

模块综合试卷(一)

(时间: 90分钟 满分: 100分)

一、选择题(本题包括16个小题,每小题3分,共48分;每小题只有一个选项符合题意)

1. 我们主要从三个方面讨论一个化学反应的原理,其中不属于这三个方面的是()
- A. 反应进行的方向 B. 反应的快慢
C. 反应进行的限度 D. 反应物的多少

答案 D

解析 我们要讨论一个化学反应的原理,应该讨论反应向什么方向进行,反应进行的快慢程度,反应进行的最大程度是多少,因此与讨论研究反应无关的是反应物的多少。

2. 某同学在实验报告中记录了下列数据,其中正确的是()
- A. 用25mL量筒量取12.36mL盐酸
B. 用pH试纸测出某溶液pH为3.5
C. 用托盘天平称取8.75g食盐
D. 用酸式滴定管测出消耗盐酸的体积为15.60mL

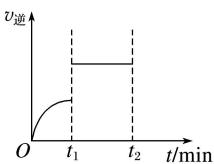
答案 D

3. (2020·贵阳月考)下列关于化学反应速率的说法正确的是()
- A. 升高温度可降低化学反应的活化能,使化学反应速率加快
B. 在相同温度下,两个相同的容器中,分别充入相同物质的量的Br₂和Cl₂,让它们与等量的氢气发生反应,反应速率相同
C. 0.1 mol·L⁻¹盐酸和0.1 mol·L⁻¹硝酸与相同形状和大小的大理石反应的速率相同
D. 有气体参加的化学反应,若增大压强(即缩小反应容器的容积),可增加活化分子的百分数,从而使反应速率加快

答案 C

解析 升高温度使更多的分子能量增加变为活化分子,增大活化分子百分数,提高化学反应速率,A错误;氧化性:Cl₂>Br₂,相同条件下与H₂反应,Cl₂反应速率快,B错误;等浓度的盐酸和硝酸中c(H⁺)都为0.1 mol·L⁻¹,与相同形状和大小的大理石反应的速率相同,C正确;有气体参加的化学反应,增大压强,增大单位体积内的分子总数,活化分子的百分数不变,D错误。

- 4.(2020·济宁期中)反应H₂(g)+I₂(g) 2HI(g)的逆反应速率随时间变化的曲线如图所示,t₁时刻反应达到平衡,维持其他条件不变,t₁时刻只改变一种条件,该条件可能是()



①增大 H₂浓度 ②缩小容器体积 ③恒容时充入 Ar 气

④使用催化剂

- A. ①② B. ③④ C. ②④ D. ①④

答案 C

解析 反应 H₂(g) + I₂(g) ⇌ 2HI(g) 是一个反应前后气体分子数不变的可逆反应。由图可知, t₁ 时刻反应达到平衡, 维持其他条件不变, t₁ 时刻只改变一种条件, 逆反应速率增大后并不再改变, 说明化学平衡不移动, 则改变条件后正反应速率和逆反应速率相等, 该条件可能是加入催化剂或增大压强, C 正确。

5. 下列实验事实不能证明醋酸是弱电解质的是()

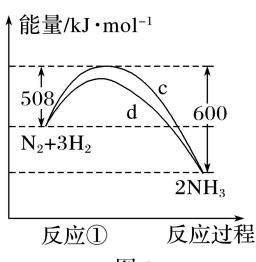
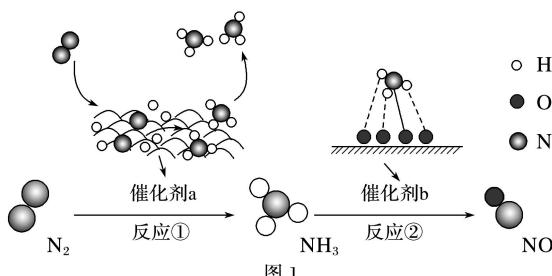
- A. 相同 pH 的醋酸溶液和盐酸分别与同样颗粒大小的锌反应时, 产生 H₂ 的起始速率相等
 B. 常温下, 测得 0.1 mol·L⁻¹ 醋酸溶液的 pH=4
 C. 常温下, 将 pH=1 的醋酸溶液稀释 1 000 倍, 测得 pH<4
 D. 在相同条件下, 醋酸溶液的导电性比盐酸的弱

答案 A

解析 强、弱电解质的本质区别是看能否完全电离; 若完全电离则为强电解质; 若部分电离则为弱电解质。

选项	内容指向·联系分析	结论
A	pH 相同, 说明两溶液中的 c(H ⁺) 相同, 与同样的锌反应时产生 H ₂ 的起始速率相同, 无法证明醋酸是否完全电离	不能证明
B	若为强酸, 常温下 0.1 mol·L ⁻¹ 的一元酸, pH=1; 而醋酸的 pH=4, 证明醋酸未完全电离, 是弱电解质	能证明
C	若为强酸, 常温下 pH=1 的一元酸稀释 1 000 倍后, 溶液的 pH=4; 而 pH=1 的醋酸稀释 1 000 倍后 pH<4, 证明醋酸在稀释过程中可以继续电离, 溶液中存在着醋酸分子, 醋酸未完全电离	能证明
D	相同条件下, CH ₃ COOH 溶液的导电性比盐酸弱, 证明其溶液中离子浓度小, 即醋酸未完全电离	能证明

6. 氮及其化合物的转化过程如下图所示，其中图 2 为反应①过程中能量变化的曲线图。



下列分析合理的是()

- A. 图 2 中 c 曲线是加入催化剂 a 时的能量变化曲线
- B. 反应①的热化学方程式为: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C. 在反应②中, 若有 1.25 mol 电子发生转移, 则参加反应的 NH_3 的体积为 5.6 L
- D. 催化剂 a、b 能提高反应①、②的化学反应速率和平衡转化率

答案 B

解析 A 项, 催化剂的反应机理是降低活化能, 所以曲线 d 是加入催化剂的能量变化曲线; B 项, 根据能量变化曲线数据计算; C 项, 不知道是不是在标准状况下, 气体体积不能准确计算; D 项, 催化剂能提高反应速率, 并不能影响反应平衡。

7. (2020·合肥一中期中)下列说法正确的是()

- A. 洗涤油污常用热的碳酸钠溶液
- B. 用加热的方法可以除去 KCl 溶液中的 Fe^{3+}
- C. 配制 $FeSO_4$ 溶液时, 将 $FeSO_4$ 固体溶于稀盐酸中, 然后稀释至所需浓度
- D. 将 $AlCl_3$ 溶液和 Na_2SO_3 溶液分别加热蒸干、灼烧后, 所得固体为 Al_2O_3 和 Na_2SO_3

答案 A

解析 碳酸钠溶液显碱性, 加热可以促进碳酸根的水解, 使溶液碱性增强, A 正确; 加热会促进 Fe^{3+} 的水解, 生成氢氧化铁沉淀, 但是还要经过滤才能得到氯化钾溶液, B 错误; 配制 $FeSO_4$ 溶液时, 将 $FeSO_4$ 固体溶于稀盐酸中会引入氯离子杂质, C 错误; Na_2SO_3 溶液加热蒸干、灼烧时, 要考虑空气中的氧气将其氧化, 所以最终得到 Na_2SO_4 固体, D 错误。

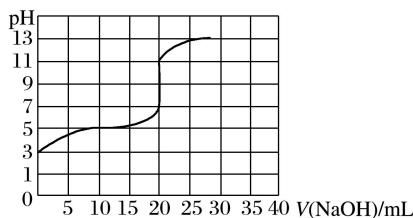
8. (2019·南昌月考)在常温下, $pH=2$ 的氯化铁溶液, $pH=2$ 的硫酸溶液, $pH=12$ 的氨水溶液, $pH=12$ 的碳酸钠溶液, 水的电离程度分别为 a 、 b 、 c 、 d , 则这四种溶液中, 水的电离程度大小比较正确的是()

- A. $a=d>b=c$
 B. $a=d>c>b$
 C. $b=c>a=d$
 D. $b=c>a>d$

答案 A

解析 在常温下, $\text{pH} = 2$ 的氯化铁溶液和 $\text{pH} = 12$ 的碳酸钠溶液中溶质都促进了水的电离, 且相等; $\text{pH} = 2$ 的硫酸溶液和 $\text{pH} = 12$ 的氨水中溶质都抑制了水的电离且相等; 故水的电离程度大小比较正确的是 $a = d > b = c$ 。

9. (2020·寻甸回族彝族自治县教育局高二期末)在 100 mL 某一元弱酸的溶液中, 以 $0.50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液滴定得到滴定曲线如图所示。



下列叙述正确的是()

- A. 该弱酸在滴定前的浓度是 $0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
 B. 该弱酸稀释 10 倍后 pH 为 4
 C. 滴定过程为求滴定终点, 最合适的指示剂是酚酞
 D. 滴定过程为求滴定终点, 最合适的指示剂是甲基橙

答案 C

解析 由图开始时, 弱酸的 $\text{pH} = 3$, 用 NaOH 滴定该弱酸溶液达到终点时 pH 范围是在 7~11, 变色范围最合适的指示剂是酚酞, 用去 NaOH 的体积是 20 mL, 该弱酸滴定前的浓度是 $20 \text{ mL} \times \frac{0.50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{100 \text{ mL}} = 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 故 A 错误; 滴定前该弱酸的 $\text{pH} = 3$, 溶液在稀释过程中会继续电离, 该弱酸稀释 10 倍后, pH 小于 4, 故 B 错误; 用 NaOH 滴定该弱酸溶液达到终点时 pH 范围是 7~11, 变色范围最合适的指示剂是酚酞, 故 C 正确, D 错误。

10. 下列叙述正确的是()

- A. 稀醋酸中加入少量醋酸钠能增大醋酸的电离程度
 B. 25 ℃时, 等体积等浓度的硝酸与氨水混合后, 溶液 $\text{pH}=7$
 C. 25 ℃时, $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫化氢溶液比等浓度的硫化钠溶液的导电能力弱
 D. 0.1 mol AgCl 和 0.1 mol AgI 混合后加入 1 L 水中, 所得溶液中 $c(\text{Cl}^-)=c(\text{I}^-)$

答案 C

解析 稀醋酸中加入醋酸钠, 使溶液中的 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 增大, 抑制醋酸的电离, A 项错误; 二者完全反应生成 NH_4NO_3 , NH_4^+ 发生水解, 溶液呈酸性, $\text{pH}<7$, B 项错误; H_2S 部分电离, 而 Na_2S 完全电离, 在等浓度的两种溶液中, Na_2S 溶液中的离子浓度较大, 溶液的导电能力强, C 项正确; 0.1 mol AgCl 和 0.1 mol AgI 混合后加入 1 L 水中, 达到沉淀溶解平衡, 因为

AgCl 的溶解度大于 AgI, 溶液中 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{I}^-)$, D 项错误。

11. 可溶性钡盐有毒, 医院中常用硫酸钡这种钡盐作为内服造影剂。医院抢救钡离子中毒患者时, 除催吐外, 还需要向中毒者胃中灌入硫酸钠溶液。已知:

$$K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3) = 5.1 \times 10^{-9}; K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) = 1.1 \times 10^{-10}$$

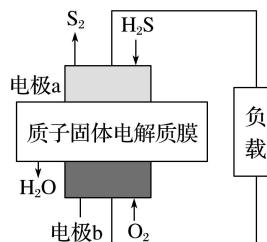
下列推断正确的是()

- A. 不用碳酸钡作为内服造影剂, 是因为 $K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3) > K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)$
- B. 抢救钡离子中毒患者时, 若没有硫酸钠, 可以用碳酸钠溶液代替
- C. 若误饮 $c(\text{Ba}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液时, 会引起钡离子中毒
- D. 可以用 $0.36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_4 溶液给钡离子中毒患者洗胃

答案 D

解析 胃液中存在盐酸, 难溶碳酸盐在胃液中能溶解, 故 A、B 错; 硫酸钡作内服造影剂说明硫酸钡电离出的钡离子浓度是安全的, 此时 $c(\text{Ba}^{2+}) = \sqrt{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)} \approx 1.05 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故误饮 $c(\text{Ba}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液时, 不会引起钡离子中毒, C 错; 用 $0.36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_4 溶液洗胃时, 胃液中 $c(\text{Ba}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{1.1 \times 10^{-10}}{0.36} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 3.1 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 1.05 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

12. (2020·济宁月考)工业废气 H_2S 经资源化利用后可回收能量并得到单质硫。反应原理为 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{S}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -632 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 H_2S 燃料电池的工作原理如图所示。下列有关说法不正确的是()

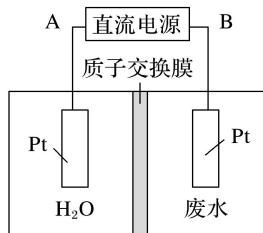


- A. 电极 a 为电池的负极
- B. 电极 b 上的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 若有 17 g H_2S 参与反应, 则会有 1 mol H^+ 经质子膜进入正极区
- D. 若电路中通过 2 mol 电子, 则电池内部释放 632 kJ 热能

答案 D

解析 H_2S 被氧化为 S_2 的电极 a 为电池的负极, 故 A 正确; 酸性燃料电池, 正极电极 b 上的电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$, 故 B 正确; $\text{H}_2\text{S} \sim 2\text{e}^-$, 若有 17 g H_2S 参与反应, 则会有 1 mol H^+ 经质子膜进入正极区, 故 C 正确。

13. 用如图所示装置处理含 NO_3^- 的酸性工业废水, 某电极反应式为 $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, 则下列说法错误的是()

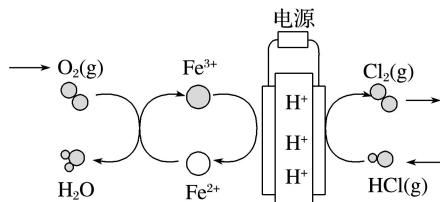


- A. 电源正极为 A, 电解过程中有气体放出
 B. 电解时 H^+ 从质子交换膜左侧向右侧移动
 C. 电解过程中, 右侧电解液 pH 保持不变
 D. 电解池一侧生成 5.6 g N_2 , 另一侧溶液质量减少 18 g

答案 C

解析 A 项, 根据题意, 与 B 极相连的电极反应为 $2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow N_2 \uparrow + 6H_2O$, 作电解池的阴极, 故 B 为负极, 则 A 为正极, 溶液中的 OH^- 放电, 生成 O_2 , 正确; B 项, 电解时, 左侧阳极室 OH^- 发生反应, 剩余了 H^+ , 故 H^+ 从质子交换膜左侧向右侧移动, 正确; C 项, 在电解过程中, H^+ 从质子交换膜左侧向右侧移动, 故右侧电解液的酸性增强, pH 减小, 错误; D 项, 电解池一侧生成 5.6 g N_2 , 转移的电子的物质的量为 2 mol, 故另一侧发生反应的水的物质的量为 1 mol, 溶液质量减少 18 g, 正确。

14. (2020·北京西城区期末) 利用电解技术, 以氯化氢为原料回收氯气的过程如图所示, 下列说法不正确的是()



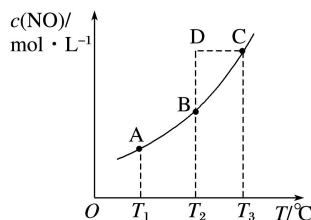
- A. H^+ 由阳极区向阴极区迁移
 B. 阳极电极反应式: $2HCl + 2e^- \rightarrow Cl_2 + 2H^+$
 C. 阴极电极反应式: $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$
 D. 阴极区发生的反应有: $4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \rightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$

答案 B

解析 A 项, H^+ 在电源的右侧产生, 在电源的左侧被消耗, 右侧为阳极, 左侧为阴极, 即 H^+ 由阳极区向阴极区迁移, 正确; B 项, 阳极发生氧化反应, 是失去电子的过程, 电极反应为: $2HCl - 2e^- \rightarrow 2H^+ + Cl_2$, 错误; C 项, 阴极发生还原反应, 是得到电子的过程, 电极反应为: $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$, 正确; D 项, 根据图中的循环, 可以推出阴极区域会发生反应: $4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \rightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$, 正确。

15. 在容积一定的密闭容器中, 置入一定量的 $NO(g)$ 和足量 $C(s)$, 发生反应 $C(s) + 2NO(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + N_2(g)$, 平衡状态时 $NO(g)$ 的物质的量浓度 $c(NO)$ 与温度 T 的关系如图所

示。则下列说法中正确的是()

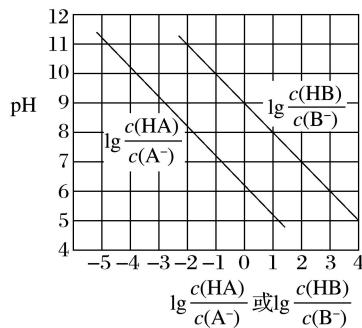


- A. 该反应的 $\Delta H>0$
- B. 若该反应在 T_1 、 T_2 时的平衡常数分别为 K_1 、 K_2 ，则 $K_1<K_2$
- C. 在 T_2 时，若反应体系处于状态D，则此时一定有 $v_{\text{正}}<v_{\text{逆}}$
- D. 在 T_3 时，若混合气体的密度不再变化，则可以判断反应达到平衡状态

答案 D

解析 由图像可知， $T_1 < T_2$ ，升高温度 $c(\text{NO})$ 增大，平衡左移(吸热方向)，所以 $\Delta H < 0$ ，且 $K_1 > K_2$ ，A、B 项不正确； T_2 时 D 点表示 $c(\text{NO}) > c(\text{NO})_{\text{平衡}}$ ，因此由 D→B 点需降低 $c(\text{NO})$ ，即平衡向右移动，所以 D 点对应体系中， $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ ，C 项不正确；由于 C 为固体，故容积不变时，反应后气体质量增大，混合气体的密度增大，当密度不再变化时，可以判断反应达到平衡状态，D 项正确。

16. (2020·苏州质检)常温下，将 HCl 气体通入 1 L 浓度均为 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaA 和 NaB 的混合溶液中，混合溶液的 pH 与离子浓度变化的关系如图所示(忽略溶液体积的变化)。下列叙述不正确的是()



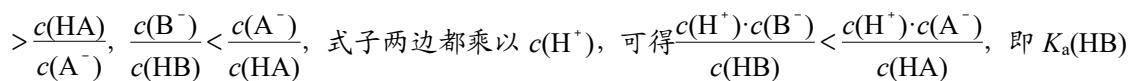
- A. $K_a(\text{HB})$ 的数量级为 10^{-9}
- B. 酸性的强弱顺序为 $\text{HCl} > \text{HA} > \text{HB}$
- C. 当通入 0.1 mol HCl 气体时 $c(\text{B}^-) > c(\text{A}^-)$
- D. 当混合溶液呈中性时：

$$c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{A}^-) + c(\text{B}^-)$$

答案 C

解析 根据图像可知，当 $\lg \frac{c(\text{HB})}{c(\text{B}^-)} = 3$ 时， $\text{pH} = 6$ ，此时， $c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\frac{c(\text{HB})}{c(\text{B}^-)} = 10^3$ ，

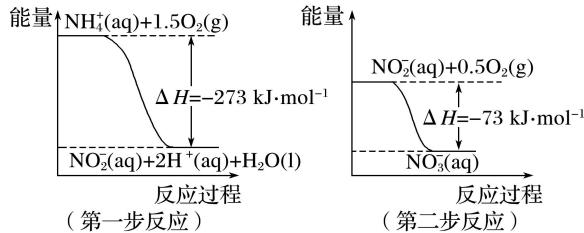
$$K_a(\text{HB}) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{B}^-)}{c(\text{HB})} = 10^{-6} \times 10^{-3} = 10^{-9}$$



$< K_a(\text{HA})$, 所以酸性: $\text{HA} > \text{HB}$, 向 NaA 和 NaB 的混合溶液中通入 HCl 后, 溶液中存在 HA 、 HB , 则说明 HCl 酸性强于 HA 和 HB , 所以酸性强弱顺序为 $\text{HCl} > \text{HA} > \text{HB}$, B 正确; 原溶液中 NaA 和 NaB 均为 0.1 mol , 根据强酸制弱酸原理, 通入 0.1 mol HCl , H^+ 先与 B^- 反应, 反应后溶液中溶质为 0.1 mol NaA 、 0.1 mol NaCl 、 0.1 mol HB , NaA 完全电离, 微弱水解, 而 HB 部分电离, 所以溶液中 $c(\text{B}^-) < c(\text{A}^-)$, C 错误; 混合溶液的电荷守恒为 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{A}^-) + c(\text{B}^-)$, 当溶液呈中性时, $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 所以有 $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{A}^-) + c(\text{B}^-)$, D 正确。

二、非选择题(本题包括 5 个小题, 共 52 分)

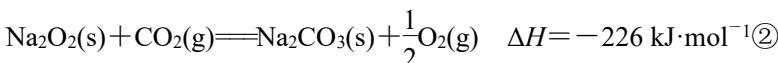
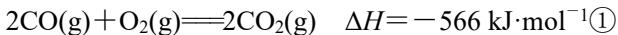
17. (10 分)(1)在微生物作用的条件下, NH_4^+ 经过两步反应被氧化成 NO_3^- 。两步反应的能量变化示意图如下:



①第一步反应是 _____ (填“放热”或“吸热”)反应, 判断依据是 _____。

② $1 \text{ mol NH}_4^+(\text{aq})$ 全部氧化成 $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ 的热化学方程式是 _____。

(2)已知:



则 $\text{CO}(\text{g})$ 与 $\text{Na}_2\text{O}_2(\text{s})$ 反应放出 509 kJ 热量时, 电子转移数目为 _____。

(3)已知 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g}) \quad \Delta H = -72 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 蒸发 $1 \text{ mol Br}_2(\text{l})$ 需要吸收的能量为 30 kJ , 其他相关数据如下表:

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{Br}_2(\text{g})$	$\text{HBr}(\text{g})$
1 mol 分子中的化学键断裂时需要吸收的能量(kJ)	436	200	a

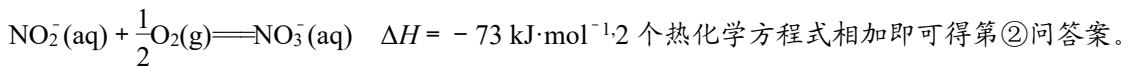
则表中 $a =$ _____。

答案 (1)①放热 $\Delta H < 0$ (或反应物的总能量大于生成物的总能量)



(2) $2N_A$ (或 1.204×10^{24}) (3)369

解析 (1)由图可知: $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -273 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

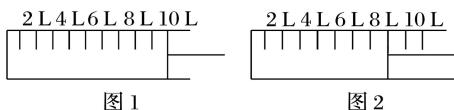


(2)(① + ②) $\times \frac{1}{2}$ 得: $\text{CO}(\text{g}) + \text{Na}_2\text{O}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) \quad \Delta H = -509 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 即该反应放出 509 kJ 热量时转移 2 mol e^- 。

(3)由题中热化学方程式及蒸发 1 mol $\text{Br}_2(\text{l})$ 吸热 30 kJ 可得: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g}) \quad \Delta H = -102 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则 $436 + 200 - 2a = -102$, $a = 369$ 。

18. (12 分)(2020·西安期末)回答下列问题:

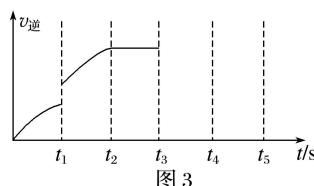
(1)工业合成氨的原理为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。现将 6 mol N_2 和 14 mol H_2 充入如图所示密闭容器中, 保持压强不变, 开始时活塞的位置如图 1 所示, 当反应达到平衡时, 活塞的位置如图 2 所示。



①下列表述能说明反应已达到平衡的是_____ (填字母)。

- A. 活塞不再移动
- B. 容器内压强不再改变
- C. 容器内气体密度不再改变
- D. 容器内气体的平均相对分子质量不再改变

②已知某次反应过程中逆反应速率随时间的变化关系如图 3 所示, 若在 t_1 时刻反应恰好达到了平衡, 此时改变了某一条件, 则改变的一种条件是_____。



(2)治理 NO 的一种方法是先将 NO 氧化成 NO_2 后, 再将 NO_2 通入还原性碱溶液中电解转化成 N_2 , 其中氧化的反应原理为 $\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。下列说法正确的是_____ (填字母)。

- A. 已知该反应在较低温度下能自发进行, 说明 $\Delta S = 0$
- B. 加入催化剂, 可降低反应的活化能和焓变, 从而加快反应的速率
- C. 活化分子有效碰撞理论中, 活化能指活化分子平均能量与非活化分子平均能量的差值
- D. 在一定温度下, 向恒容密闭容器中充入物质的量之比为 1:3 的 NO 和 O_3 , 达到平衡时 NO 转化率为 α , 再充入一定量物质的量之比为 1:3 的 NO 和 O_3 , NO 转化率不变

(3)处理汽车尾气中的氮氧化物还可以用 NH_3 还原法, 假设在恒容密闭容器中, 仅发生反应:



变化关系如图 4 所示, 已知温度为 T_3 时, 反应达到平衡所需时间为 10 min。请在图中画出不同温度下(其他条件均相同), 反应都经过 10 min 时, NO 转化率的曲线示意图。

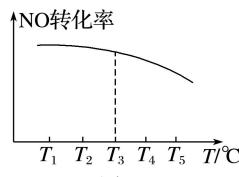
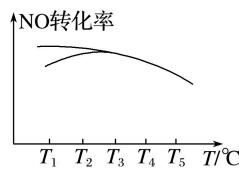


图 4

答案 (1)①ACD ②加压 (2)D

(3)

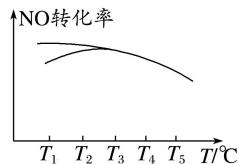


解析 (1)①A 项, 该反应为体积变化的反应, 反应过程中气体的体积发生变化, 因此活塞不再移动时, 说明反应达到平衡状态, 正确; B 项, 该装置为恒压装置, 反应过程中压强始终不变, 错误; C 项, 由于反应物和生成物都是气体, 则混合气体的质量不变, 由于容器为恒压装置, 反应过程中, 气体体积发生变化, 根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知, 当混合气体的密度不变时,

则反应达到平衡状态, 正确; D 项, 该反应前后为气体分子数改变的反应, 当容器内气体的平均相对分子质量不再改变时, 反应达到平衡, 正确。②由图可知, t_1 时刻后, 反应速率增大, 而升高温度、增大压强或加入催化剂都可能增大反应速率, 而 t_1 时刻反应达到平衡, 则改变的条件为加压。

(2)A 项, 该反应的 $\Delta H < 0$, 依据 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ 可知, 该反应在较低温度下自发进行, 则 $\Delta S < 0$, 错误; B 项, 催化剂能降低反应的活化能, 加快化学反应速率, 不改变化学反应的焓变, 错误; C 项, 活化能是活化分子的平均能量与反应物分子的平均能量之间的差值, 错误; D 项, 该反应是反应前后气体分子数不变的反应, 恒温恒容下反应达到平衡状态, 同等倍数的增大反应物的浓度, 当再次达到平衡时, NO 转化率不变, D 正确。

(3) 反应进行前 10 min 内, 反应正向进行, 因此 NO 的转化率增大, 由于升高温度, 反应速率加快, 达到平衡所需要的时间缩短, 所以温度低于 T_3 时, 10 min 内反应均未达到平衡, NO 的转化率低于其平衡状态的转化率, 即在平衡转化率曲线下方, 图像为:



19. (12 分)(1) 电解法也可除去水中的氨氮, 实验室用石墨电极电解一定浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与 NaCl 的酸性混合溶液来模拟。

①电解时, 阳极的电极反应式为_____。

电解过程中溶液初始 Cl^- 浓度和 pH 对氨氮去除速率与能耗(处理一定量氨氮消耗的电能)的影响关系如图 1 和图 2 所示。

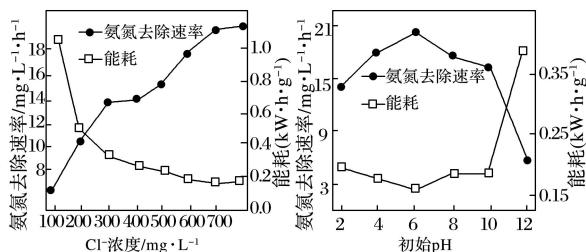


图 1

图 2

②图 1 中当 Cl^- 浓度较低时、图 2 中当初始 pH 达到 12 时, 氨氮去除速率低而能耗高的原因可能是_____; 而当 Cl^- 浓度较高时, 测得溶液中的 NO_3^- 浓度也较高, 可能的原因是_____。

③图 2 中, pH 为 6 时处理效果最佳, 当 pH 过低时, 处理效果不佳的原因可能是_____。

(2)通过调节溶液 pH, 在弱碱性条件下, 用漂白粉溶液也可将废水中的 CN^- 转化为碳酸盐和 N_2 而除去。写出该反应的离子方程式: _____。

(3)废水中的重金属离子通常用沉淀法除去。已知 $K_{\text{sp}}(\text{NiS}) = 1.1 \times 10^{-21}$, $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = 1.3 \times 10^{-36}$, 国家规定的排放标准: 镍低于 $1.1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 铜低于 $7.8 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则需要控制溶液中 S^{2-} 的浓度不低于_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

答案 (1)① $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$

②阳极可能 OH^- 放电, 产生大量氧气, 消耗电能 Cl^- 浓度较高时, 产生的 Cl_2 (或 HClO)较多, 会将 NH_4^+ 氧化为 NO_3^-

③pH 太低时, 产生的 Cl_2 会从溶液中逸出

(2) $2\text{CN}^- + 5\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- + 2\text{Ca}^{2+} \rightarrow 2\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{N}_2 \uparrow + 5\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

(3) 10^{-16}

解析 (1)①阳极失去电子发生氧化反应, 故电极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$;

②氨氮去除速率低而能耗高的原因可能是阳极发生的反应为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 则阳极可能 OH^- 放电, 产生大量氧气, 消耗电能; 当 Cl^- 浓度较高时, 测得溶液中的 NO_3^- 浓度也较高, 可能的原因是: Cl^- 浓度较高时, 产生的 Cl_2 (或 HClO)较多, 会将 NH_4^+ 氧化为 NO_3^- ;

③当 pH 过低时, 处理效果不佳的原因可能是: pH 太低时, 产生的 Cl_2 会从溶液中逸出。

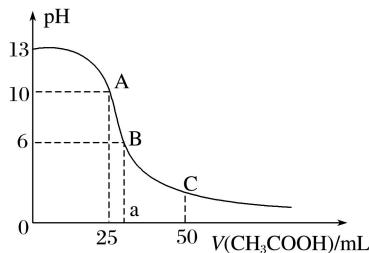
(2)漂白粉的有效成分是 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, 因为漂白粉溶液也可将废水中的 CN^- 转化为碳酸盐和 N_2 而除去, 故离子方程式为 $2\text{CN}^- + 5\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- + 2\text{Ca}^{2+} \rightarrow 2\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{N}_2 \uparrow + 5\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

(3) $K_{\text{sp}}(\text{NiS}) = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 1.1 \times 10^{-21}$, 则 $c(\text{S}^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{NiS})}{c(\text{Ni}^{2+})} = \frac{1.1 \times 10^{-21}}{1.1 \times 10^{-5}} = 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 1.3 \times 10^{-36}, \quad c(\text{S}^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CuS})}{c(\text{Cu}^{2+})} = \frac{1.3 \times 10^{-36}}{7.8 \times 10^{-5}} \approx 1.7 \times 10^{-32} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

$1.7 \times 10^{-32} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故需要控制溶液中 S^{2-} 的浓度不低于 $10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

20. (10 分)(2020·抚顺期末)25 °C 时, CH_3COOH 的电离常数 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ 。常温下, 往 25 mL 氢氧化钠标准溶液中逐滴加入 0.1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液, pH 变化曲线如图所示:



(1) 该氢氧化钠溶液的物质的量浓度为 _____。

(2) A 点对应的横坐标为 25 mL, 请用离子方程式解释 A 点所示的溶液显碱性的原因:

_____。

(3) A 点所示的溶液中各离子浓度由大到小的排列顺序是: _____。

(4) B 点所示溶液中, $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} =$ _____。

(5) C 点所示溶液为等浓度的 CH_3COONa 和 CH_3COOH 混合溶液, 请判断该溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ _____ (填 “ $>$ ” “ $<$ ” 或 “ $=$ ”) $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 。

答案 (1)0.1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

(3) $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

(4)18 (5)<

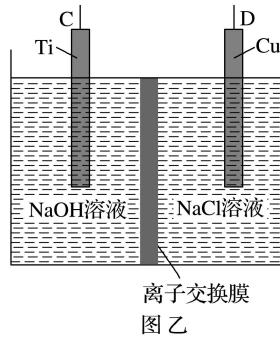
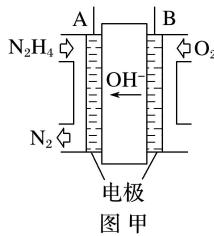
解析 (2)A 点为 NaOH 和醋酸恰好完全反应的点, 溶质为醋酸钠, 因为醋酸根离子会水解, $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$, 故溶液显碱性。

(3)A 点存在电荷守恒 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$, 因为溶液显碱性, 则 $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, 则 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$, 因为溶液中醋酸钠是大量的, 氢离子和氢氧根为少量的, 故 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ 。

(4)B 点所示溶液中, $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{K_a}{c(\text{H}^+)} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-6}} = 18$ 。

(5)C 点所示溶液为等浓度的 CH_3COONa 和 CH_3COOH 混合溶液, $\text{pH} < 7$, 溶液显酸性, 说明醋酸分子的电离程度大于醋酸根离子的水解程度, 所以溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COOH}) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 。

21. (8 分)(2020·合肥一中期末)纳米级 Cu_2O 由于具有优良的催化性能而受到关注, 采用肼 (N_2H_4) 燃料电池为电源, 用离子交换膜控制电解液中的 $c(\text{OH}^-)$ 制备纳米 Cu_2O , 其装置如图甲、乙。



- (1) 上述装置中 D 电极应连接肼燃料电池的_____极(填“A”或“B”), 该电解池中离子交换膜为_____ (填“阴”或“阳”) 离子交换膜。
- (2) 该电解池的阳极反应式为_____，
肼燃料电池中 A 极发生的电极反应为_____。
- (3) 当反应生成 14.4 g Cu₂O 时, 至少需要肼_____ mol。

答案 (1)B 阴 (2)2Cu - 2e⁻ + 2OH⁻ = Cu₂O + H₂O N₂H₄ - 4e⁻ + 4OH⁻ = N₂ + 4H₂O

(3) 0.05

解析 (1)燃料电池正极通氧化剂, 负极通燃料, 即 A 极为负极, B 极为正极。图乙为电解池装置, 电解目的为制备 Cu₂O, 则 D 极作阳极, 接电池正极(B 极), 铜被氧化。阳极反应式为 2Cu - 2e⁻ + 2OH⁻ = Cu₂O + H₂O, 反应消耗 OH⁻, 采用阴离子交换膜使 OH⁻向阳极移动。

(2)根据上述分析, 阳极反应为 2Cu - 2e⁻ + 2OH⁻ = Cu₂O + H₂O; A 极为负极, N₂H₄失电子, 转化为 N₂, 故电极反应式为 N₂H₄ - 4e⁻ + 4OH⁻ = N₂ + 4H₂O。

(3)根据电极反应可知, Cu₂O 与 N₂H₄、e⁻的数量关系式为 4e⁻ ~ 2Cu₂O ~ N₂H₄, 所以 n(N₂H₄)

$$= 0.5n(Cu_2O) = \frac{14.4 \text{ g}}{144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 0.5 = 0.05 \text{ mol.}$$