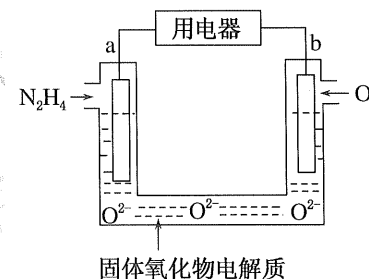
- C. 理论上处理 1 mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的同时可脱除 6 mol 的 NaCl
 D. C 室的电极反应式为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

提升题

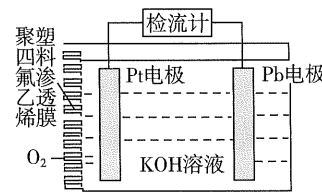
11. (2021·和平区一模)研究发现, 在酸性乙醇燃料电池中加入硝酸, 可使电池持续大电流放电, 其工作原理如图所示。下列说法不正确的是 ()



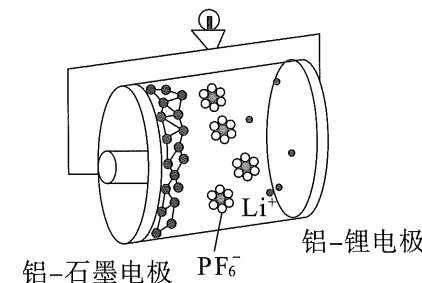
- A. 加入 HNO_3 降低了正极反应的活化能
 B. 电池工作时正极区溶液的 pH 降低
 C. 1 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 被完全氧化时有 3 mol O_2 被还原
 D. 负极反应为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O} - 12\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$
12. (2020·红桥区线上模拟)某液态肼(N_2H_4)燃料电池被广泛应用于发射通信卫星、战略导弹等运载火箭中。以固体氧化物为电解质, 生成物为无毒无害的物质。下列有关该电池的说法不正确的是 ()
- A. a 电极上的电极反应式为 $\text{N}_2\text{H}_4 + 2\text{O}^{2-} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
 B. 电子流动方向: 电极 a → 电极 b
 C. b 极附近的 pH 变大
 D. 当电极 a 上消耗 1 mol N_2H_4 时, 电极 b 上被还原的 O_2 在标准状况下体积为 22.4 L



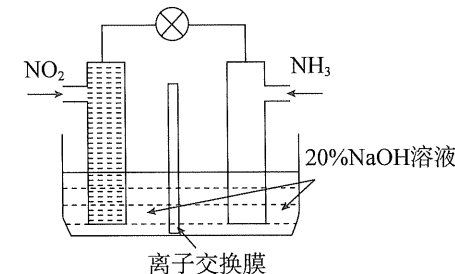
13. (2021·十二校一模)电池式氧传感器原理构造如图, 可测定 O_2 的含量。工作时铅极表面会逐渐附着 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 。下列说法不正确的是 ()
- A. Pb 电极上的反应式为 $\text{Pb} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_2$



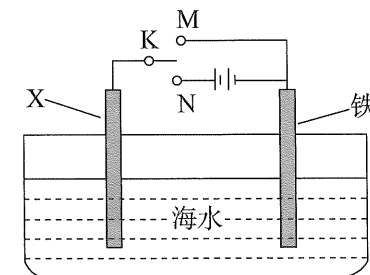
- B. 当 a mol O_2 参加反应, 理论上可使 Pb 电极增重 34a g
 C. Pt 电极上发生还原反应
 D. 随着使用, 电解液的 pH 逐渐增大
14. (2023·河北区一模)铝石墨双离子电池是一种全新的低成本、高效能电池, 反应原理为: $\text{AlLi} + \text{C}_x(\text{PF}_6) \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Al} + x\text{C} + \text{Li}^+ + \text{PF}_6^-$, 电池结构如图所示。放电时, 正极反应式为 _____, 充电时, 应将铝-石墨电极与外接电源的 _____ 极相连。



15. (2023·河东区一模)利用反应 $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ 构成电池, 既减轻环境污染又充分利用了化学能。装置如图所示, 电池的负极反应式为 _____; 离子交换膜是 _____ (填“阳离子”或“阴离子”)交换膜。

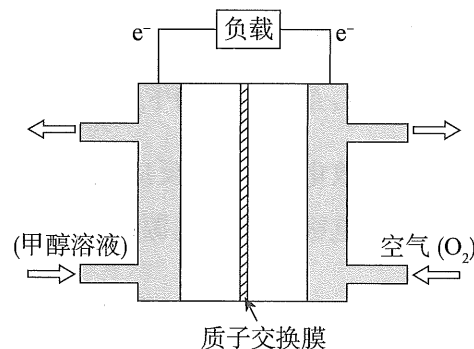


16. (2023·部分区一模)利用如图所示装置可以模拟铁的电化学防护。



- (1) 若 X 为碳棒, 为减缓铁的腐蚀, 开关 K 应置于 _____ 处。假设海水中的溶质只有 NaCl, 写出此时总反应的离子方程式: _____。
- (2) 若 X 为锌, 开关 K 置于 M 处, 该电化学防护法称为 _____。写出铁电极的电极反应式: _____。

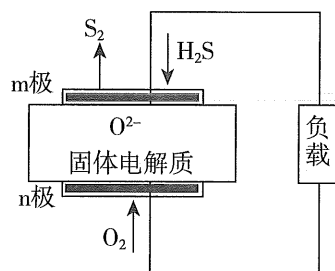
17. (2022·河东区期末)甲醇燃料电池(如图),具备低温快速启动、燃料洁净环保以及电池结构简单等优点。这使得甲醇燃料电池可能成为未来便携式电子产品应用的主流。



(1)在图中用箭头画出电子转移方向。

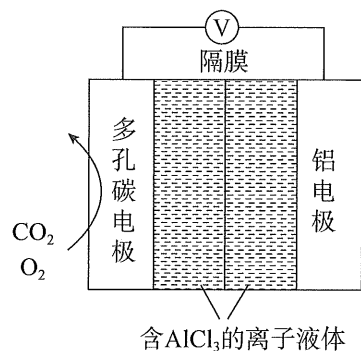
(2)写出电池负极电极反应式_____。

18. (2021·河西区一模)H₂S燃料电池是一种新型能源,其工作原理示意图如下。



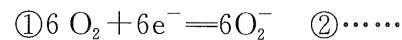
O²⁻向_____极迁移(用“m”或“n”表示)。该电池工作时,负极的电极反应式为_____。

19. (2022·南开区一模)我国提出争取在2030年前实现“碳达峰”,2060年前实现“碳中和”,这对于改善环境,实现绿色发展至关重要。“碳中和”是指将人类经济社会活动所必需的碳排放,通过植树造林和其他人工技术或工程加以捕集利用或封存,从而使排放到大气中的二氧化碳净增量为零。利用Al—CO₂电池(工作原理如图所示)能有效地将CO₂转化成化工原料草酸铝Al₂(C₂O₄)₃。



(1)电池的总反应式为_____。

(2)电池的正极反应式:2CO₂+2e⁻→C₂O₄²⁻(草酸根),正极反应过程中,O₂是催化剂,催化过程可表示为:

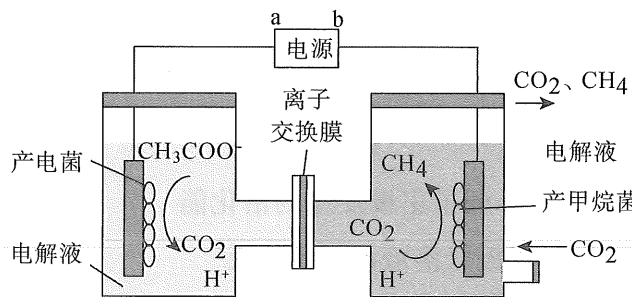


写出反应②的离子方程式:_____。

焦点2 电解池原理

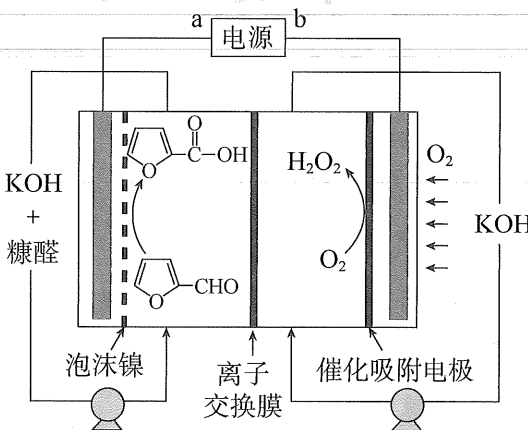
基础题

1. (2021·实验中学模拟)微生物电化学产甲烷法是将电化学法和生物还原法有机结合,装置如图所示(左侧CH₃COO⁻转化为CO₂和H⁺,右侧CO₂和H⁺转化为CH₄)。有关说法正确的是 ()



- A. 电源 a 为负极
B. 该技术能助力“碳中和”(二氧化碳“零排放”)的战略愿景
C. 外电路中每通过1 mol e⁻与 a 相连的电极将产生2.8 L CO₂
D. b 电极的反应为:CO₂+8e⁻+8H⁺→CH₄+2H₂O

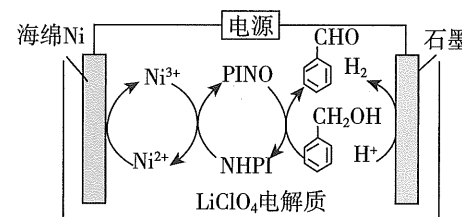
2. (2023·和平区一模)下图是一种高效、低能耗制备H₂O₂的装置。下列有关说法错误的是 ()



- A. a 为电源的正极
B. 装置中的离子交换膜是让阴离子自由通过
C. 阳极区反应为: c1ccoc1C=O - 2e⁻ + 2H₂O = 2H⁺ + c1ccoc1C(=O)O

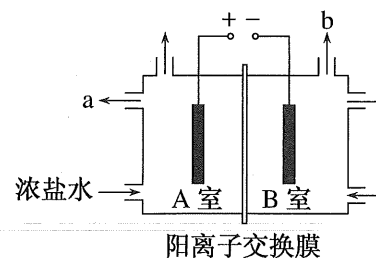
D. 理论上,当0.2 mol 糠醛完全反应时,同时有0.2 mol H₂O₂生成

3. (2021·河西区一模)在NHPI介质中苯甲醇可转化为苯甲醛,其原理如图所示。下列说法不正确的是 ()



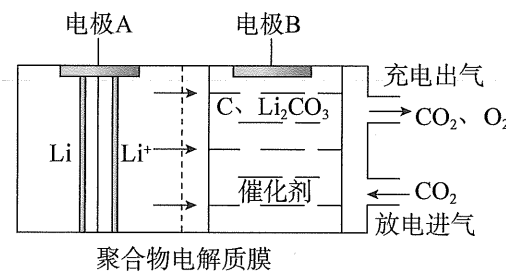
- A. PINO 是中间产物
B. 石墨电极做阴极材料
C. 苯甲醇在阴极区域被还原
D. 阳极反应式: Ni²⁺ - e⁻ = Ni³⁺

4. (2020·河北区高三线上模拟)右图为氯碱工业的简易装置示意图,其中两电极均为惰性电极。下列说法正确的是 ()



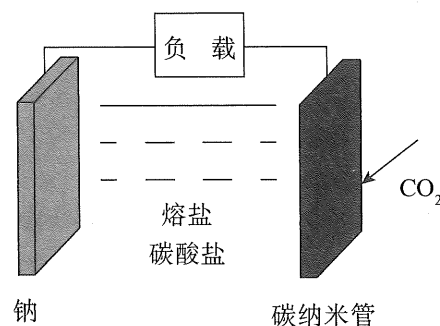
- A. a 处得到的是浓 NaOH 溶液
B. 适当降低阳极电解液的 pH 有利于 Cl₂ 逸出
C. 粗盐水中含有的少量 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 可用 NaOH 除去
D. 若电路中通过0.2 mol 电子,理论上可在 b 处得到标准状况下1.12 L 气体

5. (2022·和平区一模)一种聚合物锂电池通过充、放电可实现“大气固碳”(工作原理如图所示)。该电池在充电时,通过催化剂的选择性控制,只有Li₂CO₃发生氧化释放CO₂和O₂。下列说法正确的是 ()

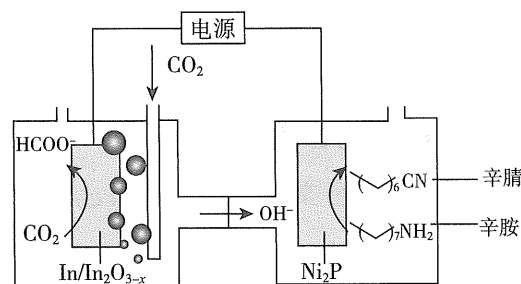


- A. 该电池可选用含Li⁺的水溶液作电解质
B. 图中Li⁺的移动方向是充电时的移动方向
C. 充电时,阳极发生的反应为: 2Li₂CO₃ + C - 4e⁻ = 3CO₂ + 4Li⁺
D. 该电池每循环充、放电子各4 mol,理论上可固定CO₂标准状况下22.4 L

6. (2022·南开中学第四次月考)新型 Na-CO₂ 电池工作原理为 $4\text{Na} + 3\text{CO}_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$, 下列有关说法不正确的是 ()

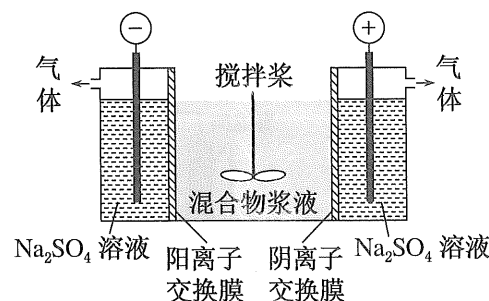


- A. 放电时, 钠电极的电极反应为 $\text{Na} - \text{e}^- = \text{Na}^+$
 B. 放电时, CO_3^{2-} 从正极迁移到负极
 C. 充电时, 碳纳米管电极连接电源的负极
 D. 充电时, 新型 Na-CO₂ 电池可以释放二氧化碳
7. (2021·南开区一模)近期天津大学化学团队以 CO₂ 与辛胺为原料实现了甲酸和辛腈的高选择性合成, 工作原理如图。下列说法正确的是 ()



- A. Ni₂P 电极与电源负极相连
 B. 辛胺转化为辛腈发生了还原反应
 C. In/In₂O_{3-x} 电极上可能有副产物 H₂ 生成
 D. 在 In/In₂O_{3-x} 电极上发生的反应为 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{HCOO}^- + \text{OH}^-$

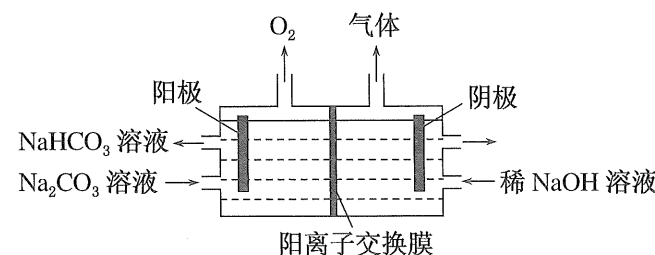
8. (2020·河北区二模)研究小组采用电解法(惰性电极)将含有 Al(OH)₃、MnO₂ 和少量 Na₂CrO₄ 的浆液分离成固体混合物和含铬元素的溶液, 装置如下。下列说法不正确的是 ()



- A. 阳极的电极反应式为: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$

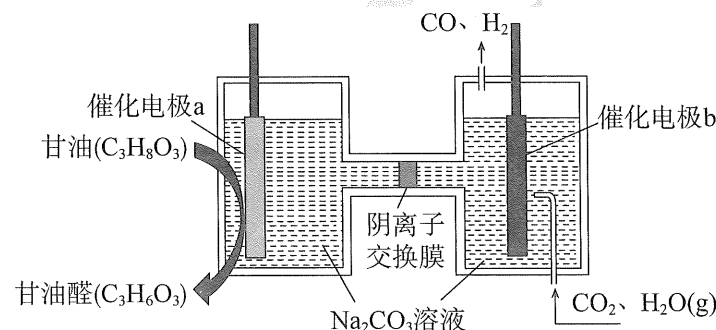
- B. 适当增大电压, CrO_4^{2-} 也可在阴极室转化为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 除去
 C. 阴极室生成的物质可用于固体混合物 Al(OH)₃ 和 MnO₂ 的分离
 D. CrO_4^{2-} 通过阴离子交换膜进入阳极室, 从而实现与浆液的分离

9. (2020·部分区二模)电解 Na₂CO₃ 溶液, 原理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 随着电解的进行, 阴极区溶液的 pH 变小
 B. Na⁺ 从阴极穿过交换膜向阳极移动
 C. 若利用可逆反应原电池作此电解装置的电源, 当原电池中发生的反应达平衡时, 该电解装置不会停止工作
 D. 阳极电极反应式: $4\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{HCO}_3^- + \text{O}_2 \uparrow$

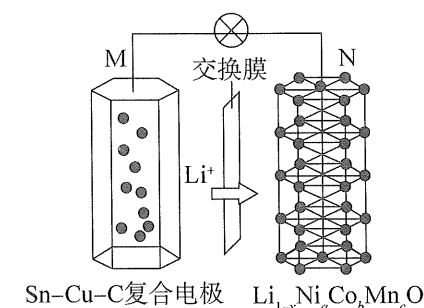
10. 【易错】(2023·红桥区一模)我国科技工作者设计了一种电解装置, 能将甘油(C₃H₈O₃)和二氧化碳转化为甘油醛(C₃H₆O₃)和合成气(CO 和 H₂), 原理如图所示。下列说法错误的是 ()



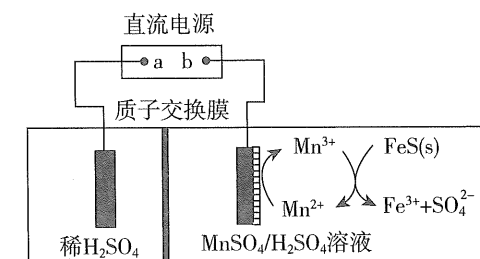
- A. 催化电极 b 与电源负极相连
 B. 电解时催化电极 a 附近的 pH 增大
 C. 电解时阴离子透过交换膜向 a 极迁移
 D. 生成合成气时电极上发生还原反应

提升题

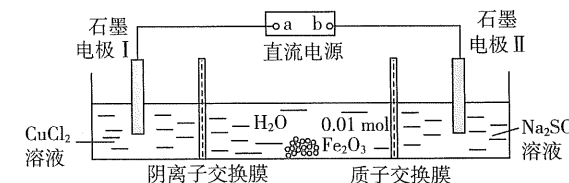
11. 【易错】(2022·和平区二模)以 Sn-Cu-C 复合电极材料(锂单质镶嵌其中)为电极的一种锂离子电池, 容量高、循环性能好, 总反应为 $\text{Li}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2 + y\text{Cu} + \text{Li}_x\text{Sn} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2 + \text{SnCu}_y$, 其工作原理如图所示, 下列说法正确的是 ()



- A. 电解质溶液可选用 Li₂SO₄ 溶液
 B. 放电时 M 极的反应为 $y\text{Cu} + \text{Li}_x\text{Sn} - x\text{e}^- = \text{SnCu}_y + x\text{Li}^+$
 C. 充电时 N 极的反应为: $\text{Li}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- = \text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$
 D. 放电时, 当转移 0.1 mol 电子时, N 电极增重 1.4 g
12. (2021·和平区二模)电化学脱硫在金属冶炼和废水处理中均有应用, 一种电化学脱硫工作原理示意图如图所示。该装置工作时, 下列说法正确的是 ()

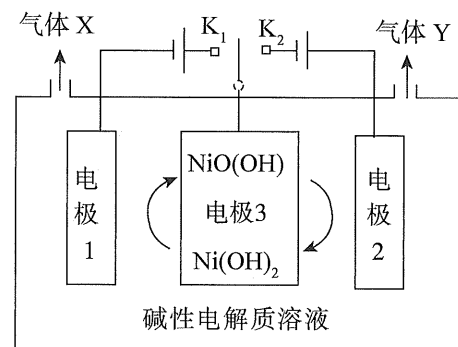


- A. a 为直流电源正极
 B. 阴极区溶液 pH 减小
 C. Mn²⁺、Mn³⁺ 之间转化可加快电子转移
 D. 导线中流过 4.5 mol e⁻ 同时阳极区溶液质量增加 44 g
13. (2021·天津高考)如下所示电解装置中, 通电后石墨电极 II 上有 O₂ 生成, Fe₂O₃ 逐渐溶解, 下列判断错误的是 ()

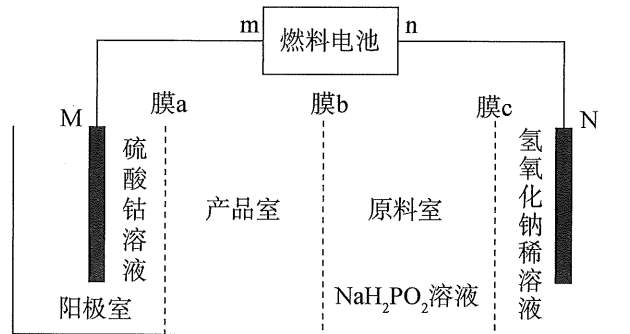


- A. a 是电源的负极
 B. 通电一段时间后, 向石墨电极 II 附近滴加石蕊溶液, 出现红色
 C. 随着电解的进行, CuCl₂ 溶液浓度变大
 D. 当 0.01 mol Fe₂O₃ 完全溶解时, 至少产生气体 336 mL (折合成标准状况下)

14. (2022·河西区二模) 太阳能光伏电池电解水制高纯氢的工作示意图如下。下列相关叙述不正确的是 ()



- A. 连接 K_1 时电极 1 附近 pH 降低
 B. 连接 K_2 时, 溶液中的阴离子向电极 2 迁移
 C. 连接 K_2 时电极 3 上 $\text{NiO}(\text{OH})$ 被还原为 $\text{Ni}(\text{OH})_2$
 D. 交替连接 K_1 、 K_2 时, 电极 3 附近的 OH^- 也会交替消耗和生成
15. (2022·宝坻一中模拟) 某科研小组用碱性甲烷燃料电池制备 $\text{Co}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$, 其工作原理如图所示(已知电解装置的电极材料分别为金属钴和不锈钢)



- 下列有关说法错误的是 ()
- A. N 电极为不锈钢
 B. 电极 n 处电极反应式为: $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 8\text{OH}^- = \text{CO}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
 C. 电解一段时间后, N 极区溶液 pH 增大
 D. 膜 a、膜 c 均为阳离子交换膜

16. (2023·南开区一模) 一种 3D 打印机的柔性电池以碳纳米管作电极材料, 以吸收 ZnSO_4 溶液的有机高聚物为固态电解质, 电池的总反应为

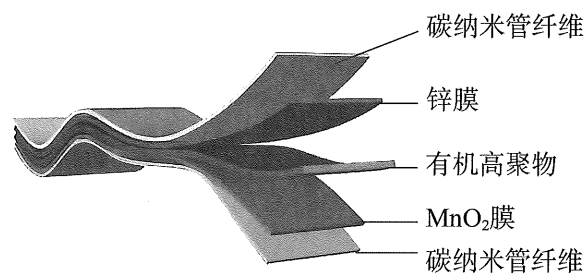
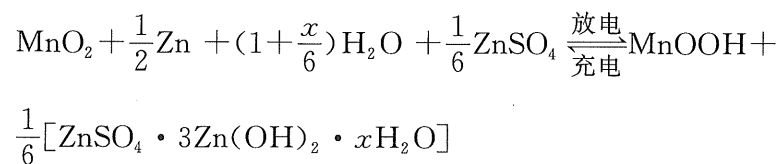


图 1 电池结构

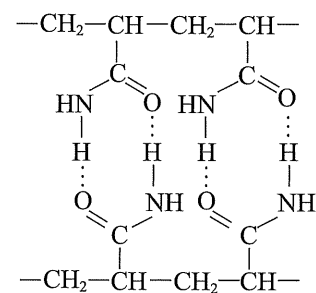
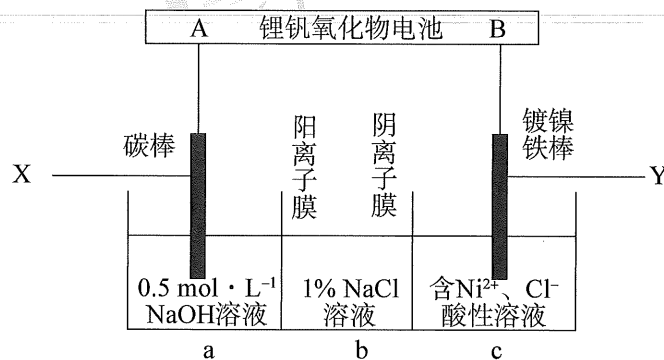


图 2 有机高聚物的结构片段

下列说法不正确的是 ()

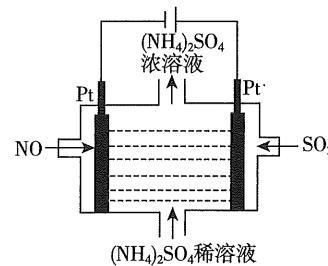
- A. 放电时, 含有锌膜的碳纳米管纤维做电池负极
 B. 充电时, 阴极反应: $\text{MnO}_2 + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{MnOOH} + \text{OH}^-$
 C. 有机高聚物中含有极性键、非极性键和氢键
 D. 合成有机高聚物的单体为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$

17. (2023·十二校一模) 锂钒氧化物二次电池的工作原理为: $\text{V}_2\text{O}_5 + x\text{Li} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$, 如图是用该电池电解含镍酸性废水制备单质镍的装置示意图, 下列说法正确的是 ()

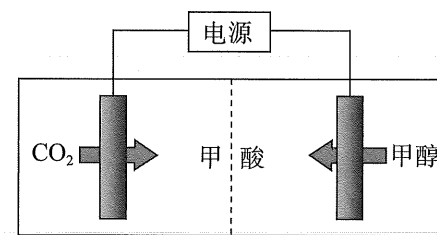


- A. 电解过程中 Y 电极上的电极反应为: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$
 B. 电解过程中, b 中 NaCl 溶液的物质的量浓度会减小
 C. 锂钒氧化物二次电池可以用 LiCl 水溶液作为电解液
 D. 锂钒氧化物二次电池充电时, B 电极发生还原反应

18. (2021·南开区一模) 若烟气主要成分为 SO_2 、 NO , 可通过电解法除去, 其原理如图所示。阳极的电极反应式为 _____。标准状况下, 22.4 L NO 完全反应转移电子数为 _____。

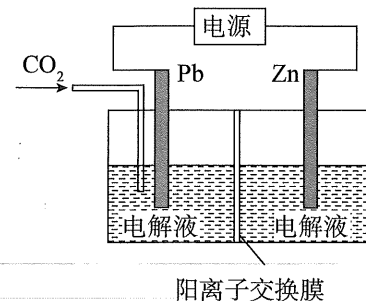


19. (2022·河北区一模) 2022 年 2 月 18 日, “美丽中国·绿色冬奥”专场新闻发布会在北京新闻中心举行。发展碳捕集与利用的技术, 将 CO_2 转化为高附加值的化学品, 实现 CO_2 资源化利用, 是一项重要的碳减排技术。如图为电催化 CO_2 还原生产 HCOOH 的示意图。

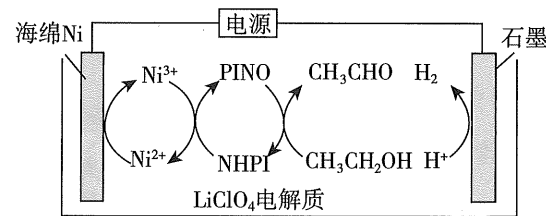


该电解池阳极的电极反应式为 _____; 总反应方程式为 _____。

20. (2022·十二校一模) 研究含碳化合物的性质或转化对建设生态文明、美丽中国具有重要意义。 CO_2 可用于工业制备草酸锌, 其原理如图所示(电解液不参加反应), Zn 电极是 _____ 极。已知在 Pb 电极区得到 ZnC_2O_4 , 则 Pb 电极上的电极反应式为 _____。



21. (2021·十二校一模) 在 N-羟基邻苯二甲酰亚胺(NHPI)介质中, 可实现乙醇向乙醛的转化, 原理如图所示。



- (1) 该电解池的阳极是 _____。
 (2) 该电解池的总反应为 _____。

专题十五

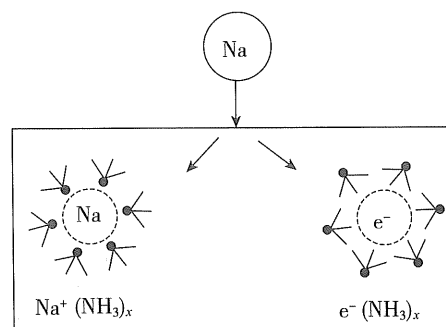


钠、镁、铝及其化合物

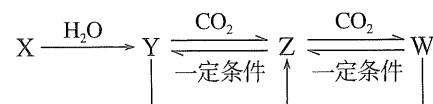
焦点1 钠及其化合物

基础题

1. (2022·耀华中学第一次月考)钠在液氨中溶剂化速度极快,生成蓝色的溶剂合电子,如图为钠投入液氨中的溶剂化图。钠沉入液氨中,快速得到深蓝色溶液,并慢慢产生气泡。下列说法错误的是



- A. 钠的密度比液氨大
B. 溶液的导电性增强
C. 钠和液氨可发生以下反应: $2\text{NH}_3 + 2\text{Na} = 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
D. 0.1 mol 钠投入液氨生成 0.01 mol H_2 时, Na 共失去 0.02 mol 电子
2. (2021·耀华中学第一次月考)已知 X、Y、Z、W 四种物质均含有钠元素,且它们之间有如下转化关系:



下列说法中不正确的是

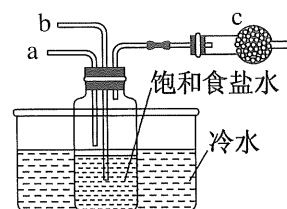
- A. X 可以为 Na 、 Na_2O_2 、 Na_2O
B. $\text{Y} + \text{W} \rightarrow \text{Z}$ 和 $\text{W} \rightarrow \text{Z}$ 发生的化学反应一定相同
C. $\text{Z} \rightarrow \text{Y}$ 的离子反应可能为: $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$
D. 若 X 为单质,则工业制取 X 的反应为: $2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$

3. (2020·河西区一模)下列离子方程式或化学方程式正确的是

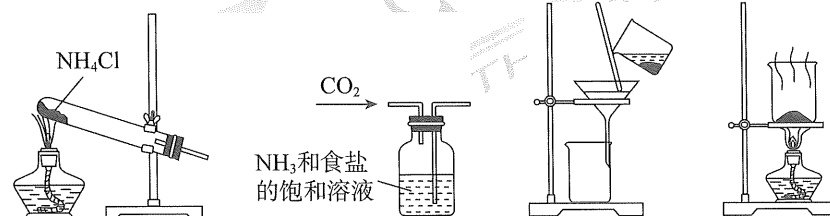
- A. 用 CuSO_4 溶液除去乙炔中的 H_2S : $\text{S}^{2-} + \text{Cu}^{2+} = \text{CuS} \downarrow$
B. 某种火箭发射逸出的 N_2O_4 变红棕色: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$
C. Na_2O_2 用于呼吸面具供氧: $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$
D. CuSO_4 溶液中加入过量氨水: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$

4. (2020·七校联考)如图是模拟“侯氏制碱法”制取 NaHCO_3 的部分装置。下列操作正确的是

- A. a 通入 CO_2 , 然后 b 通入 NH_3 , c 中放碱石灰
B. b 通入 NH_3 , 然后 a 通入 CO_2 , c 中放碱石灰
C. a 通入 NH_3 , 然后 b 通入 CO_2 , c 中放蘸稀硫酸的脱脂棉
D. b 通入 CO_2 , 然后 a 通入 NH_3 , c 中放蘸稀硫酸的脱脂棉

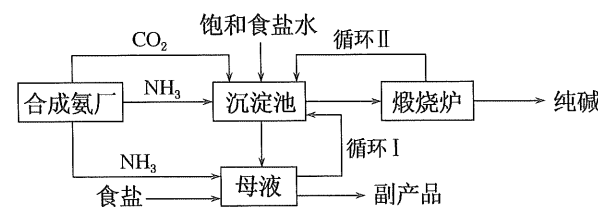


5. (2023·五校联考期中)根据侯氏制碱原理制备少量 NaHCO_3 的实验,经过制取氨气、制取 NaHCO_3 、分离 NaHCO_3 、干燥 NaHCO_3 四个步骤,下列图示装置和原理能达到实验目的的是



- A. 制取氨气 B. 制取碳酸氢钠 C. 分离碳酸氢钠 D. 干燥碳酸氢钠

6. (2020·实验中学三模)举世闻名的侯氏制碱法的工艺流程如下图所示,下列说法正确的是



- A. 往母液中加入食盐的主要目的是使 NaHCO_3 更多的析出

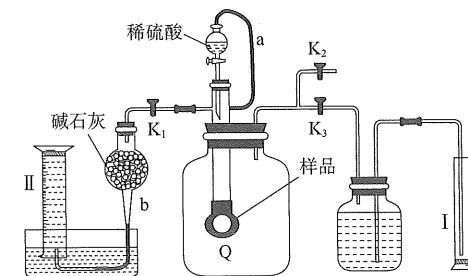
- B. 从母液中经过循环 I 进入沉淀池的主要是 Na_2CO_3 、 NH_4Cl 和氨水
C. 沉淀池中反应的化学方程式: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
D. 设计循环 II 的目的是使原料氯化钠的利用率大大提升

7. (2023·南开区一模)下列实验方案中,不能测定出 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的混合物中 Na_2CO_3 质量分数的是

- A. 取 a g 混合物充分加热,质量减少 b g
B. 取 a g 混合物与足量稀盐酸充分反应,加热、蒸干、灼烧,得到 b g 固体
C. 取 a g 混合物与足量 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液充分反应,过滤、洗涤、烘干,得到 b g 固体
D. 取 a g 混合物与足量稀硫酸充分反应,逸出气体用碱石灰吸收,质量增加 b g

提升题

8. 【难题】(2023·和平区三模)下图是为测定过氧化钠样品(只含 Na_2CO_3 杂质)纯度而设计的装置,气球 Q 弹性良好。

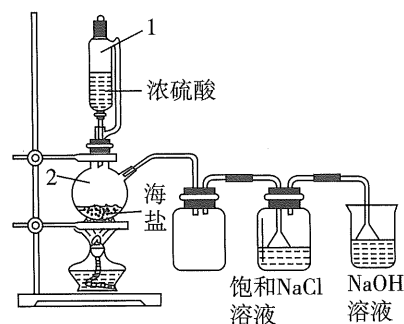


下列说法正确的是

- A. Q 中反应的离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, $2\text{O}_2^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
B. 测量气体体积时应先关闭 K_1 、 K_2 , 打开 K_3 , 待反应完毕后再缓缓打开 K_1
C. 没有导管 a 稀硫酸不易滴落下来,而且会导致测量气体的体积偏大
D. 若操作正确,量筒 I 中收集到 x mL 水,量筒 II 中收集到 y mL

气体,则 Na_2O_2 的质量分数为 $\frac{x}{x+y}$

(5)用图所示装置,以焙炒后的海盐为原料制备 HCl 气体,并通入 NaCl 饱和溶液中使 NaCl 结晶析出。



①写出制备 HCl 气体反应的化学方程式(产物之一为正盐)

②相比分液漏斗,选用仪器 1 的优点是

③写出仪器 2 的名称

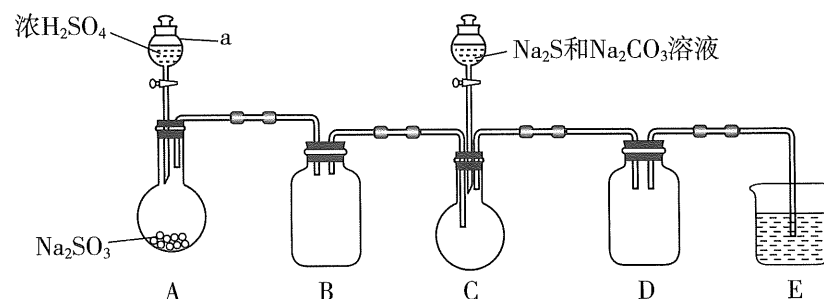
④盛放 NaOH 溶液的烧杯的用途是

(6)已知: $\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaCrO}_4 \downarrow$ (黄色); $\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ = \text{Cr}^{3+} + 3\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$

设计如下实验测定 NaCl 产品中 SO_4^{2-} 的含量,填写下列表格。

操作	现象	目的或结论
称取样品 m_1 g,加水溶解,加盐酸调至弱酸性,滴加过量 $c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ BaCl_2 溶液 V_1 mL	稍显浑浊	目的:
继续滴加过量 $c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ K_2CrO_4 溶液 V_2 mL	黄色沉淀	目的:沉淀过量的 Ba^{2+}
过滤洗涤,将滤液加水至 200.00 mL。取 25.00 mL 滤液于锥形瓶中,用 $c_3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeSO_4 溶液滴定 3 次。平均消耗 FeSO_4 溶液 V_3 mL		结论:测定 SO_4^{2-} 的质量分数
若某次滴定, FeSO_4 溶液不小心溅出 2 滴		计算得到的 SO_4^{2-} 的含量 (填“偏高”“偏低”或“不变”)

12. (2023·新华中学第二次月考)硫代硫酸钠是一种重要的化工产品。某兴趣小组制备硫代硫酸钠晶体($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)的实验装置如图所示(省略夹持装置):



主要实验步骤为:

①检查装置气密性,按图示加入试剂;

②先向 A 中烧瓶滴加浓硫酸,再向 C 中烧瓶加入 Na_2S 和 Na_2CO_3 混合溶液;

③待 Na_2S 和 Na_2CO_3 完全消耗后,结束反应。过滤 C 中混合物,滤液经一系列实验操作后得到产品。

已知:

i. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 是无色透明晶体,易溶于水,其稀溶液与 BaCl_2 溶液混合无沉淀生成;

ii. 向 Na_2CO_3 和 Na_2S 混合溶液中通入 SO_2 可制得 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 所得产品常含有少量 Na_2SO_3 和 Na_2SO_4 。

回答下列问题:

(1)仪器 a 的名称是; B、D 装置的作用是。

(2)上述实验步骤③中的一系列实验操作主要有、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥; E 中的试剂是。

(3)为检验产品中是否含有 Na_2SO_3 和 Na_2SO_4 , 该小组设计了以下实验方案(所需试剂从稀硝酸、稀硫酸、稀盐酸、蒸馏水中选择), 请将方案补充完整:

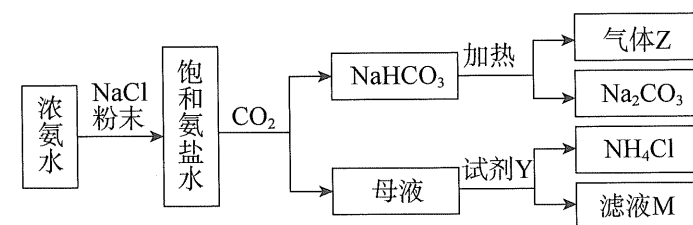
取适量产品配成稀溶液,滴加足量 BaCl_2 溶液,有白色沉淀生成,向沉淀中滴加足量的,若

(填实验现象),则可以确定产品中含有 Na_2SO_3 和 Na_2SO_4 。

(4)写出制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的总反应的化学方程式:

(5)称取样品 29.10 g,配成 500 mL 溶液,取出 250 mL 向其中加入足量稀硫酸,充分反应,静置、过滤、洗涤、干燥、称量得沉淀 1.60 g,则样品中硫代硫酸钠晶体的百分含量为 (保留到 0.1%)。

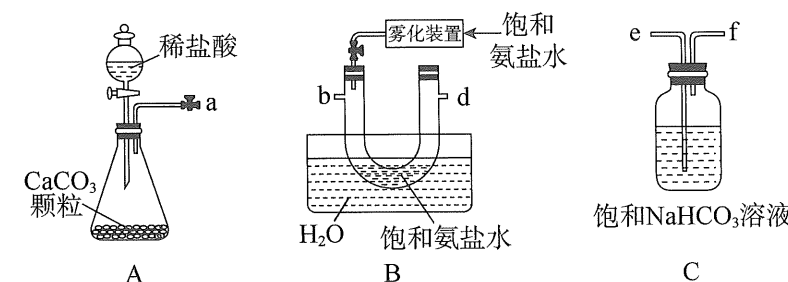
13. (2023·河西区三模)侯氏制碱法为国民经济发展做出了重要贡献。某化学兴趣小组在实验室中模拟并改进侯氏制碱法制备少量 NaHCO_3 , 得到副产品 Na_2CO_3 和 NH_4Cl , 流程如图:



请按要求回答下列问题。

(1)请写出上图制备 NaHCO_3 总反应的化学方程式:

(2)制取 CO_2 时为使下图 A 装置中分液漏斗内的稀盐酸顺利滴下,可将玻璃塞上的凹槽对准漏斗颈部的小孔或者。

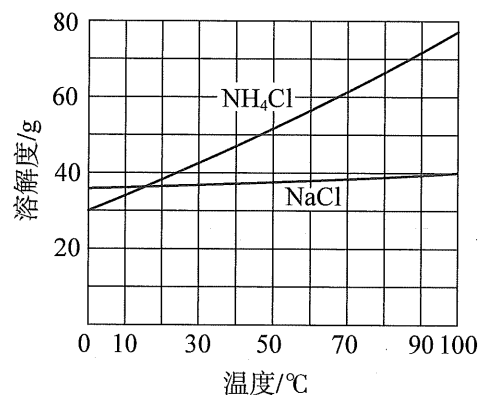


(3)制备 NaHCO_3 时,需将 A 装置产生的气体,与 B、C 装置导管进行连接,其接口顺序是 a (按气流方向,用小写字母表示)。“雾化装置”的优点是。

(4)反应完成后,将装置 B 中混合物进行处理,得到固体 NaHCO_3 和母液。

①将固体 NaHCO_3 充分加热,并将产生的气体先通过足量的试剂 X 吸收水分,再通过足量 Na_2O_2 , Na_2O_2 增重 0.14 g。试剂 X 为 _____, 产品 Na_2CO_3 的质量为 _____ g。

②已知 $\text{NaCl}(\text{s}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$; NaCl 和 NH_4Cl 溶解度曲线如图所示。



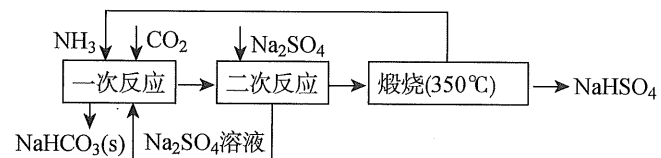
i. 为使 NH_4Cl 沉淀从母液中充分析出,需向母液中加入的试剂 Y 为 _____;

ii. 得到副产品 NH_4Cl 所需的操作有 _____、过滤、洗涤、干燥。

(5)题干实验流程中可以回收再利用的物质有 _____。

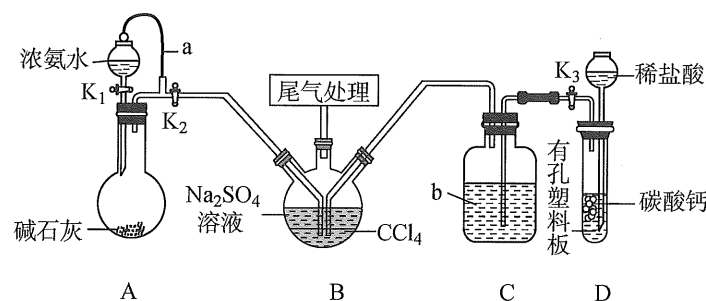
(6)称量吸收了一定量水分的 NaHCO_3 粉末,配制成 NaHCO_3 标准溶液,用于滴定未知浓度的盐酸。预测该标准液对滴定结果造成的影响是 _____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

14. (2021·红桥区二模)我国有丰富的 Na_2SO_4 资源,2020 年 10 月,中国科学院工程研究所公布了利用 Na_2SO_4 制备重要工业用碱 (NaHCO_3) 及盐 (NaHSO_4) 的闭路循环绿色工艺流程:



某校化学兴趣小组根据该流程在实验室中进行实验。回答下列问题:

(1)用以下实验装置图进行流程中的“一次反应”。



①装置 A 中盛装浓氨水的仪器名称为 _____; 橡皮管 a 的作用是 _____。

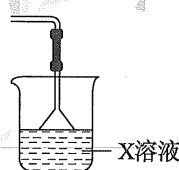
②装置 B 中加入 CCl_4 的目的是 _____。

③装置 D 中发生的离子方程式是 _____。

④装置 C 中的试剂 b 是 _____。

(2)在“二次反应”中,硫酸铵溶液与过量的硫酸钠反应生成溶解度比较小的复盐 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 分离该复盐与溶液需要的玻璃仪器有 _____。

(3)依据该流程的闭路循环绿色特点,“一次反应”与“煅烧(350℃)”的实验中均采用如图所示装置处理尾气,则烧杯中的 X 溶液最好选用 _____ 溶液。



(4)测定产品硫酸氢钠的纯度:称取 12.5 g 所得产品,配成 100.0 mL 溶液,每次取出配制的溶液 20 mL,用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液滴定,测得的实验数据如下表:

序号	1	2	3	4
标准溶液体积/mL	20.05	18.40	19.95	20.00

所得产品硫酸氢钠的纯度为 _____ (以百分数表示,保留三位有效数字)。

(5)分析上述流程图,写出利用该流程制备两种盐的总反应的化学方程式 _____。

焦点 2 镁、铝及其化合物

基础题

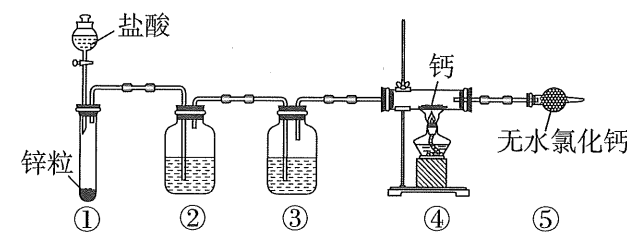
1. (2023·南开区期末)氮化铝广泛应用于电子、陶瓷等工业领域。在一定条件下, AlN 可通过反应 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlN} + 3\text{CO}$ 合成。下列说法正确的是 ()

- A. AlN 的摩尔质量为 41 g
- B. AlN 中氮元素的化合价为 +3
- C. 上述反应中, N_2 是还原剂, Al_2O_3 是氧化剂
- D. 上述反应中,每生成 1 mol AlN 需转移 3 mol 电子

2. (2020·实验中学三模)下列表述正确的是 ()

- A. 钢铁吸氧腐蚀中的正极反应: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
- B. 工业上用电解法制镁: $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
- C. 使 pH 试纸显蓝色的溶液中: Na^+ 、 Mg^{2+} 、 ClO^- 、 HSO_3^- 能大量共存
- D. $\frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Na^+ 、 HCO_3^- 、 K^+ 、 NO_3^- 能大量共存

3. (2023·新华中学第二次月考)氢化钙 (CaH_2) 与水反应可生成氢气,利用干燥纯净的氢气与钙在加热条件下制备氢化钙的装置如图所示:



则下列说法中正确的是 ()

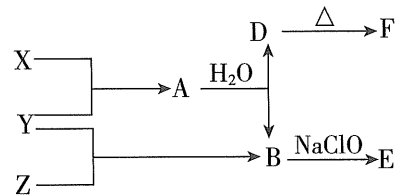
- A. 氢化钙与水反应时,氢化钙中的氢元素被还原
- B. 装置②、③中盛放的试剂依次是浓硫酸、 NaOH 溶液
- C. 点燃装置④中的酒精灯与打开分液漏斗旋塞可同时进行
- D. 装置⑤中的无水氯化钙也可以用碱石灰来代替

提升题

4. (2021·八校期中)某试液中只可能含有 K^+ 、 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 AlO_2^- 中的若干种离子,离子浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,某同学进行了如下实验,下列说法正确的是 ()



- A. 原溶液中存在 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
 B. 滤液 X 中大量存在的阳离子有 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 和 Ba^{2+}
 C. 无法确定沉淀 C 的成分
 D. 无法确定原试液中是否含有 Al^{3+} 、 Cl^-
5. (2022·南开区期末)已知 X、Y、Z 为常见的单质,其他为化合物,X 的组成元素是地壳中含量最多的金属元素。B 是一种能使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体,D 是一种常见的两性氢氧化物。各物质间的转化关系如下图所示(部分条件与产物已略去)。



回答下列问题:

- (1) E 是一种高能燃料,其组成元素与 B 相同,1 mol E 分子中不同原子的数目比为 1:2,且含有 18 mol 电子,则 E 的化学式为_____。
- (2) NaClO 的电子式为_____。
- (3) X 的原子核外电子占据最高能级的电子云轮廓图为_____形。
- (4) A 与 H_2O 反应的化学方程式为_____。
- (5) D 与强碱溶液反应的离子方程式为_____。
- (6) B 与 NaClO 反应时,1 mol NaClO 参加反应,转移 2 mol 电子,该反应的化学方程式为_____。
- (7) 一定条件下, X 与 TiO_2 、C(石墨)反应只生成 F 和碳化钛

(TiC),二者均为某些高温结构陶瓷的主要成分。已知,该反应生成 1 mol F 时放出 526 kJ 热量,其热化学方程式为_____。

6. (2023·红桥区二模)金属材料和复合材料在航空航天工业中具有重要的应用,请回答下列问题:

(1) 金属铼(Re)是生产航空发动机叶片必不可少的材料。 NH_4ReO_4 在高温下用 H_2 还原可制得金属铼,反应的化学方程式为_____。

(2) 硬铝中含 Mg、Si 等合金元素,因其密度小、强度高且耐腐蚀,常用于制造飞机的外壳。

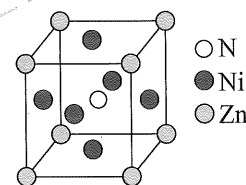
①基态 Al 原子核外电子的空间运动状态有_____种。

②Mg、Al、Si 的第一电离能由大到小的顺序为_____。

③ $AlCl_3$ 易与 Cl^- 形成配离子 $AlCl_4^-$, $AlCl_4^-$ 的空间构型为_____。

(3) 以 SiC 为连续基体的碳陶瓷是一种复合材料,可用于制造歼-20 的刹车片。SiC 的熔点比晶体 Si _____(填“高”或“低”),原因是_____。

(4) 氮元素可以与过渡金属元素形成化合物,其具备高硬度、高化学稳定性和优越的催化活性等性质。某三元氮化物是良好的超导材料,其晶胞结构如图所示。



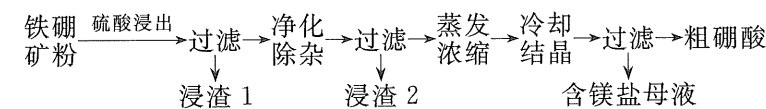
①基态 Ni 原子价层电子排布式为_____。

②与 Zn 原子距离最近且相等的 Ni 原子有_____个。

③ N_A 表示阿伏加德罗常数的值。若此晶体的密度为 $\rho \text{ g/cm}^3$, 则晶胞的边长为_____ nm。

7. (2023·部分区期中)硼及其化合物在工业上有许多用途。以铁硼矿(主要成分为 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 和 Fe_3O_4 , 还有少量 Fe_2O_3 、 FeO 、

CaO 、 Al_2O_3 和 SiO_2 等)为原料制备硼酸(H_3BO_3 , 白色片状晶体, 溶于水和酒精等, 对人体的受伤组织有防腐消毒作用)的工艺流程如图所示:



该工艺条件下,有关金属离子开始沉淀和沉淀完全的 pH 见下表(室温下):

金属离子	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Fe^{2+}
开始沉淀($c=0.01 \text{ mol/L}$)的 pH	2.2	3.7	9.5	12.3	6.3
沉淀完全($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$)的 pH	3.2	4.7	11.0	13.8	8.3

(1) 硼在元素周期表中的位置为_____; 硼元素有两种天然同位素 ^{10}B 和 ^{11}B , 硼元素的近似相对原子质量为 10.8, 则两种同位素原子的原子个数之比为_____。

(2) 写出 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 与硫酸反应的化学方程式:_____。

(3) 利用 Fe_3O_4 的磁性,可将其从“矿粉”中分离,“浸渣 1”中还剩余的物质是_____ (填化学式)。

(4) “净化除杂”需先加 H_2O_2 溶液,作用是:_____ ; 然后再调节溶液的 pH 约为 5, 目的是:_____。

(5) 以硼酸为原料可制得硼氢化钠($NaBH_4$), 其电子式为_____。

(6) H_3BO_3 溶液中存在 $H_3BO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- (aq) + H^+(aq)$ 的平衡。下列关于硼酸的说法正确的是_____ (填字母)。

- a. H_3BO_3 是一元酸
 b. 其水溶液中,水的电离平衡受到抑制
 c. 硼酸和过量 NaOH 溶液反应的方程式为 $H_3BO_3 + NaOH = Na[B(OH)_4]$

微信公众号：玩转数学黄老师
全科一飞冲天下载

专题十六



铁及其化合物

基础题

1. (2020·新华中学第十二次统练) 下列颜色变化与氧化还原反应无关的是 ()

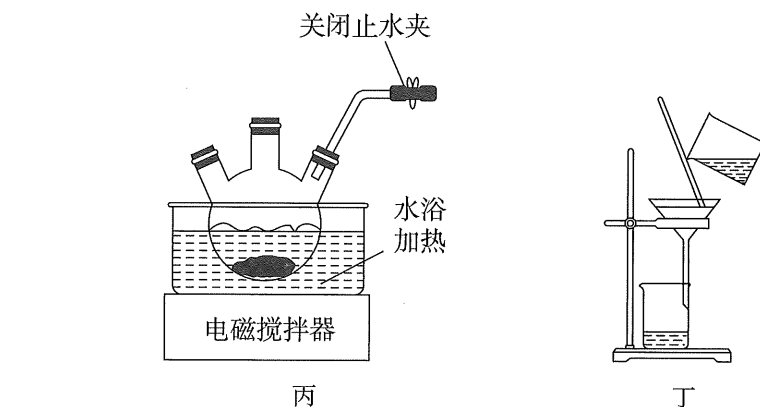
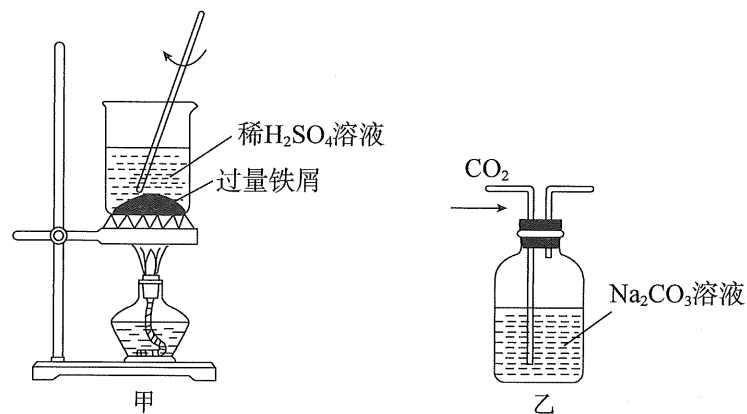
- A. 湿润的红色布条遇氯气褪色
- B. 棕黄色 FeCl_3 饱和溶液滴入沸水中变红褐色
- C. 紫色酸性 KMnO_4 溶液通入乙烯气体后褪色
- D. 浅黄色 Na_2O_2 固体露置于空气中逐渐变为白色

2. (2023·耀华中学第三次月考) 以废铁屑为原料制备硫酸亚铁晶体的实验过程如图, 下列说法正确的是 ()



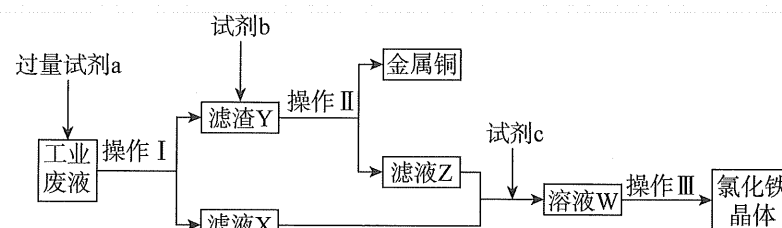
- A. 取少量酸浸后的溶液, 滴加硫氰化钾溶液, 未变红色, 说明废铁屑中不含+3价铁元素
- B. 人体血红蛋白是亚铁离子配合物, 硫酸亚铁可用于治疗缺铁性贫血
- C. 过滤步骤说明硫酸亚铁晶体难溶于水
- D. 实验过程不直接蒸发结晶的原因是防止 FeSO_4 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$

3. (2023·天津一中第四次月考) 实验室制取 FeSO_4 溶液和 NaHCO_3 溶液, 并利用两者反应制取 FeCO_3 , 下列有关实验装置和操作不能达到实验目的的是 ()



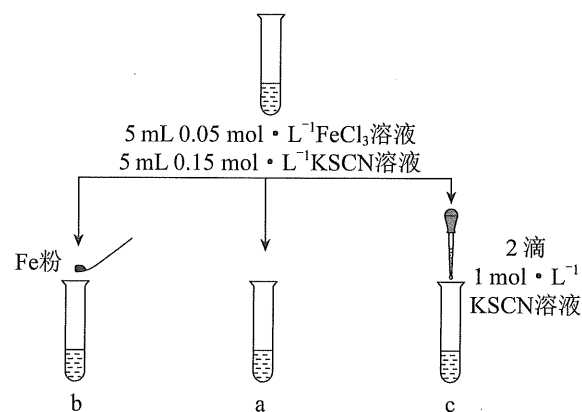
- A. 用装置甲制取 FeSO_4 溶液
- B. 用装置乙制取 NaHCO_3 溶液
- C. 用装置丙制取 FeCO_3
- D. 用装置丁过滤所得的浊液

4. (2024·南开中学第一次月考) 从某含有 FeCl_2 、 FeCl_3 、 CuCl_2 的工业废液中回收铜并制备氯化铁晶体的流程如下。下列说法正确的是 ()



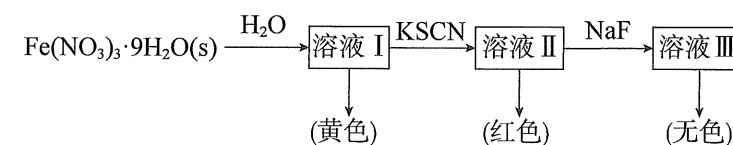
- A. 试剂 a 是铁、试剂 b 是稀硫酸
- B. 操作 I、操作 II、操作 III 所用仪器相同
- C. 试剂 c 是氯气, 相应的反应为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$
- D. 用酸性 KMnO_4 溶液可检验溶液 W 中是否含有 Fe^{2+}

5. (2023·河西区期末) 分析如下实验操作, 对 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$ 平衡产生的影响, 说法正确的是 ()



- A. 试管 b 中的反应为 $\text{Fe} + \text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$
- B. 该反应的平衡常数随 $c(\text{SCN}^-)$ 的增大而增大
- C. 试管 b 溶液颜色较 a 中的浅, 说明增大 $c(\text{Fe}^{2+})$, 平衡向逆向移动
- D. 试管 c 溶液颜色较 a 中的深, 说明增大 $c(\text{SCN}^-)$, 平衡向正向移动

6. (2023·天津一中第四次月考) Fe^{3+} 的配位化合物较稳定且应用广泛。 Fe^{3+} 可与 H_2O 、 SCN^- 、 F^- 、 Cl^- 等配体形成使溶液呈浅紫色的 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 、红色的 $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ 、无色的 $[\text{FeF}_6]^{3-}$ 、黄色的 $[\text{FeCl}_4]^-$ 配离子。某同学按如下步骤完成实验:



已知: 向 Co^{2+} 的溶液中加入 KSCN 溶液生成蓝色的 $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ 配离子; Co^{2+} 不能与 F^- 形成配离子。下列说法不正确的是 ()

- A. I 中溶液呈黄色可能是由 Fe^{3+} 水解产物的颜色造成
- B. 向溶液 III 中加入足量的 KSCN 固体, 溶液可能再次变为红色
- C. 可用 NaF 和 KSCN 溶液检验 FeCl_3 溶液中是否含有 Co^{2+}
- D. 为了能观察到溶液 I 中 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的颜色, 可向该溶液中加入稀盐酸

提升题

7. (2023·河西区期中) 铁在生产生活中有重要应用。请按要求回答下列问题。

(1) 铁元素的化合价多变与其原子结构密切相关。

- ① 写出铁元素在周期表中的位置: _____。
- ② 基态铁原子的价电子排布式为 _____。
- ③ 由此从氧化性与还原性角度预测铁单质和+2价铁的化合物均具有的化学性质是 _____。

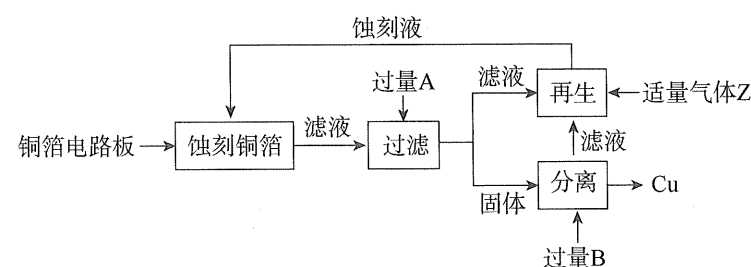
(2) 硫酸亚铁补铁剂糖衣药片的成分鉴定。

- ① 该药片表面糖衣起到的主要作用是 _____。

②取几粒糖衣药片于试管中进行如下实验:

实验过程	所加试剂	现象或解释
i. 加水溶解	同时加少量盐酸,分装于a、b、c三支试管中,做如下实验	用离子方程式表示加盐酸的目的: _____
ii. 检验 SO_4^{2-}	试管a中滴加 _____ 溶液	有白色沉淀产生
iii. 检验 Fe^{2+}	试管b中滴加黄色的 _____ 溶液	现象是 _____
iv. 检验药剂是否变质	试管c中滴加 _____ 溶液	溶液变红,故药片变质。离子方程式为 _____

(3)氯化铁溶液在工业上用于蚀刻铜箔电路板。从蚀刻后的废液中可回收铜并使蚀刻液再生,流程如图所示(省略部分物质):

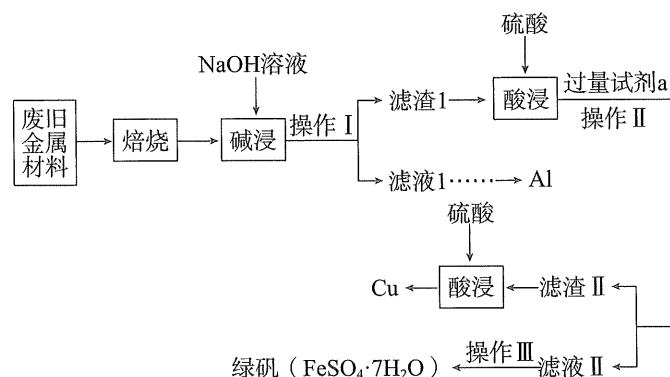


①写出蚀刻铜箔的离子方程式:

②写出蚀刻液再生的离子方程式:

③A为 _____; B为 _____。

8. (2023·天津一中第二次月考)某废旧金属材料中主要含Fe、Cu、Al、 Fe_2O_3 、FeO、 Al_2O_3 、CuO和可燃性有机物,为节约和充分利用资源,通过如下工艺流程回收Al、Cu、绿矾等。回答下列问题:



(1)“焙烧”的目的主要是将金属单质转化为氧化物,并除去 _____。

(2)“碱浸”时发生反应的化学方程式为 _____。

(3)操作I、II中使用的仪器除烧杯、玻璃棒外还需要的玻璃仪器是 _____。

(4)试剂a为 _____(填化学式),加入试剂a后发生的化学反应中有一个属于化合反应,其离子方程式为 _____。

(5)滤液II制取绿矾晶体需先加入少量稀硫酸再经过 _____、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到绿矾晶体。

(6)绿矾在空气中容易被部分氧化为硫酸铁,现取部分被氧化为硫酸铁的晶体8.22 g溶于稀盐酸后,加入足量的 BaCl_2 溶液,过滤得沉淀9.32 g;再通入112 mL(标准状况)氯气恰好将其中的 Fe^{2+} 完全氧化。

①为确定绿矾未被全部氧化,可选择的最佳试剂是 _____(填序号)。

A. H_2O_2

B. KSCN溶液

C. NaOH溶液

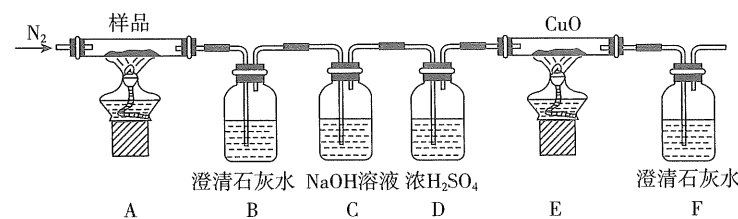
D. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液

②推测晶体中 $n(\text{Fe}^{2+}) : n(\text{Fe}^{3+}) =$ _____。

9. 【难题】(2021·南开中学第四次月考) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (三草酸合铁酸钾)为亮绿色晶体,可用于晒制蓝图。回答下列问题:

(1)晒制蓝图时,用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 作感光剂,以 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液为显色剂。其光解反应的化学方程式为 $2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{FeC}_2\text{O}_4 + 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow$;显色反应的化学方程式为 _____。

(2)某小组为探究三草酸合铁酸钾的热分解产物,按下图所示装置进行实验。



①通入氮气的目的是 _____。

②实验中观察到装置B、F中澄清石灰水均变浑浊,装置E中固体变为红色,由此判断热分解产物中一定含有 _____。

③为防止倒吸,停止实验时应进行的操作是 _____。

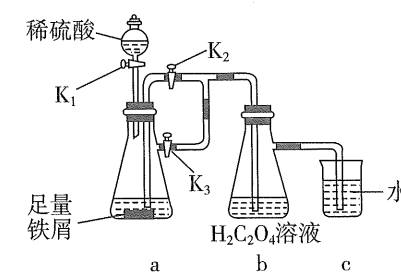
④样品完全分解后,装置A中的残留物含有FeO和 Fe_2O_3 ,检验 Fe_2O_3 存在的方法是 _____。

(3)测定三草酸合铁酸钾中铁的含量。

①称量16.80 g样品于锥形瓶中,溶解后加稀 H_2SO_4 酸化,用一定浓度 KMnO_4 溶液滴定至终点。滴定终点的现象是 _____。

②向上述溶液中加入过量锌粉至反应完全后,过滤、洗涤,将滤液及洗涤液全部收集到锥形瓶中。加稀 H_2SO_4 酸化,用0.3000 mol·L⁻¹ KMnO_4 溶液滴定至终点,消耗 KMnO_4 溶液20.00 mL。该晶体中铁的质量分数为 _____。

10. (2021·河北区一模)草酸亚铁($\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)常用作分析试剂及显影剂,其溶解度冷水中为0.22 g,热水中为0.026 g,具有强还原性。某化学小组利用工业废铁屑设计如下装置制备草酸亚铁晶体。回答下列问题:



(1)实验前需将废铁屑在5%的 Na_2CO_3 溶液中加热并用蒸馏水洗涤干净,则 Na_2CO_3 溶液的作用是 _____。

(2)组装好装置添加试剂前,首先需要 _____,实验过程中装置c的作用是 _____。

(3)实验过程:在相应装置添加试剂后,需要让a瓶中反应先进行一段时间以排出空气,进行的操作是打开 K_1 ,将一定量稀硫酸

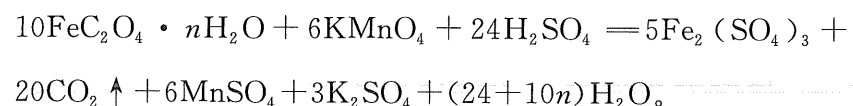
加入 a 瓶后关闭 K_1 , 同时还要进行的操作是 _____, 一段时间后, 需要将 a 装置中的硫酸亚铁溶液导入装置 b 中, 其操作是 _____。

(4) b 中生成的沉淀需过滤、洗涤、干燥, 洗涤时最好选用下列试剂中的 _____ (填序号)。

a. 硫酸 b. 冷水 c. 热水

检验洗涤干净的方法是(用文字描述) _____。

(5) 准确称取 9 g 草酸亚铁晶体 ($\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 于锥形瓶中, 加入一定量硫酸溶解并加热至 50°C , 然后用 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 标准溶液滴定, 达到滴定终点时用去 30 mL 标准溶液。滴定反应为:



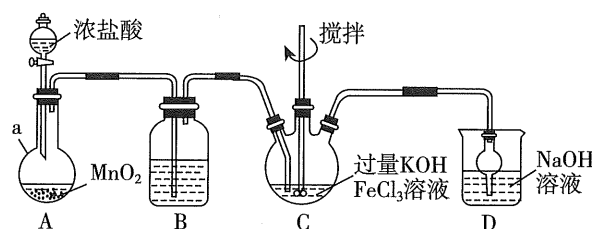
①判断滴定终点的依据为 _____。
② $n =$ _____。

11. (2021 · 红桥区一模) 高铁酸盐是优良的多功能水处理剂。

K_2FeO_4 为紫色固体, 可溶于水, 微溶于浓 KOH 溶液, 难溶于有机物; 在 $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 、强碱性溶液中比较稳定, 在酸性、中性溶液中易分解放出 O_2 。某实验小组制备高铁酸钾 (K_2FeO_4) 并测定产品纯度。回答下列问题:

I. 制备 K_2FeO_4

装置如下图所示, 夹持、加热等装置略。



(1) 仪器 a 的名称是 _____, 装置 B 中除杂质所用试剂是 _____, 装置 D 的作用是 _____。

(2) A 中发生反应的离子方程式为 _____。

(3) C 中反应为放热反应, 而反应温度须控制在 $0 \sim 5^\circ\text{C}$, 采用的控温方法为 _____, 反应中 KOH 必须过量的原因是 _____。

(4) 写出 C 中总反应的离子方程式 _____。
C 中混合物经重结晶、有机物洗涤纯化、真空干燥, 得到高铁酸钾晶体。

II. K_2FeO_4 产品纯度的测定

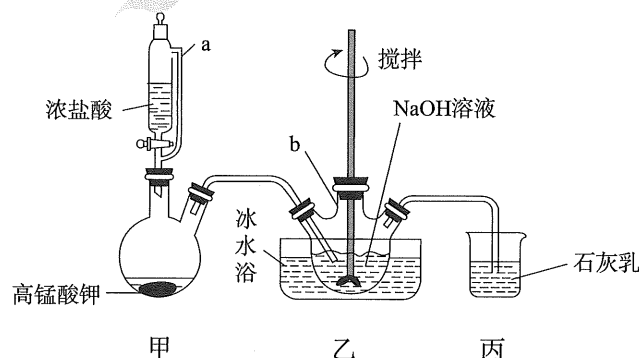
准确称取 1.00 g 制得的晶体, 配成 250 mL 溶液, 准确量取 25.00 mL K_2FeO_4 溶液放入锥形瓶, 加入足量 CrCl_3 和 NaOH 溶液, 振荡, 再加入稀硫酸酸化后得 Fe^{3+} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 滴入几滴二苯胺磺酸钠作指示剂, 用 0.0500 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液滴定至终点(溶液显浅紫红色), 平行测定三次, 平均消耗 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液 28.00 mL。

(5) 根据以上数据, 样品中 K_2FeO_4 的质量分数为 _____。若 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液部分变质, 会使测定结果 _____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

12. (2022 · 河北区二模) 实验室以次氯酸盐和铁盐为原料制备少量 K_2FeO_4 的操作步骤如下:

I. 制备 NaClO 强碱性饱和溶液:

①将 20 mL NaOH 溶液加入仪器 b 中, 冷水浴冷却, 通入 Cl_2 , 搅拌, 直至溶液变为黄绿色且有少量白色晶体析出为止(装置如图所示)。



②将所得饱和 NaClO 倒入烧杯并置于冷水浴中, 分几次加入 20 g NaOH 固体并不断搅拌, 过滤, 得 NaClO 强碱性饱和溶液。

(1) 甲装置中 a 管的作用是 _____。

(2) 写出甲装置中反应的化学方程式 _____。

(3) 石灰乳的作用是 _____。

(4) 反应过程中用冷水浴冷却的原因是 _____。

II. 合成 K_2FeO_4 :

①称取 5.05 g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (相对分子质量为 404) 固体, 在冷水浴中分批加入 I 中所得滤液, 并不断搅拌, 反应 1 小时后溶液呈深紫红色(即 Na_2FeO_4)。

②离心分离除去 Na_2FeO_4 水解得到的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 留上层清液(深紫红色)。

③向②的上层清液中缓慢加入 KOH 饱和溶液 50.00 mL, 冰水浴保持 5 min, 过滤, 得 K_2FeO_4 (相对分子质量为 198) 粗产品。

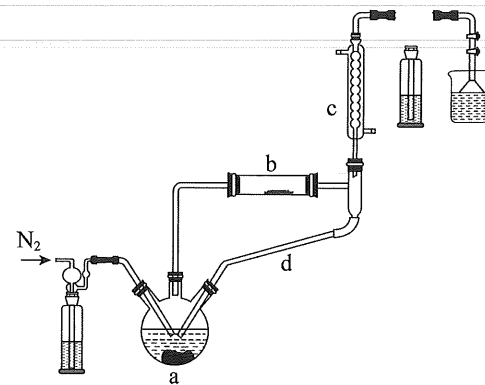
④将粗产品重结晶, 并用异丙醇洗涤, 低温烘干, 得纯产品 2.13 g。

(5) 合成 Na_2FeO_4 的离子方程式为 _____。

(6) 用异丙醇洗涤的目的是 _____。

(7) K_2FeO_4 的产率为 _____ (保留至 0.1%)。

13. (2023 · 宝坻一中线上期末) 实验室利用 $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 和亚硫酰氯 (SOCl_2) 制备无水 FeCl_2 的装置如图所示(加热及夹持装置略)。已知: SOCl_2 沸点为 76°C , 遇水极易反应生成两种酸性气体。回答下列问题:



(1) 实验开始先通 N_2 。一段时间后, 先加热装置 _____ (填“a”或“b”)。装置 b 内发生反应的化学方程式为 _____。

装置 c 的名称是 _____, 装置 c、d 共同起到的作用是 _____。

(2) 现有含少量杂质的 $\text{FeCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 为测定 n 值进行如下实验:

实验 I: 称取 $m_1 \text{ g}$ 样品, 用足量稀硫酸溶解后, 用 $c \text{ mol/L}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液滴定 Fe^{2+} 达终点时消耗 $V \text{ mL}$ (滴定过程中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 转化为 Cr^{3+} , Cl^- 不反应)。

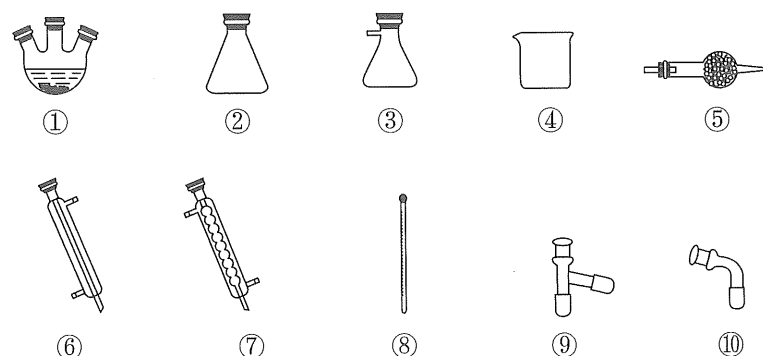
实验 II: 另取 $m_1 \text{ g}$ 样品, 利用上述装置与足量 SOCl_2 反应后, 固体质量为 $m_2 \text{ g}$ 。

则 $n = \underline{\hspace{2cm}}$; 滴定时发生反应的离子方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$

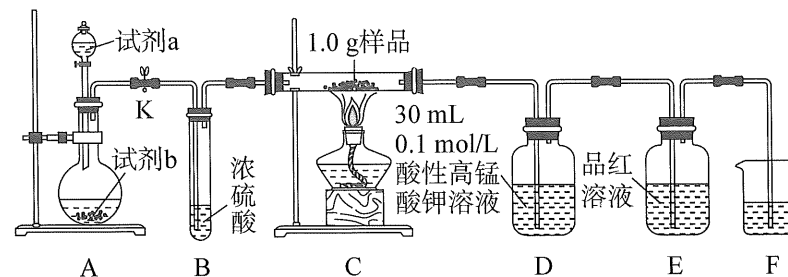
$\underline{\hspace{2cm}}$ 。下列情况会导致 n 测量值偏小的是 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填字母)。

- A. 样品中含少量 FeO 杂质
- B. 样品与 SOCl_2 反应时失水不充分
- C. 实验 I 中, 称重后样品发生了潮解
- D. 滴定达终点时发现滴定管尖嘴内有气泡生成

(3) 用上述装置、根据反应 $\text{TiO}_2 + \text{CCl}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{TiCl}_4 + \text{CO}_2$ 制备 TiCl_4 。已知 TiCl_4 与 CCl_4 分子结构相似, 与 CCl_4 互溶, 但极易水解。选择合适仪器并组装蒸馏装置对 TiCl_4 、 CCl_4 混合物进行蒸馏提纯(加热及夹持装置略), 安装顺序为 ①⑨⑧ $\underline{\hspace{2cm}}$ (填序号), 先馏出的物质为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



14. (2023 · 南开中学第六次月考) 科学界目前流行的关于生命起源理论认为生命起源于约 40 亿年前古洋底的热液环境, 那里普遍存在铁硫簇化合物(用 Fe_xS_y 表示), 为探究其组成, 某小组设计了如下实验:



已知: i. 样品中杂质不溶于水、盐酸, 且不参与装置 C 中反应;
ii. Mn^{2+} 在稀溶液中近乎无色。

实验步骤:

- ①按图连接装置, 进行气密性检查, 然后装入相应的药品;
- ②通入氧气并加热, 装置 C 中固体逐渐转变为红棕色;
- ③待固体完全转化后, 取装置 D 中的溶液 6.00 mL 于锥形瓶中, 用 $0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的草酸溶液滴定未反应完的高锰酸钾, 平均消耗草酸溶液 5.00 mL (装置 D 中溶液体积反应前后不变);
- ④取装置 C 中的残留固体于烧杯中, 加入稀盐酸, 充分搅拌后过滤;
- ⑤向滤液中加入足量氢氧化钠溶液, 出现沉淀。过滤后取滤渣灼烧, 得到 0.320 g 固体。

(1) A 为 O_2 发生装置, 则试剂 a、b 可以分别是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 、 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。该铁硫簇化合物与 O_2 反应的产物的化学式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 装置 E 中品红溶液的作用是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

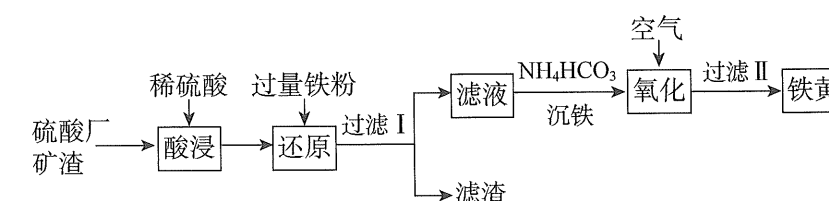
(3) 实验步骤③中取装置 D 中的溶液 6.00 mL 于锥形瓶所用的量取仪器是 $\underline{\hspace{2cm}}$, 请写出草酸溶液滴定酸性高锰酸钾溶液时反应的离子方程式: $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 为防止污染, F 中试剂应为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 步骤⑤中灼烧滤渣应在 $\underline{\hspace{2cm}}$ 进行(填仪器名称)。

(5) 若配制草酸标准液时, 定容操作俯视刻度线, 则导致 $x:y$ 的值 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“偏大”或“偏小”)。

(6) 若实验完成时装置 E 中品红溶液无变化, 根据上述实验所得数据, 可确定该铁硫簇化合物的化学式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

15. (2023 · 新华中学统练) 以硫酸厂矿渣(含 Fe_2O_3 、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 SiO_2 等)为原料制备铁黄(FeOOH)的一种工艺流程如图所示:



资料: i. $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 化学性质极不活泼, 不溶于水也不溶于酸或碱。

ii. $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 2.8 \times 10^{-9}$; $K_{sp}(\text{FeCO}_3) = 2 \times 10^{-11}$ 。

请回答下列问题:

(1) 为了提高“酸浸”的效率可以采用的措施有(写出两种) $\underline{\hspace{2cm}}$ 、 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) “还原”过程中的离子方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) “滤渣”中的主要成分为 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填化学式)。

(4) ①“沉铁”过程中有 CO_2 气体产生, 反应的离子方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

②“沉铁”过程中往往有副产物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 生成, 分析原因是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

③若用 CaCO_3 “沉铁”, 则无副产物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 产生, 当反应完成时, 溶液中 $\frac{c(\text{Ca}^{2+})}{c(\text{Fe}^{2+})} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(5) 请写出氧化过程生成铁黄的化学方程式 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(6) 利用制备的铁黄进行如下实验:



①加入氯水后颜色加深的原因可能是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

②某同学发现实验中加入过量新制氯水, 放置一段时间后, 深红色会逐渐褪去, 褪色后的溶液中继续滴加 KSCN 溶液, 又出现红色, 则褪色的原因可能是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

专题十七



碳、硅及其化合物

焦点 1 碳及其化合物

基础题

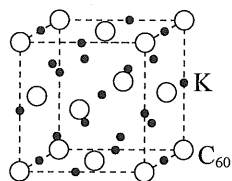
1. (2022·南开区期末)我国提出争取在 2030 年前实现碳达峰,2060 年前实现碳中和,这对于改善环境,实现绿色发展至关重要。“碳中和”是指 CO_2 的排放总量和减少总量相当。下列措施中能促进碳中和最直接有效的是 ()

- A. 开采可燃冰作为新能源
B. 研发催化剂将 CO_2 还原为甲醇
C. 将重油裂化为汽油作为燃料
D. 通过清洁煤技术减少煤燃烧污染

2. 下列说法错误的是 ()

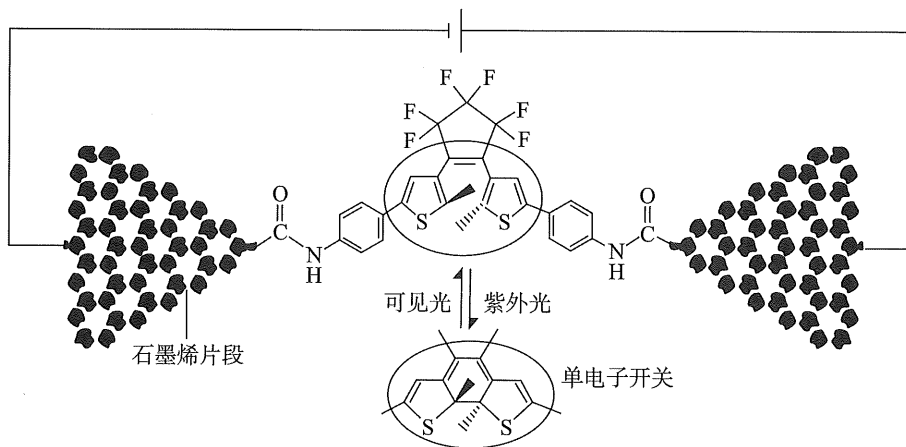
- A. 神舟十二号载人飞船表面使用的高温结构陶瓷为传统无机非金属材料
B. 航天领域使用的碳纳米管与石墨烯互为同素异形体
C. 科学家们利用出土木炭中的 ^{14}C 来测定三星堆遗址的年代
D. 造型极具地方特色的陶器是由黏土高温烧结而成

3. (2023·部分区二模)碳的一种单质 C_{60} 可以与钾形成低温超导化合物,晶体结构如图所示,K 位于立方体的棱上和立方体的内部。下列说法中不正确的是 ()



- A. 金刚石、石墨和 C_{60} 都属于碳的同素异形体
B. 电负性: $\text{K} > \text{C}$
C. C_{60} 晶胞结构和干冰相似
D. 此化合物的化学式为 K_3C_{60}

4. (2024·南开区期末)我国科学家合成首例可控单分子电子开关器件。该分子在紫外光照射下关环(电路接通),在可见光照射下开环(电路断开),其微观示意图如下:



下列说法不正确的是 ()

- A. 石墨烯可以导电
B. 单分子开关经紫外光照射形成了极性键
C. 水解反应可使单分子开关与石墨烯片段分离
D. 紫外光照射后,单分子开关体系内的电子具有流动性,故可以导电

5. (2020·南开区二模)科学家正在研究温室气体 CH_4 和 CO_2 的转化和利用。

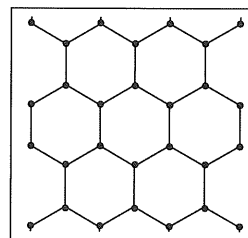
- (1) CH_4 和 CO_2 所含的三种元素中电负性最大的为 (填元素符号)。
(2) 下列关于 CH_4 和 CO_2 的说法不正确的是 (填字母)。
a. 固态 CO_2 属于分子晶体
b. CH_4 分子中含有极性共价键,是非极性分子
c. 因为碳氢键键能小于碳氧键,所以 CH_4 熔点低于 CO_2
d. CH_4 和 CO_2 分子中碳原子的杂化类型分别是 sp^3 和 sp^2



提升题

6. (2020·天津市适应性考试)碳和硅均为元素周期表中第 IV A 族的元素,其单质和化合物有着重要应用。

- (1) 石墨烯是只有一个碳原子直径厚度的单层石墨,最早是由科学家用机械剥离的方法从石墨中分离出来,其部分性能优于传统的硅材料,具有广泛的应用前景。



- ① 写出基态碳原子的电子排布式:

_____。石墨烯中 C 的杂化类型为 _____ 杂化。

② 右图为单层石墨烯的结构示意图。12 g 的石墨烯中由 C 原子连接成的六元环的物质的量约为 _____ mol。

③ 石墨烯加氢制得的石墨烷,可用 $(\text{CH})_n$ 表示。下列有关叙述正确的是 _____ (填字母)。

- a. 石墨烷属于烷烃
b. 石墨烷难溶于水
c. 石墨烷中所有碳原子共平面
d. 石墨烷可以发生加成反应

④ 石墨烯可由加热 SiC 晶体脱除 Si 的方法制得。该过程属于 _____ (填字母)。

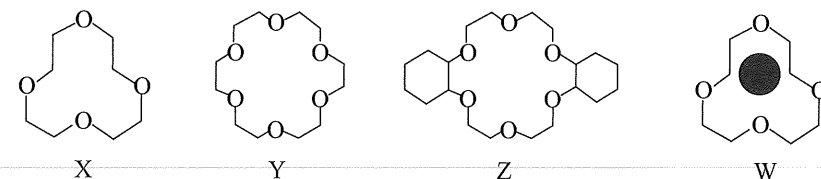
- a. 物理变化
b. 分解反应
c. 氧化还原反应

(2) SiC 的晶体结构与晶体硅类似。SiC 的晶体类型为 _____, 晶体中 Si 原子与 Si—C 键的数目之比为 _____。

(3) CHCl_3 与 SiHCl_3 空间构型相似,但性质不同:前者不易与水反应,但后者与水剧烈反应,生成两种酸和一种气体,写出该反应的化学方程式: _____。

7. (2022·天津一中第四次月考)碳族元素及其化合物在材料领域有广泛应用。

(1) 冠醚是由多个二元醇分子之间失水形成的环状化合物。X、Y、Z 是常见的三种冠醚,其结构如图所示。它们能与碱金属离子作用,并且随着环的大小不同而与不同金属离子作用。



① Li^+ 半径与 X 的空腔大小相近,恰好能进入到 X 的环内,且与氧原子的一个孤电子对作用形成稳定结构 W (如图)。基态碳原子核外有 _____ 种运动状态不同的电子,其价电子轨道表示式为 _____。W 中 Li^+ 与孤电子对之间的作用属于 _____ (填序号)。

- A. 离子键
B. 分子间作用力
C. 氢键
D. 配位键

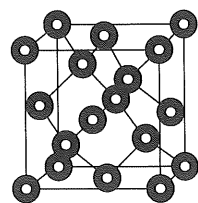
② 冠醚 Y 能与 K^+ 形成稳定结构,但不能与 Li^+ 形成稳定结构,理由是 _____。

③ 冠醚分子中 C—O—C 的键角 _____ $109^\circ 28'$ (填“>”“<”或“=”)。

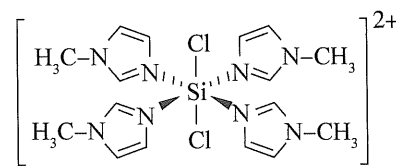
(2) 金刚石、晶体硅和碳化硅的熔点由高到低的顺序为_____

(用化学式表示); 金刚石的晶胞结构如图甲, 晶胞边长为 a pm,

金刚石的密度可表示为_____ g/cm^3 。



甲



乙

(3) SiCl_4 与 N-甲基咪唑 ($\text{H}_3\text{C}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_3$) 反应可以得到 M^{2+} , 其结构如图乙所示: N-甲基咪唑分子中碳原子的杂化轨道类型为_____

图乙所示: N-甲基咪唑分子中碳原子的杂化轨道类型为_____

_____, 1 个 M^{2+} 中含有_____个 σ 键;

焦点 2 硅及其化合物

基础题

1. 下列说法正确的是 ()

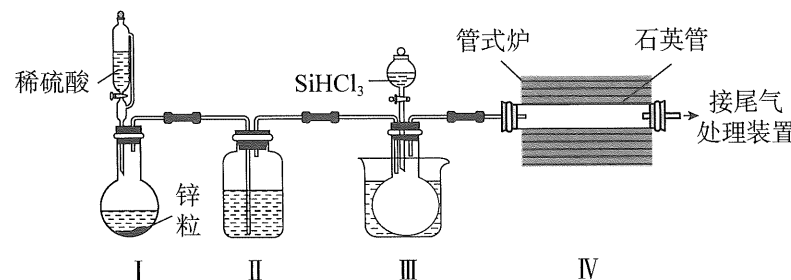
- A. SiO_2 由于导电能力强而被用于北斗三号全球导航卫星计算机芯片
- B. 安装煤炭燃烧过程中的“固硫”装置, 主要是为了提高煤的利用率
- C. 高锰酸钾溶液、酒精和过氧化氢溶液均能杀菌消毒, 都利用了强氧化性
- D. 以“地沟油”为原料生产的生物柴油与以石油为原料生产的柴油化学成分不同

2. (2023 · 宝坻一中线上期末) 下列说法正确的是 ()

- A. “结草为庐”所用的秸秆, 经现代科技可转化为苯乙酸、苯乙醇、苯乙烯等芳香烃
- B. 天和核心舱电推进系统腔体的氮化硼陶瓷属于新型无机非金属材料
- C. 太阳能电池翼伸展机构用到的 SiC 是一种新型硅酸盐材料
- D. 涤纶、石墨烯、纤维素属于有机高分子化合物

3. (2022 · 和平区三模) 制造芯片用到高纯硅, 用 SiHCl_3 (沸点: 31.85°C , SiHCl_3 遇水会剧烈反应, 易自燃) 与过量 H_2 在 $1100\sim 1200^\circ\text{C}$ 反应制备高纯硅的装置如图所示(夹持装置和尾气处理装

置略去), 下列说法不正确的是 ()



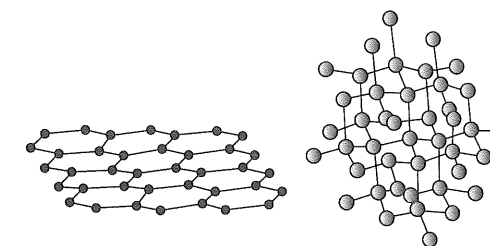
- A. 整个实验的关键是控温、检查装置气密性和排尽装置中的空气
- B. 装置 II、III 中依次盛装的是浓 H_2SO_4 、温度高于 32°C 的温水
- C. 实验时, 先打开装有稀硫酸仪器的活塞, 收集尾气验纯, 再预热装置 IV 石英管
- D. 尾气处理可直接通入 NaOH 溶液中

4. (2020 · 河北区一模) 锗(Ge) 是典型的半导体元素, 在电子、材料等领域应用广泛。请回答下列问题:

- (1) Ge 在周期表中的位置: _____, 基态 Ge 原子的核外电子排布式为 $[\text{Ar}]$ _____, 有 _____ 个未成对电子。
- (2) 光催化还原 CO_2 制备 CH_4 反应中, 带状纳米 Zn_2GeO_4 是该反应的良好催化剂。Ge、O 两元素电负性由大至小的顺序是 _____。
- (3) Ge 单晶具有金刚石型结构, 其中 Ge 原子的杂化方式为 _____, 微粒之间存在的作用力是 _____。
- (4) 晶胞参数, 描述晶胞的大小和形状, 已知 Ge 单晶的晶胞参数 $a = 565.76 \text{ pm}$ ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$), 其密度为 _____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式即可)。

5. (2023 · 南开中学第三次月考) 工业上用焦炭还原石英砂制得含有少量杂质的粗硅, 将粗硅通过化学方法进一步提纯, 可以得到高纯硅。回答下列问题:

- (1) 石英砂制粗硅的化学方程式为 _____。
- (2) 处于一定空间运动状态的电子在原子核外出现的概率密度分布可用 _____ 形象化描述。在基态 ^{14}C 原子中, 核外存在 _____ 对自旋相反的电子。
- (3) 碳有多种同素异形体, 其中石墨烯与金刚石的晶体结构如图所示。

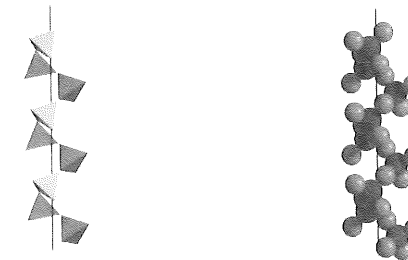


石墨烯晶体

金刚石晶体

- ① 在石墨烯晶体中, 每个六元环占有 _____ 个 C 原子。
- ② 在金刚石晶体中, C 原子所连接的最小环也为六元环, 每个 C 原子连接 _____ 个六元环。
- ③ 写出金刚石的硬度大于晶体硅的原因: _____。

(4) SiO_2 的晶体类型是 _____ 晶体, 一种 SiO_2 晶体的结构中有顶角相连的硅氧四面体形成螺旋上升的长链如图所示。其中 Si 原子的杂化轨道类型是 _____。



(5) H_2 还原气态 SiCl_4 可制得纯硅, 1100°C 时每生成 0.56 kg 纯硅需吸收 $a \text{ kJ}$ 热量, 写出该反应的热化学方程式: _____。

提升题

6. (2024 · 南开区期中) 门捷列夫在研究周期表时预言了包括“类铝”、“类硅”在内的 11 种元素。回答下列问题:

I. “类铝”在门捷列夫预言 4 年后, 被布瓦博德朗在一种矿石中发现, 命名为镓(Ga)。

(1) 铝是一种活泼金属, 工业上采用电解熔融 Al_2O_3 制备金属 Al。

电解反应方程式为 $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightarrow[\text{冰晶石}]{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$, 加入冰晶石的目的 _____。

Al 可以与 NaOH 溶液反应生成 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 与 H_2 , 该反应的离子方程式为 _____。

(2) 镓与铝同主族, 且位于铝的下一周期, 则镓的原子结构示意图为 _____。

(3)废弃的含 GaAs 的材料可以用浓硝酸溶解,放出红棕色气体,同时生成 H_3AsO_4 和 $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$,该反应的化学方程式为_____。

II. 门捷列夫预言的“类硅”,多年后被德国化学家文克勒发现,命名为锗(Ge)。

(1)硅是应用最为广泛的半导体材料,写出高纯硅的两种用途:_____。

(2)写出 SiCl_4 的电子式:_____。

(3)硅和锗单质分别与 H_2 反应时,反应较难进行的是_____ (填“硅”或“锗”)。

7. 晶体硅是一种重要的非金属材料,制备纯硅的主要步骤如下:

①高温下用碳还原二氧化硅制得粗硅;

②粗硅与干燥 HCl 气体反应制得 SiHCl_3 : $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$;

③ SiHCl_3 与过量 H_2 在 $1\ 000\sim 1\ 100\text{ }^\circ\text{C}$ 反应制得纯硅。

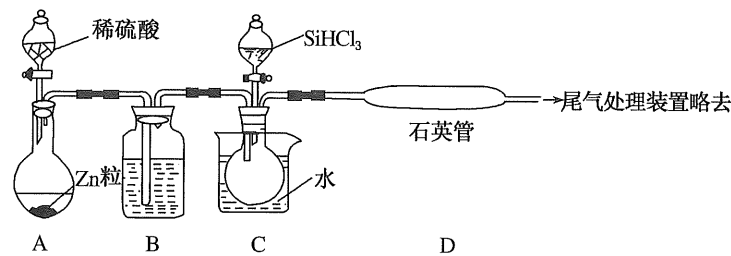
已知 SiHCl_3 能与 H_2O 强烈反应,在空气中易自燃。

请回答下列问题:

(1)第①步制备粗硅反应的化学方程式为_____。

(2)粗硅与 HCl 反应完全后,经冷凝得到的 SiHCl_3 (沸点 $33.0\text{ }^\circ\text{C}$) 中含有少量 SiCl_4 (沸点 $57.6\text{ }^\circ\text{C}$) 和 HCl (沸点 $-84.7\text{ }^\circ\text{C}$),提纯 SiHCl_3 采用的方法为_____;写出 SiHCl_3 和水反应的化学方程式:_____ (Si 元素在产物中以 H_4SiO_4 存在);

(3)用 SiHCl_3 与过量 H_2 反应制备纯硅的装置如图(热源及夹持装置略去):



①装置 B 中的试剂是_____;

装置 C 中的烧瓶需要加热,这种加热方式的优点是_____;

②反应一段时间后,装置 D 中观察到的现象是_____,装置 D 不能采用普通玻璃管的原因是_____。

_____,装置 D 中发生反应的化学方程式为_____。

③为保证制备纯硅实验的成功,操作的关键是检查实验装置的气密性,控制好反应温度以及_____;

④为鉴定产品硅中是否含微量铁单质,将试样用稀盐酸溶解,取上层清液后需再加入的试剂是_____ (填字母);

a. 碘水 b. 氯水 c. NaOH 溶液

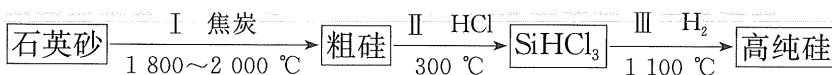
d. KSCN 溶液 e. Na_2SO_3 溶液

⑤列举硅的用途:_____ (任写两种)。

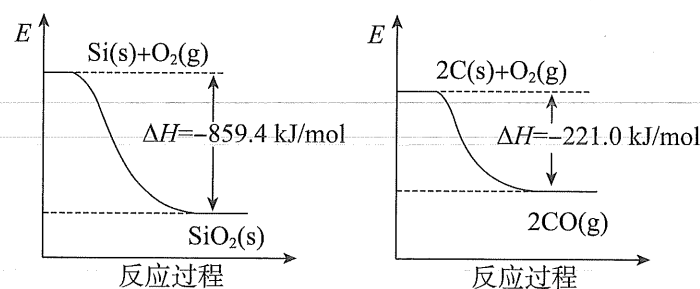
8. (2022·河西区二模)硅及其化合物在生活生产中广泛应用。请按要求回答下列问题。

(1)基态硅原子的电子排布式为_____;Si 原子间难形成双键而 C 原子间却可以形成,是因为 Si 的原子半径_____ (填“大于”或“小于”)C 的,两个 Si 原子的 p 电子难于重叠形成 π 键。

(2)工业上制备高纯硅的示意图如下:



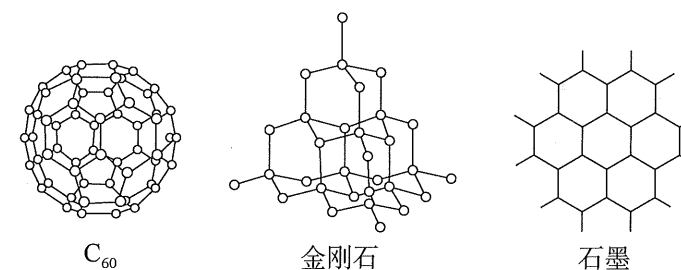
①步骤 I 反应所涉及元素的第一电离能由大到小的顺序是(填元素符号)_____。根据下图所示物质反应过程中的能量变化,写出用石英砂和焦炭制取粗硅,同时生成 CO 的热化学方程式:_____。



②步骤 II 产物中含有 SiHCl_3 (沸点为 $33.0\text{ }^\circ\text{C}$),还有少量 SiCl_4 (沸点为 $57.6\text{ }^\circ\text{C}$) 和 HCl (沸点为 $-84.7\text{ }^\circ\text{C}$)。若先将步骤 II 产物降至室温,提纯 SiHCl_3 ,方法是_____。所用到的玻璃仪器除酒精灯、温度计、锥形瓶、尾接管外,还需要_____。

9. (2023·河北区二模)坐落在河北区的华为天津区域总部项目计划于 2023 年 12 月底竣工。石墨烯液冷散热技术是华为公司首创,所使用的材料石墨烯是一种二维碳纳米材料。

I. C_{60} 、金刚石、石墨的结构模型如图所示(石墨仅表示出其中的一层结构):



(1)金刚石、石墨和 C_{60} 三者互为_____ (填序号)。

A. 同分异构体

B. 同素异形体

C. 同系物

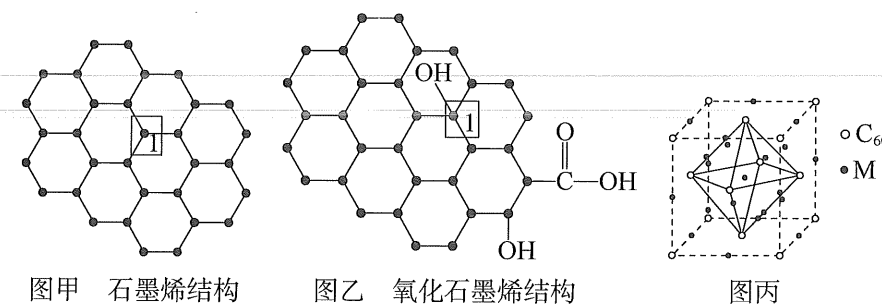
D. 同位素

(2) C_{60} 晶体的晶体类型为_____。

(3)晶体硅的结构跟金刚石相似,1 mol 晶体硅中所含有硅硅单键的数目是_____。

(4)石墨层状结构中,平均每个正六边形占有的碳原子数是_____。

II. 石墨烯(图甲)是一种由单层碳原子构成的平面结构新型碳材料,石墨烯中部分碳原子被氧化后,其平面结构会发生改变,转化为氧化石墨烯(图乙)。



图甲 石墨烯结构

图乙 氧化石墨烯结构

图丙

(5)图甲中,1 号 C 与相邻 C 形成 σ 键的个数为_____。

(6)图乙中,1 号 C 的杂化方式是_____。

(7)若将图乙中所示的氧化石墨烯分散在 H_2O 中,则氧化石墨烯中可与 H_2O 形成氢键的原子有_____ (填元素符号)。

(8)石墨烯可转化为富勒烯(C_{60}),某金属 M 与 C_{60} 可制备一种低温超导材料,晶胞如图丙所示,M 原子位于晶胞的棱上与内部。该材料的化学式为_____。

专题十八



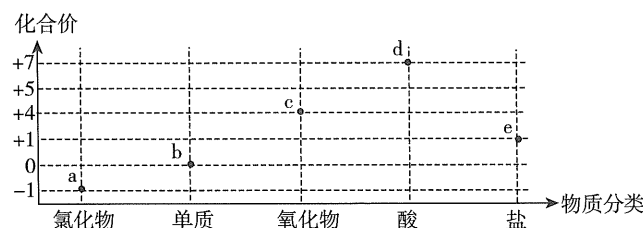
氯、溴、碘及其化合物

焦点 1 氯及其化合物



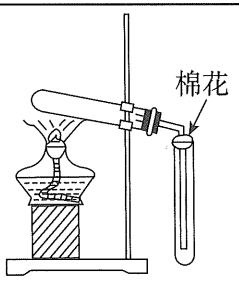
基础题

1. (2021·河西区一模) 部分含氯物质的分类与相应氯元素的化合价关系如图所示。下列说法正确的是 ()



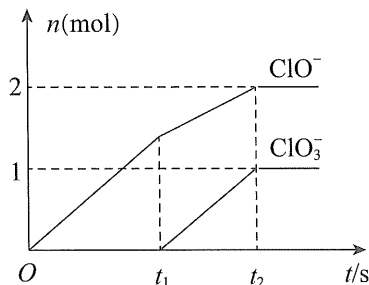
- A. 电解 a 溶液时阴极可得 b B. 物质 c 可作自来水消毒剂
C. 物质 d 的化学式为 HClO_3 D. 溶液 e 具有很强的还原性
2. (2022·河东区期末) 在实验室采用如图装置制备气体, 方法合理的是 ()

选项	化学试剂	制备气体
A	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$	NH_3
B	$\text{MnO}_2 + \text{HCl}(\text{浓})$	Cl_2
C	$\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3$	O_2
D	$\text{HCl} + \text{CaCO}_3$	CO_2



3. (2023·部分区期中) 已知 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 Cl_2 反应的氧化产物与温度有关, 在一定量的石灰乳中通入一定量的氯气, 二者恰好完全反应。生成物中含有 Cl^- 、 ClO^- 和 ClO_3^- 三种含氯元素的离子, 其中 ClO^- 和 ClO_3^- 两种离子的物质的量(n)与反应时间(t)的曲线如图所示。下列说法不正确的是 ()

- A. t_1 前, 氧化产物是 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$
B. $0 \sim t_1$ 的过程为吸热反应, $t_1 \sim t_2$ 的过程为放热反应
C. t_2 时, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 Cl_2 发生反应的总的离子方程式: $5\text{Cl}_2 + 10\text{OH}^- = 7\text{Cl}^- + 2\text{ClO}^- + \text{ClO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O}$
D. 该石灰乳中含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的物质的量是 5 mol

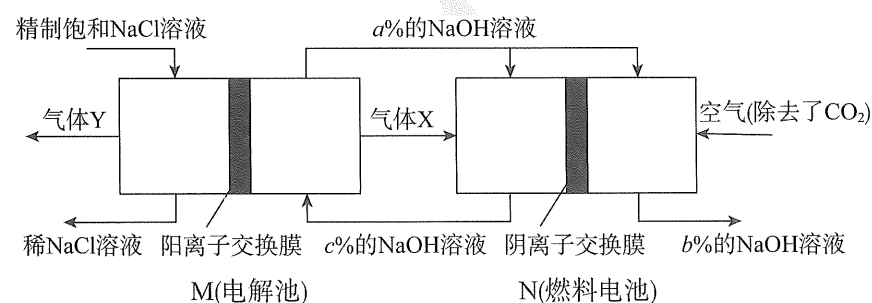


4. (2020·河东区一模) 由下述实验现象, 下列氯水对应结论不正确的是 ()

实验	装置	试剂 A	现象
①		紫色石蕊溶液	先变红后褪色
②		滴有 KSCN 的 FeCl_2 溶液	溶液变红
③		NaHCO_3 溶液	产生使澄清石灰水变浑浊的气体
④		HNO_3 酸化的 AgNO_3 溶液	产生白色沉淀

- A. ①氯水具有酸性和漂白性 B. ②氯水具有还原性
C. ③氯水中含有 H^+ D. ④氯水中含有 Cl^-
5. (2024·河西区期末) 氯单质及其化合物在生产生活中有着重要价值。按要求回答下列问题。

- (1) 基态 Cl 原子的价电子轨道表示式为 _____; 比较原子半径: Cl _____ S (填“<”或“>”)。
(2) 氯碱工业是高耗能产业, 若将电解池与燃料电池组合可节能超过 30%, 此项新工艺设计相关物料的传输与转化关系如下图所示(电极未标出)。

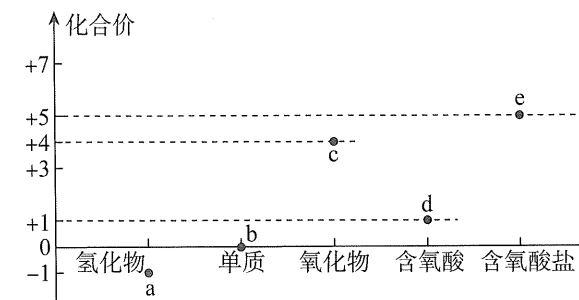


- ① 气体 X 在 N 池中反应的电极方程式为 _____。
② 图中气体 Y 的化学式为 _____; M 池所用的离子交换膜允许通过的主要离子有 _____。
③ 图中三处 NaOH 溶液的质量分数由大到小的顺序为 _____。
④ 写出一项此流程设计的优点: _____。
- (3) 氧化法制 Cl_2 是在 CuCl_2 的催化作用下, O_2 氧化 HCl 。写出该反应的化学方程式: _____。
- (4) 向饱和氯水中加入适量 Ag_2O 可制 HClO 溶液。用离子方程式及化学平衡移动原理解释上述变化: _____。



提升题

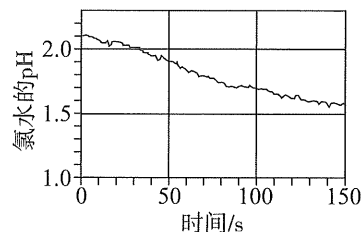
6. (2024·重点校联考期中) “价态-类别”二维图是研究元素的重要方法, 下图为氯及其化合物的“价态-类别”二维图。部分含氯物质的分类与相应氯元素的化合价关系如图所示。



- (1) 下列说法错误的是 _____ (填序号)。
A. a 与 d、a 与 e 在酸性条件下反应, 均可以得到 b
B. c 为一种新型自来水消毒剂, 代替 b 的原因是 c 的毒性更小
C. 向 b 的水溶液里加入 CaCO_3 , 可以增加 d 的产量
D. “84”消毒液可用于环境消毒, 主要是因为其在空气中能生成 d
- (2) 化学与生产、生活息息相关。很多消毒剂都是利用其强氧化性进行消毒杀菌, 如常见的“84”消毒液(有效成分是 NaClO)、过氧化氢、二氧化氯、高铁酸钠等。二氧化氯是国际公认的高效安全杀菌消毒剂, 工业制备 ClO_2 的反应原理如下:
$$2\text{NaClO}_3 + 4\text{HCl} = 2\text{ClO}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$$

回答下列问题。
① 该反应中, 氧化剂和还原剂的物质的量之比为 _____, 依据氧化还原反应规律判断, 氧化性强弱为 NaClO_3 _____ Cl_2 (填“>”“<”或“=”)。
② 当生成标准状况下氯气 1.12 L 时, 反应转移的电子数为 _____ N_A 。
③ ClO_2 在杀菌消毒过程中会产生副产物亚氯酸盐(ClO_2^-), 需将其转化为 Cl^- 除去。下列试剂中, 可将 ClO_2^- 转化为 Cl^- 的是 _____ (填序号)。
a. FeSO_4 b. O_3 c. KMnO_4 d. SO_2
- (3) 过氧化氢有绿色消毒剂之称, 这是因为 _____。
“84”消毒液与过氧化氢混合会产生一种常见的无色无味气体, 且消毒能力会严重降低, 写出该反应的离子方程式 _____。

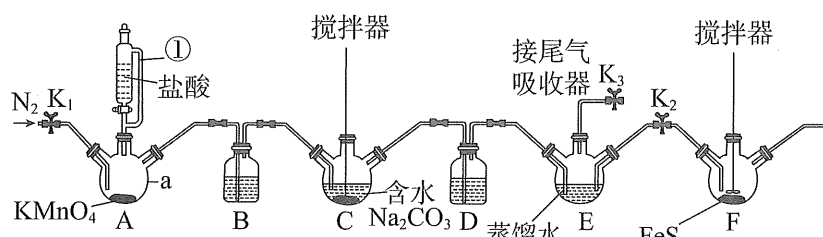
(4) 数字化实验将传感器、数据采集器和计算机相连,可利用信息技术对化学实验进行数据的采集和分析。如图是数字化实验得到的光照过程中氯水的 pH 变化情况。对此,下列有关说法正确的是 (填序号)。



- A. 光照使氯水中的次氯酸分解为盐酸,氧气传感器测得氧气的体积分数减少
B. 光照过程中,氯水 pH 减小的同时,溶液中 Cl^- 的浓度也不断增大
C. 随着对氯水光照时间的延长,氯水的漂白性将增强
D. pH 减小的主要原因是光照引起了 Cl_2 溶解度的减小,氯气逸出,导致了溶液中 H^+ 浓度减小

7. (2023·天津一中第二次月考)次氯酸(HClO)的浓溶液呈黄色,是极强氧化剂,常用作消毒剂及除甲醛(HCHO)的试剂。某学习小组设计下列装置制备 HClO 并验证其氧化性(夹持仪器及降温装置已省略)。

已知: Cl_2O 为棕黄色气体,极易溶于水并迅速反应生成 HClO 。



回答下列问题:

- (1) HClO 的结构式为 _____, 仪器 a 的名称为 _____。
(2) 制备 HClO 时要打开活塞 K_1 、 K_3 , 关闭 K_2 , 待装置 A 中反应结束后再通入一段时间 N_2 。
① 仪器 C 中制备 Cl_2O 时, 发生反应为 $2\text{Cl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2\text{O} + 2\text{NaCl} + 2\text{NaHCO}_3$, 仪器 B、D 中的试剂分别为 _____ (填序号)。
a. 浓 H_2SO_4 、 CCl_4 b. 饱和食盐水、 CCl_4 c. 饱和食盐水、浓 H_2SO_4
② 反应结束后再通入一段时间 N_2 的目的是 _____。
(3) 验证 HClO 的氧化性时要向 F 中加入过量 HClO 并充分搅拌, 待溶液变澄清时停止搅拌。反应结束时, F 的溶液中含有的离子主要有 Fe^{3+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 H^+ , 该反应的离子方程式为 _____。
(4) HClO 可用于除去 HCHO , 生成一种常见强酸和两种常见无污染的氧化物。

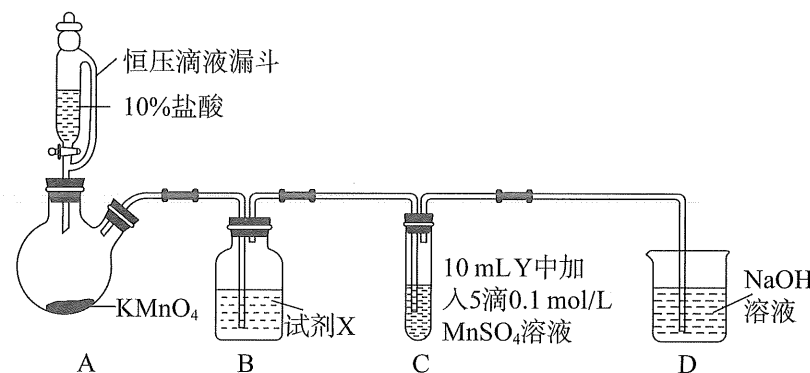
① 该反应的化学方程式为 _____。

② 若除去 15 g HCHO , 则转移电子的个数为 _____ N_A (N_A 表示阿伏加德罗常数)。

8. 【难题】(2023·河西区期中)某小组同学为探究 Cl_2 与不同条件下的 MnSO_4 的反应情况。

- 已知: i. 几种锰的化合物颜色: MnO_2 棕黑色、 MnO_4^{2-} 绿色、 MnO_4^- 紫色;
ii. Mn^{2+} 在一定条件下能被 Cl_2 或 ClO^- 氧化成上述某种锰的化合物;
iii. MnO_4^- 的氧化性强于 MnO_2 ; 浓碱条件下, MnO_4^- 可被 OH^- 还原为 MnO_4^{2-} ;
iv. Cl_2 的氧化性与溶液的酸碱性无关, ClO^- 的氧化性随碱性增强而减弱。

设计了如图实验装置(夹持装置略), 实验过程与现象如表所示。



实验序号	试管 C 中 Y	C 中实验现象	
		通入 Cl_2 前	通入 Cl_2 后
I	水	I-1 得到无色溶液	I-2 产生棕黑色沉淀, 溶液呈浅黄绿色, 放置片刻后无明显现象
II	5% NaOH 溶液	II-1 产生白色沉淀, 在空气中缓慢变成棕黑色沉淀	II-2 棕黑色沉淀增多, 放置片刻后溶液变为紫色, 仍有沉淀
III	40% NaOH 溶液	III-1 产生白色沉淀, 在空气中较 II-1 变成棕黑色沉淀快	III-2 棕黑色沉淀较 II-2 的增多, 放置片刻后溶液变为紫色, 仍有沉淀

请按要求回答下列问题:

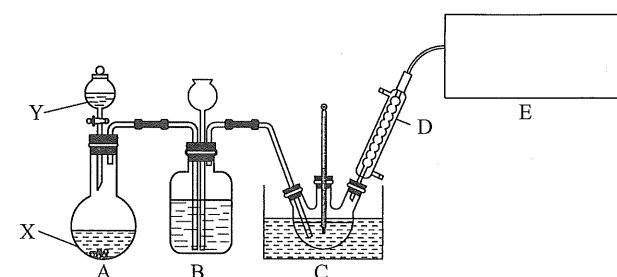
- (1) 使用 KMnO_4 制备 Cl_2 而不使用 MnO_2 的理由是 _____。
(2) 试剂 X 是 _____; Cl_2 在 B 中的反应是可逆的, 其证据是 _____; 用离子方程式表示装置 D 的作用: _____。
(3) 对比 I-1 与 I-2 的现象, 得出氧化性强弱的结论: O_2 _____ Cl_2 (填“<”“>”或“=”); 写出产生 I-2 现象的离子方程式: _____。

(4) II-1 中的白色沉淀为 _____, 在空气中变成棕黑色沉淀的原因是 _____。

(5) 对比 I-2 与 II-2 的现象, 得出的结论是 _____。

(6) 根据已知信息, 推测 III-2 中应得到绿色溶液, 但实际与之不符。分析可能的原因是 (写出一条) _____。

9. (2021·河西区三模)三氯氧磷(POCl_3)广泛用于制药等行业。某兴趣小组用过量 O_2 直接氧化 PCl_3 制备 POCl_3 , 反应放出大量热。实验装置设计如下图(夹持装置已略):



已知有关物质的部分性质如下表:

物质	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	其他性质
PCl_3	-112	75.5	遇水生成 H_3PO_3 和 HCl , 遇 O_2 生成 POCl_3
POCl_3	2	105.3	遇水生成 H_3PO_4 和 HCl , 能溶于 PCl_3

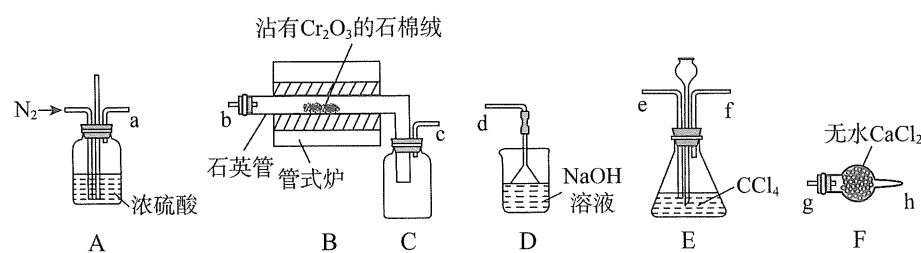
请按要求回答下列问题:

- (1) POCl_3 的沸点比 PCl_3 的高, 推测其可能原因: _____。
(2) 若 X 为黑色固体, 则 Y 的电子式为 _____。
(3) 装置 B 的作用是 _____; 其中盛有的试剂为 _____。
(4) 装置 C 三颈烧瓶中反应的化学方程式为 _____。控制温度范围: _____ $^{\circ}\text{C} < T <$ _____ $^{\circ}\text{C}$ 。装置 D 的作用: _____。
(5) 请在 E 处画出需补充的装置, 并标注盛装药品名称。
(6) 反应一段时间后, 测定装置 C 中产品的 Cl 元素的含量的实验步骤如下:
I. 取 m g 产品于锥形瓶中, 加入足量 NaOH 溶液, 待完全反应后加入足量试剂 M;
II. 向锥形瓶中加入 0.100 0 mol $\cdot$ L $^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液 50.00 mL, 使 Cl^- 完全沉淀;
III. 向其中加入 2 mL 硝基苯, 用力摇动, 使沉淀表面被有机物覆盖;
IV. 加入指示剂, 用 c mol $\cdot$ L $^{-1}$ NH_4SCN 溶液滴定过量 Ag^+ 至

终点,记下所用体积为 V mL。已知: $K_{sp}(\text{AgCl}) = 3.2 \times 10^{-10}$, $K_{sp}(\text{AgSCN}) = 2 \times 10^{-12}$ 。

- ①试剂 M 为_____。
 ②Cl 元素的质量分数=_____ (列出算式)。
 ③若取消步骤 III,会使步骤 IV 中出现两种沉淀共存,此时 $c(\text{Cl}^-) : c(\text{SCN}^-) =$ _____。这样操作会造成结果_____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

10. (2024·天津一中第二次月考)三氯化铬(CrCl_3)是常用的媒染剂和催化剂,易潮解,易升华,高温下易被氧气氧化。实验室用 Cr_2O_3 和 CCl_4 (沸点 76.8°C) 在高温下制备无水 CrCl_3 ,同时生成 COCl_2 气体。实验装置(加热及夹持装置略)如图所示。



已知: COCl_2 气体有毒,遇水发生水解产生两种酸性气体。回答下列问题:

- (1)实验装置合理的连接顺序为 $a \rightarrow$ _____ $\rightarrow d$ 。
 (2)制备 CrCl_3 时进行操作:(i)连接装置,……(ii)装入试剂并通入 N_2 ;加热石英管至 400°C ;(iii)停止通入 N_2 ,加热 E 装置;(iv)加热石英管继续升温至 650°C ,直到 B 中反应基本完成,切断管式炉的电源;(v)停止 E 装置加热,继续通入 N_2 一段时间;(vi)装置冷却后,结束制备实验。
 ①补全步骤 i 的操作_____。
 ②实验过程中为了形成稳定的 CCl_4 气流,对 E 装置加热的最佳方式是_____,装置 E 中中颈漏斗的作用是_____。
 ③步骤 v 中“继续通入 N_2 一段时间”的目的是_____。
 (3)装置 D 中反应的离子方程式为_____。
 (4)测定 CrCl_3 产品的纯度,实验如下:
 ①取 m g CrCl_3 产品,在强碱性条件下,加入过量 30% H_2O_2 溶液,小火加热使 CrCl_3 完全转化为 CrO_4^{2-} ,继续加热一段时间;
 ②冷却后,滴入适量的稀硫酸和浓磷酸,使 CrO_4^{2-} 转化为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$,加适量的蒸馏水配成 250.00 mL 溶液;
 ③取 25.00 mL 溶液,用新配制的 c mol/L 的 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液滴定至终点,重复 3 次,平均消耗 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液 V mL(已知 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 被 Fe^{2+} 还原为 Cr^{3+})。
 则样品中 CrCl_3 (摩尔质量为 M g/mol) 的质量分数为_____%;若步骤③中所用标准溶液已变质,将导致 CrCl_3 质量分数测定值_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

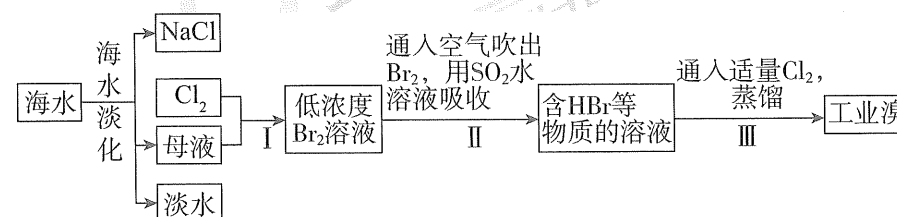
焦点 2 溴、碘及其化合物

基础题

1. (2024·河西区期末)某化学小组查阅资料: $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$, $\text{I}_3^- (\text{aq})$ 为棕色; ZnI_2 易溶于水,形成无色溶液。进行如下实验并观察现象:(1)向 10 mL 蒸馏水中加入 0.4 g I_2 ,充分振荡,溶液呈浅棕色;(2)再加入 0.2 g Zn 粒,溶液颜色加深;(3)振荡,一段时间后,紫黑色晶体消失,且溶液褪色。下列实验现象对应的解释正确的是 ()

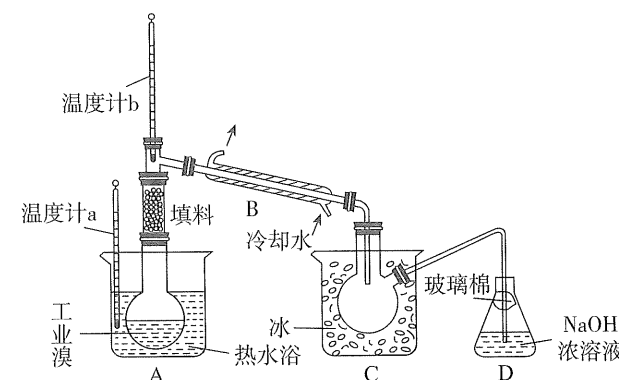
选项	实验步骤及其现象	解释
A	(1)溶液呈浅棕色	I_2 和水均为极性分子,二者相似相溶
B	(2)溶液颜色加深	因 Zn 与 I_2 反应生成 ZnI_2 导致
C	(3)紫黑色晶体消失	Zn 参与反应,促使体系中 $\text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{aq})$ 平衡向右移动
D	溶液褪色	因 I_2 全部转化为 I_3^- 导致

2. (2020·和平区一模)能正确表示下列反应的离子方程式为 ()
 A. 向 FeBr_2 溶液中通入过量 Cl_2 : $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$
 B. 向碳酸钠溶液中通入少量 CO_2 : $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCO}_3^-$
 C. 向碘化钾溶液中加入少量 H_2O_2 溶液: $3\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- = \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$
 D. 向 CuSO_4 溶液中通入 H_2S : $\text{H}_2\text{S} + \text{Cu}^{2+} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$
 3. (2024·南开中学统练)海水是巨大的资源宝库,海水淡化及综合利用方面,天津市位居全国前列。从海水中提取食盐和溴的过程如下:



- (1)请列举海水淡化的三种方法:_____,_____,_____。
 (2)用惰性电极将 NaCl 溶液进行电解,写出化学方程式_____。
 (3)步骤 I 中已获得 Br_2 ,步骤 II 中又将 Br_2 还原为 Br^- ,其目的是_____。
 (4)步骤 II 用 SO_2 水溶液吸收 Br_2 ,吸收率可达 95%,有关反应的离子方程式为_____,由此反应可知,除环境保护外,在工业生产中应解决的主要问题是_____。

(5)某化学研究性学习小组为了了解从工业溴中提纯溴的方法,查阅了有关资料知: Br_2 的沸点为 59°C ,微溶于水,有毒并有强腐蚀性。他们参观生产过程后,画了如下装置简图:



请你参与分析讨论:

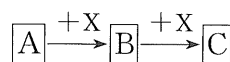
- ①图中仪器 B 的名称是_____;
 ②整套实验装置中仪器连接均不能用橡胶塞和橡胶管,其原因是_____;
 ③为除去该产物中仍残留的少量 Cl_2 ,可向其中加入 NaBr 溶液,充分反应后,再进行的分离操作是_____。

4. (2020·天津一中第二次月考) I. IBr 、 ICl 、 BrF_3 等称为卤素互化物, $(\text{CN})_2$ 、 $(\text{SCN})_2$ 、 $(\text{OCN})_2$ 等称为拟卤素,它们的化学性质与卤素单质相似,请回答下列问题:

- (1)有一种碘的氧化物可以称为碘酸碘,其中碘元素呈 +3、+5 两种价态,则这种化合物的化学式是_____。
 (2)溴化碘 (IBr) 具有强氧化性,能与 Na_2SO_3 溶液发生反应,发生反应的离子方程式为_____。
 (3)①已知某些离子的还原性强弱顺序为 $\text{I}^- > \text{SCN}^- > \text{CN}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$,现将几滴 KSCN 溶液滴入含少量 Fe^{3+} 的溶液中,溶液立即变红,向其中逐滴滴入酸性 KMnO_4 溶液,观察到红色逐渐褪去,请利用平衡移动原理解释这一现象:_____;
 ②下列物质中,也可以使该溶液红色褪去的是_____ (填字母)。
 A. 新制氯水 B. 碘水
 C. SO_2 D. 盐酸

- (4) KCN 为剧毒物质,处理含有 KCN 的废水常用的方法是:在碱性条件下用 NaClO 溶液将 CN^- 氧化为 CO_3^{2-} 和一种单质气体,该反应的离子方程式为_____。
 (5)已知 HCN 的电离平衡常数 $K = 6.2 \times 10^{-10}$, H_2CO_3 的电离平衡常数 $K_1 = 4.5 \times 10^{-7}$, $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$,则下列离子方程式能发生的是_____ (填字母)。
 A. $\text{CN}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCN} + \text{HCO}_3^-$
 B. $2\text{HCN} + \text{CO}_3^{2-} = 2\text{CN}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 C. $2\text{CN}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCN} + \text{CO}_3^{2-}$
 D. $\text{HCN} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CN}^- + \text{HCO}_3^-$

II. 如图转化关系:



(6) 若 B 为白色胶状不溶物, 则 A 与 C 反应的离子方程式为_____。

(7) 若向 B 溶液中滴加铁氰化钾溶液会产生特征蓝色沉淀, 则 A 与 C 反应的离子方程式为_____。

提升题

5. (2021·耀华中学二模) 二氧化氯(ClO_2) 是一种高效、广谱的灭菌消毒剂。已知 ClO_2 为橙黄色气体, 极易溶于水, 在混合气体中浓度过高时易发生爆炸。请回答下列问题:

(1) “二氧化氯泡腾片”的有效成分为 NaClO_2 、 NaHSO_4 、 NaHCO_3 , 能快速溶于水, 生成的 ClO_2 溶于水得到 ClO_2 溶液, 同时生成另一种气体而放出大量气泡。每生成 1 mol ClO_2 消耗 NaClO_2 的量为_____mol; 产生另一种气体的离子方程式为_____。

(2) 在处理废水时, ClO_2 可与水中的有毒离子(如 CN^-) 反应生成两种无毒气体, 反应的离子方程式为_____。

(3) 利用 NaClO_3 还原法可制备 ClO_2 , 实验装置如图。

仪器 a 的名称为_____;
实验安全至关重要, 从安全角度考虑 A 装置左侧通入氮气的目的是_____。

装置 A 中生成 ClO_2 的化学方程式为_____。

(4) ClO_2 稳定性较差, 需随用随制, 产物用水吸收得到 ClO_2 溶液, 为测定所得溶液中 ClO_2 的含量, 进行了以下实验:

I. 准确量取 ClO_2 溶液 10.00 mL, 稀释成 100 mL 作为试样

II. 量取 V_1 mL 试样加入锥形瓶中, 调节试样的 $\text{pH} \leq 2.0$, 加入足量的 KI 晶体, 摇匀, 在暗处静置 30 分钟(已知: $2\text{ClO}_2 + 10\text{I}^- + 8\text{H}^+ = 5\text{I}_2 + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$)

III. 以淀粉溶液作指示剂, 用 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定至终点, 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 V_2 mL。

(已知: $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$)

①准确量取 10.00 mL ClO_2 溶液的玻璃仪器是_____。

②上述步骤 3 中滴定终点的现象是_____。

③据上述步骤可计算出原 ClO_2 溶液的浓度为_____mol $\cdot \text{L}^{-1}$ (用含字母的代数式表示)。

④实验中使用的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液部分因被氧气氧化而变质, 则实验结果_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

6. (2022·部分区期中) 根据数据和相关的信息回答下列问题:

I. 有一装置是用以制备某种干燥的纯净气体, 如下图所示: 其 A 中应盛放一种密度比 B 中密度小的液体。下表中为几种液体的密度:

溶液名称	浓盐酸	浓硫酸	浓氨水	浓氢氧化钠溶液
密度(g/mL)	1.19	1.84	0.89	1.41

现从上述液体中选出几种适宜的试剂, 利用该装置, 制出干燥纯净气体。

(1) 制备出的气体为_____ (填化学式)。

(2) 装置中毛细管的作用:_____。

II. 已知: 氧化性: $\text{IO}_3^- > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$; 还原性: $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} > \text{I}^-$ 。



(1) 某学习小组对加碘盐进行如下实验: 取一定量某加碘盐(可能含有 KIO_3 、 KI 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+}), 用适量蒸馏水溶解, 并加稀盐酸酸化, 将所得溶液分为 3 份。第一份试液中滴加 KSCN 溶液后显红色; 第二份试液中加足量 KI 固体, 溶液显淡黄色, 用 CCl_4 萃取, 下层溶液显紫红色; 第三份试液中加入适量 KIO_3 固体后, 滴加淀粉试剂, 溶液不变色。

①加 KSCN 溶液显红色, 该红色物质是_____ (化学式)。

②该碘盐中加入的含碘元素化合物是_____ (化学式)。

③紫红色物质为碘, 写出 I_2 的电子式_____。

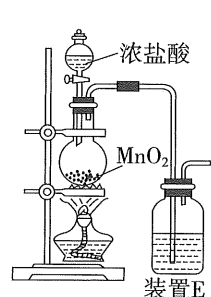
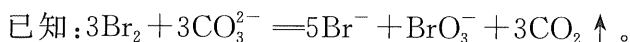
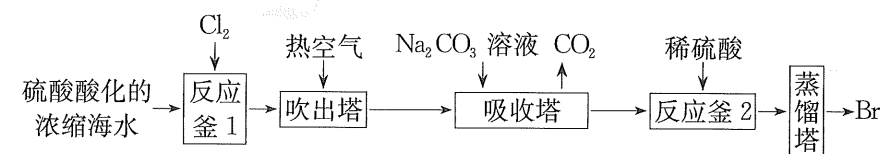
(2) 由于空气中氧气的作用, KI 作为加碘剂容易引起碘的损失。写出潮湿环境下 KI 与氧气反应的化学方程式:_____。

(3) 将 I_2 溶于 KI 溶液, 在低温条件下, 可制得 $\text{KI}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。某同学认为该物质不适合作为食盐加碘剂, 说明理由:_____。

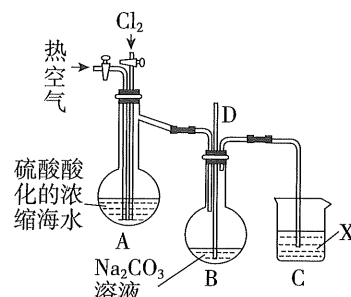
(4) 为了提高加碘盐(添加 KI) 的稳定性, 可加稳定剂减少碘的损失。下列物质有可能作为稳定剂的是_____ (填序号)。

a. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ b. NaNO_2 c. Na_2CO_3

7. (2022·和平区期末) 工业上以浓缩海水(含较高浓度的 Br^-) 为原料提取溴的部分流程如下:



图甲



图乙

(1) 反应用的 Cl_2 可由图甲所示装置制取, 制取 Cl_2 的化学方程式为_____。

为除去 Cl_2 中挥发出来的 HCl , 装置 E 中所盛溶液是_____。

(2) 实验室用图乙所示装置模拟流程中的部分过程。

①通入 Cl_2 时发生反应的离子方程式为_____。

②通入热空气的作用是_____。

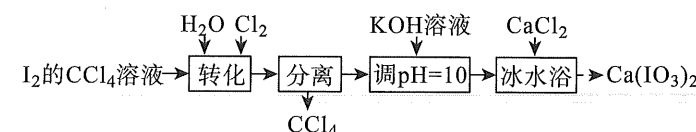
③烧杯 C 中所盛溶液是_____。

④烧瓶 B 中的长导管 D 起着平衡压强的作用, 当烧瓶内气体压强过大时, 可以观察到的现象是_____。

(3) “反应釜 2”中发生反应的离子方程式为_____。

(4) 蒸馏后, 蒸馏塔溶液中仍溶有少量 Br_2 , 可以向其中加入少量_____萃取其中的 Br_2 。

8. 【难题】(2021·芦台一中模拟) 碘酸钙 [$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$] 是广泛使用的既能补钙又能补碘的新型食品添加剂, 不溶于乙醇, 在水中的溶解度随温度降低而减小。实验室制取 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ 的流程如图所示:



已知: 碘酸(HIO_3) 是易溶于水的强酸, 不溶于有机溶剂。

(1) 实验流程中“转化”步骤是为了制得碘酸, 该过程在如图所示的装置中进行。

①当观察到三颈瓶中_____现象时, 停止通入氯气。

②“转化”时发生反应的离子方程式为_____。

(2) “分离”时用到的玻璃仪器有烧杯、_____。

(3) 采用冰水浴的目的是_____。

(4) 有关该实验说法正确的是_____。

A. 适当加快搅拌速率可使“转化”时反应更充分

B. “调 pH=10”后的溶液中只含有 KIO_3 和 KOH

C. 制得的碘酸钙可选用酒精溶液洗涤

(5) 准确称取产品 0.250 0 g, 加酸溶解后, 再加入足量 KI 发生反应 $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, 滴入 2~3 滴_____作为指示剂, 用 $0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定 ($\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$) 至终点, 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 30.00 mL。达滴定终点时的现象是_____。

产品中 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ 的质量分数为_____。若达到终点后俯视读数, 则造成的误差是_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”) [已知 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ 的摩尔质量: $390 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$]。

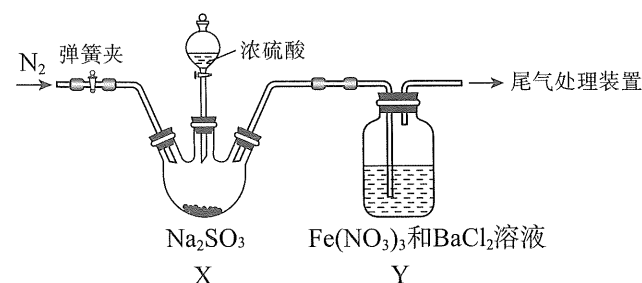
专题十九 氧、硫及其化合物和环境保护

基础题

1. (2022·河东区期末)下列使用稀硫酸或浓硫酸的方法正确的是 ()

- A. 浓硫酸和乙醇加热到 170 °C 制乙烯
B. 常温下浓硫酸和铁制硫酸铁
C. 稀硫酸和铜加热制备二氧化硫
D. 稀硫酸和氯化钠固体共热制备氯化氢

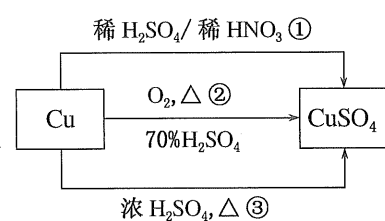
2. (2023·新华中学第一次月考)实验室探究 SO_2 与 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液反应的原理,装置如图,实验中 Y 装置产生白色沉淀。下列说法错误的是 ()



- A. 滴加浓硫酸之前应进行的操作是打开弹簧夹,通入一段时间 N_2
B. Y 中产生的白色沉淀是 BaSO_4
C. 若将 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 换成氨水,则 Y 中不能产生白色沉淀
D. 在 X 装置中浓硫酸不体现氧化性

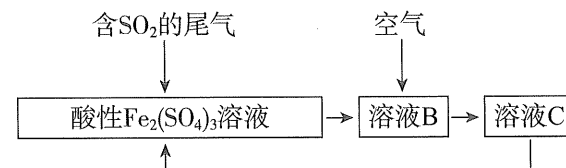
3. (2020·天津一中第三次月考) CuSO_4

是一种重要的化工原料,有关制备途径及性质如图所示。下列说法错误的是 ()



- A. 途径①所用混酸中 H_2SO_4 与 HNO_3 的最佳物质的量之比为 3 : 2
B. 与途径①、③相比,途径②更好地体现了绿色化学思想
C. 生成等量的硫酸铜,三个途径中参加反应的硫酸的物质的量:① = ② < ③
D. 利用途径②制备 16 g 硫酸铜,被还原的硫酸的物质的量为 0.1 mol

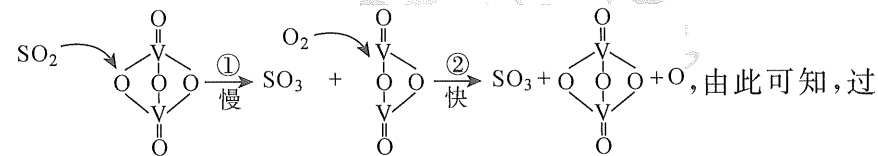
4. (2023·杨村一中第一次月考)如图所示是一种综合处理 SO_2 废气的工艺流程,若每步都完全反应,下列说法错误的是 ()



- A. 溶液 B 中发生的反应为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
B. 可用硫氰化钾(KSCN)溶液检验溶液 C 中是否含有 Fe^{3+}
C. 由以上流程可推知氧化性: $\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{SO}_4^{2-}$
D. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 能循环利用

5. (2021·南开中学模拟)一定条件下,向一带活塞的密闭容器中充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 ,一段时间后反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H < 0$ 达到平衡,下列有关说法不正确的是 ()

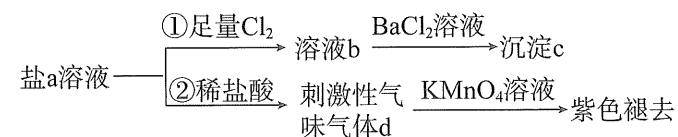
- A. 若保持温度和容器体积不变,再充入 1 mol $\text{SO}_2(\text{g})$ 达到平衡后 SO_3 气体平衡浓度增大
B. 若保持温度和容器内压强不变,再充入 1 mol $\text{SO}_3(\text{g})$ 达到平衡后 SO_3 气体平衡浓度不变
C. 已知 V_2O_5 催化该反应的历程:



程①的快慢对该反应的速率起着决定性的影响

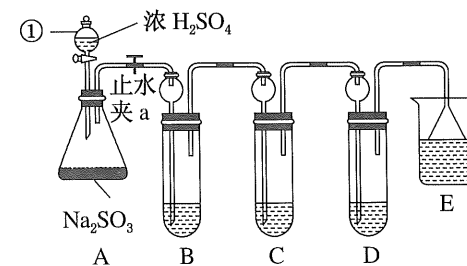
- D. 假设平衡时 SO_3 的物质的量为 1 mol,则该反应的化学平衡常数 K 一定为 2

6. 【易错】(2023·天津一中第二次月考)含 S 元素的某钠盐 a 能发生如图转化。下列说法错误的是 ()



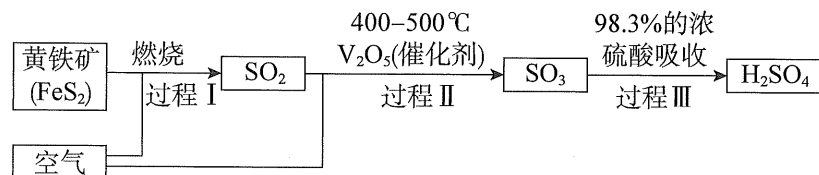
- A. a 可能为正盐,也可能为酸式盐
B. c 为不溶于盐酸的白色沉淀
C. d 分子中心原子的杂化轨道类型为 sp^3 杂化
D. 反应②中还可能生成淡黄色沉淀

7. (2020·七校联考)某研究小组欲探究 SO_2 的化学性质,设计了如下实验方案。



- (1) 写出仪器①的名称: _____。
(2) 装置 B 检验 SO_2 的氧化性,则 B 中所盛试剂可以为 _____。
(3) 装置 C 中盛装溴水用以检验 SO_2 的 _____ 性,则 C 中反应的离子方程式为 _____。
(4) 装置 D 中盛装新制漂白粉浓溶液,通入 SO_2 一段时间后, D 中出现了大量白色沉淀。同学们对白色沉淀的成分提出三种假设:
①假设一:该白色沉淀为 CaSO_3 ;
假设二:该白色沉淀为 _____;
假设三:该白色沉淀为上述两种物质的混合物。
②基于假设一,同学们对白色沉淀成分进行了探究。设计如下方案:
限选的仪器和试剂:过滤装置、试管、滴管、带导管的单孔塞、蒸馏水、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$ 、 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 、品红溶液。
第 1 步,将 D 中沉淀过滤、洗涤干净,备用。
请回答洗涤沉淀的方法: _____。
第 2 步,用另一支干净试管取少量沉淀样品,加入 _____ (填试剂名称),塞上带导管的单孔塞,将导管的另一端插入盛有 _____ (填试剂名称) 的试管中。若出现 _____ 现象,则假设一成立。
③若假设二成立,试写出生成该白色沉淀的化学方程式: _____。
(5) 装置 E 中盛放的试剂是 _____,作用是 _____。

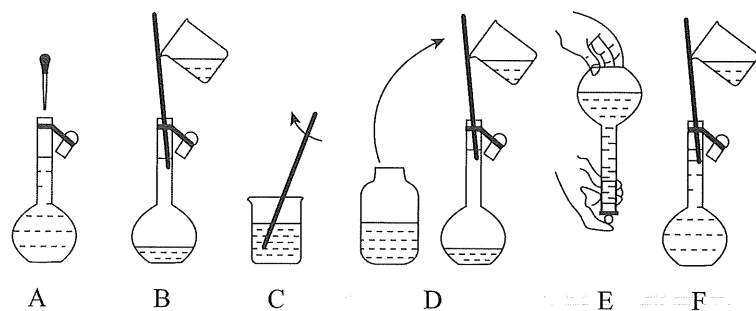
8. (2023·五校联考期中)硫酸是十分重要的化工原料。工业上用黄铁矿(FeS_2)制备硫酸的工艺如图所示。



(1) FeS_2 中硫元素的化合价是 _____, 写出过程 II 发生反应的化学方程式 _____。

(2) 实验室各种浓度的硫酸是由浓硫酸稀释而得,

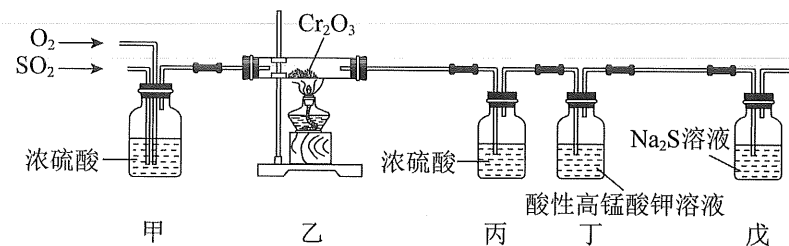
① 以下配制过程中各操作的先后顺序是 _____。



② 下列情况会使配制结果偏大的是 _____ (填序号)。

- 溶解后未冷却即转移、定容
- 定容时仰视容量瓶刻度线
- 用量筒量取一定体积的浓硫酸时俯视
- 将量筒、烧杯、玻璃棒洗涤 2~3 次, 转移至容量瓶

(3) 如图是模拟工业过程 II 来探究 SO_2 的催化氧化过程。



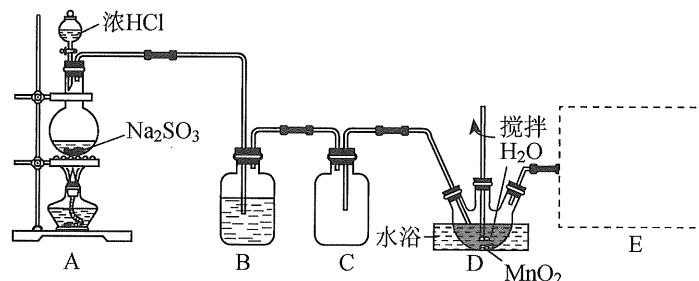
① 装置甲的作用是 _____。

② 装置丙中盛放的是 18.4 mol/L 的浓硫酸, 目的是 _____。反应结束后取 1.0 mL 丙中的溶液稀释为 10.0 mL 的稀硫酸, 滴加几滴酚酞试剂、缓慢加入 1.0 mol/L 的 NaOH 溶液, 当混合溶液变红时, 认为硫酸恰好完全反应, 此时所用 NaOH 溶液体积大于 _____ mL, 说明 SO_2 催化氧化时有 SO_3 生成。

③ 装置丁的作用是吸收并检验 SO_2 已除净, 现象是酸性高锰酸钾溶液红色变浅, 写出反应的离子方程式 _____。

④ 装置戊中的现象是 _____, 说明 SO_2 催化氧化时有 O_2 剩余。

9. (2021·滨海新区三模) 实验室用 SO_2 还原 MnO_2 制备 MnSO_4 。某同学设计下列装置制备硫酸锰。



(1) A 中盛放浓盐酸的仪器名称为 _____; 装置 B 中的试剂为 _____; 装置 C 的作用为 _____。

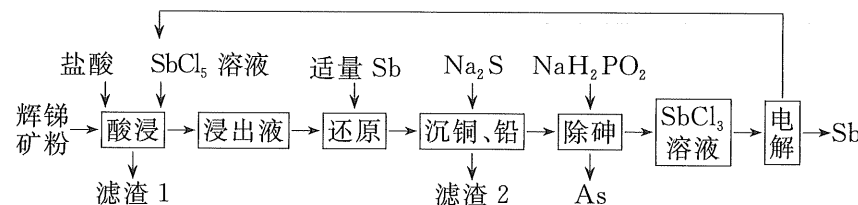
(2) 装置 D 中水浴温度应控制在 80 °C 左右, 温度过高时反应速率可能减慢的原因: _____。

(3) 画出 E 处装置。

提升题

10. (2023·杨村一中第一次月考)

I. 锑(Sb)被广泛用于生产各种阻燃剂、合金、陶瓷、半导体元件、医药用品等。以辉锑矿为原料制备金属锑的一种工艺流程如下。已知: 辉锑矿的主要成分为 Sb_2S_3 , 还含 As_2S_5 、 PbS 、 CuO 和 SiO_2 等; 浸出液主要含盐酸和 SbCl_3 , 还含 SbCl_5 、 CuCl_2 、 AlCl_3 和 PbCl_2 等。



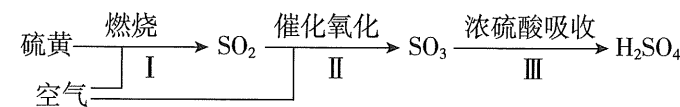
(1) “酸浸”过程中 SbCl_5 和 Sb_2S_3 反应有 S 生成, 该反应的还原产物是 _____ (填化学式)。

(2) 写出“还原”反应的化学方程式 _____。

II. (3) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 是重要的化工原料, 从氧化还原反应的角度分析, 下列制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的方案理论上可行的是 _____ (填字母)。

- $\text{Na}_2\text{S} + \text{S}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S}$
- $\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

11. (2023·天津高考) 工业上以硫黄为原料制备硫酸的原理示意图如下, 其过程包括 I、II、III 三个阶段。



I. 硫液化后与空气中的氧反应生成 SO_2 。

(1) 硫黄(S_8)的晶体类型是 _____。

(2) 硫的燃烧应控制适宜温度。若进料温度超过硫的沸点, 部分未燃烧的硫以蒸气形式随 SO_2 进入到下一阶段, 会导致 _____ (填序号)。

- 硫的消耗量增加
- SO_2 产率下降
- 生成较多 SO_3

II. SO_2 与 O_2 在钒催化剂作用下生成 SO_3 。

(3) $\text{SO}_2(\text{g})$ 氧化生成 80 g $\text{SO}_3(\text{g})$ 放出热量 98.3 kJ, 写出该反应的热化学方程式 _____。随着温度升高, SO_2 的平衡转化率 _____ (填“升高”或“降低”)。

(4) 从能量角度分析, 钒催化剂在反应中的作用为 _____。一定条件下, 钒催化剂的活性温度范围是 450~600 °C。为了兼顾转化率和反应速率, 可采用四段转化工艺: 预热后的 SO_2 和 O_2 通过第一段的钒催化剂层进行催化氧化, 气体温度会迅速接近 600 °C, 此时立即将气体通过热交换器, 将热量传递给需要预热的 SO_2 和 O_2 , 完成第一段转化。降温后的气体依次进行后三段转化, 温度逐段降低, 总转化率逐段提高, 接近平衡转化率。最终反应在 450 °C 左右时, SO_2 转化率达到 97%。

(5) 气体经过每段的钒催化剂层, 温度都会升高, 其原因是 _____。升高温度后的气体都需要降温, 其目的是 _____。

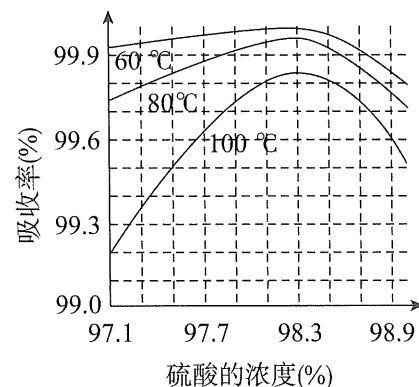
(6) 采用四段转化工艺可以实现 _____ (填序号)。

- 控制适宜的温度, 尽量加快反应速率, 尽可能提高 SO_2 转化率
- 使反应达到平衡状态
- 节约能源

Ⅲ. 工业上用浓硫酸吸收 SO_3 。若用水吸收 SO_3 会产生酸雾, 导致吸收效率降低。

(7) SO_3 的吸收率与所用硫酸的浓度、温度的关系如图所示。据图分析, 最适合的吸收条件: 硫酸的浓度_____, 温度_____。

(8) 用 32 吨含 S 99% 的硫黄为原料生产硫酸, 假设硫在燃烧过程中损失 2%, SO_2 生成 SO_3 的转化率是 97%, SO_3 吸收的损失忽略不计, 最多可生产 98% 的硫酸_____吨。

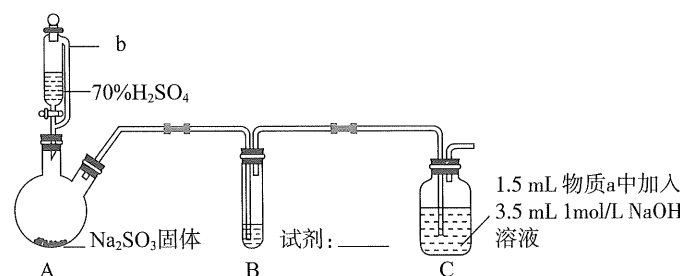


12. (2024 · 重点校联考期末) 某小组同学实验室制备 SO_2 并探究 SO_2 与新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液的反应。

序号	物质 a	C 中实验现象	
		通入 SO_2 前	通入 SO_2 后
I	1 mol/L CuSO_4 溶液	产生蓝色絮状沉淀	开始时有砖红色沉淀出现, 一段时间后, 砖红色沉淀消失, 静置, 试管底部有少量紫红色固体, 溶液呈绿色
II	1 mol/L CuCl_2 溶液	产生蓝色絮状沉淀	开始时有黄色沉淀出现, 一段时间后, 黄色沉淀消失, 静置, 生成大量白色沉淀, 溶液呈绿色

资料: ① CuCl 为白色固体, 难溶于水, 能溶于浓盐酸;

② 酸性条件下可发生反应: $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$



(1) 仪器 b 的名称_____。用 70% 的硫酸和固体 Na_2SO_3 反应制备 SO_2 利用了硫酸的_____性。

(2) 装置 B 的作用是控制 SO_2 气体的流速, 则 B 中试剂可以是_____ (填写序号)。

- ① 饱和 NaHSO_3 溶液 ② 饱和 NaHCO_3 溶液
③ 饱和 Na_2SO_3 溶液 ④ 浓硫酸

(3) 室温下, 1.5 mL 1 mol/L 的 CuSO_4 溶液与 3.5 mL 1 mol/L 的 NaOH 溶液混合后, 溶液的 pH 约为_____ [不考虑

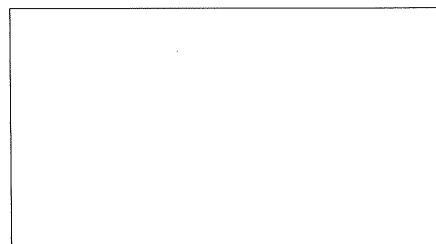
$\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的溶解]。

(4) 已知通入 SO_2 前, 实验 I、II 中产生蓝色絮状沉淀为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 请写出实验 I 通入 SO_2 后产生砖红色沉淀 Cu_2O 反应的离子方程式_____, 分析实验 I 一段时间后砖红色沉淀消失的可能原因是_____。

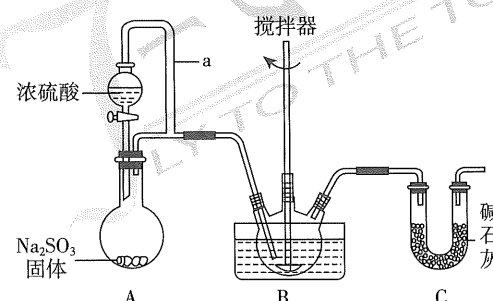
(5) 某同学用一种方法证明了实验 II 中的白色沉淀为 CuCl , 实验方案为: 过滤, 取样,_____。

(6) 证明实验 II 发生了氧化还原反应, 除了检验有 CuCl 生成外, 还可通过检验另一种离子得以证实, 检验该离子的试剂为_____。

(7) 该装置缺少尾气吸收装置, 请补充画出装置图并指明吸收试剂。



13. (2021 · 耀华中学二月考) 亚硝酰硫酸 (NOSO_4H) 是一种浅黄色或蓝紫色液体, 遇水分解, 溶于浓硫酸不分解, 主要用于燃料、医药领域的重氮化反应中取代亚硝酸钠。实验室用如图装置 (夹持装置略) 制备少量 NOSO_4H , 并测定产品的纯度。



(1) 导管 a 的作用是_____。

(2) 装置 B 中浓 HNO_3 与 SO_2 在浓 H_2SO_4 作用下反应制得 NOSO_4H 。

① 该反应必须维持体系温度不得高于 20°C , 故可将三颈烧瓶置于_____中。

② 开始时, 反应缓慢, 待生成少量 NOSO_4H 后, 温度变化不大, 但反应速率明显加快, 其原因是_____。

③ 该实验装置存在导致 NOSO_4H 产量降低的缺陷, 请提出改进方案:_____。

④ 利用装置 A 制备 SO_2 , 下列试剂最适合的是_____。

- A. Na_2SO_3 固体和 20% 硝酸
B. Na_2SO_3 固体和 20% 硫酸
C. Na_2SO_3 固体和 70% 硫酸
D. Na_2SO_3 固体和 98% 硫酸

⑤ 已知亚硝酸不稳定, 易分解, 发生反应 $2\text{HNO}_2 = \text{NO}_2 \uparrow + \text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。请写出 NOSO_4H 遇水分解时发生反应的化学方程式:_____。

⑥ 装置 C 的作用是_____。

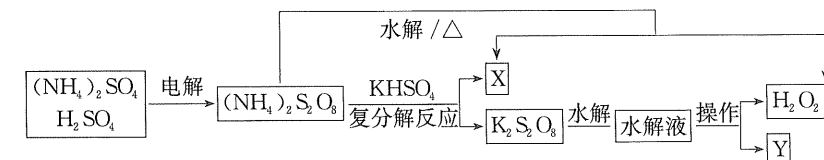
(3) 测定亚硝酰硫酸 NOSO_4H 的纯度。

准确称取 1.380 g 产品放入 250 mL 的碘量瓶中, 加入 60.00 mL 0.100 0 mol $\cdot$ L $^{-1}$ KMnO_4 标准溶液和 10 mL 25% 的 H_2SO_4 溶液, 然后摇匀 (过程中无气体产生)。用 0.250 0 mol $\cdot$ L $^{-1}$ 的草酸钠标准溶液滴定, 消耗草酸钠溶液的体积为 20.00 mL。已知: $2\text{KMnO}_4 + 5\text{NOSO}_4\text{H} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 。亚硝酰硫酸的纯度为_____。

14. (2021 · 部分区期末) 过硫酸 ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 是一种强酸, 无色晶体, 具有极强的氧化性, 易溶于水, 在热水中易水解。过硫酸盐也具有强氧化性。

(1) 工业上电解 NaHSO_4 溶液制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 。电解时, 阴极为铅电极, 阳极为铂电极。阳极上电极反应为 $2\text{HSO}_4^- - 2e^- = \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{H}^+$ 。则 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中硫元素的化合价为_____, 所含化学键的类型为_____, 阴极电极反应式为_____。

(2) 已知: 过氧化氢不稳定, 受热容易分解。工业上利用过硫酸铵制备过氧化氢的一种方法如图。



① 过氧化氢的电子式为_____。

② 写出 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 跟 KHSO_4 复分解反应的化学方程式:_____; Y 的化学式为_____。

③ 在上述流程图中, “操作”的名称为_____ (填“常压蒸馏”或“减压蒸馏”)。这样操作的目的是_____。

专题二十

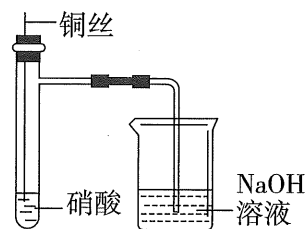


氮及其化合物

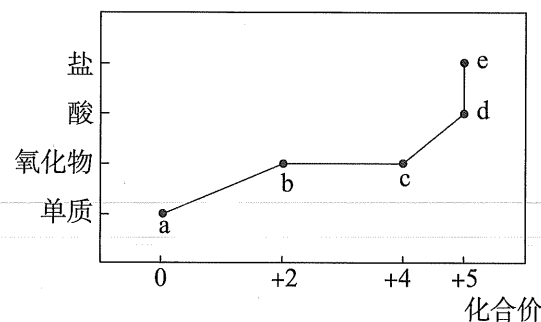
焦点1 氮气、氮的氧化物及硝酸

基础题

1. (2022·河西区期中) 硝酸与铜反应实验装置如图所示, 下列有关叙述不正确的是 ()



- A. 浓硝酸呈黄色是因溶有其分解产生的 NO_2
 B. 用稀硝酸实验时试管上方气体略有红棕色
 C. 用浓硝酸实验时溶液呈绿色是因溶有 NO
 D. 反应中浓硝酸较稀硝酸反应更剧烈、氧化性更强
2. (2023·红桥区一模) 部分含氮物质的分类与相应化合价关系如图所示。下列说法正确的是 ()



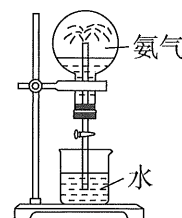
- A. a 的氧化或还原均可实现氮的固定
 B. b 是红棕色气体, b 常温下可转化为 c
 C. 常温下 d 的稀溶液可保存在铝制容器中
 D. e 的溶液一定呈中性
3. (2023·五校联考期中) 氮元素形成的化合物种类十分丰富。请根据以下工业制硝酸的原理示意图回答含氮化合物相关的问题:



- (1) 下列有关 NH_3 的说法中, 不正确的是 (填序号)。

- A. 工业合成 NH_3 需要在高温高压催化剂下进行
 B. NH_3 可用来生产碳铵和尿素等化肥
 C. NH_3 可用浓硫酸或无水氯化钙干燥
 D. NH_3 受热易分解, 须置于冷暗处保存

- (2) NH_3 易溶于水, 标准状况下, 用充满 NH_3 的烧瓶做喷泉实验(如图), 引发喷泉的方法是



水充满整个烧瓶后所形成溶液的物质的量浓度为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

- (3) 氨气在氧化炉中发生反应的化学方程式为

- (4) HNO_3 是一种重要的化工原料, 工厂生产出的浓硝酸可用铝槽车或铁槽车来运输。在常温下能使铝、铁钝化, 说明浓硝酸具有很强的 性。

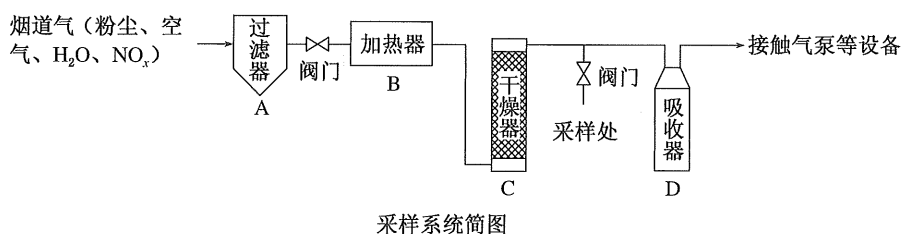
- (5) “吸收塔”尾部会有含 NO 、 NO_2 等氮氧化物的尾气排出, 为消除它们对环境的破坏作用, 通常用以下两种方法处理:

① 纯碱溶液吸收法。纯碱溶液与 NO_2 的反应原理为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NO}_2 = \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2$ (不需配平, 请填写缺少物质的化学式)。

② 氨转化法。已知 7 mol 氨恰好能将含 NO 和 NO_2 共 6 mol 的混合气体完全转化为 N_2 , 则混合气体中 NO 和 NO_2 的物质的量之比为

提升题

4. 烟道气中的 NO_x 是主要的大气污染物之一, 为了监测其含量, 选用如下采样和检测方法。请回答下列问题:



I. 采样。

采样步骤:

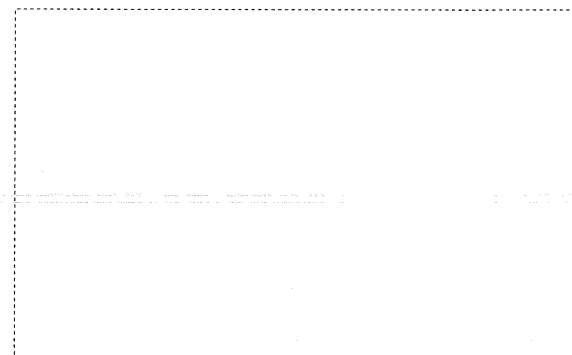
① 检验系统气密性; ② 加热器将烟道气加热至 140°C ; ③ 打开抽气泵置换系统内空气; ④ 采集无尘、干燥的气样; ⑤ 关闭系统, 停止采样。

(1) A 中装有无碱玻璃棉, 其作用是

(2) C 中填充的干燥剂是 (填字母)。

- A. 碱石灰 B. 无水 CuSO_4 C. P_2O_5

(3) 用实验室常用仪器组装一套装置, 其作用与 D (装有碱液) 相同, 在虚线框中画出该装置的示意图、气体的流向及试剂。



(4) 采样步骤②加热烟道气的目的是

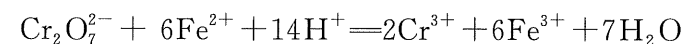
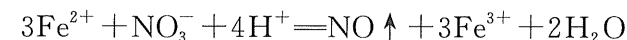
II. NO_x 含量的测定。

将 V L 气体通入适量酸性的 H_2O_2 溶液中, 使 NO_x 完全被氧化成 NO_3^- , 加水稀释至 100.00 mL, 量取 20.00 mL 该溶液, 加入 V_1 mL $c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeSO_4 标准溶液 (过量), 充分反应后, 用 $c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液滴定剩余的 Fe^{2+} , 终点时消耗 V_2 mL。

(5) NO 被 H_2O_2 氧化为 NO_3^- 的离子方程式为

(6) 滴定操作使用的玻璃仪器主要有

(7) 滴定过程中发生下列反应:



则气样中 NO_x 折合成 NO_2 的含量为 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

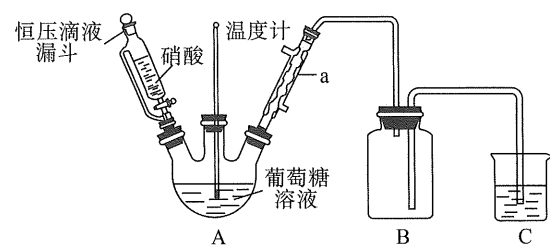
(8)判断下列情况对 NO_x 含量测定结果的影响。(填“偏高”“偏低”或“无影响”)

若缺少采样步骤③,会使测试结果_____;

若 FeSO_4 标准溶液部分变质,会使测定结果_____。

5.【难题】(2021·实验中学模拟)草酸铁铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ 是一种常用的金属着色剂,易溶于水,常温下其水溶液的 pH 介于 4.0~5.0 之间。某兴趣小组设计实验制备草酸铁铵并测其纯度。

(1)甲组设计由硝酸氧化葡萄糖制取草酸,其实验装置(夹持及加热装置略去)如图所示。



①仪器 a 的名称是_____。

②55~60 °C 下,装置 A 中生成 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,同时生成 NO_2 和 NO 且物质的量之比为 3:1,该反应的化学方程式为_____。

③装置 B 的作用是_____;装置 C 中盛装的试剂是_____。

(2)乙组利用甲组提纯后的草酸溶液制备草酸铁铵。

将 Fe_2O_3 在搅拌条件下溶于热的草酸溶液;滴加氨水至_____,然后将溶液_____,过滤、洗涤并干燥,制得草酸铁铵产品。

(3)丙组设计实验测定乙组产品的纯度。

准确称量 5.000 g 产品配成 100 mL 溶液,取 10.00 mL 于锥形瓶中,加入足量 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硫酸酸化后,再用 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KMnO_4 标准溶液进行滴定,消耗 KMnO_4 溶液的体积为 12.00 mL。

①滴定终点的现象是_____。

②滴定过程中发现褪色速率开始缓慢后迅速加快,其主要原因是_____。

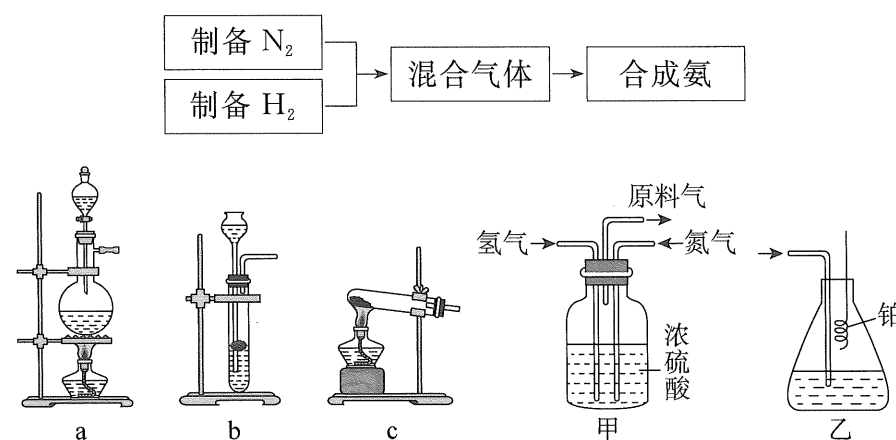
③产品中 $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 的质量分数为_____%。
[已知: $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 的摩尔质量为 $374\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$]

焦点 2 氨及铵盐

基础题

1. (2023·河东区二模)某实验小组拟在实验室模拟工业合成氨,并进行氨的催化氧化。

I. 实验室模拟合成氨的流程如下:



已知:实验室可用饱和亚硝酸钠(NaNO_2)溶液与饱和氯化铵溶液经加热后反应制取氮气。

(1)图中制取氮气的装置是_____;制取氢气的装置是_____。

(2)氮气和氢气通过甲装置,甲装置的作用除了将气体混合外,还有_____。

(3)原料气通入合成装置合成氨的化学反应方程式是_____。

II. 氨的催化氧化

(4)乙装置的名称是_____。

(5)氨合成器出来经冷却的气体连续通入乙装置的水中吸收氨,_____ (“会”或“不会”)发生倒吸,原因是_____。

(6)用乙装置吸收一段时间氨后,再通入空气,同时将经加热的铂丝插入乙装置的锥形瓶内,能使铂丝保持红热的原因是_____,锥形瓶中还可观察到的现象是_____。

(7)反应结束后锥形瓶内的溶液中含有 H^+ 、 OH^- 、_____、_____离子。

2. (2023·河西区期中)氮及其化合物是工农业生产中的重要原料。

请按要求回答下列问题。

(1)氮气的电子式为_____;构成氨分子的原子中电负性较大的是_____;氨分子的空间构型为_____。

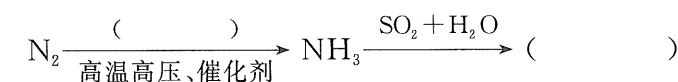
(2)自然界中氮循环涉及以下过程。

① NH_4^+ 转化为可被植物吸收的 NO_3^- 的过程如下:

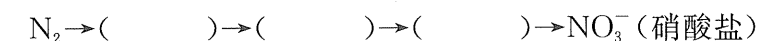


此过程中的氧化剂是_____。

② N_2 和 H_2 在固氮酶的作用下得到 NH_3 ,被水吸收生成被植物吸收的 NH_4^+ ,其中固氮酶的作用是_____。工业固氮路径与之有些相似,请完善如下转化过程(写化学式):



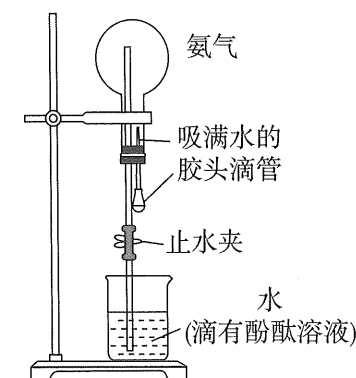
雷雨发庄稼的固氮过程如下,补充中间物质的化学式:



(3)氨气水溶性的探究

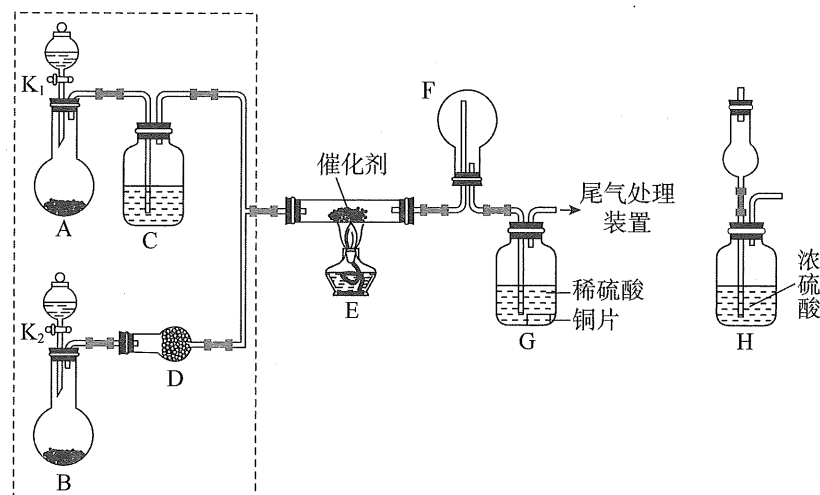
①根据氨的分子结构预测其水溶性:_____,预测的依据是(写一条)_____。

②利用如图装置进行实验,欲观察的现象是_____;合理的验证操作为_____。



③新制的氨水中含氮元素的微粒有 NH_3 、_____,_____,用合理的化学用语解释:_____。

3. (2024·河北区期中)某小组同学欲实验验证 NH_3 的化学性质,探究催化氧化反应,按如图装置进行实验。A、B 装置可选药品:浓氨水、 H_2O_2 、蒸馏水、 NaOH 固体、 MnO_2 , C、D 为干燥装置。

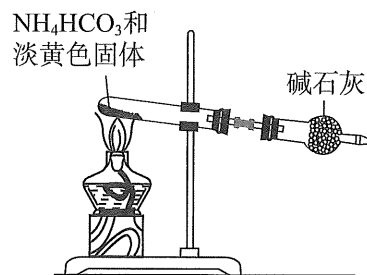


(1) 装置 A、B 中产生气体的化学式分别是 A: _____, B: _____, E 中发生反应的化学方程式是 _____。

(2) 甲乙两同学分别按上述装置进行实验,一段时间后,装置 G 中溶液都变成蓝色。甲观察到装置 F 中有红棕色气体,红棕色气体的成分是(写化学式) _____,乙观察到装置 F 中只有白烟生成,白烟的成分是(写化学式) _____。

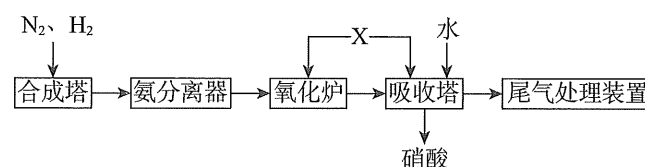
(3) 为帮助乙实现在装置 F 中也观察到红棕色气体,可在原实验的基础上进行改进。除了调节 K_1 和 K_2 控制 A、B 装置中的产气量外,还可以在装置 E、F 间增加一个 H 装置,理由是 _____,该装置采用空的干燥管,目的是 _____。

(4) 为实现该反应,也可用如图所示的装置替换上述装置中虚线框部分,该气体发生装置涉及多个化学反应,如: $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$, 写出装置中还可能的化学方程式 _____ (写出一个即可)。



(5) 运输氨时,不能使用铜及其合金制造的管道阀门,因为在潮湿的环境中,金属铜在有 NH_3 存在时能被空气中的 O_2 氧化,生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 该反应的离子方程式为 _____。

4. (2024·南开区期末)氨既是一种重要的化工产品,又是一种重要的化工原料。下图为合成氨以及氨氧化制硝酸的流程示意图。



回答下列问题:

(1) N_2 和 H_2 必须经过净化才能进入合成塔,最主要的原因是 _____。

(2) 简述氨分离器中,将氨从平衡混合物中分离出去的方法: _____。

(3) 氧化炉中主要反应的化学方程式为 _____。

(4) 向吸收塔中通入 X 的作用是 _____。

(5) 工业上常用碱液来进行尾气处理,有关的化学反应为



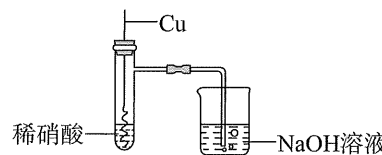
现有一定条件下 0.2 mol NO_2 和 0.1 mol NO 的混合气体恰好被 200 mL NaOH 溶液完全吸收,则 NaOH 溶液的物质的量浓度为 _____ mol/L。

(6) 实验室中硝酸一般盛放在棕色试剂瓶中,用化学方程式说明其原因: _____。

(7) 利用如图所示装置进行铜与稀硝酸

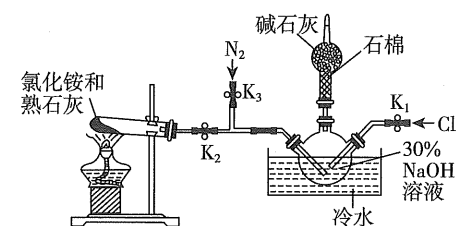
反应的实验可以观察到的实验

现象为 _____。



5. (2021·南开中学第五次月考)化工原料水合肼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)是一种强还原性的碱性液体。

I. 实验室用如图装置制备水合肼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。



实验步骤:关闭 K_2 、 K_3 , 打开 K_1 , 制备 NaClO ; 关闭 K_1 、 K_2 , 打开 K_3 , 通入 N_2 一段时间; 关闭 K_3 , 打开 K_2 , 点燃酒精灯。回答下列问题:

(1) 盛放碱石灰的仪器的名称为 _____。

(2) 配制 30% NaOH 溶液时,所需玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和 _____。

(3) 步骤 2 中通入 N_2 一段时间的原因是 _____。

(4) 水槽中放入冷水的目的是 _____。

(5) NH_3 与 NaClO 反应生成 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的化学方程式为 _____。

II. 已知: $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{I}_2 = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{HI} + \text{H}_2\text{O}$, 测定水合肼粗产品的纯度步骤如下:

- 称取 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 粗产品(其他杂质不与 I_2 反应)2.000 g;
- 加水配成 250.00 mL 溶液;
- 移出 25.00 mL 置于锥形瓶中,滴加淀粉溶液;
- 用 0.3000 mol $\cdot$ L⁻¹ 的碘标准溶液进行滴定;
- 重复上述操作两次。三次测定数据如表:

实验序号	1	2	3
消耗碘标准溶液体积/mL	20.24	20.02	19.98

f. 数据处理。

(6) 达到终点的现象是 _____。

(7) 消耗的碘标准溶液平均体积为 _____ mL, 粗产品中水合肼的质量分数为 _____。

(8) 判断下列操作对测定结果的影响。(均填“偏高”“偏低”或“无影响”)

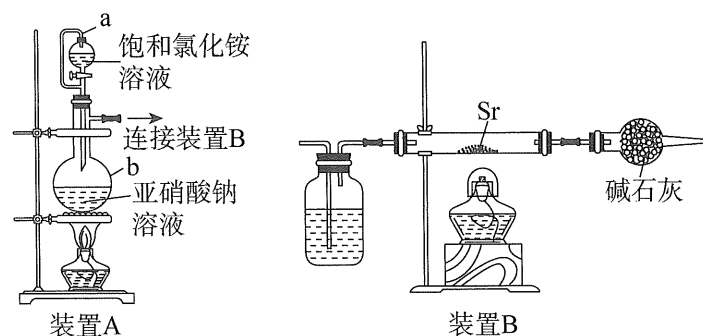
① 若在配制碘标准溶液时,烧杯中的溶液有少量溅出,则测定结果 _____。

② 若在滴定终点读取滴定管刻度时,俯视标准液液面,则测定结果 _____。

提升题

6. (2023·滨海新区三模) 氮化锶(Sr_3N_2)是工业上生产荧光粉的原材料。已知: 锶与氮气在加热条件下可生成氮化锶, 氮化锶遇水剧烈反应产生氨气。

I. 利用装置 A 和 B 制备 Sr_3N_2



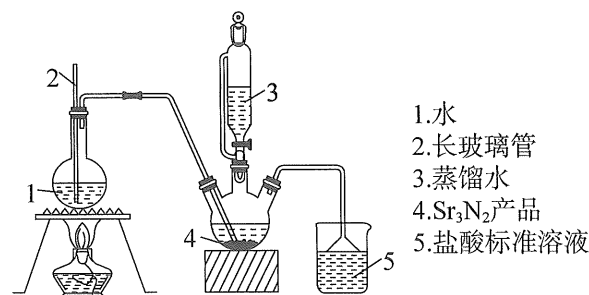
(1) 装置 A 中仪器 b 的名称为 _____, a 导管的作用是 _____。

(2) 装置 B 中广口瓶中盛放的试剂是 _____ (填名称), 碱石灰的作用是 _____。

(3) A 是 N_2 的发生装置, 实验时先点燃装置 _____ 处酒精灯 (填“A”或“B”)。

II. 测定 Sr_3N_2 产品的纯度

称取 6.0 g 产品, 放入干燥的三颈烧瓶中, 然后加入蒸馏水, 通入水蒸气, 将产生的氨全部蒸出, 用 200.00 mL 1.000 0 mol/L 的盐酸标准溶液完全吸收 (吸收液体体积变化忽略不计)。从烧杯中量取 20.00 mL 的吸收液放入锥形瓶中, 先加入几滴酚酞, 再用 1.000 0 mol/L NaOH 标准溶液滴定过剩的 HCl, 到终点时消耗 16.00 mL NaOH 溶液 (图中夹持装置略)。



(4) 三颈烧瓶中发生反应产生氨气的化学方程式为 _____。

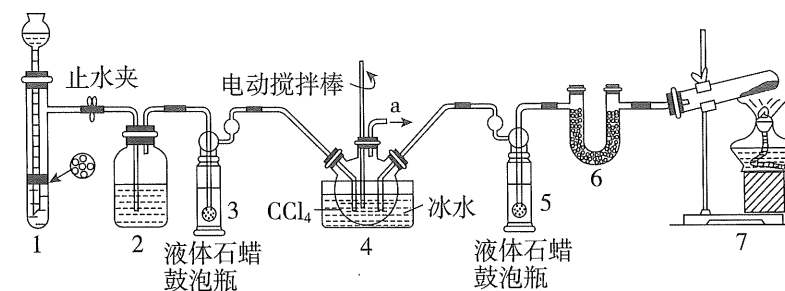
(5) 判断滴定达到终点的现象为 _____。

(6) 产品纯度为 _____ (精确到 0.1%)。

(7) 下列实验操作可能使氮化锶(Sr_3N_2)测定结果偏低的是 _____ (填序号)。

- A. 锥形瓶洗涤干净后未干燥, 直接装入待测液
- B. 滴定时未用 NaOH 标准溶液润洗滴定管
- C. 滴定前滴定管尖嘴处有气泡, 滴定结束后气泡消失
- D. 读数时, 滴定前平视, 滴定后俯视

7. (2022·耀华中学第二次月考) 氨基甲酸铵($\text{H}_2\text{NCOONH}_4$)是一种重要的化工原料, 可用作化学肥料、灭火剂、洗涤剂等。某化学兴趣小组用以下装置制取氨基甲酸铵。



已知: ① 制取氨基甲酸铵反应为: $2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{NCOONH}_4(\text{s}) \quad \Delta H < 0$ 。

② 氨基甲酸铵易分解、易吸水, 溶于水后生成碳酸氢铵和一水合氨。

回答下列问题:

(1) 检查装置 1 气密性的操作是 _____。

(2) 装置 6 中的试剂是 _____, 导管 a 出口直接与尾气处理装置连接, 该尾气处理装置中的试剂是 _____。

(3) 装置 7 中发生反应的化学方程式为 _____。

(4) 三颈烧瓶需用冰水浴冷却, 其目的是 _____。

(5) CCl_4 液体中产生较多晶体悬浮物时, 即停止反应。停止反应的操作是 _____, 从三颈烧瓶中分离出粗产品的操作是 _____。

(6) 因部分变质而混有碳酸氢铵的氨基甲酸铵样品 1.173 g, 用足量石灰水充分反应后, 使碳元素全部转化为碳酸钙, 经过滤、洗涤、干燥后称量, 测得质量为 1.500 g。写出石灰水与氨基甲酸铵反应转化为碳酸钙的反应方程式 _____。样品中氨基甲酸铵的质量分数是 _____。(计算结果保留小数点后两位) [$M_r(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 78$, $M_r(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79$]

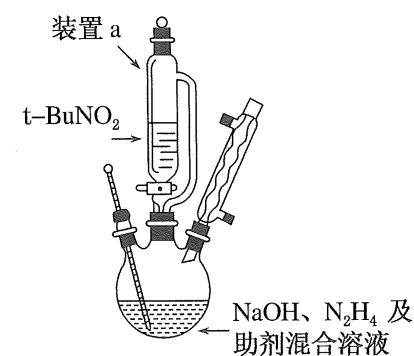
8. 【难题】(2020·和平区期末) 汽车安全气囊的主要成分叠氮化钠(NaN_3), 易溶于水, 微溶于乙醇。可用亚硝酸叔丁酯($t\text{-BuNO}_2$)与 N_2H_4 、氢氧化钠溶液混合反应制备叠氮化钠。

(1) 制备亚硝酸叔丁酯:

可利用亚硝酸与叔丁醇($t\text{-BuOH}$)在 40°C 左右制备亚硝酸叔丁酯, 试写出该反应的化学方程式: _____。

(2) 制备叠氮化钠(NaN_3):

按如图所示组装仪器 (加热装置略) 和投料进行反应, 又有叔丁醇($t\text{-BuOH}$)生成。



① 装置 a 的名称是 _____;

② 写出反应装置中反应的化学方程式: _____。

③ 该反应需控制温度在 65°C , 采用的实验措施是 _____;

④ 反应后溶液在 0°C 下冷却至有大量晶体析出后过滤, 所得晶体使用无水乙醇洗涤。试解释低温下过滤和使用无水乙醇洗涤晶体的原因是 _____。

(3) 产率计算:

① 称取 2.0 g 叠氮化钠试样, 配成 100 mL 溶液。

② 量取 10.00 mL 溶液于锥形瓶中, 加入 0.10 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ 溶液 40.00 mL, 反应为 $2\text{Ce}^{4+} + 2\text{N}_3^- = 2\text{Ce}^{3+} + 3\text{N}_2 \uparrow$ (假设杂质均不参与反应)。

③ 滴定过量的 Ce^{4+} , 滴入 2 滴邻菲罗啉指示剂, 用 0.10 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 为标准液滴定 (滴定原理: $\text{Ce}^{4+} + \text{Fe}^{2+} = \text{Ce}^{3+} + \text{Fe}^{3+}$), 终点时消耗标准液 20.00 mL。计算试样中叠氮化钠的质量分数为 _____ (保留两位有效数字)。若其他操作及读数均正确, 滴定到终点后, 下列操作会导致所测结果偏大的是 _____ (填字母)。

a. 滴加 $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ 溶液时, 滴加前仰视读数, 滴加后俯视读数

b. 滴加 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液时, 开始时尖嘴处无气泡, 结束时出现气泡

(4) 叠氮化钠有毒, 可用次氯酸钠溶液进行处理, 反应后溶液碱性明显增强, 且产生无色无味的无毒气体, 试写出反应的离子方程式: _____。

专题二十一



无机推断

焦点 1 选择型推断

基础题

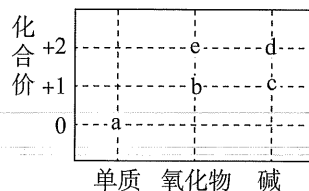
1. (2023·河西区一模)下列关于第三周期元素及相关物质的性质比较中,正确的是 ()

- A. 酸性: $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_2\text{SiO}_3$
 B. 熔点: 红磷 > 单晶硅
 C. 第一电离能: $\text{S} > \text{P}$
 D. 热稳定性: $\text{SiH}_4 > \text{PH}_3$

2. (2024·河西区期中)第三周期元素 X、Y、Z 的原子序数依次增大, 25 °C 时, 0.1 mol/L 它们最高价氧化物的水化物的溶液, 对应的 pH 分别为 13.00、1.57、0.70, 下列有关说法正确的是 ()

- A. 原子半径: $\text{X} < \text{Y}$
 B. 元素电负性: $\text{Y} < \text{Z}$
 C. Y 的最高价氧化物的水化物属于强电解质
 D. Z 的最高价氧化物的水化物可能是 HClO_4

3. (2024·南开区期中)部分含 Na 或含 Cu 物质的分类与相应化合价关系如图所示。



下列推断不合理的是 ()

- A. 可存在 $\text{c} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{e}$ 的转化
 B. 能与 H_2O 反应生成 c 的物质只有 b
 C. 新制的 d 可用于检验葡萄糖中的醛基
 D. 若 b 能与 H_2O 反应生成 O_2 , 则 b 中含共价键

4. (2024·天津一中第二次月考)A、B、C、D 是原子序数依次增大的前四周期元素, A 元素原子最高能级的不同轨道都有电子且自旋方向相同; B 元素原子的价层电子排布式是 ns^nnp^{2n} ; 其中 C 元素的部分电离能如下表; D 元素原子的最外层只有一个电子, 其次外层内的所有轨道的电子均成对。下列说法不正确的是 ()

元素	电离能/(kJ·mol ⁻¹)			
	I_1	I_2	I_3	I_4
C	578	1 817	2 745	11 575

- A. 离子半径大小: $\text{A} > \text{B}$
 B. C 单质可通过电解 C 的氯化物制备
 C. 简单氢化物的稳定性: $\text{A} < \text{B}$
 D. 元素 D 的核外电子运动具有 15 种不同的空间运动状态

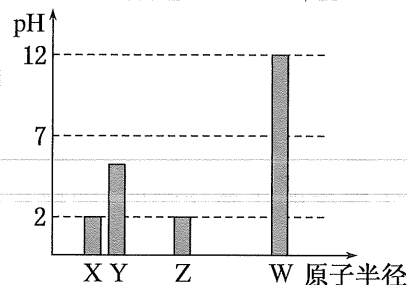
5. (2023·南开区一模)X、Y、Z、W 四种短周期元素在周期表中的位置如图所示。

	X	
Y	Z	W

X 元素基态原子的最外层电子排布式为 $2s^22p^4$ 。下列说法不正确的是 ()

- A. 酸性: $\text{H}_3\text{YO}_4 < \text{H}_2\text{ZO}_4$
 B. 还原性: $\text{Z}^{2-} > \text{W}^-$
 C. 离子半径: $\text{Z}^{2-} < \text{W}^-$
 D. 氢化物稳定性: $\text{H}_2\text{X} > \text{H}_2\text{Z}$

6. (2020·滨海新区一模)X、Y、Z、W 均为常见的短周期主族元素, 常温下, 其最高价氧化物对应的水化物溶液(浓度均为 0.01 mol/L) 的 pH 和原子半径的关系如图所示。其中, Y 为碳元素。下列有关说法正确的是 ()



- A. X 是硫元素
 B. Y 的最高价氧化物的电子式为: $\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:C:}\ddot{\text{O}}\text{:}$
 C. W 的最高价氧化物对应的水化物中仅含离子键
 D. Z 的最高价氧化物对应水化物的化学式为 HClO_4

7. (2020·南开中学第六次月考)主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, 且均不大于 20。只有 X、Y 同周期, X 的最高正价与最低负价代数和为 4。化合物 ZW_2 与水剧烈反应, 生成白色糊状物, 并产生可燃性气体单质。下列说法正确的是 ()

- A. 化合物 ZW_2 中只含有离子键

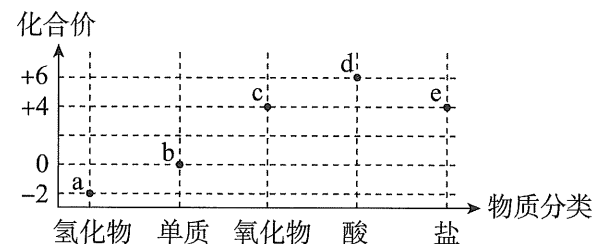
B. 单质的沸点: $\text{W} > \text{Y}$

C. 简单氢化物的热稳定性: $\text{X} > \text{Y}$

D. X 的氧化物的水化物均为强酸

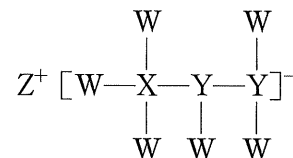
提升题

8. (2023·河西区期中)部分含硫物质的分类与相应硫元素的化合价关系如图所示。下列说法不正确的是 ()



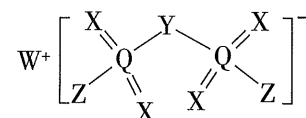
- A. a 的稳定性比 H_2O 的强
 B. a 与 c 在一定条件下反应可得到 b
 C. d 的酸性比 HClO_4 的弱
 D. e 既有还原性又有氧化性

9. (2024·南开中学统练)一种由短周期主族元素组成的化合物(如图所示), 具有良好的储氢性能, 其中元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大且总和为 24。下列有关叙述错误的是 ()



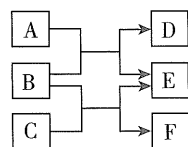
- A. 该化合物中, W、X、Y 之间均为共价键
 B. Z 的单质既能与水反应, 也可与甲醇反应
 C. W、X、Y、Z 四种元素电负性 $\text{Z} < \text{X} < \text{W} < \text{Y}$
 D. X 的氟化物 XF_3 中原子均为 8 电子稳定结构

10. (2022·耀华中学第二次月考)一种高效电解质的结构如图所示, W、Y、X、Z、Q 均为短周期元素, 且原子序数依次增大, X 与 Q 同族, Y 和 Z 的原子序数之和与 Q 相等。下列说法正确的是 ()



- A. 原子半径的顺序为 $\text{Q} > \text{Y} > \text{X} > \text{Z} > \text{W}$
 B. 简单氢化物沸点的顺序为 $\text{Q} > \text{Z} > \text{X}$
 C. 化合物 QX_2 、 YX_2 均能与 NaOH 溶液反应
 D. 阴离子中所有原子均满足 8 电子稳定结构

- 11.【易错】(2021·八校期中)X、Y、Z、W 是原子序数依次增大的四种短周期元素,A、B、C、D、F 都是由其中的两种或三种元素组成的化合物,E 是由 Z 元素形成的单质, $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ D 溶液的 pH 为 13($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。它们满足如图转化关系,则下列说法不正确的是 ()

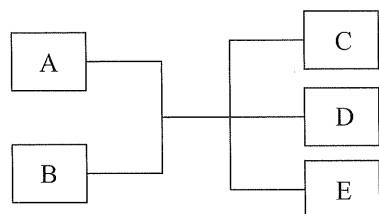


- A. B 晶体中阴、阳离子个数比为 1:2
B. 等体积等浓度的 F 溶液与 D 溶液中,阴离子总的物质的量: $F>D$
C. 0.1 mol B 与足量 A 或 C 完全反应转移电子数均为 $0.1N_A$
D. Y、Z 分别形成的简单氢化物的稳定性前者弱于后者,是因为后者分子间存在氢键

焦点 2 文字论述型推断

基础题

1. (2024·杨村一中开学考试)已知 A、B、C、D、E 是化学中常见的物质,常温下,E 是一种无色无味的液体,它们之间有如下反应关系。



- (1)若 A 是一种黑色单质,B 是一种常见的难挥发性酸,C、D 都是气体,则 A 为:_____,B 为:_____ (填化学式)。
(2)若 A 是一种紫红色单质,B 是一种常见的挥发性酸,反应时生成的 C 是无色气体,反应的离子方程式是_____,B 在反应中表现出的性质是_____。
(3)若实验室中利用 A 和 B 的反应制备气体 C,C 是一种无色、刺激性气味、密度比空气小的气体,则 C 为:_____,D 为:_____ (填化学式),实验室检验 C 的常用方法是_____。

2. (2024·南开中学统练)如下为元素周期表的一部分。

碳	氮	Y	
X		硫	Z

请回答下列问题:

- (1)Z 元素在周期表中的位置为_____。
(2)表中元素原子半径最大的是(写元素符号)_____。
(3)下列事实能说明 Y 元素的非金属性比 S 元素的非金属性强的是_____ (填序号)。
a. Y 单质与 H_2S 溶液反应,溶液变浑浊
b. 在氧化还原反应中, 1 mol Y 单质比 1 mol S 得电子多
c. Y 和 S 两元素的简单氢化物受热分解,前者的分解温度高
(4)X 与 Z 两元素的单质反应生成 1 mol X 的最高价化合物,恢复至室温,放热 687 kJ ,已知该化合物的熔、沸点分别为 $-69\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。写出该反应的热化学方程式:_____。
(5)碳与镁生成的 1 mol 化合物 Q 与水反应生成 $2\text{ mol Mg}(\text{OH})_2$ 和 1 mol 烃,该烃分子中碳氢质量比为 9:1,烃的电子式为_____。Q 与水反应的化学方程式为_____。
(6)铜与一定浓度的硝酸和硫酸的混合酸反应,生成的盐只有硫酸铜,同时生成的两种气体均由上表中两种元素组成,气体的相对分子质量都小于 50,为防止污染,将产生的气体完全转化为最高价含氧酸盐,消耗 $1\text{ L } 2.2\text{ mol/L NaOH}$ 溶液和 1 mol O_2 ,则两种气体的分子式及物质的量分别为_____,生成硫酸铜的物质的量为_____。

3. (2021·南开区期末)A、B、C、D、E 代表原子序数依次增大的前四周期元素,其中 A 和 C 同主族,C 常用于制作半导体器件和集成电路,B 的简单氢化物 M 的水溶液呈碱性,E 元素的正三价离子的 3d 轨道为半充满,D 被称为“未来金属”,其重量轻、强度高、耐腐蚀,在周期表中位于第四周期第 IVB 族。请回答下列问题:

- (1)A、B、C 三种元素的原子半径由小到大的顺序为_____ (填元素符号,下同),电负性由大到小的顺序为_____。
(2)M 易液化的原因是_____,其中 B 原子的杂化方式为_____,M 的空间结构为_____。

- (3)E 元素基态原子价层电子排布式为_____。
(4)B 和 C 形成的化合物常用作高温耐火材料,化学性质稳定,据此推测它应属于_____晶体。
(5)D 有多种氧化物,其中一种氧化物的晶胞结构如图 1 所示,则该晶体中 D 的配位数为_____;图 2 为 E 的一种面心立方晶胞结构,若晶胞的边长为 $a\text{ cm}$, N_A 表示阿伏加德罗常数的值,则 E 的密度为_____ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (用含 a 和 N_A 的代数式表示)。

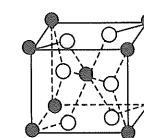


图 1

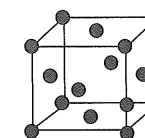


图 2

4. (2021·南开中学第三次月考)熟记元素周期表,熟知元素周期律对于化学学习是至关重要的:现有 A、B、C、D、E、F 原子序数依次增大的六种元素,它们分别位于元素周期表的前四周期。B 元素含有 3 个能级,且每个能级所含的电子数相同;D 的原子核外有 8 个运动状态不同的电子,B、C、D 均可与 A 形成 10 电子微粒,E 元素与 F 元素处于同一周期相邻的族,它们的原子序数相差 3,且 E 元素的基态原子有 4 个未成对电子。请回答下列问题:

- (1)请写出 F 基态原子的电子排布式:_____,F 元素位于周期表的_____区;
(2)B、C、D 基态原子第一电离能由小到大的顺序为_____ (用元素符号表示);
(3)已知 $(\text{BC})_2$ 是直线形分子,并有对称性,且分子中每个原子最外层都达到 8 电子稳定结构,则 $(\text{BC})_2$ 中 σ 键和 π 键的个数比为_____;
(4)E 的单质和 C 的氢化物在 $640\text{ }^{\circ}\text{C}$ 可发生置换反应,产物之一的晶胞结构如图 1 所示,写出该反应的化学方程式:_____;

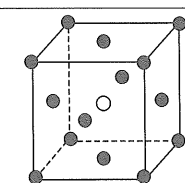


图 1

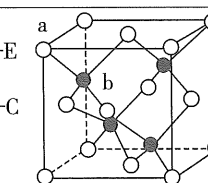


图 2

- (5)立方硫化锌晶胞与金刚石晶胞类似,结构如图 2,其中 a 代表 S^{2-} ,b 代表 Zn^{2+} 。则该晶胞中 S^{2-} 的配位数为_____,若晶体的密度为 $\rho\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,则晶胞的体积为_____ cm^3 (用 N_A 表示阿伏加德罗常数的值)。

专题二十二



生命健康与自然资源

焦点1 金属矿物和海水资源利用



基础题

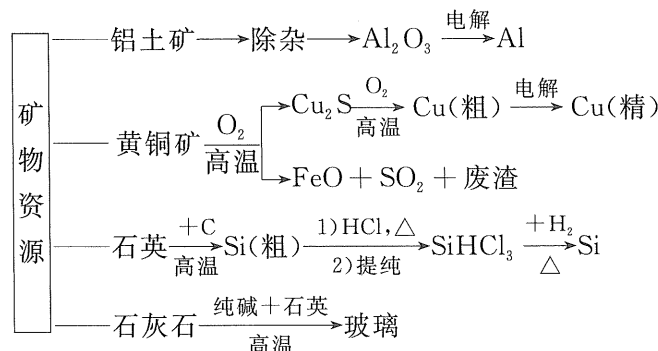
- (2023·和平区三模)中华文化源远流长、博大精深。下列文物主要是由金属材料制成的是 ()
A. 鎏金高士图银杯
B. 南宋德化窑青白釉撇口瓶
C. 明代象牙雕寿星
D. 战国青瓷罐
- (2022·南开区期中)《天工开物》中记载:“凡铜供世用,出山与出炉,止有赤铜。以炉甘石或倭铅参和,转色为黄铜;以砒霜等药制炼为白铜;矾、硝等药制炼为青铜。”其中涉及的物质中熔点最高的是 ()
A. 赤铜 B. 黄铜 C. 白铜 D. 青铜
- (2020·七校联考)下列材料或物质的应用与其对应的性质完全符合的是 ()
A. 镁铝合金用来制飞机外壳——合金熔点低
B. 葡萄酒中含 SO_2 —— SO_2 具有漂白性
C. SiO_2 用来作为光导纤维—— SiO_2 具有耐酸性
D. 食品盒中常放一小袋 Fe 粉——Fe 粉具有还原性
- (2022·五校联考期末)化学与科技、生活密切相关,下列说法正确的是 ()
A. 将二氧化硫添加于红酒中可以起到杀菌和抗氧化作用
B. 地下钢铁管道用导线连接铜块可以减缓管道的腐蚀
C. 将“84 消毒液”与 75% 的酒精混合使用,消毒效果更好
D. “中国天眼”使用的高性能碳化硅是一种新型的有机高分子材料
- (2023·红桥区二模)我国古代四大发明是古代劳动人民智慧的结晶。下列说法不正确的是 ()

选项	四大发明	制作简介	成分分析
A	黑火药	硝石(75%)、木炭(15%)和硫黄(10%)	爆炸时木炭作还原剂
B	造纸	由青檀树皮及稻草制作而成	主要成分为纤维素
C	活字印刷	胶泥由 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 等组成	都属于金属氧化物
D	指南针	由天然磁石制成	主要成分是 Fe_3O_4



提升题

- (2022·南开中学第三次月考)下列是部分矿物资源的利用及产品流程(如图),有关说法不正确的是 ()



- 粗铜电解精炼时,粗铜作阳极
 - 生产铝、铜、高纯硅及玻璃过程中都涉及氧化还原反应
 - 黄铜矿冶铜时,副产物 SO_2 可用于生产硫酸, FeO 可用作冶铁的原料
 - 粗硅制高纯硅过程中生成的 SiHCl_3 是极性分子
- 【易错】(2021·南开区二模)“吹出法”是工业上常用的一种海水提溴技术,该技术主要流程如下:
- 氧化1所用的氯气可通过电解饱和 NaCl 溶液制得
 - 吹出后剩余溶液中可能大量存在的离子有 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Br^-
 - 吸收过程发生反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-}$
 - 氧化2所得溶液可通过萃取分离出溴

焦点2 煤、石油、天然气的综合利用和绿色化学



基础题

- (2024·和平区期末)下列各项中不属于化学变化的是 ()
A. 石油分馏 B. 油脂硬化
C. 煤的液化 D. 橡胶硫化
- (2021·和平区三模)2020年7月23日,我国首个火星探测器“天问一号”发射成功,火星车所涉及的下列材料中属于金属材料的是 ()
A. 用石墨纤维和硅制成的太阳能电池复合材料
B. 温控涂层材料的成分聚酰胺

- 用钛合金做的车轮材料
- 探测仪镜头材料用的二氧化硅

- (2021·河西区三模)科学技术在不断探索中推动社会的发展,下列说法正确的是 ()
A. 石墨烯是一种复杂的有机高分子材料
B. “奋斗者”号潜水器外壳材料可用高纯铝制得
C. 人造太阳使用的氘、氚、氦为同种核素
D. 新合成的单三键交替碳环 C_{18} 属于单质



提升题

- (2023·南开中学第三次月考)下列叙述正确的是 ()
A. 蒸馏“地沟油”可获得汽油
B. 海水中加入明矾可将海水淡化
C. 因碘酒能使蛋白质盐析而具有消毒作用
D. 合理开发利用可燃冰有助于缓解能源紧缺
- (2023·部分区一模)关于北京举办的第22届冬奥会,下列说法不正确的是 ()
A. 北京冬奥会上使用二氧化碳跨临界制冰机组,与传统制冷剂氟利昂相比更加环保
B. 冬奥会上采用紫外线杀菌技术对手机和笔记本电脑进行消毒,这是利用紫外线使蛋白质变性的原理
C. 冬奥会上雪车是用碳纤维制成的,碳纤维主要由碳元素组成,是一种抗摩擦、导热及轻质的高分子材料
D. 冬奥会采用了氢燃料电池车,还开发了全新的车载光伏发电系统,体现了“绿色出行”的理念
- (2020·部分区一模)根据已有知识判断下列说法错误的是 ()
A. 为防止月饼等富脂食品因被氧化而变质,常在包装袋中放入硅胶
B. 汽车使用乙醇汽油与传统汽油相比可以减少尾气污染
C. 浸泡过高锰酸钾溶液的硅藻土与水果放在一起可以保鲜水果
D. 鸡蛋煮熟过程中蛋白质变性
- (2020·河北区二模)化学与科学、技术、社会、环境密切相关,下列说法正确的是 ()
A. SiO_2 具有导电性,可用于制作光导纤维和光电池
B. 煤经过气化和液化等物理变化可转化为清洁燃料

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{NH}_2 \end{array}$$

C. 乙酰胺($\text{CH}_3 - \text{C} - \text{NH}_2$)与甘氨酸的化学性质相同
D. 屠呦呦用乙醚从青蒿中提取出对治疗疟疾有特效的青蒿素,该过程包括萃取操作

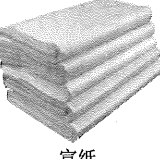
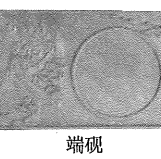
焦点3 化学与生活

基础题

1. (2023·和平区二模)《天工开物》中“宋子曰:天生五谷以育民,美在其中,有黄裳之意焉。稻以糠为甲,麦以麸为衣,粟、粱、黍、稷毛羽隐然。”该古文中“麸”的主要成分是 ()
- A. 油脂
B. 蛋白质
C. 纤维素
D. 淀粉
2. (2023·红桥区一模)化学是材料科学的基础,下列涉及的材料中,主要成分为有机高分子化合物的是 ()
- A. 制造5G芯片的氮化铝晶圆
B. 飞船返回舱壳层中的铝合金
C. 中国天眼中传输信息用的光导纤维
D. 航天服中的合成纤维及尼龙膜
3. (2024·和平区期末)中国古诗词中,不少名言佳句描写了劳动人民的生产与生活,其知识性与文艺性珠璧交辉,彰显了中华民族的文化自信。下列关于古诗词的说法中不正确的是 ()
- A. “故人具鸡黍,邀我至田家”中的“黍”的主要成分是淀粉
B. “无边落木萧萧下”中的“落木”的主要成分是纤维素
C. “壮志饥餐胡虏肉,笑谈渴饮匈奴血”中的“肉”和“血”都是脂肪
D. “愈风传乌鸡,秋卵方漫吃”中的“卵”主要指蛋白质
4. (2023·和平区期末)下列我国取得举世瞩目成就的工程中,使用的材料属于金属材料的是 ()

选项	A	B	C	D
成就	天问一号探测器超大型天线反射面舱室密封材料	完成万米深潜的“奋斗者号”潜水器中的固体浮力材料	大国重器C919大型客机机身蒙皮	我国在月球表面首次实现“独立展示”的国旗
材料	硅橡胶	高强空心玻璃微球	第三代铝锂合金	国产复合纤维

5. (2020·和平区一模)“笔、墨、纸、砚”是中国传统文化中的“文房四宝”,下列说法中不正确的是 ()

			
A. 用灼烧法可鉴别毛笔羊毫的真伪	B. 用墨写字画画可长久不褪色	C. 纸及造纸原料的主要成分均是纤维素	D. 用石材制作砚台的过程是化学变化

6. (2023·河东区期末)《天工开物》中有如下描述:“世间丝、麻、裘、褐皆具素质……”下列有关“丝、麻、裘、褐”主要成分的描述正确的是 ()
- A. 丝和麻的主要成分相同,都是纤维素
B. 麻和褐的主要成分相同,都是蛋白质
C. 裘和丝的主要成分相同,都是蛋白质
D. 褐和裘的主要成分相同,都是纤维素
7. (2024·河北区期末)从深邃的海底到浩瀚的太空,中国科学家探索的脚步从未停止。下列成果所涉及的材料为金属材料的是 ()
- A. “神舟十五号”飞船使用的耐辐照光学窗材料——石英玻璃
B. “长征五号”运载火箭使用的燃料——液氢
C. “福建号”航母使用的高强度甲板材料——合金钢
D. “C919”大飞机使用的机身复合材料——碳纤维和环氧树脂
8. (2021·十二校一模)下列贡献均与中国科学家有关的是 ()
- A. 发现青蒿素,合成结晶牛胰岛素
B. 创立侯氏制碱法,提出元素周期律
C. 总结出平衡移动原理,发现青蒿素
D. 创立侯氏制碱法,发明合成氨技术
9. (2020·河西区一模)下列有关“84”消毒液(主要成分是NaClO)的说法正确的是 ()
- A. 用石蕊试液可检验其溶液具有漂白性
B. 敞口放置不会与空气中的CO₂反应
C. 该溶液呈中性,对皮肤没有刺激作用
D. 与洁厕灵(含盐酸)混合使用更安全有效
10. (2023·五校联考期中)化学在生产和生活中有重要的应用。下列说法正确的是 ()
- A. 陶瓷坩埚和石英坩埚都是硅酸盐产品
B. 乙醇、过氧化氢、次氯酸钠、K₂FeO₄等消毒液均可以将病毒氧化而达到消毒的目的
C. 新型材料聚酯纤维、光导纤维都属于有机高分子材料
D. 工业上利用合成氨实现人工固氮涉及氧化还原反应

11. (2023·天津一中第一次月考)下列诗句或谚语可能与化学现象有关,其中说法不正确的是 ()

- A. “水乳交融,火上浇油”,前者包含物理变化,而后者包含化学变化
B. “落汤螃蟹着红袍”发生了化学变化
C. “水滴石穿,绳锯木断”不包含化学变化
D. “看似风平浪静,实则暗流涌动”形象地描述了沉淀溶解平衡的状态

12. (2023·河东区一模)化学与生活密切相关,下列叙述不正确的是 ()
- A. 油脂是一种没有固定熔沸点的有机高分子混合物
B. 燃煤取暖,燃烧过程是将化学能转化成热能
C. 冰的密度比水小,是因为水分子间存在氢键
D. 我国古代的青铜器是由含铜合金制成的

提升题

13. (2021·十二校一模)下列说法正确的是 ()
- A. 制成集成电路板的酚醛树脂可导电
B. 鸡蛋清中滴加1%的NH₄Cl溶液产生的沉淀能重新溶于水
C. 油脂都可以使溴的四氯化碳溶液褪色
D. 淀粉和纤维素互为同分异构体
14. (2021·北辰区一模)下列说法错误的是 ()
- A. 利用油脂在碱性条件下水解,可以制甘油和肥皂
B. 聚乙烯、光导纤维都是有机高分子材料
C. 向淀粉的水解液中加入碘水,溶液变蓝,不能说明淀粉未水解
D. 疫苗一般应冷藏存放,以避免蛋白质变性
15. (2021·红桥区二模)下列说法正确的是 ()
- A. 淀粉没有甜味,不属于糖类
B. 医用酒精能使蛋白质变性而常用于灭菌消毒
C. 油脂属于高分子化合物,是人体不可缺少的营养物质
D. 合成橡胶、有机玻璃、酚醛树脂等都要通过加聚反应制备
16. (2021·河北区二模)下列说法不正确的是 ()
- A. 氯气可用于自来水的杀菌消毒
B. 乙醇、过氧乙酸等消毒液均有强氧化性
C. 进行消毒清洁时要注意“84”消毒液与洁厕灵不可以混合使用
D. 医用外科口罩的过滤层所用的材料是熔喷聚丙烯,属于有机合成高分子材料

专题二十三



化学实验基本方法

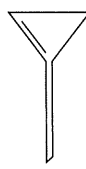
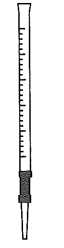
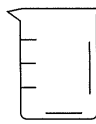
焦点 1 常见仪器的使用

基础题

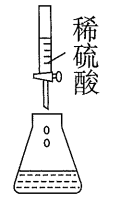
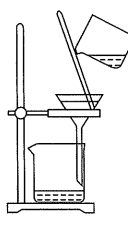
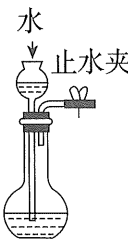
1. 化学是一门以实验为基础的自然科学,化学实验在化学学习中具有极其重要的作用。下列实验中所选用的仪器合理的是 ()
- ①用 50 mL 量筒量取 5.2 mL 稀硫酸;②用分液漏斗分离苯和四氯化碳的混合物;③用托盘天平称量 11.7 g 氯化钠晶体;④用酸式滴定管量取 23.10 mL 0.20 mol · L⁻¹ 高锰酸钾溶液;⑤用瓷坩埚灼烧各种钠的化合物;⑥配制 245 mL 0.20 mol · L⁻¹ 的 NaOH 溶液用 250 mL 容量瓶。

A. ①②③④ B. ③④⑥ C. ③ D. ③⑤⑥

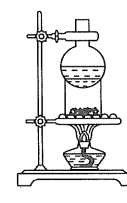
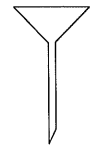
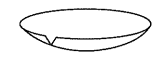
2. (2021 · 天津高考)进行下列实验操作时,选用仪器正确的是 ()

提取碘水中的碘	量取一定体积的 KMnO ₄ 溶液	熔化 NaOH 固体	浓缩 NaCl 溶液
			
A	B	C	D

3. (2022 · 南开中学第二次月考)下列装置不能达到预期实验目的的是 ()

A	B	C	D
			
吸收含 HCl 的尾气	量取 15.00 mL 稀硫酸	分离水和 CCl ₄ 的混合物	检查装置的气密性

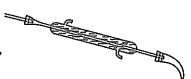
4. (2023 · 部分区一模)下列分离和提纯的实验中,所选用的方法或仪器不正确的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	制取蒸馏水	分离氯化钠和碘单质	分离食盐水与泥沙	从浓食盐水中得到氯化钠晶体
分离方法	蒸馏	升华	萃取	蒸发
主要仪器				

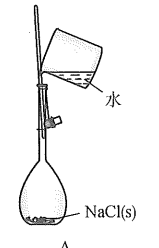
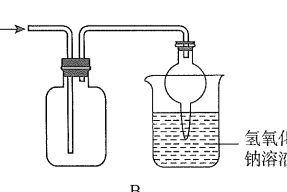
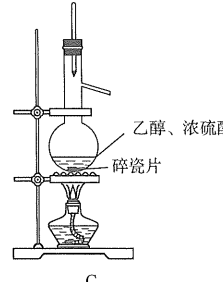
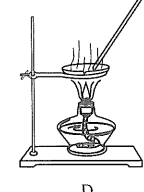
5. (2022 · 天津高考)下列实验操作中选用仪器正确的是 ()

			
用量筒量取 10.00 mL 盐酸	用瓷坩埚加热熔化 NaOH 固体	用分液漏斗分离乙酸异戊酯和水的混合物	配制一定温度的 NaCl 饱和溶液,用温度计测温并搅拌
A	B	C	D

6. (2023 · 南开中学第四次月考)《本草纲目》“烧酒”写道:“自元时始创其法,用浓酒和糟入甑,蒸令气上……其清如水,味极浓烈,盖酒露也”。若在实验室里完成上述操作,不需要的仪器是 ()

A.  B.  C.  D. 

7. (2021 · 红桥区二模)利用下列装置进行实验,能达到实验目的的是 ()

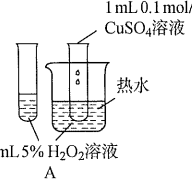
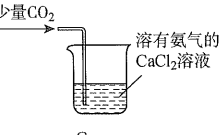
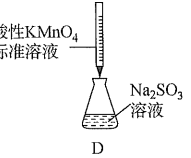
			
A. 配制 0.1 mol · L ⁻¹ NaCl(aq)	B. 收集 SO ₂ 并吸收尾气	C. 乙醇、浓硫酸	D. 碎瓷片

A. 配制 0.1 mol · L⁻¹ NaCl(aq)
B. 收集 SO₂ 并吸收尾气

C. 制取 C₂H₄

D. 蒸干 FeCl₃ 溶液制 FeCl₃ 晶体

8. (2021 · 滨海新区三模)下列实验操作或仪器的使用正确的是 ()

			
A	B	C	D

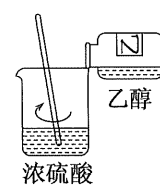
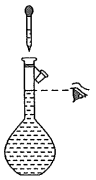
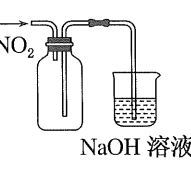
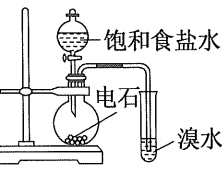
A. 图 A 是验证 CuSO₄ 对 H₂O₂ 分解反应有催化作用

B. 图 B 是蒸发、浓缩、结晶

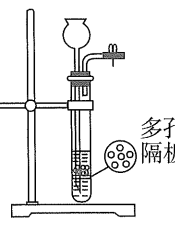
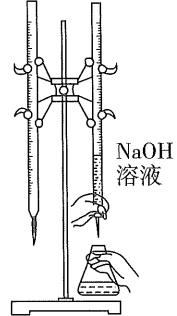
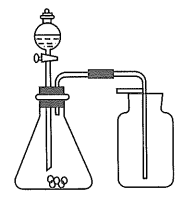
C. 图 C 是用此装置制 CaCO₃

D. 图 D 是用酸性 KMnO₄ 标准溶液滴定 Na₂SO₃ 溶液

9. (2020 · 南开中学第四次月考)下列实验操作或装置能达到目的的是 ()

A	B	C	D
			
混合浓硫酸和乙醇	配制一定浓度的溶液	收集 NO ₂ 气体	证明乙炔可使溴水褪色

10. (2021 · 河北区一模)完成下列实验,所选装置正确的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	检查装置气密性	实验室用纯碱和稀硫酸制备二氧化碳	用已知浓度的氢氧化钠溶液测定未知浓度盐酸	选择合适的试剂,可分别制取少量 CO ₂ 、NO 和 O ₂
实验装置				

提升题

11.【易错】(2023·南开中学第二次月考)下列实验装置与实验目的相匹配的是 ()

A. 制取干燥纯净的 $\text{NH}_3(\text{g})$ B. 制取大量的 CO_2 气体

C. 证明 Cl_2 易与 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 反应 D. 测量 Cu 与 $\text{HNO}_3(\text{浓})$ 反应产生气体的体积

12. (2020·河北区线上模拟) 下列实验装置正确且能达到实验目的的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	实验室制乙酸乙酯	比较碳酸与苯酚酸性强弱	加入 CCl_4 分离碘水中的碘	蒸干 FeCl_3 溶液制无水 FeCl_3
实验装置				

焦点 2 化学实验基本操作

基础题

1. (2022·部分区二模) 某化学兴趣小组为检验茶叶中是否含有铁元素, 进行了如下实验:

- ①将茶叶灼烧成灰 ②用浓硝酸溶解茶叶灰并加蒸馏水稀释
③过滤得到滤液 ④检验滤液中的 Fe^{3+}

上述操作中, 不需要用到的仪器为 ()

A. B. C. D.

2. (2021·红桥区一模) 实验室制取 NH_3 时, 下列装置能达到相应实验目的的是 ()

A. 生成 NH_3 B. 干燥 NH_3 C. 收集 NH_3 D. 吸收多余 NH_3

3. (2021·南开区一模) 根据下列实验操作和现象所得到的结论正确的是 ()

选项	实验	现象	结论
A	向苯酚浊液中加入 Na_2CO_3 溶液	浊液变澄清	酸性: 苯酚 > 碳酸
B	向 20% 的蔗糖溶液中加入少量稀硫酸, 加热, 再加入银氨溶液并水浴加热	未出现银镜	蔗糖未水解
C	向 2 支盛有 2 mL 相同浓度银氨溶液的试管中, 分别加入 2 滴相同浓度的 NaCl 和 NaI 溶液	一支无明显现象, 另一支产生黄色沉淀	相同条件下, AgI 比 AgCl 的溶解度小
D	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 与浓硫酸 170 $^\circ\text{C}$ 共热, 制得的气体通入酸性 KMnO_4 溶液	酸性 KMnO_4 溶液褪色	乙烯能被酸性 KMnO_4 氧化

4. (2021·河西区三模) 下列实验操作或装置(略去部分夹持仪器)能达到预期目的的是 ()

可用于收集 Cl_2 或 NH_3	蒸发结晶得 NaHCO_3	除去 HCl 中少量 SO_2	验证非金属性: $\text{N} > \text{C} > \text{Si}$
A	B	C	D

提升题

5. (2023·河北区期中) 实验室制备下列气体所选试剂、制备装置及收集方法均正确的是 ()

a b c d e

选项	气体	试剂	制备装置	收集方法
A	CO_2	CaCO_3 和稀盐酸	b	e
B	SO_2	Cu 和浓硫酸	b	c
C	NO	Cu 和稀硝酸	b	c
D	NH_3	NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	a	d

6. (2021·河西区一模) 下列实验装置能达到实验目的的是 ()

A. 制纯碱 B. 制 NH_3 C. 制 SO_2 D. 制取乙烯

7.【易错】(2022·实验中学第三次月考) 根据下列实验现象, 所得结论正确的是 ()

选项	A	B	C	D
实验	4滴0.1 mol/L NaCl 溶液 2 mL 0.1 mol/L AgNO_3 溶液	Na_2CO_3 固体 NaHCO_3 固体 澄清石灰水	NaBr 溶液 淀粉 KI 溶液 棉球	稀盐酸 Na_2CO_3 Na_2SiO_3
现象	第①步出现白色沉淀 第②步白色沉淀变成黄色沉淀	左边烧杯中无明显变化, 右边烧杯中澄清石灰水变浑浊	左边棉球变为橙色, 右边棉球变为蓝色	锥形瓶中有气体产生, 烧杯中液体变浑浊
结论	溶度积: $K_{sp}(\text{AgCl}) > K_{sp}(\text{AgI})$	热稳定性: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$	氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$	非金属性: $\text{Cl} > \text{C} > \text{Si}$

8. (2020·河东区线上模拟) 下列有关实验能达到相应实验目的的是 ()

A. 证明 HNO_3 的酸性强于 H_2SO_3 B. 制备干燥的氨气

C. 验证石蜡油发生了裂化反应 D. 制备乙酸乙酯

专题二十四 物质检验、分离、提纯

焦点 1 物质的检验

基础题

1. (2022·南开中学第一次月考)下列除去杂质的方法错误的是()

- A. 除去乙醇中少量的乙酸,加入足量生石灰,过滤
- B. 除去 CuCl_2 溶液中少量的 FeCl_3 ,加入足量 CuO ,充分反应后,过滤
- C. 除去 Cl_2 中少量的 HCl ,先通入饱和 NaCl 溶液中,再用浓硫酸干燥
- D. 除去 Fe_2O_3 中少量的 Al_2O_3 ,加入足量 NaOH 溶液,充分反应后过滤、洗涤、干燥

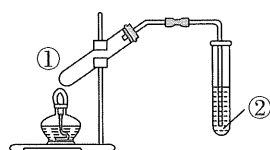
2. (2020·南开中学第六次月考)在探究新制饱和氯水成分的实验中,下列根据实验现象得出的结论不正确的是()

- A. 氯水的颜色呈浅黄绿色,说明氯水中含有 Cl_2
- B. 向氯水中滴加硝酸酸化的 AgNO_3 溶液,产生白色沉淀,说明氯水中含有 Cl^-
- C. 向氯水中加入 NaHCO_3 粉末,有气泡产生,说明氯水中含有 H^+
- D. 向 FeCl_2 溶液中滴加氯水,溶液颜色变成棕黄色,说明氯水中含有 HClO

3. (2020·和平区三模)下列判断正确的是()

- A. 加入 AgNO_3 溶液,生成白色沉淀,加稀盐酸沉淀不消失,可确定有 Cl^- 存在
- B. 通入 Cl_2 后,溶液变为黄色,加入淀粉溶液后溶液变蓝,可确定有 I^- 存在
- C. 加入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$,生成白色沉淀,加稀盐酸沉淀不消失,可确定有 SO_4^{2-} 存在
- D. 加入盐酸,生成的气体能使澄清石灰水变浑浊,可确定有 CO_3^{2-} 存在

4. (2024·河北区期末)用如图所示装置进行下列实验(尾气处理装置已省略),装置正确并能达到实验目的的是()



选项	①中试剂	②中溶液	实验目的
A	浓硫酸、无水乙醇(沸石)	酸性高锰酸钾溶液	检验有乙烯气体生成
B	乙醇、乙酸、浓硫酸	氢氧化钠溶液	制取乙酸乙酯
C	Cu 、浓硫酸	溴水	验证 SO_2 的还原性
D	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	澄清石灰水	验证 $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ 的热稳定性

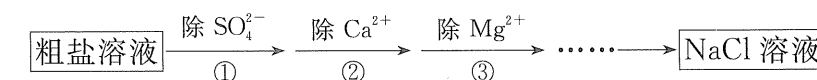
5. (2021·河北区二模)下列实验操作与预期实验目的或所得实验结论一致的是()

选项	实验操作	实验目的或结论
A	向苯酚浊液中加入 Na_2CO_3 溶液后变澄清	酸性:苯酚>碳酸
B	向某溶液中加入稀盐酸酸化,无现象,再加入 BaCl_2 溶液,观察到白色沉淀生成	验证该溶液中存在 SO_4^{2-} 离子
C	向 FeCl_2 溶液中滴加 KSCN 溶液,观察溶液是否变红	检验 FeCl_2 是否已完全变质
D	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 与浓硫酸 170°C 共热,制得的气体通入酸性 KMnO_4 溶液	检验制得的气体是否含有乙烯

6. (2023·重点校模拟)下列实验装置能达到相应实验目的的是()

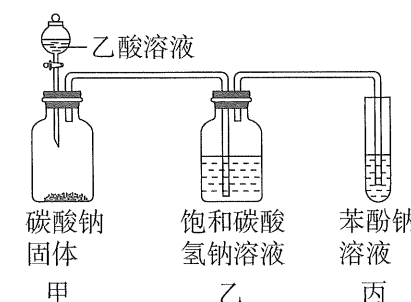
选项	A	B
实验装置		
实验目的	验证牺牲阳极法保护铁	制备并收集氨气
选项	C	D
实验装置		
实验目的	验证 MnO_2 是 H_2O_2 分解的催化剂	关闭 a、打开 b,可检查装置的气密性

7. (2023·河北区期中)以下是某种粗盐(主要含 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等杂质离子)精制成 NaCl 溶液的部分流程。下列说法不正确的是()



- A. ①中的除杂试剂可以是 BaCl_2 溶液
- B. ②中加入过量 Na_2CO_3 溶液后,只有 Ca^{2+} 被除去
- C. ③中加入过量 NaOH 溶液后过滤,还需向滤液中加适量稀盐酸
- D. 杂质离子的去除顺序还可以是③①②

8. (2023·河西区期中)比较乙酸、碳酸、苯酚的酸性强弱的实验如图所示,下列说法正确的是()



- A. 甲中反应: $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- B. 乙中的 NaHCO_3 溶液可改为 NaOH 溶液
- C. 丙中出现浑浊说明碳酸的酸性强于苯酚
- D. 去除乙装置仍可达到实验目的

9. (2022·南开中学第四次月考)下列实验操作或装置能达到目的的是

A	B	C	D
制 NH_3	收集 NO_2 气体	①中有气泡,②中无气泡,说明酸性:醋酸>碳酸>硼酸	由 CuCl_2 溶液得到 CuCl_2 固体

10. (2022·河东区二模)实验室检验溶液中是否存在下列离子的方法正确的是 ()

选项	离子	方法
A	I^-	滴加淀粉溶液
B	SO_4^{2-}	依次加入氯化钡溶液、稀盐酸
C	Fe^{2+}	滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液
D	Al^{3+}	逐滴加入氨水至过量

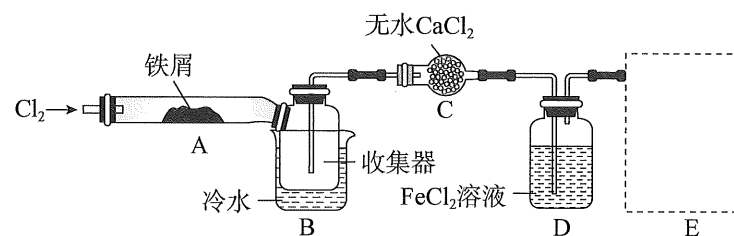
11. 以下实验方案合理的是 ()

选项	实验目的	实验设计
A	鉴别乙醇和二甲醚	分别取少量样品用元素分析仪进行测定
B	用高锰酸钾溶液滴定未知浓度的乙二酸溶液	用待测液体分别润洗酸式和碱式滴定管再进行操作
C	确定某无色溶液中含有 SO_4^{2-}	取少量待测液加 $Ba(NO_3)_2$ 溶液,再加入稀盐酸,观察沉淀是否溶解
D	鉴别 KNO_3 、 $Al(NO_3)_3$ 和 $AgNO_3$ 溶液	分别滴加氨水至过量,观察现象

提升题

12. (2022·耀华中学高三第一次模拟) $FeCl_3$ 在现代工业生产中应用广泛。某化学研究性学习小组模拟工业生产流程制备无水 $FeCl_3$,再用副产品 $FeCl_3$ 溶液吸收有毒的 H_2S 。

I. 经查阅资料得知:无水 $FeCl_3$ 在空气中易潮解,加热易升华。他们设计了制备无水 $FeCl_3$ 的实验方案,装置示意图(加热及夹持装置略去)及操作步骤如下:



- ①检查装置的气密性;
- ②通入干燥的 Cl_2 , 赶走装置中的空气;
- ③用酒精灯在铁屑下方加热至反应完成;

④……

⑤体系冷却后,停止通入 Cl_2 ,并用干燥的 N_2 赶走 Cl_2 ,将收集器密封;

请回答下列问题:

(1)装置 A 中反应的化学方程式为_____。

(2)第③步加热后,生成的烟状 $FeCl_3$ 大部分进入收集器,少量沉积在反应管 A 的右端。要使沉积的 $FeCl_3$ 进入收集器,第④步操作是_____。

(3)操作步骤中,为防止 $FeCl_3$ 潮解所采取的措施有(填步骤序号)_____。

(4)装置 B 中的冷水作用为_____;装置 C 的名称为_____;装置 D 中 $FeCl_2$ 全部反应完后,因为失去吸收 Cl_2 的作用而失效,写出检验 $FeCl_2$ 是否失效的试剂:_____。

(5)在虚线框内画出尾气吸收装置 E 并注明试剂。

II. 该组同学用装置 D 中的副产品 $FeCl_3$ 溶液吸收 H_2S ,得到单质硫;过滤后,再以石墨为电极,在一定条件下电解滤液。

(6) $FeCl_3$ 与 H_2S 反应的离子方程式为_____。

(7)电解池中 H^+ 在阴极放电产生 H_2 , 阳极的电极反应式为_____。

(8)综合分析实验 II 的两个反应,可知该实验有两个显著优点:

① H_2S 的原子利用率 100%;②_____。

焦点 2 物质的分离与提纯

基础题

1. (2023·天津高考)明代《武备志》中记载了提纯硫黄的油煎法:“先将硫打豆粒样碎块,每斤硫黄用麻油二斤,入锅烧滚。再下青柏叶半斤在油内,看柏枯黑色,捞去柏叶,然后入硫黄在滚油内,待油面上黄沫起至半锅,随取起,安在冷水盆内,倒去硫上黄油,净硫凝一并在锅底内者是。”下列叙述错误的是 ()

- “先将硫打豆粒样碎块”增大了硫的表面积
- “青柏叶”变“枯黑色”起到指示油温的作用
- “倒去硫上黄油”实现固液分离
- 提纯硫黄的油煎法利用了蒸馏原理

2. (2020·和平区二模)下列有关说法不正确的是 ()

- 向 $Mg(OH)_2$ 中加入足量稀硫酸,加热浓缩,冷却结晶后得到硫酸镁晶体
- 用氨水清除试管壁附着的银镜
- 可用稀硝酸鉴别 MgI_2 、 $AgNO_3$ 、 Na_2CO_3 、 $NaAlO_2$ 四种溶液
- 除去乙酸乙酯中的乙酸杂质,加入碳酸钠溶液,分液

3. (2020·南开中学第五次月考)下列有机化合物中均含有酸性杂质,除去这些杂质的方法中正确的是 ()

- 乙醇中含乙酸杂质:加入 Na_2CO_3 溶液洗涤,分液
- 乙醛中含乙酸杂质:加入 Na_2CO_3 溶液洗涤,分液
- 乙酸乙酯中含乙酸杂质:加入 Na_2CO_3 溶液洗涤,分液
- 苯中含苯酚杂质:加入溴水,过滤

4. (2023·宝坻一中模拟)下列除杂试剂或方法选用正确的是 ()

选项	物质(括号内为杂质)	除杂试剂或方法
A	$NaHCO_3$ 固体(Na_2CO_3)	加热
B	苯(苯酚)	浓溴水
C	$NaCl$ 溶液(Na_2SO_4)	$BaCl_2$ 溶液、 Na_2CO_3 溶液
D	CO_2 (SO_2)	$BaCl_2$ 与 H_2O_2 混合溶液、浓硫酸

5. (2021·部分区一模)以下实验设计能达到实验目的的是 ()

选项	化合物成分(括号内为杂质)	除杂方法
A	SO_2 (HCl)	将气体通入饱和食盐水溶液
B	$CuCl_2$ 溶液($FeCl_3$)	加入过量 CuO 或 $Cu_2(OH)_2CO_3$, 静置后过滤
C	乙酸乙酯(乙酸)	加入饱和 $NaOH$ 溶液,振荡后静置分液
D	$NaCl$ 溶液(KI)	滴加新制氯水后,用 CCl_4 萃取

6. (2021·部分区二模)下列实验装置能达到实验目的的是 ()

A	B	C	D
检查装置气密性	少量氨气的尾气吸收装置	除去 SO_2 中的 HCl	证明碳酸的酸性强于苯酚

7. (2020·和平区三模)下列实验装置(部分夹持装置已略去)可以达到对应实验目的的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	制备氢氧化铁胶体	分离乙酸乙酯和饱和 Na_2CO_3 溶液	除去 CO_2 中的少量 HCl	收集 NO_2
实验装置				

8. 【易错】(2021·十二校二模)用下列装置完成相关实验,合理的是 ()



- A. 图①:验证 H_2CO_3 的酸性强于 H_2SiO_3
 B. 图②:除去 CO_2 气体中的 HCl 杂质
 C. 图③:制取并收集乙酸乙酯
 D. 图④:收集 NH_3
9. (2020·南开中学第二次月考)下列除杂试剂选用正确且除杂过程不涉及氧化还原反应的是 ()

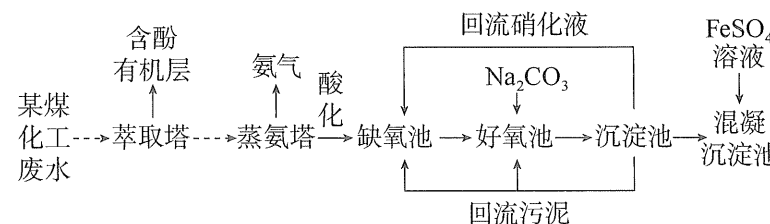
选项	物质(括号内为杂质)	除杂试剂
A	FeCl_2 溶液(FeCl_3)	Fe 粉
B	NaCl 溶液(MgCl_2)	NaOH 溶液、稀 HCl
C	Cl_2 (HCl)	H_2O 、浓 H_2SO_4
D	$\text{NO}(\text{NO}_2)$	H_2O 、无水 CaCl_2

10. (2024·耀华中学第二次月考)下列气体去除杂质的方法中,不能实现目的的是 ()

选项	气体(杂质)	方法
A	$\text{SO}_2(\text{H}_2\text{S})$	通过酸性高锰酸钾溶液
B	$\text{Cl}_2(\text{HCl})$	通过饱和的食盐水
C	$\text{N}_2(\text{O}_2)$	通过灼热的铜丝网
D	$\text{NO}(\text{NO}_2)$	通过氢氧化钠溶液

提升题

11. (2023·部分区一模)某煤化工厂废水含有大量有机物、氨氮、氰化物、悬浮颗粒等有害物质。处理流程如图所示。



离子	开始沉淀时的 pH	完全沉淀时的 pH
Fe^{2+}	6.3	8.3
Fe^{3+}	2.7	3.7

- (1) 萃取塔中经过 _____ (填写操作名称) 可将含酚有机层分离出来。
 (2) 蒸氨塔中需要连续加入碱液并保持较高温度。请从化学平衡角度解释并回答下列问题。

- ① 写出蒸氨塔中主要的化学平衡的离子方程式: _____。
 ② 加入碱液以及保持较高温度的原因: _____。

- (3) 缺氧池中含有 NH_4^+ 及 CN^- , 其中 CN^- (C 为 +2 价) 可被回流硝化液中的 NO_3^- 氧化为无毒气体。请预测 CN^- 反应后的产物为 _____ 和 _____。请分析由蒸氨塔到缺氧池工序酸化的目的: _____。

- (4) 好氧池中富含 O_2 与 NH_4^+ 反应后的产物为 NO_3^- , 写出该反应的离子方程式: _____。

- (5) 下列关于混凝沉淀池中的说法合理的是 _____ (填写序号)。

- a. 混凝沉淀池溶液的 pH 控制在 8.3 左右
 b. FeSO_4 水解产生 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 胶体, 吸附水中的悬浮颗粒
 c. 相同条件下, 使用 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 可获得相同的混凝效果

- (6) 出水检测

甲醛法可以测定水样中 NH_4^+ 的含量, 其反应原理为 $4\text{NH}_4^+ + 6\text{HCHO} = 3\text{H}^+ + 6\text{H}_2\text{O} + (\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+$, 然后用 NaOH 标准溶液滴定反应生成的酸[滴定时, $1\text{ mol } (\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+$ 与 $1\text{ mol } \text{H}^+$ 相当]。

实验步骤:

- i. 移取 $V\text{ mL}$ 出水样品, 以酚酞为指示剂, 用 $c\text{ mol/L}$ NaOH 标准溶液中和样品中的酸, 滴定至终点。消耗 NaOH 溶液的体积为 $V_1\text{ mL}$;

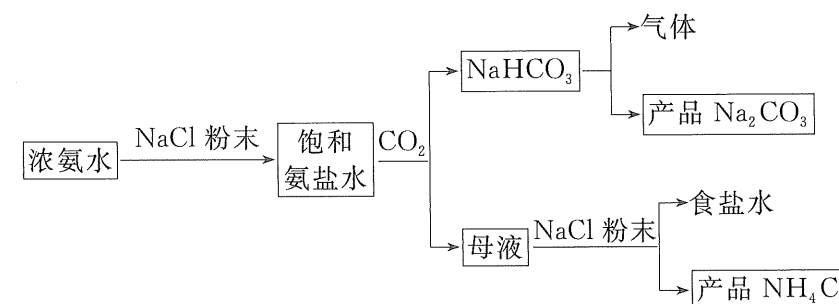
- ii. 另取同样体积的样品, 加入足量的中性甲醛溶液, 摇匀, 静置 5 min 后, 加入 1~2 滴酚酞溶液, 用 NaOH 标准溶液滴定至终点, 消耗 NaOH 溶液的体积为 $V_2\text{ mL}$ 。

- ① 步骤 ii 中滴定至终点的现象为 _____。

- ② 该水样中残留 NH_4^+ 浓度为 _____ mol/L 。

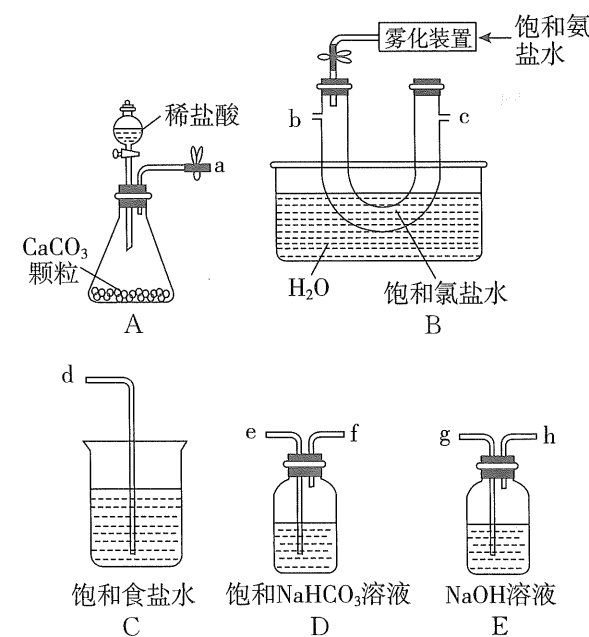
12. (2022·耀华中学第一次月考)化工专家侯德榜发明的侯氏制碱法为我国纯碱工业和国民经济发展做出了重要贡献。

I. 某化学兴趣小组在实验室中模拟并改进侯氏制碱法制备 NaHCO_3 , 进一步处理得到产品 Na_2CO_3 和 NH_4Cl , 实验流程如图:



回答下列问题:

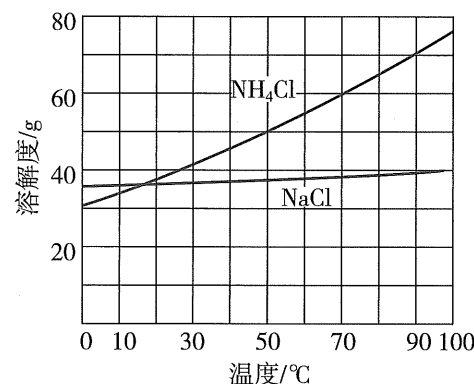
- (1) 从 A~E 中选择合适的仪器制备 NaHCO_3 , 正确的连接顺序是 _____ (按气流方向, 用小写字母表示)。



(2) B 中使用雾化装置的优点是_____。

(3) 生成 NaHCO_3 的总反应的化学方程式为_____。

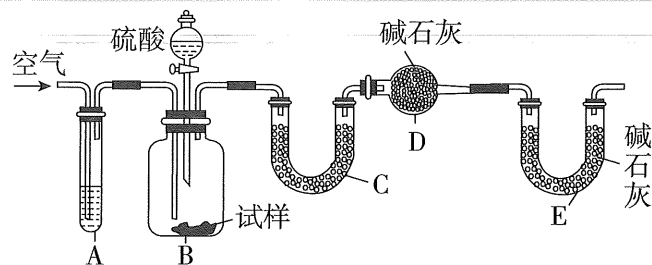
(4) 反应完成后, 将 B 中 U 形管内的混合物处理得到固体 NaHCO_3 和滤液:



① 对固体 NaHCO_3 充分加热, 产生的气体先通过足量浓硫酸, 再通过足量 Na_2O_2 , Na_2O_2 增重 0.14 g, 则固体 NaHCO_3 的质量为_____g。

② 向滤液中加入 NaCl 粉末, 存在 $\text{NaCl(s)} + \text{NH}_4\text{Cl(aq)} = \text{NaCl(aq)} + \text{NH}_4\text{Cl(s)}$ 过程。为使 NH_4Cl 沉淀充分析出并分离, 根据 NaCl 和 NH_4Cl 溶解度曲线, 需采用的操作为_____、_____、洗涤、干燥。

II. 利用侯德榜原理制备的纯碱中含有少量 NaCl 等杂质, 利用下列装置可用来测定纯碱中的 Na_2CO_3 的质量分数。实验步骤如下:



- ① 如图所示, 组装好实验仪器, 并检查其气密性;
- ② 准确称取盛有碱石灰的干燥管 D 的质量 m_1 g;
- ③ 准确称取 n g 纯碱, 并将其放进广口瓶 B 内;
- ④ 从分液漏斗中缓缓滴入一定量的稀硫酸, 并从前端缓缓地鼓入空气, 至 B 反应器中不再产生气体为止;
- ⑤ 准确称取干燥管 D 的总质量 m_2 g

根据上述实验, 回答下列问题:

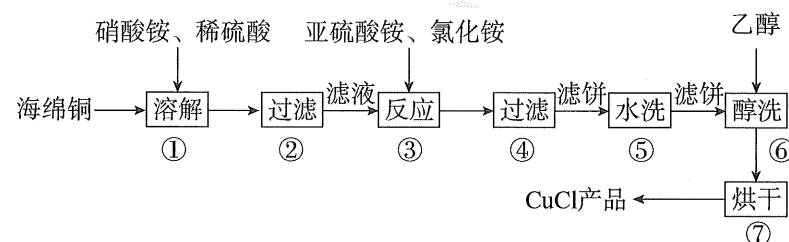
(5) 该实验进行到操作④时, 要缓缓鼓入空气, 鼓入空气的作用_____。装置 A 中的液体应选用_____。

(6) 装置 C 中盛放的试剂可以是_____ (填选项)。

- A. 无水硫酸铜 B. 浓硫酸
C. 无水氯化钙 D. 五氧化二磷
E. 碱石灰

(7) 根据此实验, 计算出纯碱中 Na_2CO_3 的质量分数为_____ (用 m_1 、 m_2 、 n 表示)。如果缺少装置 E, 则实验所得纯碱样品的纯度会_____ (“偏高”“偏低”或“无影响”)。

13. 【难题】(2022·南开区二模) 氯化亚铜 (CuCl) 广泛应用于化工、印染、电镀等行业。 CuCl 难溶于醇和水, 可溶于氯离子浓度较大的体系, 在潮湿空气中易水解氧化。以海绵铜 (主要成分是 Cu 和少量 CuO) 为原料, 采用硝酸铵氧化分解技术生产 CuCl 的工艺过程如下。



回答下列问题:

- (1) 步骤①中得到的氧化产物是_____。
- (2) 步骤②过滤中需要用到的玻璃仪器有_____。
- (3) 步骤③中主要反应的离子方程式为_____。
- (4) 步骤⑤包括用 $\text{pH}=2$ 的酸洗、水洗两步操作, 酸洗采用的酸是_____ (写名称)。
- (5) 上述工艺中, 步骤⑥醇洗的目的是_____。
- (6) 准确称取所制备的 CuCl 样品 m g, 将其置于过量的 FeCl_3 溶液中, 待样品完全溶解后, 加入适量稀硫酸, 用 a mol/L 的

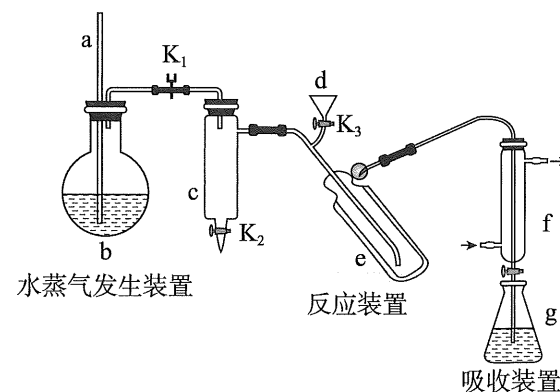
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定到终点, 消耗 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液 b mL, 反应中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 被还原为 Cr^{3+} 。

① 用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液滴定时发生反应的离子方程式为_____。

② 样品中 CuCl 的质量分数为_____。

14. (2022·河北区二模) 凯氏定氮法是测定蛋白质中氮含量的经典方法, 其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐, 利用如图所示装置处理铵盐, 然后通过滴定测量。

已知: $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3$; $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ 。



回答下列问题:

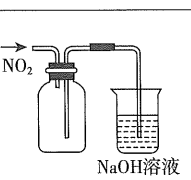
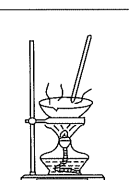
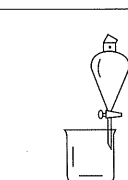
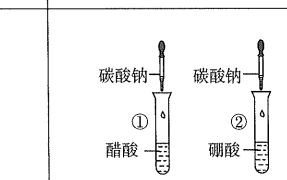
- (1) a 的作用是_____。
- (2) b 中放入少量碎瓷片的目的是_____。f 的名称是_____。
- (3) 清洗仪器: g 中加蒸馏水; 打开 K_1 , 关闭 K_2 、 K_3 , 加热 b, 蒸气充满管路; 停止加热, 关闭 K_1 , g 中蒸馏水倒吸进入 c, 原因是_____; 打开 K_2 放掉水, 重复操作 2~3 次。
- (4) 仪器清洗后, g 中加入硼酸 (H_3BO_3) 和指示剂。铵盐试样由 d 注入 e, 随后注入氢氧化钠溶液, 用蒸馏水冲洗 d, 关闭 K_3 , d 中保留少量水。打开 K_1 , 加热 b, 使水蒸气进入 e。
① d 中保留少量水的目的是_____。
② e 中主要反应的离子方程式为_____, e 采用中空双层玻璃瓶的作用是_____。
- (5) 取某甘氨酸 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$) 样品 m 克进行测定, 滴定 g 中吸收液时消耗浓度为 c mol/L 的盐酸 V mL, 则样品中氮的质量分数为_____ %。

专题二十五 实验方案的设计与评价

焦点1 制备实验方案的设计与评价

基础题

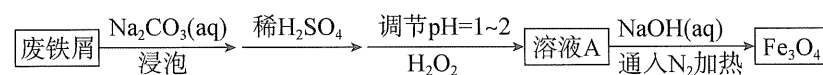
1. (2021·十二校一模)下列实验操作或装置能达到目的的是 ()

A	B	C	D
			
收集 NO ₂ 气体	由 CuCl ₂ 溶液得到 CuCl ₂ 固体	分离 CH ₃ COOH 和 H ₂ O	①中有气泡,②中无气泡,说明酸性:醋酸>碳酸>硼酸

2. (2021·南开区二模)下列实验操作、现象和结论均正确的是 ()

选项	实验操作	现象	结论
A	向少量未知溶液中加入稀盐酸	产生能使澄清石灰水变浑浊的气体	未知溶液中含有 CO ₃ ²⁻ 或 HCO ₃ ⁻
B	在空气中点燃氢气,将导管伸入盛有氯气的集气瓶	集气瓶中产生白烟	生成 HCl
C	向 Na ₂ SiO ₃ 溶液中滴入稀盐酸	溶液中出现凝胶	非金属性: Cl>Si
D	向 Ba(OH) ₂ 溶液中滴加少量稀硫酸,测电导率变化	电导率减小	溶液中的离子浓度减小

3. (2022·十二校一模)用废铁屑制备磁性氧化铁(Fe₃O₄),制取过程如图:



下列说法不正确的是 ()

- A. Na₂CO₃的作用是除去废铁屑表面的油污
- B. 浸泡过程中适当加热并搅拌效果更好
- C. 必须加入过量 H₂O₂ 发生反应: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. 检验 A 中的铁元素存在形式,可以使用 KSCN 溶液和 K₃[Fe(CN)₆]溶液

4. (2021·红桥区二模)下列实验的操作、现象、解释或结论都正确的是 ()

选项	操作	现象	解释或结论
A	甲苯与高锰酸钾溶液混合振荡	水层紫红色褪去	苯环对甲基有活化作用
B	FeCl ₃ 、KI 混合溶液中滴加 KSCN 溶液	溶液呈红色	FeCl ₃ 不与 KI 反应
C	向氯化铜溶液中逐滴加入氨水	产生沉淀继而溶解	氢氧化铜有两性
D	向 20% 蔗糖溶液中加入少量稀硫酸,加热;再加入银氨溶液并水浴加热	未出现银镜	蔗糖未水解

5. (2020·红桥区一模)下列实验操作会使实验最终结果偏高的是 ()

- A. 用湿润的 pH 试纸测定 NaOH 的 pH
- B. 配制 100 mL 1.00 mol·L⁻¹ NaCl 溶液,定容时俯视刻度线
- C. 用 0.0001 mol·L⁻¹ 盐酸滴定 20.00 mL NaOH 溶液,起始读数时仰视
- D. 测定中和热的数值时,将 0.5 mol·L⁻¹ NaOH 溶液倒入盐酸后,立即读数

6. 【易错】(2020·塘沽一中二模)下列设计的实验方案能达到相应实验目的的是 ()

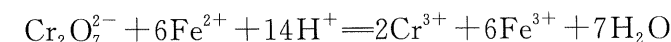
选项	实验目的	实验方案
A	探究化学反应的限度	取 5 mL 0.1 mol/L KI 溶液,滴加 0.1 mol/L FeCl ₃ 溶液 5~6 滴,充分反应,可根据溶液中既含 I ₂ 又含 I ⁻ 的实验事实判断该反应是可逆反应
B	探究浓度对化学反应速率的影响	用两支试管各取 5 mL 0.1 mol/L 的 KMnO ₄ 溶液,分别加入 2 mL 0.1 mol/L 和 0.2 mol/L 的 H ₂ C ₂ O ₄ (草酸) 溶液,记录溶液褪色所需的时间
C	证明溴乙烷的消去反应有乙烯生成	将 NaOH 的乙醇溶液加入溴乙烷中加热,将产生的气体直接通入酸性 KMnO ₄ 溶液中
D	验证醋酸钠溶液中存在水解平衡	取 CH ₃ COONa 溶液于试管中并加入几滴酚酞试剂,再加入醋酸铵固体(其水溶液呈中性),观察溶液颜色变化

提升题

7. 磷酸铁(FePO₄·2H₂O,难溶于水的米白色固体)可用于生成药物、食品添加剂和锂离子电池的正极材料。实验室可通过下列实验制备磷酸铁。

(1)称取一定量已除去油污的废铁屑,加入稍过量的稀硫酸,加热、搅拌,反应一段时间后过滤。反应加热的目的是_____。

(2)向滤液中加入一定量 H₂O₂ 氧化 Fe²⁺。为确定加入 H₂O₂ 的量,需先用 K₂Cr₂O₇ 标准溶液滴定滤液中的 Fe²⁺,离子方程式如下:



①在向滴定管中注入 K₂Cr₂O₇ 标准溶液前,滴定管需要检漏、_____和_____。

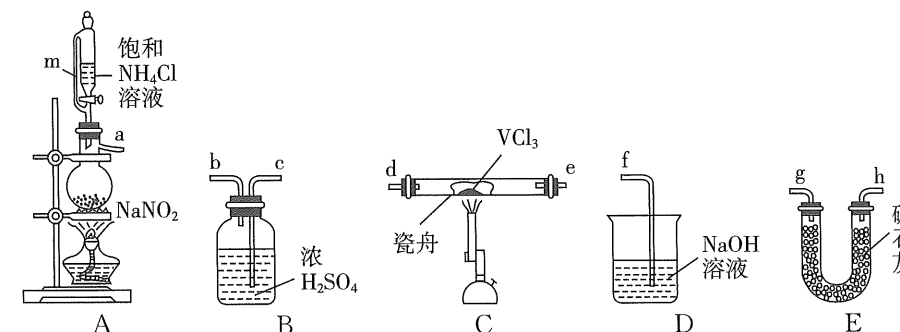
②若滴定 x mL 滤液中的 Fe²⁺,消耗 a mol·L⁻¹ K₂Cr₂O₇ 标准溶液 b mL,则滤液中 c(Fe²⁺) = _____ mol·L⁻¹。

③为使滤液中的 Fe²⁺ 完全被 H₂O₂ 氧化,下列实验条件控制正确的是_____ (填字母)。

- A. 加入适当过量的 H₂O₂ 溶液
- B. 缓慢滴加 H₂O₂ 溶液并搅拌
- C. 加热,使反应在较高温度下进行
- D. 用氨水调节溶液 pH=7

(3)将一定量的 Na₂HPO₄ 溶液(溶液显碱性)加入含有 Fe³⁺ 的溶液中,搅拌、过滤、洗涤、干燥得到 FePO₄·2H₂O。若反应得到的 FePO₄·2H₂O 固体呈棕黄色,则磷酸铁中混有的杂质可能为_____。

8. (2021·和平区二模)二氯化钒(VCl₂)有强还原性和吸湿性,熔点为 425 °C、沸点为 900 °C,是制备多种医药、催化剂、含钒化合物的中间体。学习小组在实验室制备 VCl₂ 并进行相关探究。回答下列问题:



(1) 小组同学通过 VCl_3 分解制备 VCl_2 , 并检验气体产物。

① 按气流方向, 上述装置合理的连接顺序为 _____ (用小写字母填空)。

② A 中盛放 NaNO_2 溶液的仪器名称为 _____, 其中发生反应的离子方程式为 _____; m 管的作用为 _____。

③ 实验过程中需持续通入 N_2 , 其作用为 _____。

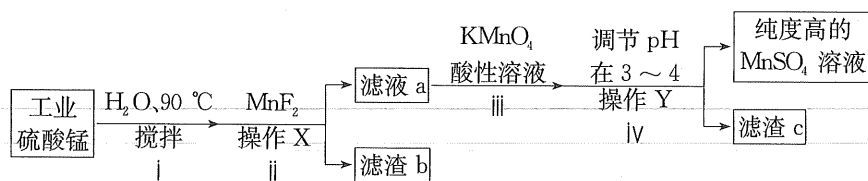
④ 实验后, 选用 D 中所得溶液和其他合理试剂, 设计实验方案证明 C 处有 Cl_2 生成 _____。

(2) 测定产品纯度: 实验后产品中混有少量 VCl_3 杂质。称量 1.3775 g 样品, 溶于水充分水解, 调 pH 后滴加 Na_2CrO_4 作指示剂, 用 $0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 标准溶液滴定 Cl^- , 达到滴定终点时消耗标准液体积为 46.00 mL (Ag_2CrO_4 为砖红色沉淀, 杂质不参加反应)。

① 滴定终点的现象为 _____。

② 产品中 VCl_3 与 VCl_2 的物质的量之比为 _____。

9. (2021 · 河西区二模) 工业硫酸锰中杂质 (Fe 、 Ca 、 Mg 等元素的离子) 含量较高, 利用下图流程可制取锂离子电池所需的纯度较高的硫酸锰溶液。



已知: 步骤 ii 反应前后杂质含量检测结果 (以 350 g/L MnSO_4 溶液计) 如下:

杂质	反应前/g	反应后/g	去除率/%
Fe^{2+} 、 Fe^{3+}	0.001 275	0.002 270	—
Ca^{2+}	0.490 000	0.021 510	95.61
Mg^{2+}	0.252 000	0.025 100	90.04

(1) 步骤 i 用 90°C 的水的目的是 _____。

(2) 由步骤 ii 可推理知:

① 滤渣 b 中含有的物质是 _____;

② 该条件下, Mn 、 Ca 、 Mg 元素氟化物溶度积常数由大到小的顺序为 (写化学式): _____。

(3) 步骤 iii 反应的离子方程式为 _____;

其中“ KMnO_4 酸性溶液”可替换为 _____。

(4) 已知步骤 iv 条件下, 生成氢氧化物沉淀的 pH 如下:

	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
开始沉淀时	6.3	1.5	8.3
完全沉淀时	8.3	2.8	9.8

根据表中数据解释该步的目的是 _____。

(5) 若省略操作 X, 其他步骤不变, 也可使钙、镁的去除率较高。

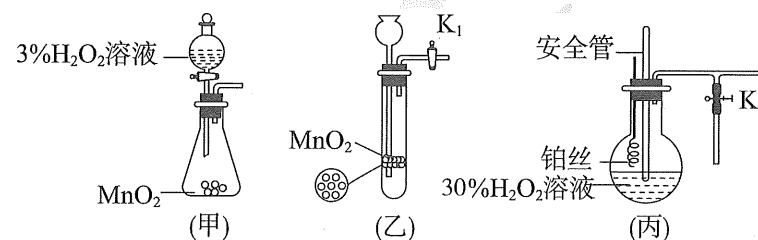
① 猜想可能的原因是 (写一种即可) _____;

② 设计实验验证你的假设是否成立: _____。

10. (2023 · 天津一中第三次月考) 某化学小组利用一定浓度的 H_2O_2 溶液制备 O_2 , 再用 O_2 氧化 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 检验氧化产物。

I. 制备 O_2

该小组同学设计了如下气体发生装置 (夹持装置省略)。



(1) 甲装置中主要仪器的名称为 _____。

(2) 乙装置中, 用黏合剂将 MnO_2 制成团, 放在多孔塑料片上, 连接好装置, 气密性良好后打开活塞 K_1 , 经长颈漏斗向试管中缓慢加入 $3\% \text{H}_2\text{O}_2$ 溶液至刚好没过 MnO_2 固体。欲使反应停止, 关闭活塞 K_1 即可, 此时装置中的现象是 _____。

(3) 丙装置可用于制备较多 O_2 , 催化剂铂丝可上下移动。制备过程中如果体系内压强过大, 安全管中的现象是 _____。

_____ , 此时可以将铂丝抽离 H_2O_2 溶液, 还可以采取的安全措施是 _____。

(4) 丙装置的特点是 _____ (填序号)。

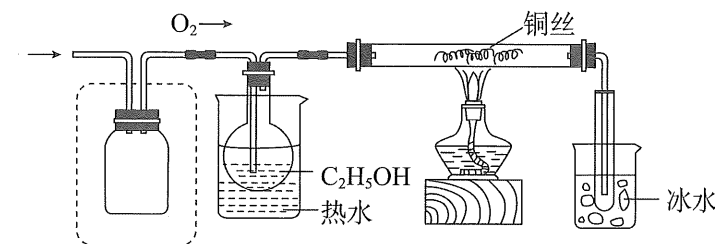
a. 可以控制制备反应的开始和结束

b. 可通过调节催化剂与液体接触的面积来控制反应的速率

c. 与乙装置相比, 产物中的 O_2 含量高、杂质种类少

II. 氧化 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

该小组同学设计的氧化 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 的装置如图 (夹持装置省略)。



(5) 在图中方框内补全干燥装置和干燥剂。

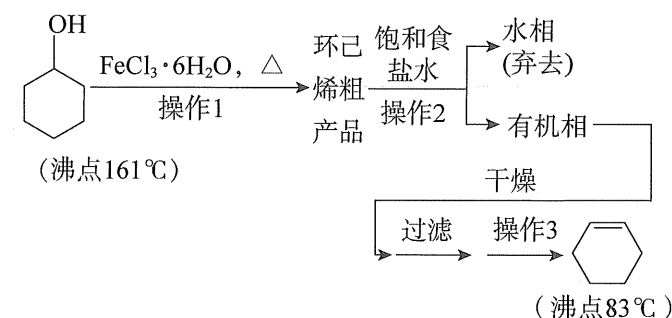
III. 检验产物

(6) 为检验上述实验收集到的产物, 该小组同学进行了如下实验并得出相应结论。

实验序号	检验试剂和反应条件	现象	结论
①	酸性 KMnO_4 溶液	紫红色褪去	产物含有乙醛
②	新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 加热	生成砖红色沉淀	产物含有乙醛
③	微红色含酚酞的 NaOH 溶液	微红色褪去	产物可能含有乙酸

实验①~③中的结论不合理的是 _____ (填序号), 原因是 _____。

11. (2023 · 河西区二模) 环己烯是重要的化工原料。其实验室制备流程如下:

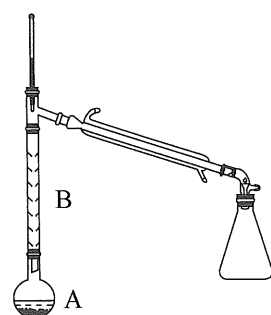


请回答下列问题。

I. 环己烯的制备与提纯

(1) 检验原料环己醇中是否含有苯酚杂质, 所需试剂与现象分别为 _____、_____。

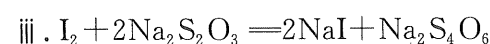
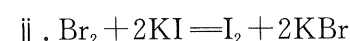
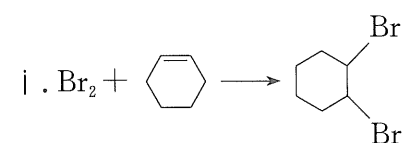
(2)操作 1 的装置如图所示(加热和夹持装置已略去)。



- ①仪器 B 的作用为_____。
- ②烧瓶 A 中发生的反应为可逆反应,写出其中反应的化学方程式:_____。
- ③A 中反应催化剂不选用浓硫酸的原因是:_____。
- (3)操作 2 分离方法的名称是_____。
- (4)请完善操作 3 的步骤:
 - ①安装蒸馏装置
 - ②加入待蒸馏的物质和沸石
 - ③_____
 - ④加热
 - ⑤弃去前馏分
 - ⑥_____
 - ⑦停止加热
 - ⑧停止通冷凝水。

II. 环己烯含量的测定

(5)在一定条件下,向 x g 环己烯样品中加入 y mol Br_2 ,与环己烯充分反应后,剩余的 Br_2 与足量 KI 作用生成 I_2 ,用 c mol/L 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定,终点时消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液 V mL (以上数据均已排除干扰因素)。测定过程中,发生的反应如下:



- ①滴定所用指示剂为_____。
- ②样品中环己烯的质量分数为_____ (用字母表示)。

焦点 2 探究物质组成、性质的实验方案的设计与评价

基础题

1. (2024 · 南开中学第二次月考)下列方案设计、现象和结论正确的是 ()

选项	目的	方案设计	现象和结论
A	探究 H_2SO_3 和 HClO 的酸性强弱	将 SO_2 气体通入 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中	若产生白色沉淀,则说明酸性 $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{HClO}$
B	验证某红棕色气体是否为 NO_2	将气体通入淀粉碘化钾溶液	若溶液变蓝,则说明气体为 NO_2
C	探究碘在纯水和 CCl_4 中溶解性	向碘的四氯化碳溶液中加入 1 mL 浓 KI 溶液,振荡试管。	若碘的四氯化碳溶液紫色变浅,说明碘在纯水中的溶解性更好
D	检验海带中是否含有碘元素	将海带灰溶解过滤后,取适量滤液于试管中,酸化后加入少量 H_2O_2 溶液,充分反应后加入 1~2 滴淀粉溶液	溶液变蓝,则证明海带中含有碘元素

2. (2020 · 天津一中第四次月考)下列实验现象预测正确的是 ()

A	B	C	D
烧杯中产生白色沉淀,一段时间后沉淀无明显变化	加盐酸出现白色浑浊,加热变澄清	KMnO_4 酸性溶液在苯和甲苯中均褪色	液体分层,下层呈无色

3. (2023 · 和平区二模)根据下列实验操作和现象能得出相应结论的是 ()

选项	实验操作和现象	结论
A	向亚硫酸钠溶液中滴加稀盐酸,将得到的气体直接通入澄清石灰水中,澄清石灰水变浑浊	Cl 的非金属性比 S 的强
B	将 2 体积 SO_2 和 1 体积 O_2 混合通入装有灼热 V_2O_5 的容器中充分反应,产物依次通过 BaCl_2 溶液和品红溶液,前者产生白色沉淀,后者褪色	说明 SO_2 和 O_2 的反应有一定的限度
C	向乙醇中加入绿豆粒大小的钠块,有气泡产生	证明乙醇中含有水
D	将用稀硫酸酸化的 KMnO_4 溶液滴入 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,溶液变黄	氧化性: $\text{KMnO}_4 > \text{Fe}^{3+}$

提升题

4. (2022 · 河西区二模)某化学小组设计了如下有关氮的化合物的实验。请按要求回答下列问题。

(1)氨气的喷泉实验:如图 1 装置所示,干燥的圆底烧瓶里充满 NH_3 ,欲观察到烧瓶中产生喷泉,需进行的操作是_____。

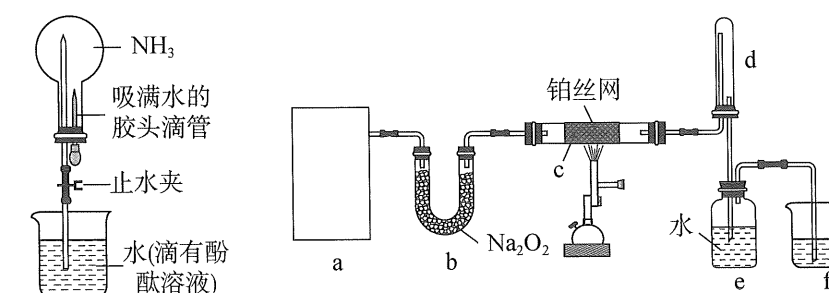


图1

图2

(2)硝酸的制备实验:如图 2 所示 a~f 装置。

①装置 a 的最佳选择为_____ (填“图 3”或“图 4”)。

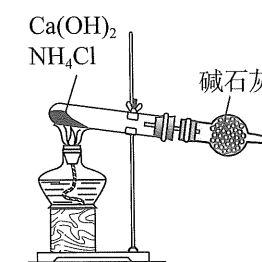


图3

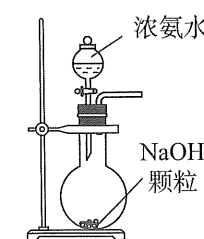


图4

②装置 b 中 Na_2O_2 的作用是_____。

(3) 硝酸的性质实验:

①常温下,甲同学在图2实验结束后,用pH计测装置e中溶液的pH=1.00。

i. 这说明e中发生的反应可能为(写化学方程式)_____。

ii. 乙同学做同样的实验,测得e中溶液的pH=6.00,可能的原因是_____。

②用图5所示装置进行硝酸与铜的反应实验。

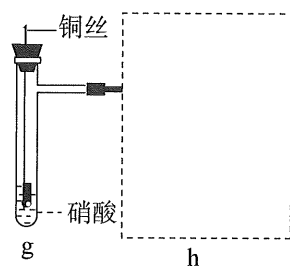


图5

i. 请在h方框中补全该实验所需装置图并标注所需试剂。

ii. 硝酸一般盛放在棕色试剂瓶中,请用化学方程式说明其原因:_____。

iii. g中为稀硝酸时,反应开始后,g中溶液颜色变蓝。

写出g中反应的离子方程式:_____。

iv. g中为浓硝酸时,g中溶液颜色变绿。反应较iii中剧烈许多的原因是_____。

v. 对比iii与iv反应后g中溶液颜色,推测其原因是iv反应后g溶液中溶有NO₂且达到饱和。为证明该推测正确,向iv反应后g溶液中加入_____,会观察到溶液颜色由绿色变为蓝色。

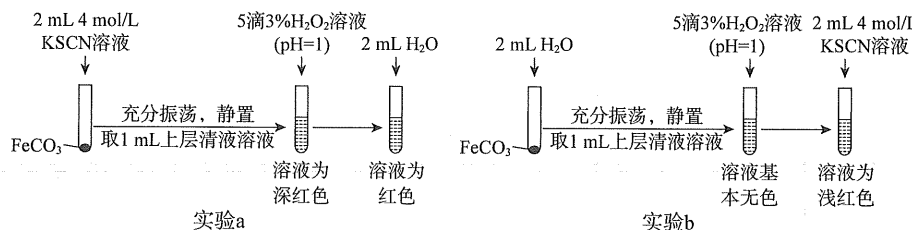
vi. 已知[Cu(H₂O)₄]²⁺(aq)呈蓝色、[CuCl₄]²⁻(aq)呈黄色。取iii中少量蓝色溶液于试管中,向其中滴加饱和NaCl溶液,观察到溶液颜色由蓝色变为蓝绿色,再加热该混合溶液,溶液颜色逐渐变为黄绿色。结合离子反应方程式解释其原因:_____。

5. (2024·和平区期末)某班同学用如下实验探究Fe²⁺、Fe³⁺的性质,回答下列问题:

(1)分别取一定量FeSO₄、Fe₂(SO₄)₃固体,均配制成0.1 mol/L的溶液。在FeSO₄溶液中需加入少量铁屑,其目的是_____ (用化学方程式表示)。

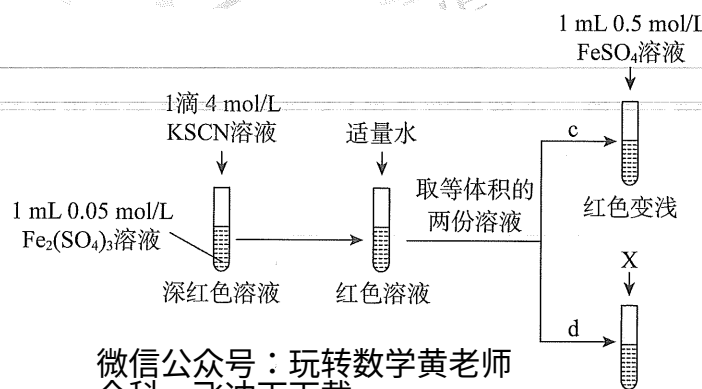
(2)甲组同学取2 mL 0.1 mol/L FeSO₄溶液,加入几滴氯水,再加入1滴KSCN溶液,溶液变红。或滴1滴KSCN溶液,无明显现象,再滴加几滴3% H₂O₂溶液(用H₂SO₄酸化至pH=1),溶液颜色变红。甲组同学通过上述实验分析Fe²⁺具有_____ (填“氧化”或“还原”)性。Fe³⁺与KSCN溶液反应的离子方程式为_____。

(3)乙组同学认为甲组的实验不够严谨,该组同学在2 mL FeSO₄溶液中先加入0.5 mL煤油,再于液面下依次加入几滴氯水和1滴KSCN溶液,溶液变红,煤油的作用是_____。同时乙组同学查阅资料发现Fe²⁺与SCN⁻可发生反应,生成无色的配合物。为证实该性质,用过量NH₄HCO₃溶液与FeSO₄溶液反应得到FeCO₃,用于验证Fe²⁺与SCN⁻发生反应,进行a和b两组实验:



FeCO₃的制备离子方程式为_____,实验b的目的是_____,从沉淀溶解平衡角度解释实验a和b最终溶液颜色不同的原因是_____。

(4)丙同学设计实验进一步证明Fe²⁺可与SCN⁻反应,进行d和c的对照实验。



①X为_____。

②实验能够证实Fe²⁺可与SCN⁻反应,则应观察到的现象是_____。

③实验中若未加适量水稀释,则无法通过现象得出结论。推测加水稀释的目的可能有:使后续实验颜色变化易于观察;降低c(Fe³⁺),_____。

6. 【难题】(2023·河西区期末)某小组同学对乙醛使溴水褪色的现象进行了如下实验探究。请按要求回答下列问题。

(1)同学们提出如下3种假设:

①甲假设I:乙醛与Br₂发生加成反应,依据是乙醛分子中含有_____。

②乙假设II:乙醛与溴水反应:CH₃CHO + Br₂ → BrCH₂CHO + HBr;无论是几元取代反应,其中发生变化的n(Br₂):n(HBr)=_____。

③丙假设III:乙醛被溴水中的Br₂氧化为乙酸,其反应的离子方程式为_____。

(2)该小组同学设计了如下两组方案验证假设。

验证假设I是否成立		现象
试管1	1 mL 溴水+1 mL 乙醛,充分振荡后静置	褪色
试管2	1 mL 溴的CCl ₄ 溶液+1 mL 乙醛,充分振荡后静置	不褪色

①甲对比分析上述实验,得出结论:_____。

验证假设II或假设III是否成立		pH
烧杯1	加入20 mL 溴水+10 mL 苯酚溶液(过量) 待完全反应后,用pH计测定混合液的pH	2.00
烧杯2	加入20 mL 相同浓度的溴水+10 mL 乙醛溶液(过量) 3 min后完全褪色,用pH计测定混合液的pH	x

注:

i. 苯酚和乙酸的电离及温度变化对混合液pH的影响忽略不计。

ii. lg 2 ≈ 0.30。

②苯酚与Br₂发生的取代反应中,生成的c(HBr)=_____ mol/L。

③乙认为假设II成立,则x=_____。

④丙认为假设III成立,则x≈_____。

⑤甲认为当x介于③④两者之间时,则证明乙醛发生的反应类型有_____。

(3)丁查阅资料知:乙醛是被溴水中产生的HBrO氧化的,而不是被Br₂氧化的。从平衡移动的角度分析溴水褪色的原因:_____。

(4)结合上述实验,写出检验柠檬醛

[(CH₃)₂C=CHCH₂CH₂(CH₃)C=CHCHO]分子中存在碳碳双键的试剂为_____。

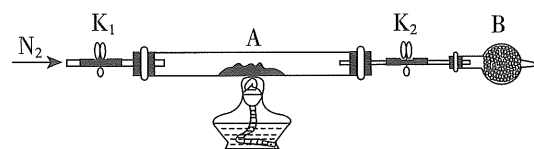
7. (2022·河东区期末)绿矾是含结晶水的硫酸亚铁。化学兴趣小组对绿矾的性质进行了探究。

回答下列问题:

(1)实验室用绿矾配制硫酸亚铁溶液,应先准备好稀硫酸,然后在稀硫酸中加入适量的硫酸亚铁固体。原因是_____

_____;溶解后,再加入少量还原铁粉,防止_____被溶解氧化。

(2)为测定绿矾中结晶水含量,将石英玻璃管(带两端开关 K_1 和 K_2) (设为装置 A) 称重,记为 m_1 g。将样品装入石英玻璃管中,再次将装置 A 称重,记为 m_2 g。按下图连接好装置进行实验。



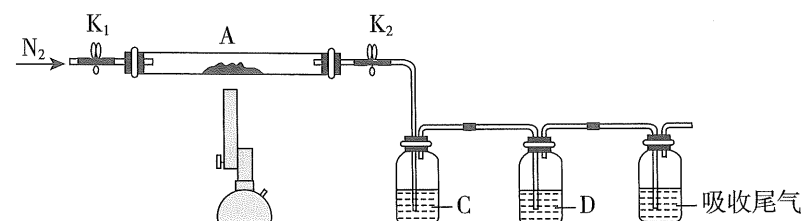
①仪器 B 的名称是_____。

②将下列实验操作步骤正确排序 d→_____→_____→f→_____→e (填标号);重复上述操作步骤,直至 A 恒重,记为 m_3 g。

a. 点燃酒精灯,加热 b. 熄灭酒精灯 c. 关闭 K_1 和 K_2
d. 打开 K_1 和 K_2 , 缓缓通入 N_2 e. 称量 A f. 冷却至室温

③根据实验记录,计算绿矾化学式中结晶水数目 x = _____ (列式表示)。若实验时按先点燃酒精灯再打开 K_1 和 K_2 , 缓缓通入 N_2 (即先 a 后 d) 次序操作,则使 x _____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

(3)为探究硫酸亚铁的分解产物,将(2)中已恒重的装置 A 接入如图所示的装置中,打开 K_1 和 K_2 , 缓缓通入 N_2 , 加热。实验后反应管中残留固体为红色粉末。

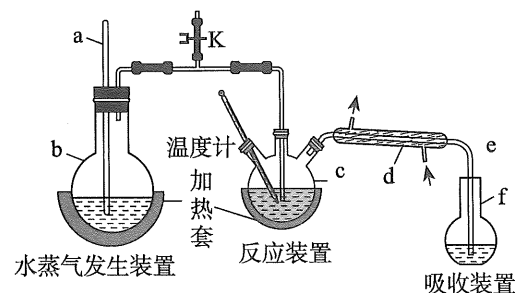


①C、D 中的溶液依次为_____、_____ (填标号)。C、D 中有气泡冒出,并可观察到的现象分别为_____、_____。

a. 品红 b. NaOH c. BaCl₂ d. Ba(NO₃)₂ e. 浓 H₂SO₄

②写出硫酸亚铁高温分解反应的化学方程式_____。

8. (2021·和平区三模)为测定某氟化稀土样品中氟元素的质量分数,某化学兴趣小组进行了如下实验。利用高氯酸(高沸点酸)将样品中的氟元素转化为氟化氢(低沸点酸)蒸出,再进行吸收滴定来测定含量。实验装置如图所示。



(1)装置 c 的名称是_____。玻璃管 a 的作用为_____。

(2)实验步骤:①连接好实验装置,检查装置气密性;②往 c 中加入 m g 氟化稀土样品和一定体积的高氯酸,f 中盛有滴加酚酞的 NaOH 溶液。加热装置 b、c。

①下列物质可代替高氯酸的是_____。(填序号)。

a. 硫酸 b. 盐酸 c. 硝酸 d. 磷酸

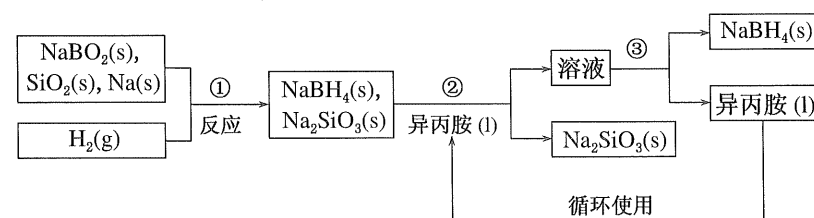
②水蒸气发生装置 b 的作用是_____。

(3)定量测定:将 f 中得到的馏出液配成 100 mL 溶液,取其中 20 mL 加入 V_1 mL a mol·L⁻¹ La(NO₃)₃ 溶液,得到 LaF₃ 沉淀(不考虑其他沉淀的生成),再用 c mol·L⁻¹ EDTA 标准溶液滴定剩余 La³⁺ (La³⁺ 与 EDTA 按 1:1 配合),消耗 EDTA 标准溶液 V_2 mL,则氟化稀土样品中氟的质量分数为_____。

(4)问题讨论:

若观察到 f 中溶液红色褪去,可采用最简单的补救措施是_____。否则会使实验结果_____ (填“偏高”“偏低”或“不受影响”)。实验中除有 HF 气体外,可能还有少量 SiF₄ (易水解) 气体生成。若有 SiF₄ 生成,实验结果将_____ (填“偏高”“偏低”或“不受影响”)。理由是_____。

9. (2020·南开中学第五次月考)硼氢化钠(NaBH₄)是常用的还原剂,用途广泛。某探究小组采用偏硼酸钠(NaBO₂)为主要原料制备 NaBH₄,其流程如下:



已知:NaBH₄ 常温下易与水反应,可溶于异丙胺(沸点:33 °C)。

(1)在第①步反应加料之前,需要将反应器加热至 100 °C 以上并通入氩气,该操作的目的是_____;

第②步分离采用的方法是_____;第③步分离 NaBH₄ 并回收溶剂,采用的方法是_____。

(2)NaBH₄ 与水反应生成 H₂: NaBH₄ + 2H₂O = NaBO₂ + 4H₂ ↑ (已知:HBO₂ 是弱酸)。实验测得,NaBH₄ 每消耗一半所用的时间与溶液 pH、温度的关系如下表:

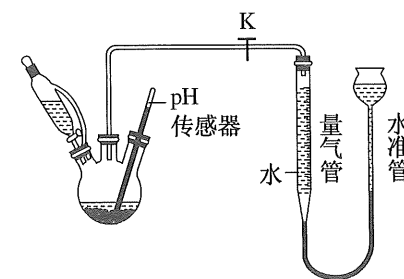
pH	8	10	12	14
温度/°C	25	25	25	25
时间/min	6.2×10^{-1}	6.2×10	6.2×10^3	6.2×10^5

①NaBH₄ 与水反应开始释放 H₂ 很快,经过一段时间后就缓慢下来,可能原因:一是反应物浓度降低;二是_____;

②为了加快制取 H₂ 的速率,常将一些促进剂投入水中,下列物质中可作为促进剂的是_____ (填字母);

a. 碳酸钾 b. 稀硝酸 c. 硫酸氢钠 d. 氨水

(3)利用如图所示装置,可以测定 NaBH₄ 与水反应生成 H₂ 的速率:在 pH=10、25 °C 条件下,将恒压滴液漏斗中 NaBH₄ 滴加到含有催化剂的三颈烧瓶中。



①实验中使用恒压滴液漏斗的原因为_____;

②气体生成结束后,水准管中的液面会高于量气管中的液面,此时量气管读数会_____ (填“偏大”或“偏小”),需要将水准管慢慢向下移动,则量气管中的液面会_____ (填“上升”或“下降”);

③在此条件下,0.38 g NaBH₄ 开始反应至剩余 0.19 g 时,实验测得量气管内气体体积为 124 mL,则这段时间内,生成 H₂ 的平均速率是_____ mL·min⁻¹。

微信公众号：玩转数学黄老师
全科一飞冲天下载

专题二十六

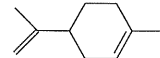


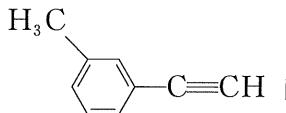
有机化合物的结构与性质

基础题

1. (2020·塘沽一中二模)下列有关说法不正确的是 ()

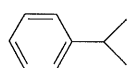
- A. 天然油脂都是混合物,没有恒定的熔点和沸点
B. 用饱和 Na_2CO_3 溶液可以除去乙酸乙酯中混有的少量的乙酸
C. $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ 的名称为 2-乙基丙烷

D. 有机物  分子中所有碳原子不可能在同一个平面上

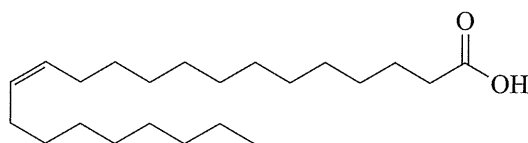
2. (2020·天津高考)关于  的说法正确的是 ()

- A. 分子中有 3 种杂化轨道类型的碳原子
B. 分子中共平面的原子数目最多为 14
C. 分子中的苯环由单双键交替组成
D. 与 Cl_2 发生取代反应生成两种产物

3. (2021·和平区期末)3,3-Divinyl-1,4-pentadiene 的结构简式如图所示,下列关于该有机物的说法不正确的是 ()

- A. 能使酸性 KMnO_4 溶液褪色
B. 与  互为同分异构体
C. 1 mol 该有机物最多可与 4 mol H_2 加成
D. 分子中所有碳原子可以处于同一平面

4. (2023·天津高考)如图所示,是芥酸的分子结构,关于芥酸,下列说法正确的是 ()

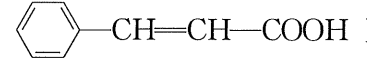


A. 芥酸是一种强酸

B. 芥酸易溶于水

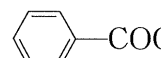
C. 芥酸是顺式结构

D. 芥酸分子式为 $\text{C}_{22}\text{H}_{44}\text{O}_2$

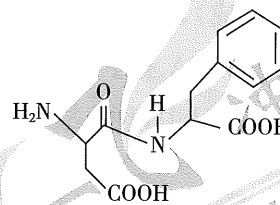
5. (2021·南开中学第四次月考)肉桂酸()

是一种合成有机光电材料的中间体。关于肉桂酸的下列说法正确的是 ()

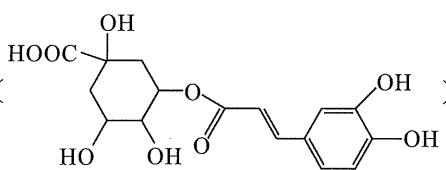
- A. 分子式为 $\text{C}_9\text{H}_9\text{O}_2$
B. 不存在顺反异构
C. 可发生加成、取代、加聚反应

D. 与苯甲酸()互为同系物

6. 【易错】(2021·和平区一模)某物质的结构简式如图所示,下列有关该物质的说法不正确的是 ()



- A. 该物质的分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_5$
B. 该物质是由两分子不同的氨基酸经脱水缩合而得
C. 该物质属于蛋白质
D. 1 mol 该物质最多可与 2 mol NaHCO_3 溶液反应

7. (2021·北辰区一模)绿原酸()是

金银花的主要抗菌、抗病毒有效药理成分之一,有关该化合物,下列叙述正确的是 ()

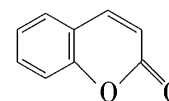
A. 分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{20}\text{O}_9$

B. 该有机物中所有碳原子可能共平面

C. 能够发生消去反应生成碳碳双键

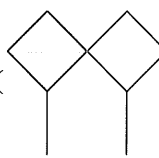
D. 1 mol 该化合物最多可消耗 5 mol NaOH

8. (2023·耀华中学第二次月考)香豆素是一大类存在于植物界中的香豆素类化合物的母核,有类似香草精的愉快香味。其结构简式如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 分子式为 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$
B. 易溶于冷水
C. 不能使酸性 KMnO_4 溶液褪色
D. 1 mol 该有机物最多能与 2 mol NaOH 反应

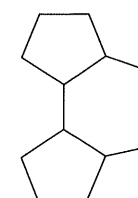
9. (2021·耀华中学一模)2020 年南开大学周其林团队研究手性螺环

化合物成绩突出。螺环化合物 X()是一种重要的有机

催化剂,下列关于 X 的说法正确的是 ()

- A. 与丙苯互为同分异构体
B. 仅含有 2 个手性碳原子
C. 所有 C 原子有可能共平面
D. 一氯代物共有 3 种(不考虑立体异构)

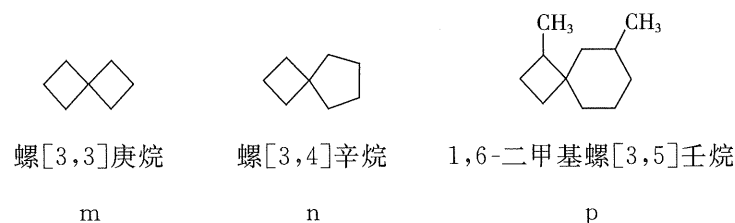
10. (2021·河西区一模)近年来,我国科学家在手性螺环配合物催化的不对称合成研究及应用方面取得了举世瞩目的成就。其中联环戊烷骨架(如图所示)是此项研究的重要中间体,下列有关它的说法正确的是 ()



- A. 分子式为 $\text{C}_{12}\text{H}_{20}$
B. 可发生消去反应
C. 所有碳原子共平面
D. 该分子手性碳原子数目为 4

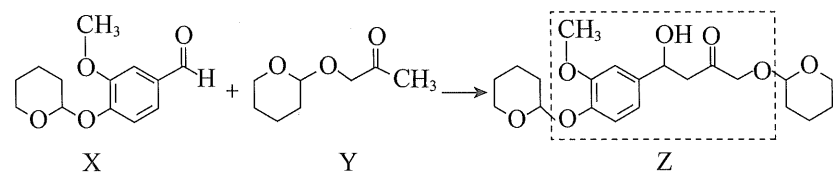
提升题

11. (2021·南开中学第三次月考)南开大学元素有机化学国家重点实验室的周其林院士课题组于2020年1月因《高效手性螺环催化剂的发现》获得国家自然科学一等奖,下面为三种简单碳螺环化合物,相关的说法正确的是(不考虑对映异构体) ()



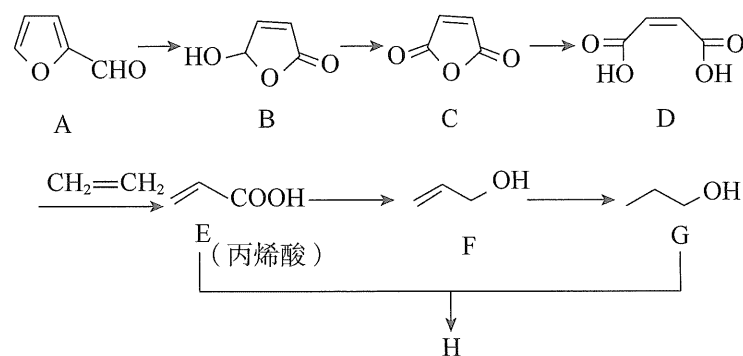
- A. 上述化合物 m, n 中所有碳原子处于同一平面
 B. 化合物 m 的一氯代物有 3 种
 C. 化合物 n 与 3-甲基-1-庚烯互为同分异构体
 D. 化合物 p 中有 3 个手性碳原子

12. (2023·和平区期末)Calebin A 可用于治疗阿尔茨海默病,其合成路线如下。下列说法正确的是 ()



- A. X 分子中有 2 种含氧官能团
 B. Y、Z 分子中手性碳原子数目相等
 C. X 和 Z 可以用银氨溶液或氯化铁溶液鉴别
 D. Z 分子中虚线框内所有碳原子一定共平面

13. (2023·河西区二模)以化合物 A 为原料制备 H(可做香水的酯类化合物)的流程图如下图所示(反应条件已略)。按要求回答下列问题。



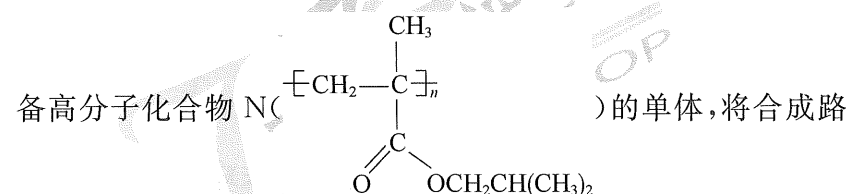
(1) B 能以 B' ()形式存在,根据 B' 的结构特征,分析预测其可能的化学性质,参考①的示例,完成下表。

序号	所含官能团名称	反应试剂及反应条件	反应形成的新结构	反应类型
①	碳碳双键	H ₂ 、Ni、加热	—CH ₂ —CH ₂ —	加成反应
②			—COOH	
③				离子反应

(2) 从 D 的结构特点分析其溶于水很好的原因是_____。
 (3) 已知 1 mol D 与 1 mol CH₂=CH₂, 在一定条件下反应得到 2 mol E, 该反应的原子利用率为 100% (反应过程中, 反应物的碳碳双键均发生断裂), 写出 D→E 反应的化学方程式:_____。

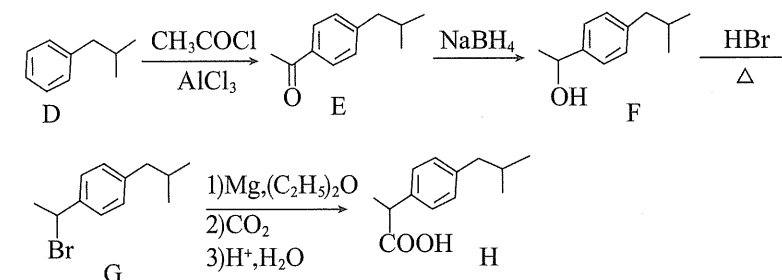
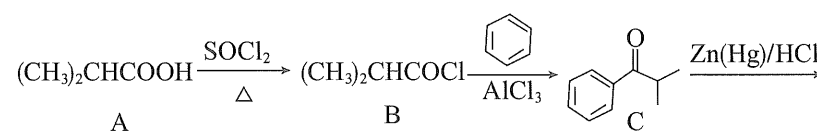
(4) F 有多种同分异构体, 其中不含碳碳双键的有_____种(不含立体异构), 请写出其中核磁共振氢谱图上有三组峰且峰面积之比为 4:1:1 的结构简式_____。

(5) 以 D 的同系物 M(C₆H₈O₄) 和乙烯为原料, 参考上述信息, 制



线写在下列方框中(反应条件略)。

14. (2023·部分区一模)一种合成解热镇痛类药物布洛芬方法如下:



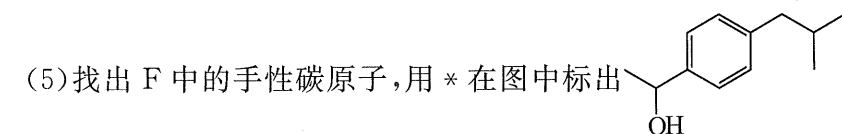
按要求回答下列问题。

(1) A 的系统命名为_____, C 中官能团的名称为_____, B→C 的反应类型为_____。

(2) 请写出 D→E 的化学方程式_____。

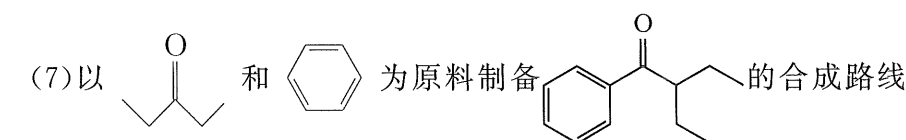
(3) 从组成和结构特点的角度分析 C 与 E 的关系为_____。

(4) 写出一种能鉴别 E、F 的化学试剂_____。

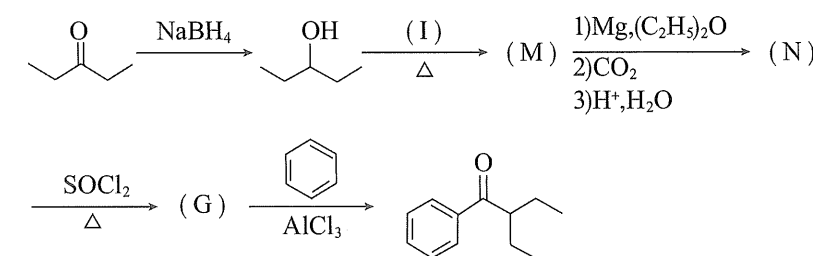


(6) 写出 2 种满足下列条件的 H 的同分异构体的结构简式:_____。

- ① 能与 NaHCO₃ 溶液反应放出 CO₂。
 ② 分子中含有 5 种不同化学环境的氢原子, 且峰值面积之比为 12:2:2:1:1。
 ③ 属于芳香族化合物。



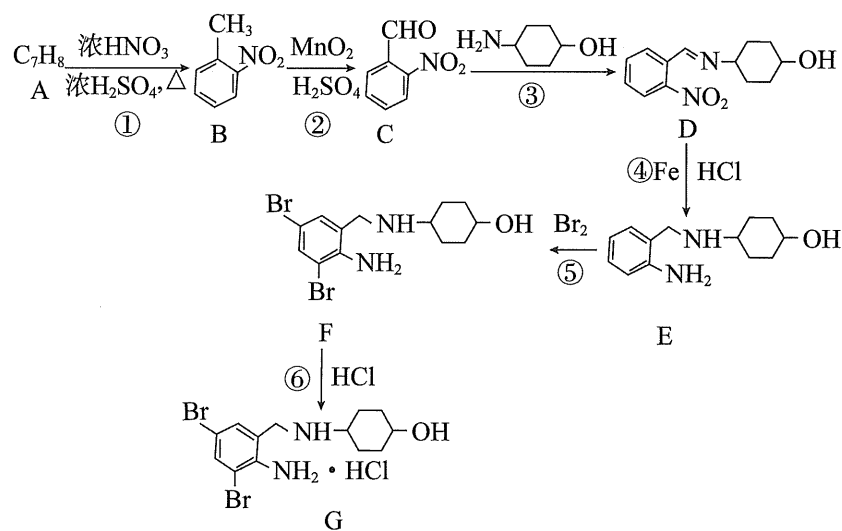
流程图如下:



请把流程图中的物质补充完整:

I: _____ M: _____ N: _____ G: _____

15. (2023·耀华中学第三次月考) 氨基溴素(G)是 β -内酰胺类的抗生素, 可以治疗多种细菌感染。一种合成路线如下:



(1) A~C 三种物质中 _____ (填“有”或“无”) 易溶于水的物质。
E 中氮原子的杂化类型为 _____。

(2) $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ 中官能团的名称是 _____。

(3) 反应③的化学方程式是 _____。

(4) 反应⑤的反应类型是 _____。

(5) Q 为 B 的芳香族同分异构体, 满足下列条件的 Q 的结构有 _____ 种; 其中核磁共振氢谱有 4 组吸收峰且峰面积之比为 2:2:2:1 的结构简式为 _____。

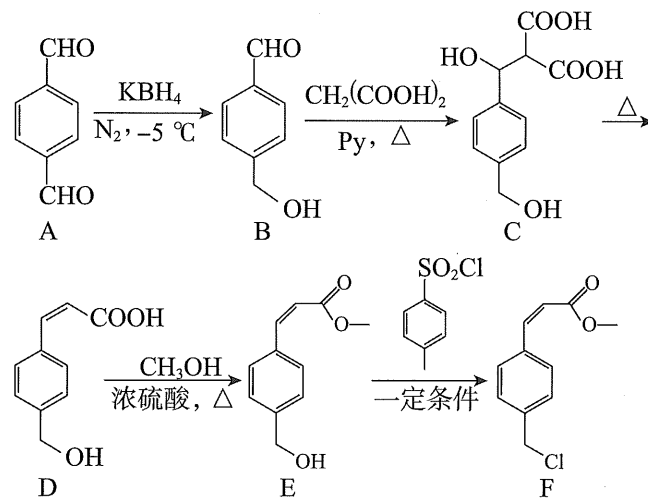
①能发生银镜反应;

②能水解;

③1 mol Q 最多能与 2 mol NaOH 反应。

(6) 写出以 为原料制备 的合成路线(无机试剂任选, 合成路线不超过 4 步)。

16. (2023·南开中学第四次月考) 某医药合成中间体 F 的合成路线如图所示:



请按要求回答下列问题:

(1) A 的分子式为 _____; B 分子含有的官能团有 _____ (填名称)。

(2) A→B 的反应类型为 _____。

(3) 在 D→E 反应过程中, CH_3OH 可能自身反应生成有机副产物 G, G 的结构简式: _____。

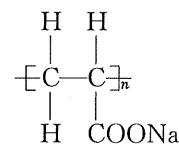
(4) 写出 E→F 反应的化学方程式: _____。

(5) M 是 B 的同分异构体, 其中满足下列所有条件的结构简式有 (不含 B) _____ 种:

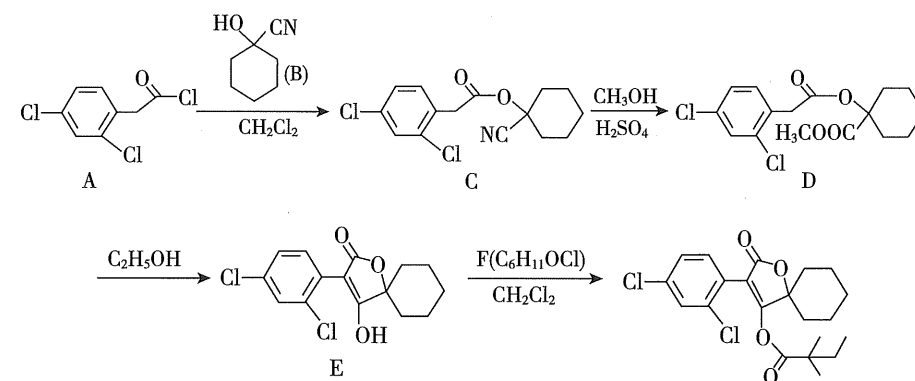
①含碳氧双键($\text{C}=\text{O}$); ②含苯环且苯环上仅对位有取代基。

写出其中能与 NaHCO_3 溶液反应的结构简式: _____。

(6) 快递用生鲜冰袋中含有的聚丙烯酸钠, 可以用甲醛、丙二酸($\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$) 和必要的无机试剂为原料制得。请参考题干合成路线及反应条件, 在如下方框中写出其合成路线的流程图。



17. (2023·新华中学第一次月考) 螺螄酯是一种广谱杀螨剂, 它的一种合成路线如下:



回答下列问题:

(1) 物质 B 的分子式为 _____。

化合物 D 中所含官能团名称为 _____。

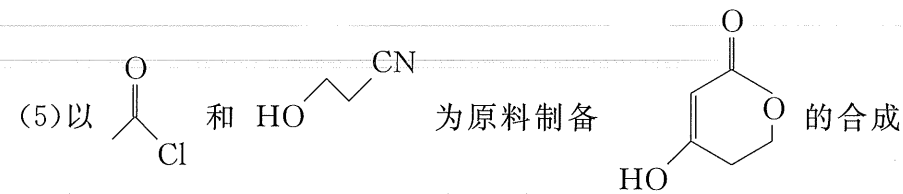
(2) A→C 反应的化学方程式为 _____。

(3) F 的结构简式为 _____, E + F → G 的反应类型是 _____。

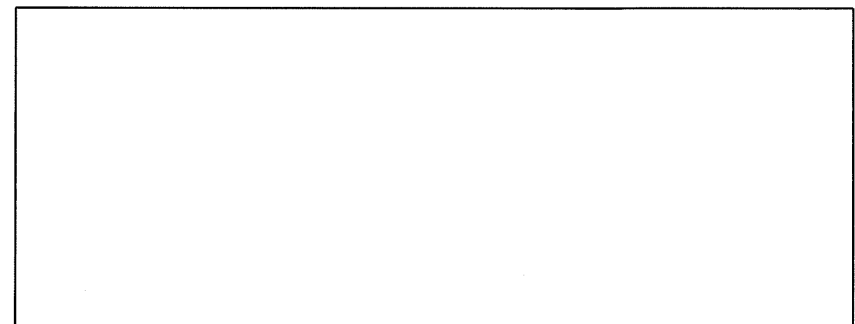
(4) 满足下列条件的 A 的芳香族同分异构体有 _____ 种, 其中苯环上只有两个取代基的结构简式是 _____。

①能发生银镜反应;

②核磁共振氢谱共有三组峰, 且峰面积之比为 2:2:1。



路线为



(无机试剂及三个碳以下的有机试剂任选)。

专题二十七

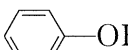
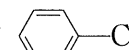


生活中常见的有机物

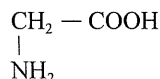
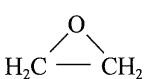
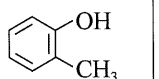
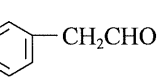
焦点1 乙醇与乙酸

基础题

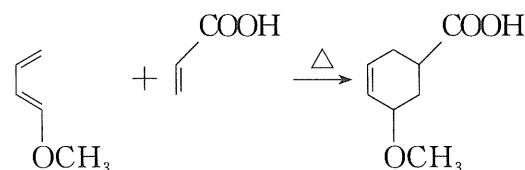
1. (2023·河东区二模)下列叙述错误的是 ()

- A.  和  互为同系物
 B. $^{18}_8\text{O}$ 和 $^{16}_8\text{O}$ 互为同位素
 C. S_2 与 S_8 互为同素异形体
 D. 丙酸和甲酸乙酯互为同分异构体

2. (2022·部分区一模)下列物质的结构简式和名称对应错误的是 ()

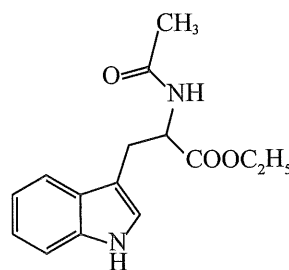
选项	A	B	C	D
结构简式				
名称	甘氨酸	环氧乙烷	邻甲基苯酚	苯甲醛

3. (2023·天津一中第三次月考)狄尔斯-阿尔德反应是一种有机环加成反应。关于反应产物的说法不正确的是 ()



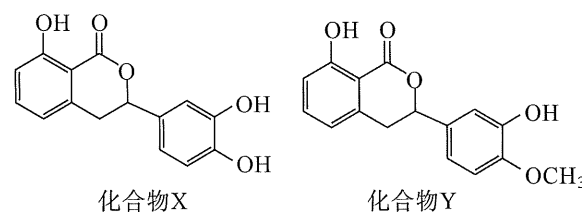
- A. 分子式为 $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3$
 B. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色
 C. 结构中至少有 7 个碳原子共平面
 D. 一定条件下能与乙醇发生取代反应

4. (2023·河东区一模)一种吲哚生物碱中间体的结构简式如图所示,下列说法不正确的是 ()



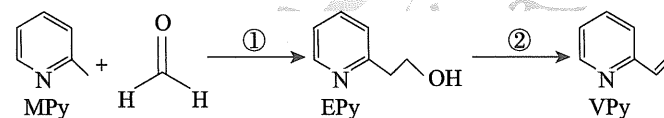
- A. 该物质属于芳香族化合物
 B. 分子中含有酰胺基
 C. 该物质能发生取代反应、加成反应
 D. 分子中不含手性碳原子

5. (2021·新华中学模拟)化合物 X、Y 均具有抗真菌、抗炎、植物毒性及细胞毒性等功能。下列有关化合物 X、Y 的说法正确的是 ()



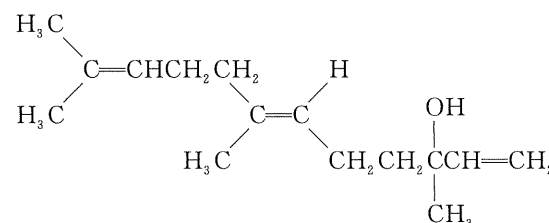
- A. X、Y 属于同系物
 B. 1 mol X 最多能与 6 mol Br_2 发生取代反应
 C. Y 在酸性条件下水解,水解产物可发生消去反应
 D. X、Y 分别与足量 H_2 加成的产物分子中手性碳原子数目不等

6. (2021·塘沽一中模拟)吡啶()类似于芳香化合物,2-乙烯基吡啶(VPy)是合成治疗硅肺病药物的原料,可由如图路线合成。下列叙述不正确的是 ()



- A. MPy 属于芳香同分异构体的还有 3 种
 B. EPy 中所有原子不可能共平面
 C. 可以通过酸性高锰酸钾褪色证明 EPy 中羟基的存在
 D. 反应①的反应类型是加成反应

7. 橙花醇具有玫瑰及苹果香气,可作为香料,其结构简式如下:



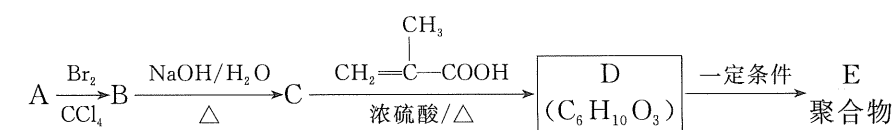
下列关于橙花醇的叙述,错误的是 ()

- A. 既能发生取代反应,也能发生加成反应
 B. 在浓硫酸催化下加热脱水,可以生成不止一种四烯烃

- C. 1 mol 橙花醇在氧气中充分燃烧,需消耗 470.4 L 氧气(标准状况)
 D. 1 mol 橙花醇在室温下与溴的四氯化碳溶液反应,最多消耗 240 g 溴

提升题

8. (2022·河西区期中)有机物 A 相对分子质量为 28;E 为制造隐形眼镜的功能高分子材料。其合成路线如下。请按要求回答下列问题。



- (1) A 的官能团名称: _____。
 (2) B→C 的化学方程式: _____。
 (3) C→D 的反应类型: _____ 该步可能产生的副产物的结构简式: _____。
 (4) 请从 E 的结构特点及其与水分子产生的相互作用的角度,解释:“E 有很好的亲水性和吸水性,还易与水分子相互作用,形成网状结构的凝胶,使隐形眼镜更柔软”即 E 适合做隐形眼镜材料理由: _____。

9. (2022·河西区期末)阅读如下资料:

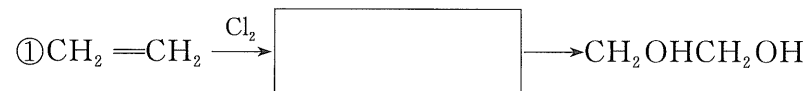
i. 乙烯可在加热条件下催化氧化制得环氧乙烷() ;具有强穿透力的环氧乙烷在常温下能杀灭微生物。

ii. 环氧乙烷与水在加压,加热的条件下化合为乙二醇;乙二醇的熔点为 -12.9°C ,沸点 197.3°C ;能与水、丙酮等互溶。

结合题干信息,请按要求回答下列问题:

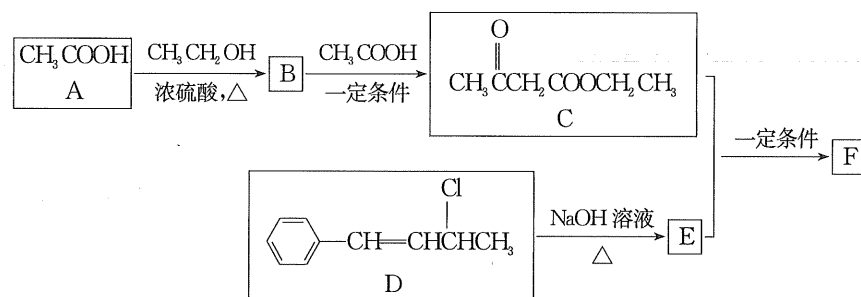
- (1) 环氧乙烷的分子式: _____,其含有的官能团名称: _____。
 (2) 乙二醇能与丙酮互溶的原因可能是乙二醇与丙酮都是极性分子,符合“相似相溶”的规律,还可能是 _____。

(3)结合已学知识及 i、ii 中信息,将如下两种合成乙二醇的路线补充完整(方框内填有机产物,箭头上填无机试剂及其反应条件)



生产乙二醇常采用路线②而不采用路线①,其可能原因(写出一种)是_____。

10. (2022·耀华中学第一次月考)有机物 F 是合成可广泛地应用于磁记录、感光材料、电气绝缘等领域的聚酯薄膜的中间体, F 的某种合成路线如下:



已知:①脱水偶联反应的机理为 $\text{CH}_3\text{COOR} + \text{R}'\text{OH} \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{R}'\text{CH}_2\text{COOR} + \text{H}_2\text{O}$;②连在双键碳上的羟基和连在同一碳原子上的两个羟基不稳定,会转化为羰基,请回答下列问题:

- (1)B 的名称为_____,E 的官能团为_____。
- (2)F 的结构简式为_____,A→B 的反应类型为_____。
- (3)D→E 反应的化学方程式为_____,
D 与氢氧化钠乙醇溶液共热反应所得有机物的分子式为_____。
- (4)B 的同分异构体 G 满足下列条件:①能使溴的四氯化碳溶液褪色;②在 Cu 催化下与过量 O_2 反应生成的产物能发生银镜反应;③标准状况下,1 mol G 与足量 Na 反应可生成 22.4 L 气体。符合上述条件的 G 有_____种。

焦点 2 基本营养物质

基础题

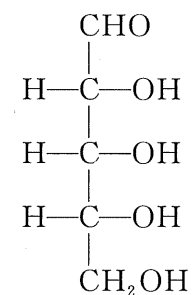
- (2023·天津高考)下列化学常识,错误的是 ()
 - 淀粉是一种多糖
 - 葡萄糖有还原性
 - 油脂是一种高分子
 - 氨基酸具有两性
- 【易错】(2022·河西区一模)我国在核酸的研究中取得了卓越成绩。下列有关核酸的叙述不正确的是 ()
 - RNA 中含磷酸键
 - DNA 两条链上的碱基通过化学键作用连接
 - 可通过分析核酸水解的产物推测其组成与结构
 - 根据组成中所含戊糖的不同分为 DNA 和 RNA
- (2020·天津高考)下列说法错误的是 ()
 - 淀粉和纤维素均可水解产生葡萄糖
 - 油脂的水解反应可用于生产甘油
 - 氨基酸是组成蛋白质的基本结构单元
 - 淀粉、纤维素和油脂均是天然高分子
- (2021·河北区一模)下列关于有机物的说法正确的是 ()
 - 棉花和蚕丝的主要成分都是纤维素
 - 煤的气化、液化都是物理变化
 - 石油裂化主要是为了得到更多的轻质油
 - 硫酸钠浓溶液或福尔马林都能使蛋白质变性
- (2021·河西区一模)取少量淀粉水解后的溶液进行如下实验,其中能证明淀粉已完全水解的是 ()
 - 遇碘水不显蓝色
 - 不能发生银镜反应
 - 遇重金属盐不能变性
 - 能使 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液变为绿色

6. (2021·杨村一中模拟)下列说法正确的是 ()

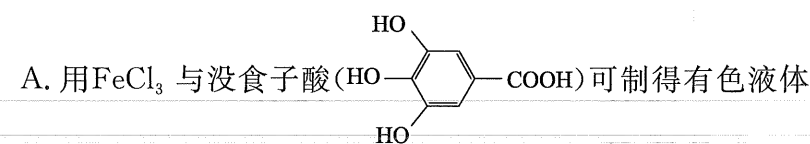
- 油脂的皂化反应属于加成反应
- 多次盐析和溶解可以分离提纯蛋白质
- 在酒化酶的作用下葡萄糖水解为乙醇和二氧化碳
- 乙酸、汽油、纤维素均能和氢氧化钠溶液反应

提升题

7. (2023·河西区三模)下列有关核糖(结构简式如图所示)的说法正确的是 ()



- 与葡萄糖属于同系物
 - 碳原子均是 sp^3 杂化
 - 能发生氧化反应
 - 属于生物大分子
8. (2021·河西区三模)下列叙述正确的是 ()



- 食用植物油可敞口久置不易变质
 - 味精[主要成分: $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COONa}$]大量食用有益健康
 - 糯米中的淀粉水解即酿得酒
9. (2022·部分区一模)我国率先突破从二氧化碳到淀粉的人工合成。下列相关说法错误的是 ()
- CO_2 是一种温室气体
 - 合成过程中,用到的“酶”起到了至关重要的催化作用
 - 淀粉属于纯净物
 - 淀粉是一种多糖

专题二十八

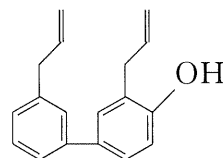
官能团与有机化学
反应——烃的衍生物

焦点1 烃的衍生物的结构与性质

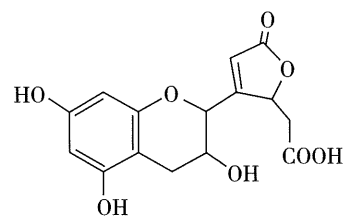
基础题

1. (2022·和平区期末)一种药物合成中间体结构简式如图所示。关于该化合物,下列说法正确的是 ()

- A. 属于芳香醇
B. 分子中所有碳原子不可能共平面
C. 苯环上的一氯代物有4种(不考虑立体异构)
D. 分子中含有两种官能团

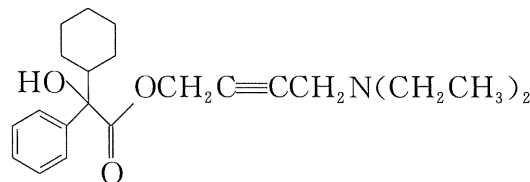


2. (2021·河东区一模)葡萄酚是由葡萄籽提取的一种花青素类衍生物(结构简式如图),具有良好的抗氧化活性。下列关于葡萄酚叙述错误的是 ()

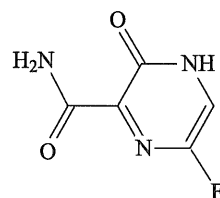


- A. 能形成氢键
B. 可使酸性高锰酸钾溶液褪色
C. 有6种含氧官能团
D. 能与 Na₂CO₃ 水溶液发生反应

3. (2021·红桥区一模)奥昔布宁具有解痉和抗胆碱作用,其结构简式如下图所示。下列关于奥昔布宁的说法正确的是 ()

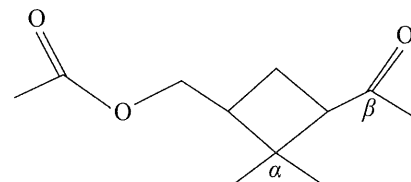


- A. 奥昔布宁分子式为 C₂₂H₃₁NO₃
B. 奥昔布宁不能发生消去反应
C. 奥昔布宁不能使溴的 CCl₄ 溶液褪色
D. 奥昔布宁能使 FeCl₃ 溶液显紫色
4. (2021·天津一中第五次月考)法匹拉韦的结构如图所示。下列关于此物质的说法不正确的是 ()



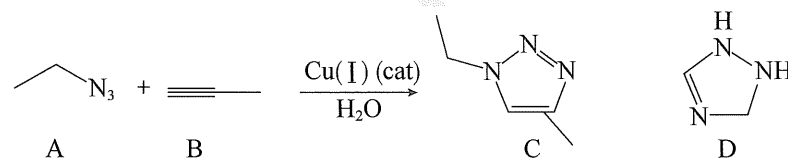
- A. 由5种元素组成
B. 结构中不存在手性碳原子
C. 能使酸性KMnO₄溶液褪色
D. 3个N原子的杂化方式相同

5. (2022·河西区一模)人工合成某信息素分子的结构简式如图所示,它是昆虫之间传递信号的一种化学物质,能诱捕害虫等。下列有关说法正确的是 ()



- A. 含有醚键
B. 所有碳原子可能共平面
C. α碳原子属于手性碳原子
D. β碳原子为 sp² 杂化

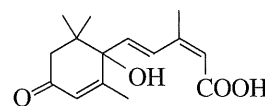
6. (2023·和平区一模)2022年10月5日下午,瑞典皇家科学院将诺贝尔化学奖授予 Carolyn R. Bertozzi 等三位在“点击化学和生物正交化学”方面做出贡献的科学家。叠氮-炔环加成是经典的点击化学反应。反应示例如图所示:



下列说法错误的是 ()

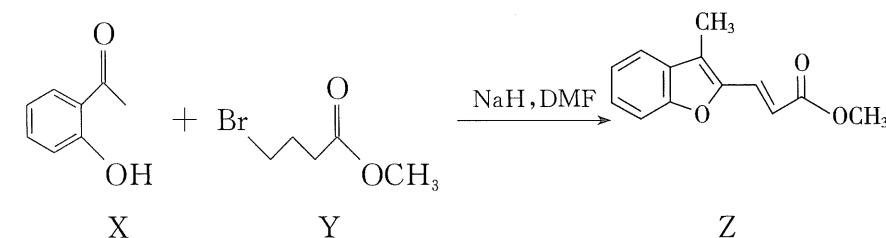
- A. 化合物A与化合物D互为同分异构体
B. 化合物B的所有原子均在同一条直线上
C. 化合物B可使溴水褪色
D. 化合物C和化合物D均不含手性碳原子

7. (2020·天津一中一模)盆栽使用S-诱抗素可保证鲜花盛开,它的分子结构如图所示,下列关于该分子说法正确的是 ()



- A. S-诱抗素不能发生缩聚反应
B. 1 mol S-诱抗素能与4 mol Br₂ 发生加成反应
C. S-诱抗素中羟基不能被氧化为醛基
D. S-诱抗素属于芳香族化合物

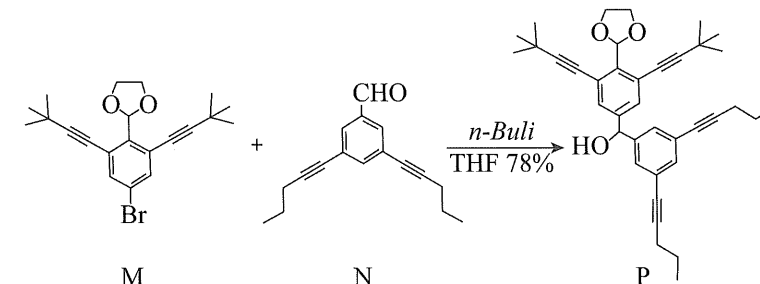
8. (2023·新华中学第二次月考)药物异搏定能有效控制血压升高、促进血液循环,其合成路线中有如下转化过程。



下列说法正确的是 ()

- A. X的沸点高于其同分异构体
B. 一定条件下,X可与HCHO发生缩聚反应
C. Z分子不存在顺反异构体
D. 等物质的量的X、Y、Z消耗的NaOH的物质的量相等

9. (2023·南开区一模)一篇关于合成“纳米小人”的文章成为有机化学史上最受欢迎的文章之一,其中涉及的一个转化关系为:

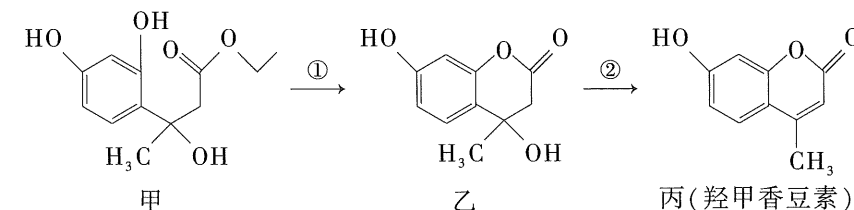


下列说法正确的是 ()

- A. 该转化过程的原子利用率为100%
B. 化合物M含有一个手性碳原子
C. 化合物N的分子式为C₁₇H₁₈O
D. 化合物P能使酸性KMnO₄溶液褪色,但不能使溴水褪色

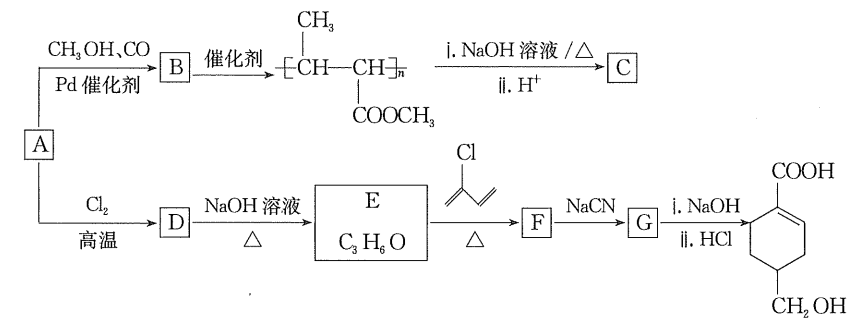
提升题

10. (2021·河北区一模)羟甲香豆素(丙)是一种治疗胆结石的药物,部分合成路线如下图所示。下列说法不正确的是 ()



- A. 甲分子中的含氧官能团为羟基、酯基
B. 常温下1 mol 乙最多与含4 mol NaOH的水溶液完全反应
C. 丙能使酸性高锰酸钾溶液褪色
D. 丙分子中碳原子轨道杂化类型为 sp² 杂化和 sp³ 杂化,且所有的碳原子可能共平面

11. (2020·河北区二模) A(C_3H_6)是基本有机化工原料。由 A 制备聚合物 C 和 $HOH_2C-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ 的合成路线(部分反应条件略去)如图所示。



已知: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{CH}_3$; $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N} \xrightarrow[\text{ii. HCl}]{\text{i. NaOH}} \text{R}-\text{COOH}$

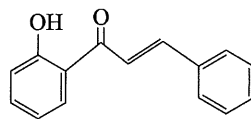
请回答下列问题:

- (1) A 的名称是 丙烯, B 含有的官能团的名称是 醚键。
- (2) C 的结构简式为 $[-CH_2-CH(CH_3)-O-]_n$, D $\rightarrow$ E 的反应类型为 消去反应。
- (3) E $\rightarrow$ F 的化学方程式为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{Cl}$ 。
- (4) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ 中最多有 6 个原子共平面, $HOH_2C-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ 发生缩聚反应生成有机物的结构简式为 $[-OCH_2-C_6H_4-CO-]_n$ 。
- (5) B 的同分异构体中,与 B 具有相同的官能团且能发生银镜反应,其中核磁共振氢谱为 3 组峰,且峰面积之比为 6:1:1 的是 $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (写结构简式)。
- (6) 结合题目信息,以乙烯、HBr 为起始原料制备丙酸,设计合成路线(无机试剂任选)。合成流程图示例为: $\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow[\text{催化剂, } \Delta]{\text{O}_2} \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow[\text{浓硫酸, } \Delta]{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ 。

焦点 2 有机反应类型

基础题

1. (2021·河东区二模)某有机物的结构简式如图所示,下列说法不正确的是 ()



- 所有碳原子都有可能共平面
- 此有机物存在顺反异构体
- 1 mol 此有机物最多能与 2 mol Br_2 发生反应
- 能发生还原反应和取代反应

2. (2021·部分区一模)关于 的说法正

确的是 ()

- 既可以催化加氢,又可以使酸性 KMnO_4 溶液褪色
- 分子中所有原子均在同一平面上
- 既可以与 FeCl_3 溶液发生显色反应,也可以与 NaHCO_3 反应
- 能发生取代、消去、中和、氧化等反应

3. (2021·滨海新区三模)氯喹和羟基氯喹的结构分别如图 1 和图 2 所示,对这两种化合物性质描述错误的是 ()

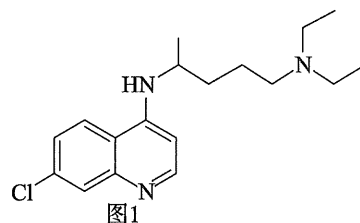


图1

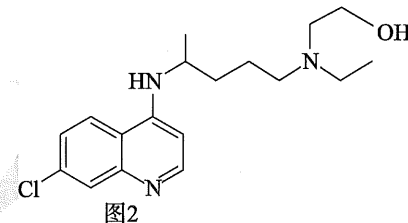
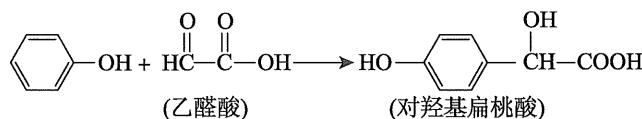


图2

- 均可以与盐酸反应形成离子化合物
- 既可用红外光谱区分,也能用核磁共振氢谱区分
- 两物质中只有图 2 物质能发生氧化反应
- 与足量的 H_2 发生加成反应后,分子的手性碳原子数均发生了改变

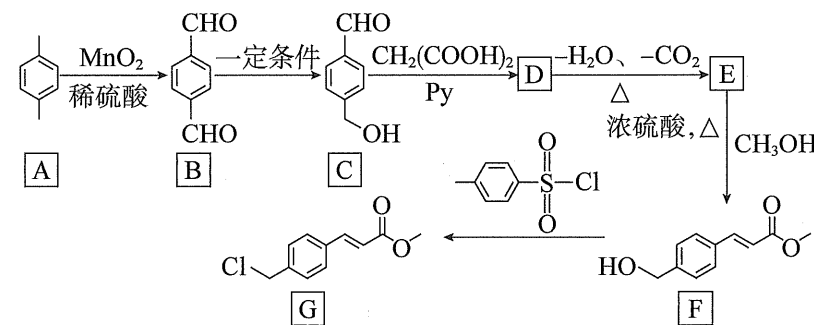
4. (2021·河北区二模)对羟基扁桃酸是药物合成的重要中间体,它可由苯酚和乙醛酸反应制得。下列有关说法正确的是 ()



- 对羟基扁桃酸可以发生消去反应、取代反应和缩聚反应
- 对羟基扁桃酸中所有原子有可能共面
- 乙醛酸与 H_2 加成后的产物仅含一种官能团
- 可以用 FeCl_3 溶液鉴别乙醛酸和对羟基扁桃酸

提升题

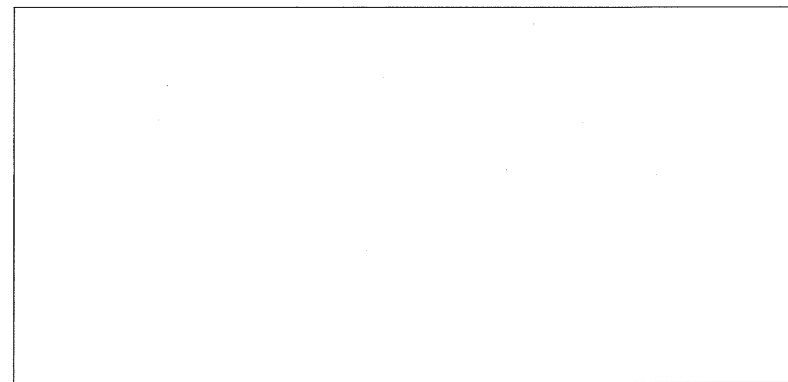
5. (2023·和平区一模)化合物 G 是一种重要的合成药物中间体,其合成路线如图所示:



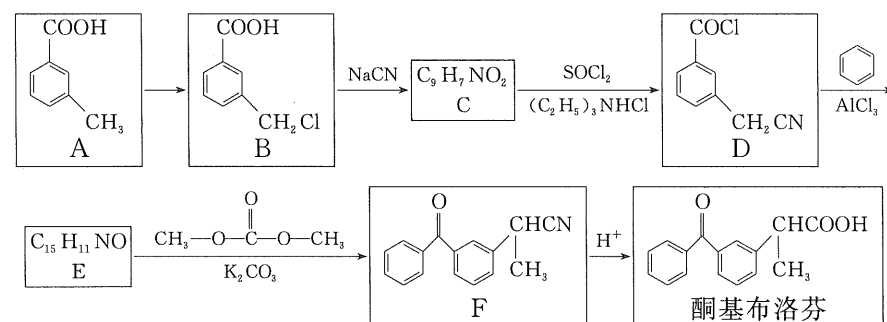
- (1) A 的名称为 苯; B 中官能团的名称为 醛基。
- (2) B $\rightarrow$ C 的反应类型为 氧化反应; F $\rightarrow$ G 的反应类型为 酯化反应。
- (3) 若 C $\rightarrow$ D 的反应类型为加成反应,则 D 的结构简式为 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CHO})_2$ 。
- (4) 请写出 E $\rightarrow$ F 反应的化学方程式 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2 + \text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\Delta} \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
- (5) 化合物 E 有多种同分异构体,请写出同时满足下列条件的所有 E 的同分异构体的结构简式 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ 。
 - 能与氯化铁溶液发生显色反应;
 - 能发生银镜反应和水解反应;
 - 苯环上三个取代基互不相邻,其中一个取代基为含 3 个碳原子的直链状结构。

- (6) 以苯甲醇、丙二酸为原料合成肉桂酸(),在下

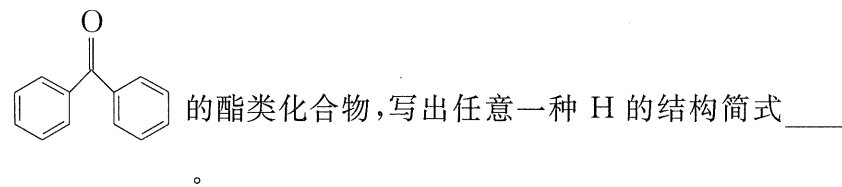
框中填写设计的合成路线(无机试剂任选)。



6. (2024·河北区期末) 酮基布洛芬是用于治疗各种关节肿痛以及牙痛、术后痛等的非处方药。其合成路线如图所示:

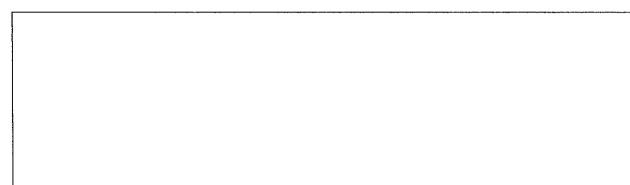


- (1) A 的化学名称为_____。
- (2) B 的分子式为_____。
- (3) 酮基布洛芬中官能团的名称为_____。
- (4) 写出 C 的结构简式:_____。
- (5) 写出 D 生成 E 的化学方程式:_____。
- (6) H 为酮基布洛芬的同分异构体, 其分子结构中含有

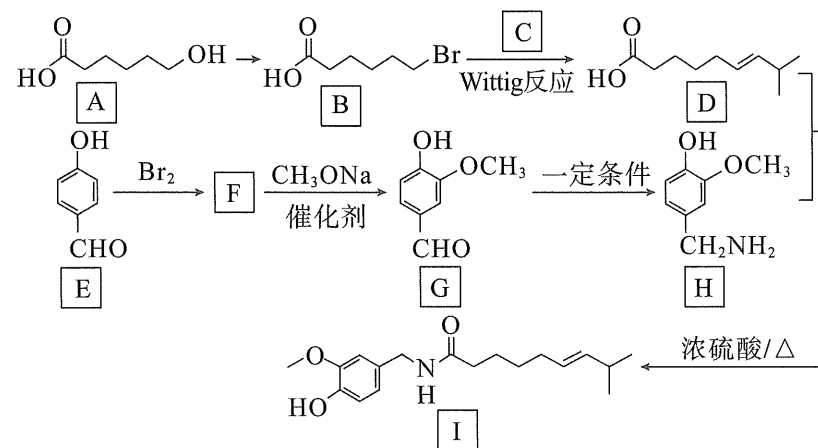


(7) 参照上述合成路线, 以 $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$ 和苯为原料(试剂任

选), 设计制备 $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}_6\text{H}_5$ 的一种合成路线。



7. (2023·河北区一模) 温度感受器的发现与辣椒素有关。辣椒素 I 的一种合成路线如下(部分试剂或产物略)。



已知: $\text{R}_1-\text{CH}_2\text{Br} \xrightarrow[\text{Wittig 反应}]{\text{R}_2-\text{CHO}} \text{R}_1-\text{CH}=\text{CH}-\text{R}_2$, 请回答下列问题:

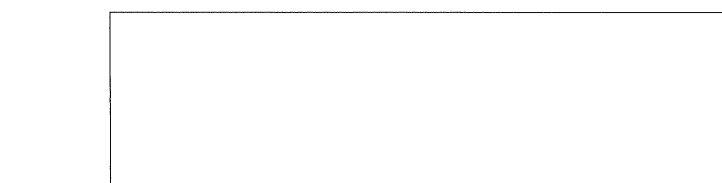
问题:

- (1) A 的分子式为_____; 由 A 生成 B 的反应类型为_____。
- (2) D 中的官能团名称为_____; C 的结构简式为_____。
- (3) F→G 的化学方程式为_____。
- (4) G 的同分异构体中, 同时符合下列条件的有_____种(不含立体异构), 其中核磁共振氢谱为五组峰的同分异构体的结构简式为_____。

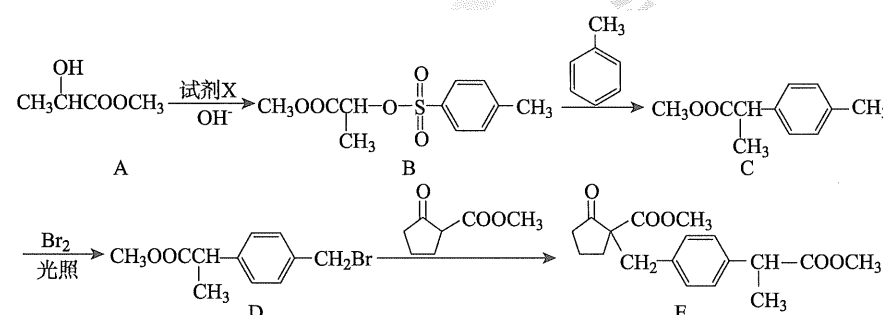
- ①能与 FeCl_3 溶液发生显色反应;
- ②能与饱和碳酸氢钠溶液反应放出气体。

(5) 利用 Wittig 反应, 设计以溴化苄($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}$)为原料合成

的路线(无机试剂任选, 不考虑产物的立体异构)。



8. (2021·河西区三模) 化合物 E 是一种解热镇痛药, 其合成路线之一如图:



- (1) A 所含官能团名称:_____; 每个 B 分子中原子轨道采用 sp^3 杂化方式的碳原子数目是_____。
- (2) 试剂 X 的分子式为 $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2\text{SCl}$, 写出它的结构简式:_____。
- (3) C→D 的反应类型为_____。
- (4) 写出 D 与 NaOH 水溶液在加热条件下反应的化学方程式:_____。

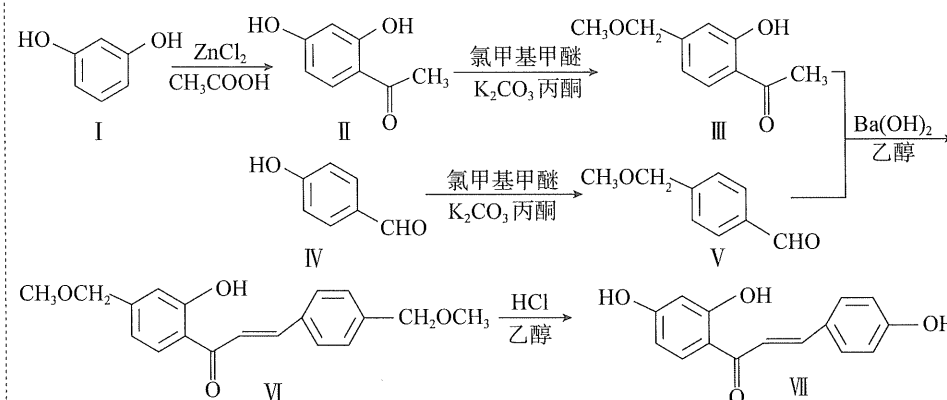
简述检验 D 中含有溴原子的实验方案:_____。

(5) A 同分异构体有多种, 写出符合下列所有条件的同分异构体的结构简式:_____。

- 仅有两种含氧官能团
- 能与 NaHCO_3 反应
- 能被氧化, 且产物能发生银镜反应

(6) 请写出以甲醇和 $\text{Br}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 为原料制备 $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ 的合成流程图(无机试剂任选)。

9. 【难题】(2022·河东区一模) 异甘草素(VII)具有抗肿瘤、抗病毒等药物功效。合成路线如下, 回答下列问题。



已知: ①氯甲基甲醚结构简式为: $\text{CH}_3\text{OCCH}_2\text{Cl}$

② $\text{RCH}_2\text{CHO} + \text{R}'\text{CHO} \xrightarrow[\Delta]{\text{OH}^-} \text{RCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{R}' \xrightarrow[\Delta]{\text{OH}^-} \text{RCH}=\text{CHR}' + \text{H}_2\text{O}$

- (1) 有机物 II 的分子式是_____; 化合物 IV 所含官能团的名称是_____。
- (2) 下列说法不正确的是_____。
A. I 不易与 NaOH 溶液反应 B. II 中碳的杂化方式有两种
C. IV 的核磁共振氢谱有 4 组峰 D. VI 和 VII 都存在顺反异构体
- (3) 写出 II 转化为 III 的化学方程式:_____。

_____; 反应类型为_____。

(4) 写出 2 种符合下列条件的 V 的同分异构体的结构简式(不包括立体异构体)。

- ①含有苯环且苯环上有两个取代基; ②与 FeCl_3 溶液反应显紫色; ③不能发生银镜反应。

(5) 设计由 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$ 和 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$ 为原料制备 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHC}_6\text{H}_5$ 的合成路线(其他无机试剂任选)。

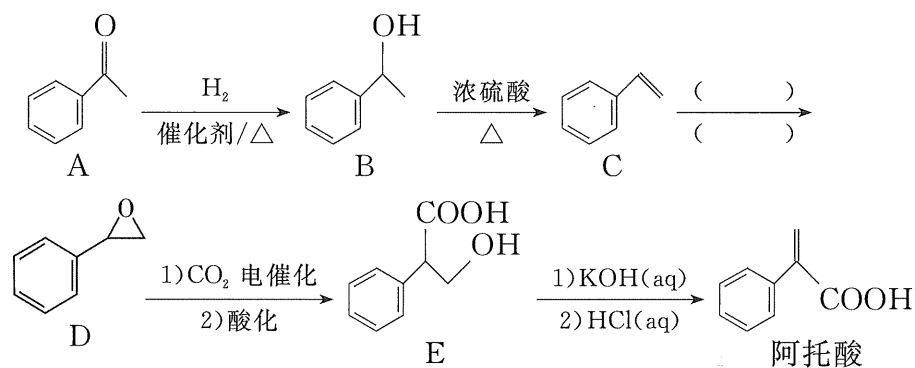
专题二十九



有机合成推断

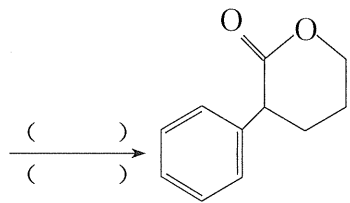
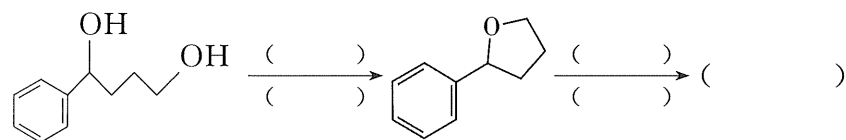
基础题

1. (2023·天津高考) 二氧化碳的转化与综合利用是实现“碳达峰”、“碳中和”战略的重要途径。近期,我国学者以电催化反应为关键步骤,用 CO_2 作原料,实现了重要医药中间体——阿托酸的合成。其合成路线如下:

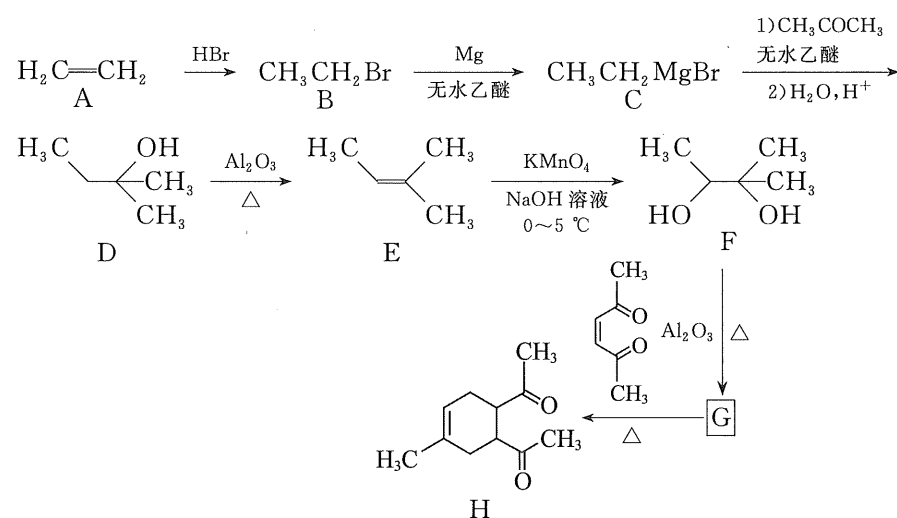


回答下列问题:

- (1) 阿托酸所含官能团名称为_____。
- (2) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应类型为_____。
- (3) **A** 的含有苯环且能发生银镜反应的同分异构体数目为_____,其中在核磁共振氢谱中呈现四组峰的结构简式为_____。
- (4) 写出 $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 反应方程式_____。
- (5) $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 反应所需试剂及条件为_____。
- (6) 在 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 反应中,用 Mg 作阳极、 Pt 作阴极进行电解,则 CO_2 与 **D** 的反应在_____ (填“阳极”或“阴极”)上进行。
- (7) 下列关于 **E** 的叙述错误的是_____ (填序号)。
 - 可发生聚合反应
 - 分子内 9 个碳原子共平面
 - 分子内含有 1 个手性碳原子
 - 可形成分子内氢键和分子间氢键
- (8) 结合题干信息,完成以下合成路线:

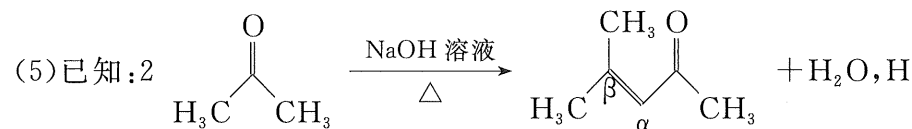


2. (2024·耀华中学第二次月考) 碳骨架的构建是有机合成的重要任务之一。某同学从基础化工原料乙烯出发,针对二酮 **H** 设计了如下合成路线:

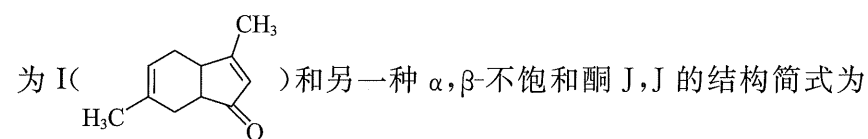


回答下列问题:

- (1) 由 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应中,乙烯的碳碳_____键断裂(填“ π ”或“ σ ”)。
- (2) **D** 的同分异构体中,与其具有相同官能团的还有_____种(不考虑立体异构),其中核磁共振氢谱有三组峰,峰面积之比为 9:2:1 的结构简式为_____。
- (3) $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的反应类型为_____,**E** 的系统命名的化学名称为_____,**E** 的分子中共平面的原子最多有_____个,**E** 与足量酸性 KMnO_4 溶液反应生成的有机物的名称为_____。
- (4) **G** 的结构简式为_____。
- (5) 已知: $2 \text{CH}_3\text{COCH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH 溶液}} \text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, **H** 在碱性溶液中易发生分子内缩合从而构建双环结构,主要产物为 **I** (_____) 和另一种 α, β -不饱和酮 **J**, **J** 的结构简式为_____。



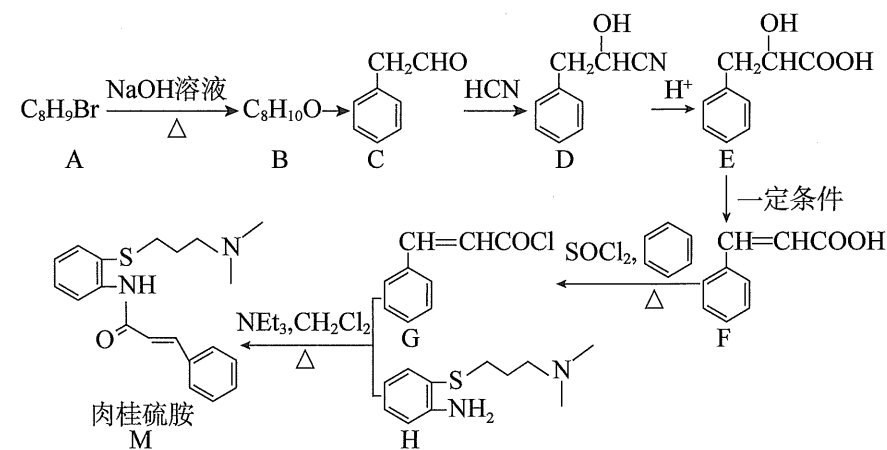
在碱性溶液中易发生分子内缩合从而构建双环结构,主要产物



_____。若经此路线由 **H** 合成 **I**,存在的问题有_____ (填序号)。

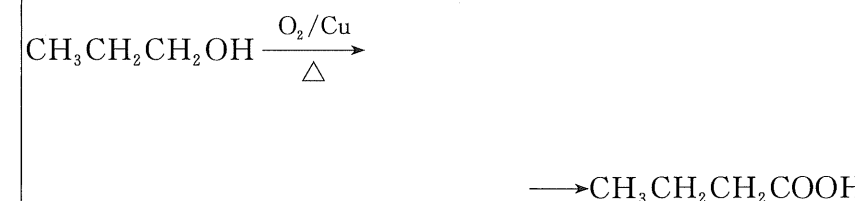
- 原子利用率低
- 产物难以分离
- 反应条件苛刻
- 严重污染环境

3. (2023·河西区一模) 一种新型抗病毒用药——肉桂硫胺的一种合成路线如下(部分条件已略):

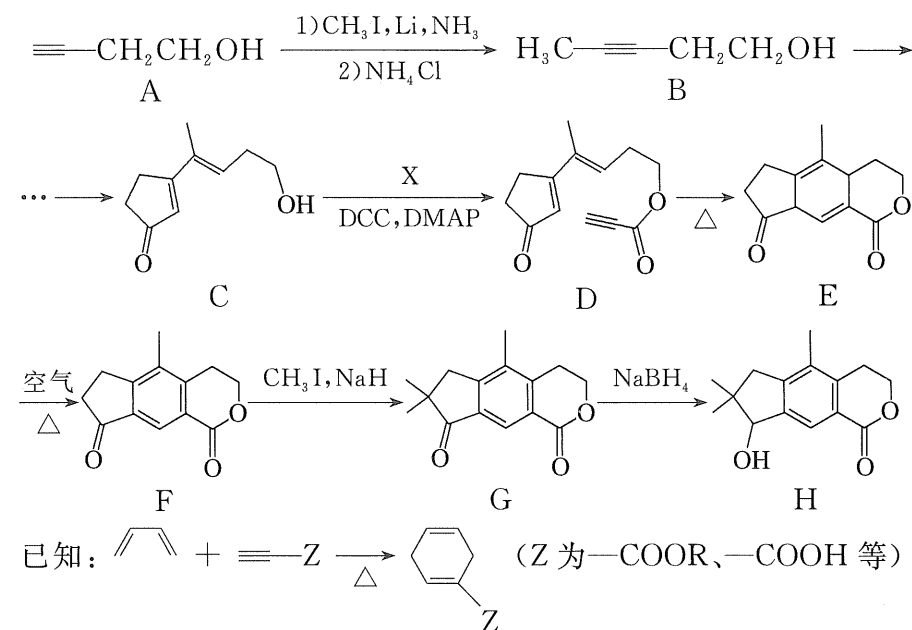


按要求回答下列问题。

- (1) **C** 的分子式为_____; **A** 的结构简式为_____; **F** 中官能团的名称为_____。
- (2) $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 的反应类型为_____;为检验 **C** 中所含官能团种类,所需试剂有_____。
- (3) 请写出 $\text{G} + \text{H} \rightarrow \text{M}$ 的反应化学方程式:_____。
- (4) 与苯丙酸(**F** 的加氢产物)互为同分异构体的含酯基的一取代芳香族化合物有_____种;请写出其中支链上核磁共振氢谱有 3 组吸收峰,且峰面积之比为 1:1:3 的同分异构体的结构简式:_____。
- (5) 参考以上合成路线信息,以 1-丙醇和必要的试剂为原料,合成正丁酸。将合成路线写在下列方框中。

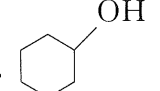
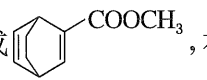


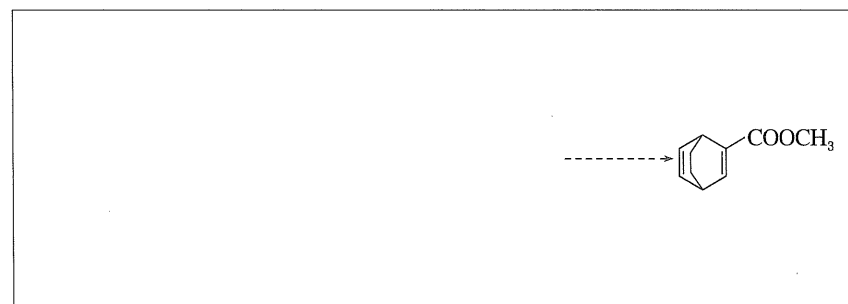
4. (2020·天津高考)天然产物 H 具有抗肿瘤、镇痛等生物活性,可通过以下路线合成。



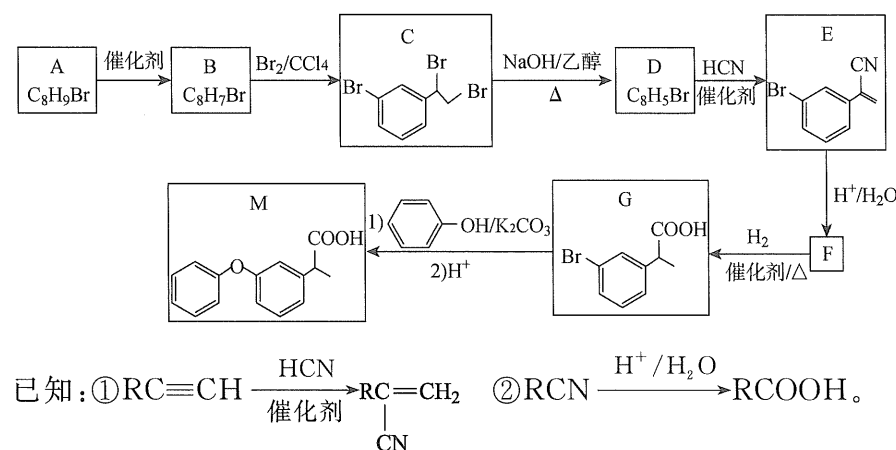
回答下列问题:

- (1) A 的链状同分异构体可发生银镜反应,写出这些同分异构体所有可能的结构:
- (2) 在核磁共振氢谱中,化合物 B 有 _____ 组吸收峰。
- (3) 化合物 X 的结构简式为 _____。
- (4) D→E 的反应类型为 _____。
- (5) F 的分子式为 _____, G 所含官能团的名称为 _____。
- (6) 化合物 H 含有手性碳原子的数目为 _____,下列物质不能与 H 发生反应的是 _____ (填序号)。
a. CHCl_3 b. NaOH 溶液
c. 酸性 KMnO_4 溶液 d. 金属 Na

(7) 以  和 $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$ 为原料,合成  ,在方框中写出路线图(无机试剂和不超过 2 个碳的有机试剂任选)。

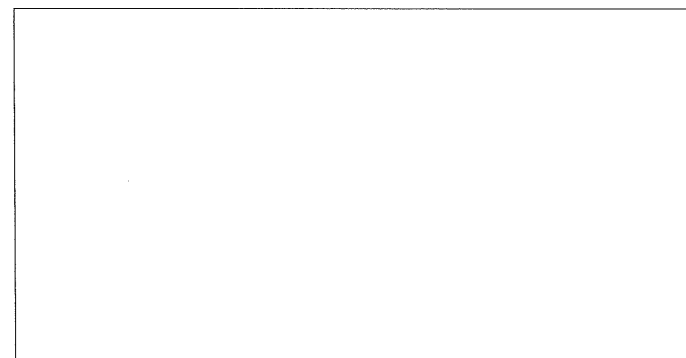


5. (2021·河北区二模)化合物 M 是一种药物中间体,实验室由芳香化合物 A 制备 M 的一种合成路线如下图所示:



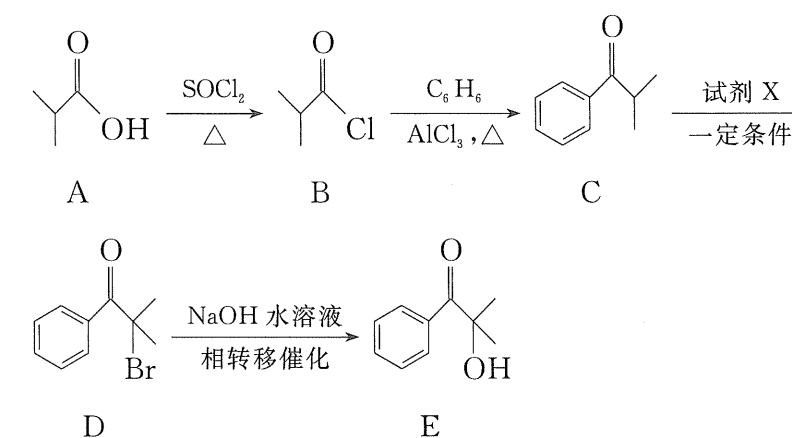
回答下列问题:

- (1) A 的化学名称为 _____; B 中所含官能团的名称为 _____。
- (2) 由 C 生成 D 的反应类型为 _____; D 的结构简式为 _____。
- (3) 由 F 生成 G 的化学方程式为 _____。
- (4) G 生成 M 过程中加入 K_2CO_3 的作用为 _____。
- (5) 同时满足下列条件的 G 的同分异构体有 _____ 种(不考虑立体异构);其中核磁共振氢谱中有 5 组吸收峰的结构简式为 _____。
① 苯环上连有 2 个取代基。
② 能与 FeCl_3 溶液发生显色反应且能发生银镜反应。
- (6) 参照上述合成路线和信息,以乙炔为原料(无机试剂任选),设计制备聚丙烯酸的合成路线:



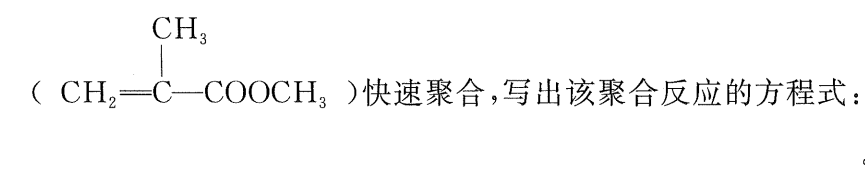
6. (2022·天津高考)光固化是高效、环保、节能的材料表面处理技术。化合物 E 是一种广泛应用于光固化产品的光引发剂,可采用

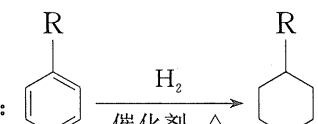
异丁酸(A)为原料,按如图路线合成:



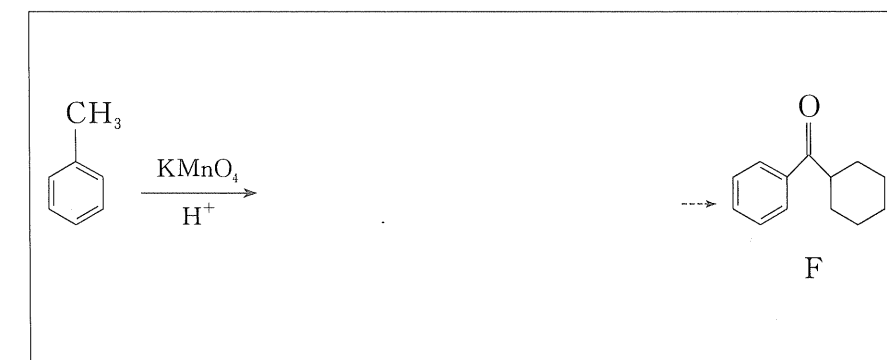
回答下列问题:

- (1) 写出化合物 E 的分子式: _____,其含氧官能团名称为 _____。
- (2) 用系统命名法对 A 命名: _____;在异丁酸的同分异构体中,属于酯类的化合物数目为 _____,写出其中含有 4 种处于不同化学环境氢原子的异构体的结构简式: _____。
- (3) 为实现 C→D 的转化,试剂 X 为 _____ (填序号)。
a. HBr b. NaBr c. Br_2
- (4) D→E 的反应类型为 _____。
- (5) 在紫外光照射下,少量化合物 E 能引发甲基丙烯酸甲酯



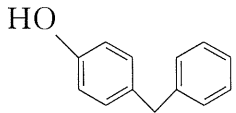
(6) 已知:  , R=烷基或羧基。

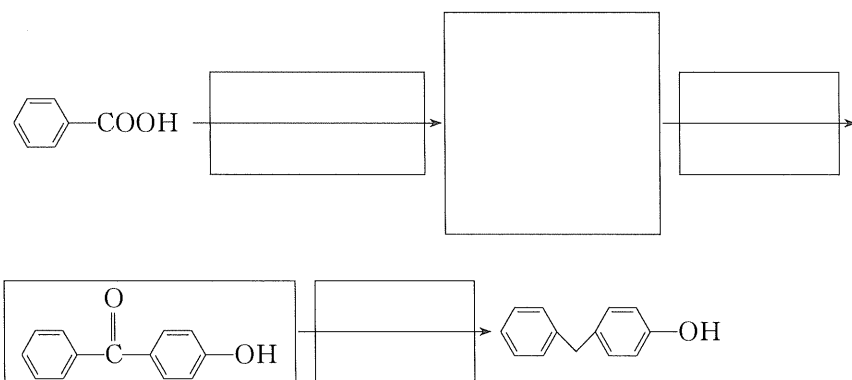
参照以上合成路线和条件,利用甲苯和苯及必要的无机试剂,在方框中完成制备化合物 F 的合成路线。



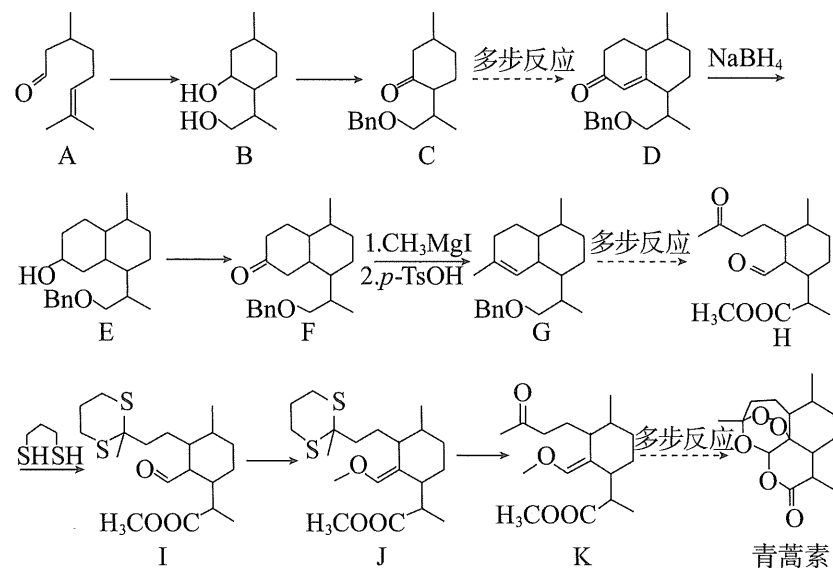
(6) 写出 3 种符合下列条件的 D 的同分异构体 _____。

- ① 含有苯环；② 苯环上只有一个取代基；③ 含有手性碳；④ 不含 —OCl 结构。

(7) 4-苄基苯酚 () 是一种药物中间体, 写出以苯甲酸和苯酚为原料制备 4-苄基苯酚的合成路线(无机试剂任用)。



10. (2023 · 南开中学第二次月考) 青蒿素的合成路线如下(部分条件和步骤已省略):



已知: Bn— 为 $C_6H_5CH_2-$

按要求回答下列问题:

(1) B 的分子式为 _____, 所含官能团的名称为 _____, D→E 的反应类型为 _____。

(2) A 的同系物中含碳原子数目最少的物质的结构简式为 _____。

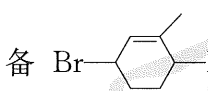
A 的某种同分异构体 X 含有醛基和六元碳环, 且环上只有一个支链, 满足上述条件的 X 有 _____ 种, 其中核磁共振氢谱峰数最少的物质的结构简式为 _____ (不考虑立体异构)。

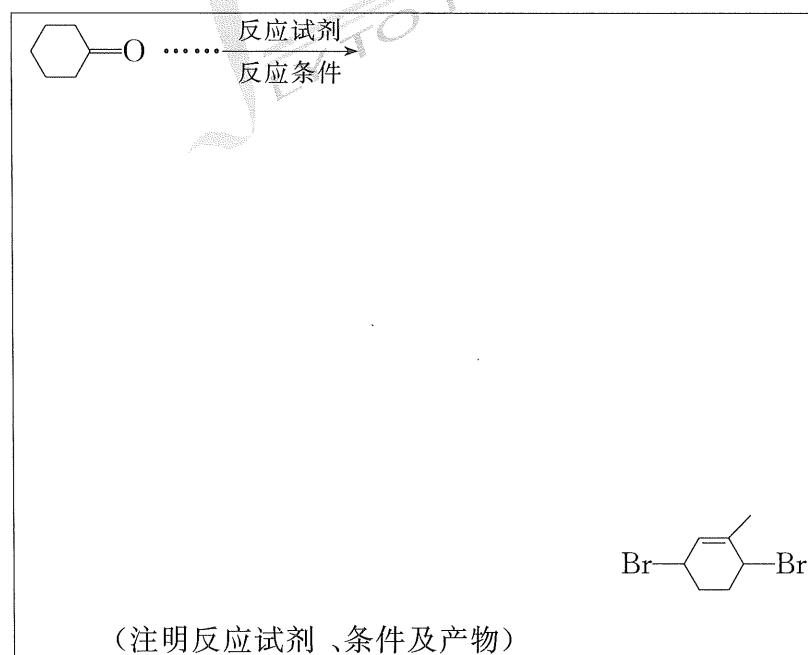
(3) 写出 A 与银氨溶液反应的化学方程式 _____。

(4) 通过 H→I 的反应, 分子中引入了硫醚基团, 而 J→K 的反应, 分子中硫醚基团又被脱去, 这样做的目的是 _____。

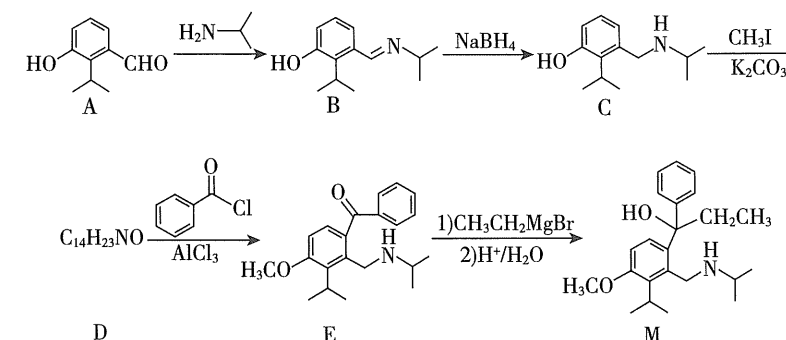
(5) 根据青蒿素所含官能团, 推测其可能具有的性质有 _____ (填序号)。

- a. 受热不易分解 b. 可发生水解反应
c. 易溶于水 d. 具有氧化性

(6) 参照上述合成路线, 写出以  为主要原料, 经四步反应制备  的流程。



11. (2023 · 河东区期中) 化合物 M 是一种有机合成的中间体, M 的合成路线如图:



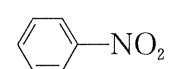
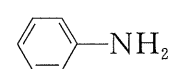
(1) E 中含氧官能团的名称为 _____, M 分子中含 _____ 个手性碳原子(连有 4 种不同原子或基团的碳原子)。

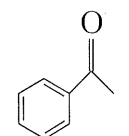
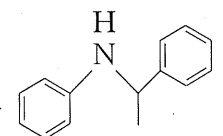
(2) D 的结构简式为 _____, D→E 的反应类型为 _____。

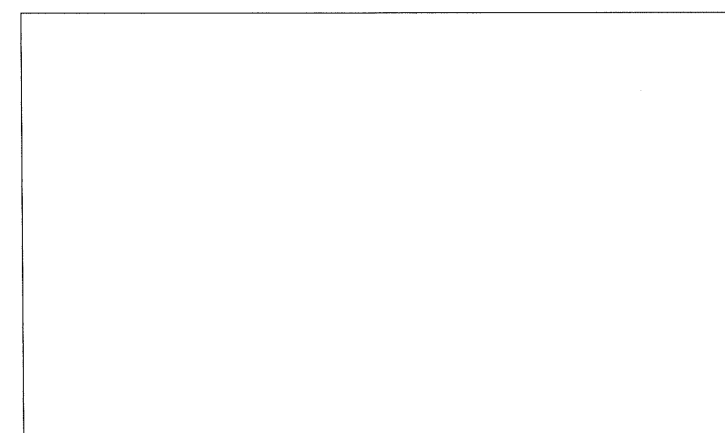
(3) A→B 的化学方程式为 _____。

(4) A 有多种同分异构体, 其中满足下列条件, 且核磁共振氢谱有 5 组峰, 峰面积之比为 6:2:2:1:1 的同分异构体的结构简式为 _____。

① 能发生银镜反应; ② 与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应; ③ 苯环上只有 2 个取代基。

(5) 已知:  $\xrightarrow{Fe/HCl}$ , 设计以苯和

 为原料制备  的合成路线(无机试剂任用, 合成路线示例见本题题干)。



专题三十

物质结构与性质

基础题

1. (2023·十二校二模)下列表示物质结构的化学用语或模型正确的是 ()

A. 聚丙烯的结构简式为 $[\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2]_n$

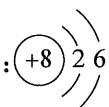
B. Na_2O_2 的电子式: $\text{Na}^+[\text{O}:\text{O}:\text{O}]^{2-}\text{Na}^+$

C. 次氯酸的结构式是 $\text{H}-\text{Cl}-\text{O}$

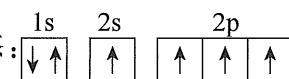
D. 在 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 中, NH_3 提供空轨道, Cd^{2+} 提供孤对电子

2. (2023·部分区二模)下列有关化学用语表示正确的是 ()

A. 中子数为 18 的氯原子: $^{35}_{18}\text{Cl}$

B. O^{2-} 的结构示意图: 

C. NH_3 的 VSEPR 模型: 

D. C 原子的一种激发态: 

3. (2023·天津高考)常温下,二氧化氯(ClO_2)是一种黄绿色气体,具有强氧化性,已被联合国卫生组织(WTO)列为 A1 级高效安全消毒剂。已知,工业上制备二氧化氯的方法之一是用甲醇在酸性条件下与氯酸钠反应,其反应的化学方程式: $\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CO}_2 \uparrow + 6\text{ClO}_2 \uparrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 。下列有关说法正确的是 ()

A. CO_2 是非极性分子

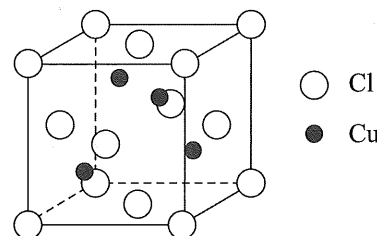
B. 键角: $\text{ClO}_3^- < \text{ClO}_2^-$

C. NaClO_3 在反应中作还原剂

D. ClO_2 分子的空间构型为直线形

4. (2023·天津高考)铜及其化合物在生产生活中有重要作用。回答下列问题:

(1)基态 Cu 原子的价层电子排布式为_____。 Cu^+ 与 Cu^{2+} 相比较,离子半径较大的是_____。



(2)铜的一种化合物的晶胞如图所示,其化学式为_____。

(3)在 H_2O_2 作用下,铜与浓盐酸的反应可用于制备 CuCl_2 ,该反应的化学方程式为_____。 H_2O_2 的实际消耗量大于理论用量的原因是_____。 H_2O_2 的电子式为_____。

(4)上述制备反应中,下列物质均可替代 H_2O_2 作氧化剂,最适合的是_____ (填序号)。

a. HNO_3 b. O_2 c. Cl_2

(5) Cu^{2+} 和 I^- 的反应可用于 Cu 含量的定量分析。向 CuCl_2 溶液中滴入 KI 溶液,生成一种碘化物白色沉淀,且上层溶液可使淀粉溶液变蓝。该白色沉淀的化学式为_____,反应中 KI 的作用为_____。

5. (2022·河北区一模)Fe 是人类应用较早,且至今应用量最大的金属。

(1) Fe^{3+} 基态核外电子排布式为_____。

(2)铁氮化合物(Fe_xN_y)在磁记录材料领域有着广泛的应用前景。某 Fe_xN_y 的制备需铁、氮气、丙酮和乙醇参与。丙酮分子中碳原子轨道的杂化类型是_____,1 mol 丙酮分子中含有 σ 键的数目为_____。

(3)C、H、O 三种元素的电负性由小到大的顺序为_____。

(4)乙醇的沸点高于丙酮,这是因为_____。

(5)某 Fe_xN_y 的晶胞如图 1 所示,Cu 可以完全替代该晶体中 a 位置 Fe 或者 b 位置 Fe,形成 Cu 替代型产物 $\text{Fe}_{(x-n)}\text{Cu}_n\text{N}_y$ 。 Fe_xN_y 转化为两种 Cu 替代型产物的能量变化如图 2 所示,其中更稳定的 Cu 替代型产物的化学式为_____。

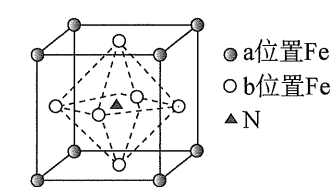


图1. Fe_xN_y 晶胞结构示意图

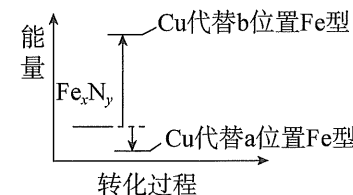
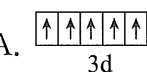


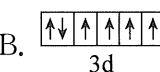
图2. 转化过程的能量变化

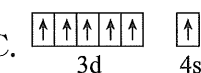
6. (2022·十二校一模)金属及其化合物在生产生活中有着广泛应用。回答下列问题:

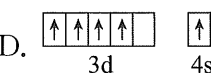
(1)锰、锝、铼位于同一副族且原子序数依次增大。类比锰,写出基态锝原子价层电子排布式_____。

(2)下列状态的铁中,电离最外层的一个电子所需能量最大的是_____ (填编号)。

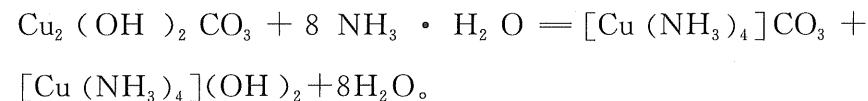
A. 

B. 

C. 

D. 

(3) $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 溶于浓氨水的化学方程式为:



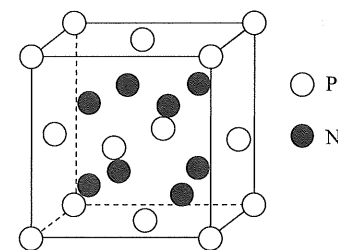
①氨水中的微粒存在的化学键有_____ (填标号)。

A. 极性键 B. 非极性键 C. 氢键 D. σ 键 E. π 键

② $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CO}_3$ 中所含非金属元素的电负性由大到小的顺序是_____, CO_3^{2-} 的空间构型为_____。

(4) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3(\text{CO})]^+$ 中配位原子为_____,提供空轨道的离子为_____。

(5)超硬材料氮化铂的一种晶胞如图所示。与 N 等距最近 Pt 的原子个数是_____,若该晶胞参数为 $a \text{ pm}$,密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,则阿伏加德罗常数(N_A)为_____ mol^{-1} (用含 a 、 ρ 的式子表示,并化成最简)。



7. (2022·部分区期末)完成铝、铜元素相关的问题。

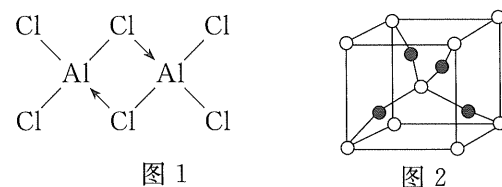


图 1

图 2

(1)常温下 Al 的金属性比 Ba 的金属性_____ (填“强”或“弱”)。

(2)AlCl₃ 气态分子可形成上图 1 所示的双聚分子,其中 Al 的配位数为_____;AlCl₃ 可与 Cl⁻ 形成 AlCl₄⁻ 离子,该离子空间构型为_____。

(3)纳米氧化亚铜(Cu₂O)是用途广泛的光电材料。

①Cu²⁺ 基态核外电子排布式为_____。

②Cu₂O 晶胞如上图 2 所示,晶胞中 Cu 原子的数目为_____。

③从核外电子排布角度比较高温下稳定性:Cu₂O _____ CuO (填“>”或“<”)。

(4)CuSO₄ 溶液中滴加足量浓氨水,直至产生的沉淀恰好溶解,可得到深蓝色的透明溶液,再向其中加入适量乙醇,可析出深蓝色的 Cu(NH₃)₄SO₄·H₂O 晶体。

①Cu(NH₃)₄SO₄ 组成元素中,第一电离能最大的元素是_____;Cu(NH₃)₄SO₄ 中含有 δ 键数目为_____。

②沉淀溶解的离子方程式为_____。

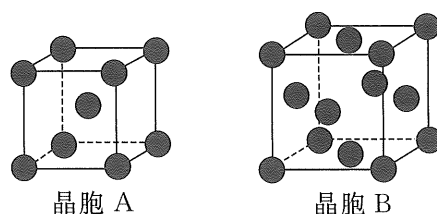
(5)25 °C 时, $K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$; $\text{H}_2\text{S}; K_{a1} = 1.1 \times 10^{-7}, K_{a2} = 1.3 \times 10^{-13}$ 。写出 H₂S 气体通入 CuSO₄ 溶液中发生反应的离子方程式:_____。

提升题

8. (2021·天津高考)铁单质及其化合物的应用非常广泛。

(1)基态 Fe 原子的价层电子排布式为_____。

(2)用 X 射线衍射测定,得到 Fe 的两种晶胞 A、B,其结构如图所示。晶胞 A 中每个 Fe 原子紧邻的原子数为_____。每个晶胞 B 中含 Fe 原子数为_____。

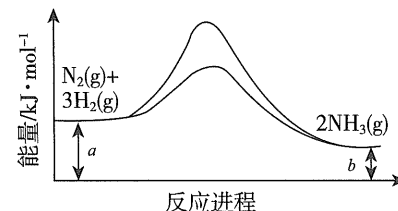


晶胞 A

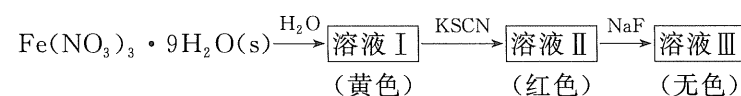
晶胞 B

(3)合成氨反应常使用铁触媒提高反应速率。如图为有、无铁触媒时,反应的能量变化示意图。写出该反应的热化学方程式_____。

从能量角度分析,铁触媒的作用是_____。

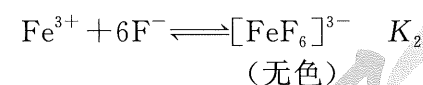
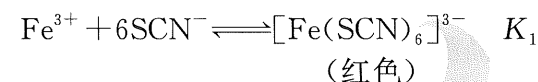


(4)Fe³⁺ 可与 H₂O、SCN⁻、F⁻ 等配体形成配位数为 6 的配离子,如 [Fe(H₂O)₆]³⁺、[Fe(SCN)₆]³⁻、[FeF₆]³⁻。某同学按如下步骤完成实验:



①[Fe(H₂O)₆]³⁺ 为浅紫色,但溶液 I 却呈黄色,其原因是_____ ,为了能观察到溶液 I 中 [Fe(H₂O)₆]³⁺ 的浅紫色,可采取的方法是_____。

②已知 Fe³⁺ 与 SCN⁻、F⁻ 的反应在溶液中存在以下平衡:



向溶液 II 中加入 NaF 后,溶液颜色由红色转变为无色。若该反应是可逆反应,其离子方程式为_____ ,平衡常数为_____ (用 K₁ 和 K₂ 表示)。

9. (2020·天津高考)Fe、Co、Ni 是三种重要的金属元素。回答下列问题:

(1)Fe、Co、Ni 在周期表中的位置为_____ ,基态 Fe 原子的电子排布式为_____。

(2)CoO 的面心立方晶胞如图 1 所示。设阿伏加德罗常数的值为 N_A,则 CoO 晶体的密度为_____ g·cm⁻³;三种元素二价氧化物的晶胞类型相同,其熔点由高到低的顺序为_____。

(3)Fe、Co、Ni 能与 Cl₂ 反应,其中 Co 和 Ni 均生成二氯化物,由此推断 FeCl₃、CoCl₃ 和 Cl₂ 的氧化性由强到弱的顺序为_____ ,Co(OH)₃ 与盐酸反应有黄绿色气体生成,写出反应的离子方程式:_____。

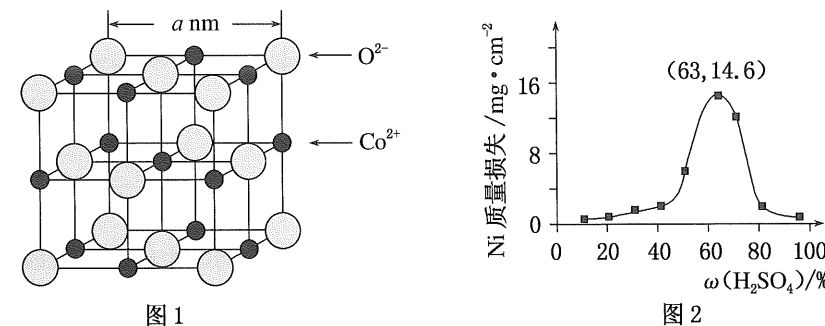


图 1

图 2

(4)95 °C 时,将 Ni 片浸在不同质量分数的硫酸中,经 4 小时腐蚀后的质量损失情况如图 2 所示,当 ω(H₂SO₄) 大于 63% 时, Ni 被腐蚀的速率逐渐降低的可能原因为_____。

由于 Ni 与 H₂SO₄ 反应很慢,而与稀硝酸反应很快,工业上选用 H₂SO₄ 和 HNO₃ 的混酸与 Ni 反应制备 NiSO₄。为了提高产物的纯度,在硫酸中添加 HNO₃ 的方式为_____ (填“一次过量”或“少量多次”),此法制备 NiSO₄ 的化学方程式为_____。

10. (2023·河西区三模)FeSO₄·7H₂O 失水后可转为 FeSO₄·H₂O, 与 FeS₂ 可联合制备铁粉精(Fe_xO_y)和 H₂SO₄。按要求回答下列问题。

I. FeSO₄·7H₂O 的结构如图所示。

(1)Fe²⁺ 价层电子的轨道表示式为_____。

(2)SO₄²⁻ 中的键角比 H₂O 分子中的_____ (填“大”“小”或“一样大”)。

(3)图中 H₂O 分别与 Fe²⁺、SO₄²⁻ 的作用力为_____。

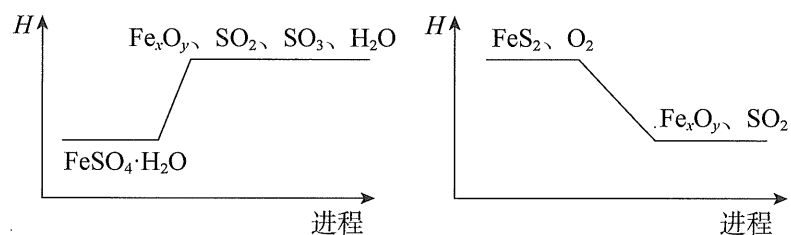
II. FeS₂ (M_r = 120) 晶胞为立方体,棱长为 a pm, 如图所示:

(4)与 Fe²⁺ 等距且紧邻的 S₂²⁻ 离子个数为_____。

晶胞的密度为_____ g·cm⁻³ (设阿伏加德罗常数的值为 N_A, 列出计算式)。

(5)以 FeS₂ 为燃料,联合 FeSO₄·H₂O 的分解,制备铁粉精(Fe_xO_y)和 H₂SO₄。

①结合下列“FeSO₄·H₂O 分解”、“FeS₂ 与 O₂ 反应”分别生成 Fe_xO_y 的焓变图示,解释制备铁粉精的过程能充分实现“能源和资源”有效利用的原因:_____。



FeSO₄·H₂O分解生成Fe₂O₃反应的焓变 FeS₂与O₂生成Fe₂O₃反应的焓变

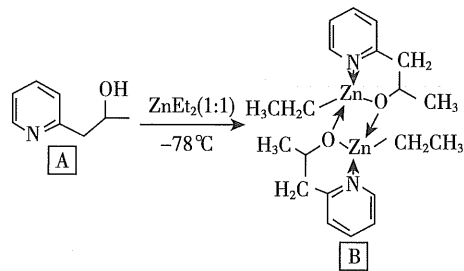
②此过程中,发生氧化反应的物质为_____。

11. (2021·和平区一模) N、P、As 均为氮族元素,与人们的生活息息相关。回答下列问题:

(1) N 核外电子排布式是_____,未成对电子数目为_____个。

(2) P 与 Si、S 的电负性由大到小的顺序是_____,第一电离能由大到小的顺序是_____。

(3) 吡啶类化合物 A 与 Zn(CH₂CH₃)₂ (即 ZnEt₂) 反应生成有机化合物 B, B 具有优异的催化性能。



吡啶类化合物 A 中 N 原子的杂化类型是_____,化合物 A 易溶于水,原因是_____。

含 Zn 有机物 B 的分子结构中含_____ (填字母代号)。

a. 离子键 b. 配位键 c. π 键 d. σ 键 e. 氢键

(4) AlN 的晶体结构如图 1 所示,某种氮化铁的结构如图 2 所示。

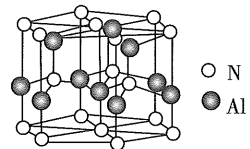


图 1

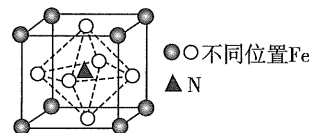


图 2

① AlN 晶体结构单元中,含有的 Al、N 原子个数均是_____;

② 若该氮化铁的晶胞边长为 a pm,阿伏加德罗常数的值为 N_A ,则该氮化铁的晶体密度可表示为_____ g·cm⁻³。

12. (2022·河西区一模) 锑钾[Sb-K]合金、镍钴锰酸锂[LiNi_xCo_yMn_(1-x-y)O₂]、磷酸铁钠[NaFePO₄]分别作为钾离子电池、三元锂离子电池、钠离子电池的电极材料。这些电池成为目前实现碳中和研发的热点。请按要求回答下列问题。

(1) 上述电池涉及的主族元素中,电负性最大的是_____。

(2) Sb 是比 P 的周期数大 2 的同主族元素。基态 Sb 原子价电子排布式为_____。

(3) 在回收电极材料中的 Co 时,测得溶液中 $c(\text{Co}^{2+}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,通入 NH₃ 生成 Co(OH)₂ 沉淀,已知沉淀完全时 $c(\text{Co}^{2+}) \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,此温度下 $K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 4.0 \times 10^{-15}$,溶液体积变化忽略不计,则 Co²⁺ 沉淀完全时溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 最小为_____ mol·L⁻¹。

(4) 钠离子电池电极材料制备:向含 Fe³⁺ 的溶液中加入过量 Na₂HPO₄ 溶液,过滤后进一步处理得 FePO₄ 沉淀。然后将 FePO₄ 与 NaI 混合,在 He 气氛中加热,制得 NaFePO₄。已知常温下 $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ \quad K_{a_2} = 6.2 \times 10^{-8}$; $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+ \quad K_{a_3} = 4.8 \times 10^{-13}$ 。

① 钠离子电池工作时,NaFePO₄ 转化为 FePO₄,则 NaFePO₄ 在电池_____ (填“正”或“负”)极放电。

② NaI 在制 NaFePO₄ 的反应中的作用:_____。

③ Na₂HPO₄ 溶液中含 P 元素离子的浓度由大到小的顺序为_____。

(5) 立方晶系锑钾合金的晶胞结构如图 1 所示,其中晶胞的一部分如图 2 所示。

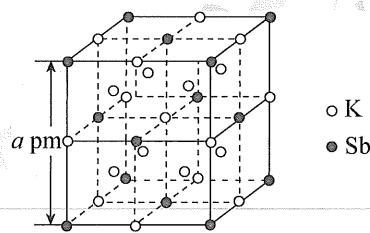


图 1

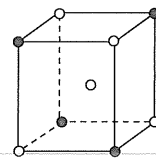


图 2

① 该晶胞中,Sb 和 K 的原子数之比为_____。

② 该晶体的密度为_____ g·cm⁻³ (设阿伏加德罗常数的值为 N_A ,用含 a 、 N_A 的代数式表示)。

13. (2022·天津高考) 金属钠及其化合物在人类生产生活中起着重要作用。回答下列问题:

(1) 基态 Na 原子的价层电子轨道表示式为_____。

(2) NaCl 熔点为 800.8 °C,工业上采用电解熔融 NaCl 制备金属 Na,电解反应方程式: $2\text{NaCl}(\text{l}) \xrightarrow[\text{CaCl}_2(\text{l})]{580^\circ\text{C 电解}} 2\text{Na}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g})$,加入 CaCl₂ 的目的是_____。

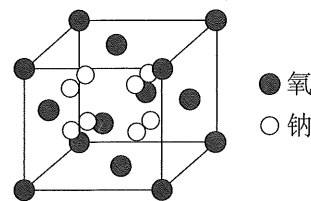
(3) Na₂O₂ 的电子式为_____。在 25 °C 和 101 kPa

时,Na 与 O₂ 反应生成 1 mol Na₂O₂ 放热 510.9 kJ,写出该反应的热化学方程式:_____。

(4) 采用空气和 Na 为原料可直接制备 Na₂O₂。空气与熔融金属 Na 反应前需依次通过_____、_____ (填序号)。

- a. 浓硫酸
- b. 饱和食盐水
- c. NaOH 溶液
- d. KMnO₄ 溶液

(5) 钠的某氧化物晶胞如图,图中所示钠离子全部位于晶胞内。由晶胞图判断该氧化物的化学式为_____。



(6) 天然碱的主要成分为 Na₂CO₃·NaHCO₃·2H₂O,1 mol Na₂CO₃·NaHCO₃·2H₂O 经充分加热得到 Na₂CO₃ 的质量为_____ g。

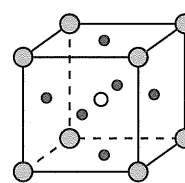
14. (2023·和平区二模) Nd₂Fe₁₄B、KCoF₃ 是新型磁性材料的成分。依据其中有关元素回答下列问题:

(1) 钕(Nd)属于镧系元素,其在元素周期表中处于_____区,铁元素在元素周期表中的位置为_____。

(2) BF₃ 的立体构型为_____;其中 B 原子的杂化方式为_____。

(3) KBH₄ 是一种重要的还原剂,其组成元素的电负性由大到小的顺序为_____。

(4) KCoF₃ 的钙钛矿型晶胞结构如图所示,其中 Co 填充在 F 形成的正八面体中心。



① K、Co、F 的第一电离能由大到小的顺序为_____。

② 该晶体密度为 ρ g/cm³,则 K 和 Co 之间的最短距离为_____ pm。

(5) [Co(NH₃)₆]Cl₃ 的制备:称取研细的 CoCl₂·6H₂O 10.0 g 和 NH₄Cl 5.0 g 于烧杯中溶解,将溶液转入三颈烧瓶,分液漏斗中分别装有 25 mL 浓氨水,5 mL 30% 的 H₂O₂ 溶液,控制反应温度为 60 °C,打开分液漏斗,反应一段时间后,得 [Co(NH₃)₆]Cl₃ 溶液。请写出该反应的离子方程式为_____。在制取的过程中可能还会有 a. [Co(NH₃)₅Cl]Cl₂、b. [Co(NH₃)₄Cl₂]Cl、c. [Co(NH₃)₃Cl₃] 三种物质生成,物质的量相等的这三种物质分别与足量 AgNO₃ 反应,生成 AgCl 的物质的量由大到小的顺序为_____ (填字母序号)。