

2022 北京东城高二(上)期末

化 学

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 O 16 N 14 Ca 40

第一部分(选择题 共 42 分)

每小题只有一个选项符合题意(每小题 3 分)

1. 下列装置或过程能实现电能转化为化学能的是

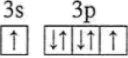
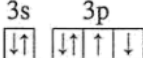
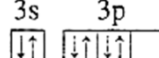
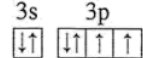
A	B	C	D
			
锌锰干电池	燃气燃烧	电池充电	火力发电

A. A B. B C. C D. D

2. 下列各组元素中, 电负性依次减小的是

A. F、N、O B. Cl、C、F C. As、N、H D. Cl、S、As

3. 下列轨道表示式能表示基态硫原子最外层结构的是

A.  B.  C.  D. 

4. 下列关于 Al 的叙述不正确的是

A. 基态铝原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ B. Al 位于元素周期表中 p 区
C. 离子半径: Al 小于 Mg D. 第一电离能: Al 大于 Mg

5. 常温下, 下列溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的是

A. $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水 B. pH = 12 的 NaOH 溶液 C. pH = 2 的盐酸 D. $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸

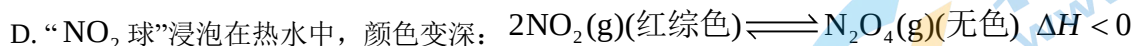
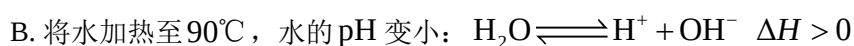
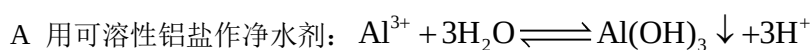
6. 在 5L 的密闭容器中进行反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 30 秒后, SO_3 的物质的量增加了 0.3mol。下列叙述正确的是

A. $v(\text{SO}_3) = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
B. $v(\text{O}_2) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
C. 当容器内气体密度不再变化时, 反应达到平衡
D. 当容器内 SO_3 的浓度不再增加时, 反应达到平衡

7. 在反应 $2\text{HI} \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{I}$ 中, 有关反应条件改变使反应速率增大的原因分析中, 不正确的是

A. 加入适宜的催化剂, 可降低反应的活化能 B. 增大 $c(\text{HI})$, 单位体积内活化分子数增大
C. 升高温度, 单位时间内有效碰撞次数增加 D. 增大压强, 活化分子的百分数增大

8. 下列用于解释事实的方程式书写不正确的是

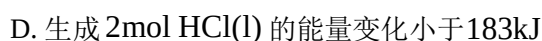
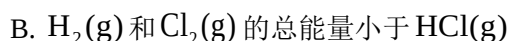


9. 已知 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H = -183\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 其它相关数据如下表:

物质	H_2	Cl_2	HCl
1mol 分子中的化学键断裂时吸收的能量/kJ	436	a	431

下列说法正确的是

A. $a = 243$



10. 以下现象与电化学腐蚀无关的是

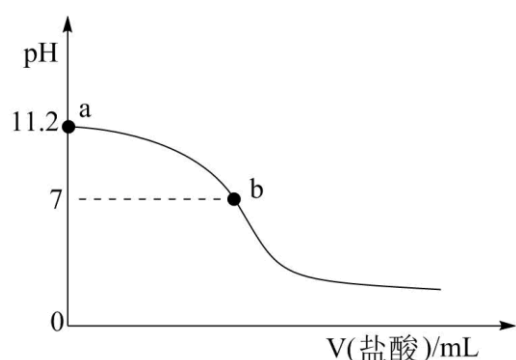
A. 生铁比纯铁容易生锈

B. 银质物品久置表面变暗

C. 铁质器件附有铜质配件, 在接触处易生铁锈

D. 黄铜(铜锌合金)制作的铜锣不易产生铜绿

11. 25°C 时, 在 $20.0\text{mL } 0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中滴入 $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 溶液 pH 与所加盐酸的体积关系如图所示。

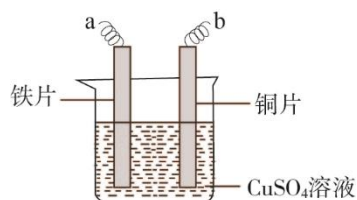


下列有关叙述不正确的是



12. 铁片镀铜实验中(装置如下图所示), 为提高电镀效果, 电镀前铁片需依次用 NaOH 溶液、稀盐酸和水洗涤。

下列说法不正确的是



- A. 稀盐酸的主要作用是除去铁锈
 B. a 接电源正极, b 接电源负极
 C. 电镀过程中 $c(\text{Cu}^{2+})$ 基本保持不变
 D. 阴极发生反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

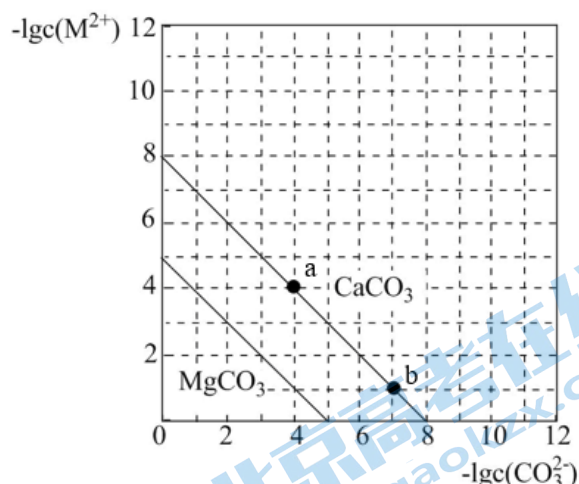
13. 某温度下, 在甲、乙、丙三个恒容密闭容器中发生反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, 体系中各物质浓度的有关数据如下。

容器	起始浓度			平衡浓度
	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{I}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{HI})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{HI})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
甲	0.01	0.01	0	0.004
乙	0.01	0.02	0	a
丙	0.01	0.01	0.02	b

下列判断正确的是

- A. 甲中条件下, 该反应的平衡常数 $K = 4$
 B. 乙中 H_2 的平衡转化率等于 20%
 C. 丙中反应逆向进行
 D. $a = b > 0.004$

14. 一定温度下, 两种碳酸盐 $\text{MCO}_3 (\text{M}: \text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+})$ 的沉淀溶解平衡曲线如图所示。



注: $c(\text{M}^{2+}) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $-\lg c(\text{M}^{2+}) = 8$; $c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $-\lg c(\text{CO}_3^{2-}) = 8$

下列说法不正确的是

- A. 该温度下, CaCO_3 的 $K_{\text{sp}} = 10^{-8}$

B. 该温度下, 溶解度: $\text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3$

C. 欲使 a 点移动到 b 点, 可向 CaCO_3 浊液中加入适量 CaCl_2 固体

D. 反应 $\text{MgCO}_3 + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{CaCO}_3$, 正向转化比逆向转化更难实现

第二部分(综合题共 58 分)

15. 随着能源技术的发展, 科学家们将目光聚焦于锂的开发与研究。

(1) 基态 Li 原子中电子占据最高能级的符号是_____, 占据该能级电子的电子云轮廓图的形状为_____形。

(2) 在周期表中, 与 Li 元素的化学性质最相似的邻族元素是_____

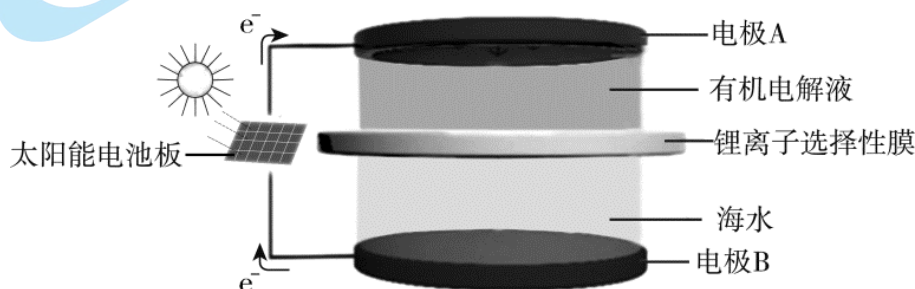
(3) 部分元素的第一电离能(I_1) 如表所示。

元素	Li	Be	Na	K
$I_1(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	520	900	496	419

①碱金属的第一电离能与碱金属的活泼性的联系是_____。

②Be 的第一电离能比 Li 的大, 从原子结构角度分析其原因是_____。

(4) 海水中有丰富的锂资源, 我国科学家研发出利用太阳能从海水中提取金属锂的技术, 提取原理如下图所示:

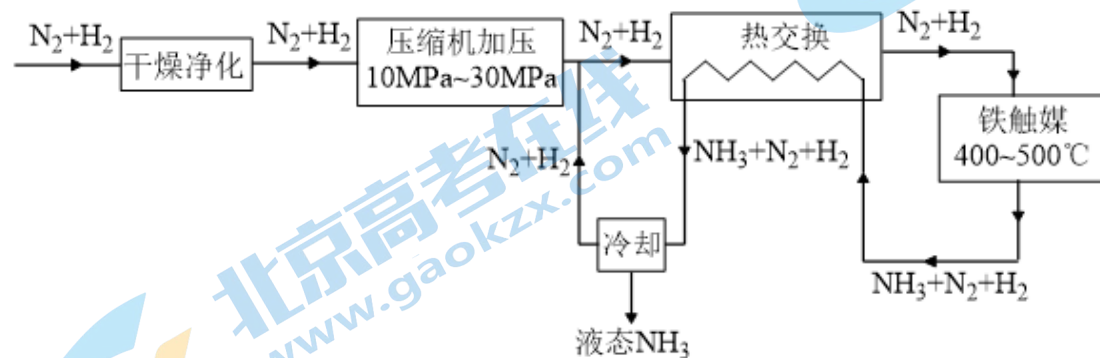


①金属锂在电极_____ (填“A”或“B”)上生成。

②阳极产生两种气体单质, 写出阳极的电极反应: _____、_____。

16. 工业合成氨是人类科学技术的一项重大突破。其反应为: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ/mol}$ 。

(1) 合成氨生产流程示意图如下。

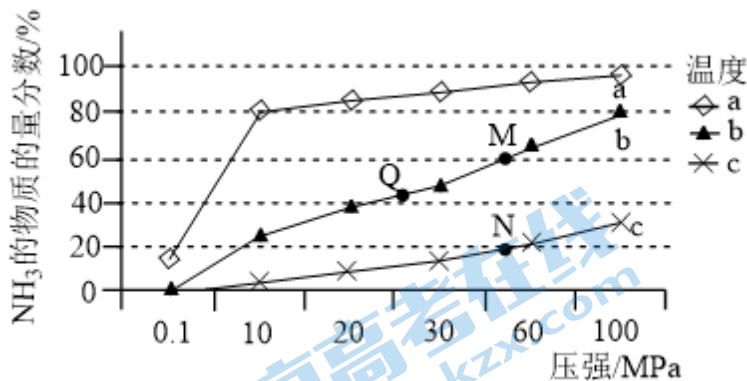


①流程中, 有利于提高原料利用率的措施是_____; 有利于提高单位时间内氨的产率的措施有_____。

②干燥净化中，有一步操作是用铜氨液除去原料气中的 CO，其反应为：

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{CO} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]^+ \quad \Delta H < 0$ 。对吸收 CO 后的铜氨废液应该怎样处理？请提出你的建议：_____。

(2) 实验室研究是工业生产的基石。下图中的实验数据是在其它条件不变时，不同温度(200℃、400℃、600℃)、压强下，平衡混合物中 NH_3 的物质的量分数的变化情况。



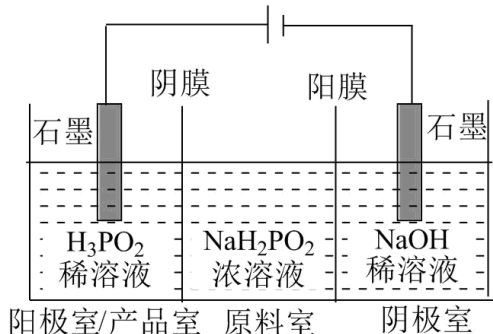
①曲线 a 对应的温度是_____。

②M、N、Q 点平衡常数 K 的大小关系是_____。

17. 次磷酸(H_3PO_2)具有较强的还原性，可用于制药工业。

(1) H_3PO_2 是一元酸，25℃时， $K_a = 5.89 \times 10^{-2}$ 。写出其电离方程式：_____。

(2) 用电渗析法制备 H_3PO_2 的工作原理如图所示(阳膜和阴膜分别只允许阳离子、阴离子通过)。



①写出阴极的电极反应：_____。

② Na^+ 的移动方向是： Na^+ 移向_____ (填“阴极室”或“原料室”)。

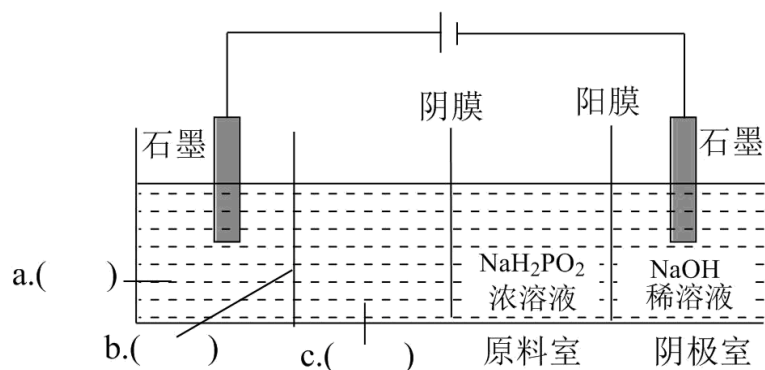
③阳极室得到 H_3PO_2 ， H_3PO_2 的浓度逐渐增大。

a. 结合电极反应说明其原因是_____。

b. 该方法得到的产品 H_3PO_2 溶液中会混有 H_3PO_4 。

I. 产生 H_3PO_4 的原因是_____。

II. 用下列装置可解决该问题。补全电化学装置示意图。



a. _____; b. _____; c. _____。

18. 为探究醋酸的电离情况，进行实验。

【实验一】测定醋酸溶液 浓度。

25℃时，将 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸稀释，用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液滴定 20.00mL 稀释后的醋酸溶液。4 次滴定消耗 NaOH 溶液的体积如下：

实验次数	1	2	3	4
所消耗 NaOH 溶液的体积/mL	20.05	20.00	18.40	19.95

(1) 稀释后的醋酸溶液中 CH_3COOH 的物质的量浓度为_____mol/L (列出算式即可)。

(2) 该滴定过程中以酚酞做指示剂。下列说法正确的是_____ (填字母)。

- a. 滴定前，需用醋酸润洗锥形瓶
- b. 滴定过程中溶液的 pH 变化趋势为增大
- c. 滴定终点时，溶液由无色刚好变为粉红色，且在半分钟内不变色

【实验二】探究浓度对醋酸电离程度的影响。

用 pH 计测定 25℃ 时不同浓度的醋酸的 pH，结果如下：

浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	0.0010	0.0100	0.1000
pH	3.88	3.38	2.88

(3) 根据表中数据可以得出醋酸是弱电解质的结论，依据是_____。

(4) 25℃ 时，醋酸的电离常数 K_a 为_____ (列出算式即可)。

(5) 设计实验方案证明醋酸的 K_a 大于碳酸的 K_{a1} ，将实验操作及现象补充完整：向盛有 2mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸的试管中滴加_____。

19. 氢气、一氧化碳、天然气都是重要的燃料和化工原料。相关物质的燃烧热 (25℃, 101kPa) 数据如下表所示：

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	CO	CH_4	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$
燃烧热 $\Delta H / (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	-286	-283	-890	-1560

(1) 25℃、101kPa 时，同质量的 H_2 、 CO 、 CH_4 完全燃烧，放出的热量最多的是_____。

(2) 工业制取氢气时涉及的一个重要反应是： $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ ，830℃ 时，该反应的 K 为 1.0。在 1L 密闭容器中，将 2.0mol CO 和 10mol H_2O 混合加热到 830℃，反应达平衡时， CO 的平衡转化率是_____。

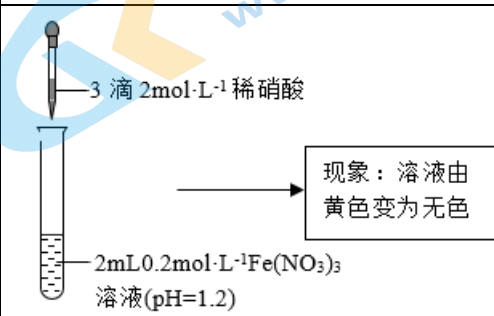
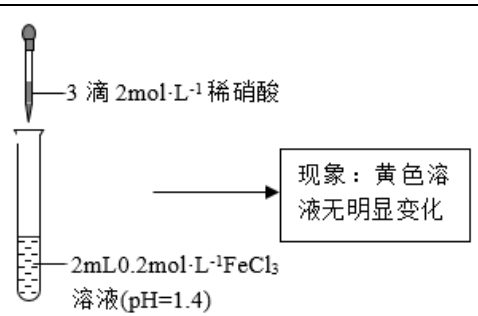
(3) 高温下，甲烷发生反应： $2\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2 \quad \Delta H_1$ 。初期阶段的反应速率与甲烷浓度的关系为： $v = k \times c(\text{CH}_4)$ ，其中 $k > 0$ ，且 k 为常数。

① 设反应开始时 反应速率为 v_1 ，甲烷的转化率为 α 时的反应速率为 v_2 ，则 $v_2 = \underline{\hspace{2cm}} v_1$ 。

② 对于处于初期阶段的该反应，下列说法正确的是_____ (填字母)。

- a. 增加甲烷浓度， v 增大 b. 增加 H_2 浓度， v 增大
c. 乙烷的生成速率逐渐增大 d. 升高反应温度， k 值增大

20. 实验小组用固体和水配制相同浓度的 FeCl_3 溶液和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液，用其研究 Fe^{3+} 的性质。

实验I	实验II
 3 滴 $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硝酸 2mL $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 (pH=1.2) 现象：溶液由黄色变为无色	 3 滴 $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硝酸 2mL $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液 (pH=1.4) 现象：黄色溶液无明显变化

【查阅资料】 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$ (黄色)

(1) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶于水后促进了水的电离，实验证据是_____。

(2) 根据实验I推测， $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液呈现黄色的原因可能是 Fe^{3+} 水解所致。结合化学用语分析该推测过程：

(3) 为了证明 FeCl_3 溶液中存在平衡： $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$ ，同学们设计并进行实验。

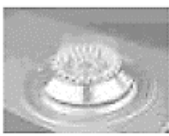
序号	实验操作	实验现象
a	向 FeCl_3 溶液中加入铁粉	溶液颜色变浅
b	向 FeCl_3 溶液中加入 3 滴 AgNO_3 溶液	产生白色沉淀，溶液颜色变浅
c	向实验II所得溶液中加入 3 滴 NaOH	产生红褐色沉淀，溶液颜色变浅
d	将 FeCl_3 溶液加热	溶液颜色变深

能说明 FeCl_3 溶液中存在上述平衡的实验方案是_____ (填字母)。

(4) 综合上述实验，分析相同浓度 FeCl_3 溶液的 pH 大于 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液的 pH，原因是_____。

参考答案

1. 下列装置或过程能实现电能转化为化学能的是

A	B	C	D
			
锌锰干电池	燃气燃烧	电池充电	火力发电

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 锌锰干电池是将化学能转化为电能，A 不符合题意；

B. 燃气燃烧是将化学能转化为热能，B 不符合题意；

C. 电池充电是将电能转化为化学能，C 符合题意；

D. 水力发电是将机械能转化为电能，D 不符合题意；

故合理选项是 C。

2. 下列各组元素中，电负性依次减小的是

A. F、N、O

B. Cl、C、F

C. As、N、H

D. Cl、S、As

【答案】D

【解析】

【详解】A. 元素周期表中，同周期主族元素从左向右电负性逐渐增强，则 $F > O > N$ ，A 错误；

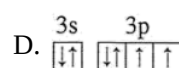
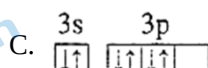
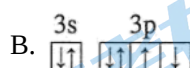
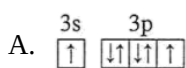
B. 同主族元素从上到下，电负性逐渐减弱，则 $F > Cl$ ，B 错误；

C. 同主族元素从，上到下，电负性逐渐减弱，则 $N > As$ ，C 错误；

D. 元素周期表中，同周期主族元素从左向右电负性逐渐增强，同主族元素从上到下电负性逐渐减弱，则 $Cl > S > P > As$ ，故 $Cl > S > As$ ，D 正确；

故选 D。

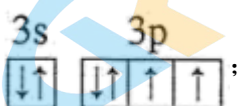
3. 下列轨道表示式能表示基态硫原子最外层结构的是



【答案】D

【解析】

【详解】基态硫原子最外层电子排布式为 $3s^2 3p^4$ ，根据泡利原理和洪特规则，则其最外层结构为



故选 D。

4. 下列关于 Al 的叙述不正确的是

- A. 基态铝原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ B. Al 位于元素周期表中 p 区
C. 离子半径: Al 小于 Mg D. 第一电离能: Al 大于 Mg

【答案】D

【解析】

【详解】A. Al 元素是 13 号元素, 基态铝原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$, A 正确;

B. 基态铝原子的价电子排布式为 $3s^2 3p^1$, 则 Al 位于元素周期表中 p 区, B 正确;

C. 具有相同电子排布的离子, 原子序数大的离子半径小, 则离子半径: Al 小于 Mg, C 正确;

D. 基态铝原子的价电子排布式为 $3s^2 3p^1$, 基态 Mg 原子价电子排布式为 $3s^2$, $3s^2$ 是全满结构、原子的能量较低, 则 Mg 元素具有较大的第一电离能, 原子的能量第一电离能: Al 小于 Mg, D 错误;

答案选 D。

5. 常温下, 下列溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的是

- A. $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水 B. pH = 12 的 NaOH 溶液 C. pH = 2 的盐酸 D. $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸

【答案】B

【解析】

【详解】A. 0.01 mol/L 氨水中, 一水合氨发生部分电离, 所以 $c(\text{OH}^-) < 0.01 \text{ mol/L}$, A 不符合题意;

B. pH=12 的 NaOH 溶液, $c(\text{H}^+) = 10^{-12} \text{ mol/L}$, 则 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2} \text{ mol/L}$, B 符合题意;

C. 盐酸为一元强酸, pH=2 的盐酸, $c(\text{H}^+) = 10^{-2} \text{ mol/L}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-12} \text{ mol/L}$, C 不符合题意;

D. H_2SO_4 为二元强酸, 则 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ 中 $c(\text{H}^+) = 2 \times 0.01 \text{ mol/L} = 0.02 \text{ mol/L}$, $c(\text{OH}^-) \neq 10^{-2} \text{ mol/L}$, D 不符合题意;

故选 B。

6. 在 5L 的密闭容器中进行反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 30 秒后, SO_3 的物质的量增加了 0.3mol。下列叙述正确的是

A. $v(\text{SO}_3) = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

B. $v(\text{O}_2) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

C. 当容器内气体密度不再变化时, 反应达到平衡

D. 当容器内 SO_3 的浓度不再增加时, 反应达到平衡

【答案】D

【解析】

【详解】A. 0 到 30 秒内三氧化硫的平均速率为 $v(\text{SO}_3) = \frac{0.3 \text{ mol}}{5 \text{ L} \times 30 \text{ min}} = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 未指明反应时间则

难以计算反应速率, A 错误;

- B. 速率之比等于化学计量数之比, 0 到 30 秒内氧气的平均速率为 $v(\text{O}_2) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 未指明反应时间则难以计算反应速率, B 错误;
- C. 气体质量、容积体积始终不变, 故气体密度始终不变, 则当容器内气体密度不再变化时不能说明反应达到平衡, C 错误;
- D. 当容器内 SO_3 的浓度不再增加时, 各成分的浓度不再变化, 则反应达到平衡, D 正确;

答案选 D。

7. 在反应 $2\text{HI} \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{I}$ 中, 有关反应条件改变使反应速率增大的原因分析中, 不正确的是

- A. 加入适宜的催化剂, 可降低反应的活化能 B. 增大 $c(\text{HI})$, 单位体积内活化分子数增大
- C. 升高温度, 单位时间内有效碰撞次数增加 D. 增大压强, 活化分子的百分数增大

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 加入合适的催化剂, 能降低反应的活化能, 反应速率增大, A 正确;
- B. 增大碘化氢的浓度, 单位体积内活化分子数增多, 反应速率增大, B 正确;
- C. 升高温度, 单位时间内有效碰撞次数增加, 反应速率增大, C 正确;
- D. 增大压强, 单位体积内活化分子数增多, 反应速率增大, 但活化分子百分数不变, D 错误;
- 答案选 D。

8. 下列用于解释事实的方程式书写不正确的是

- A. 用可溶性铝盐作净水剂: $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}^+$
- B. 将水加热至 90°C , 水的 pH 变小: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad \Delta H > 0$
- C. 向氢氧化镁悬浊液中滴入酚酞溶液, 溶液变红: $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
- D. “ NO_2 球”浸泡在热水中, 颜色变深: $2\text{NO}_2(\text{g})(\text{红棕色}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})(\text{无色}) \quad \Delta H < 0$

【答案】A

【解析】

- 【详解】A. 用可溶性铝盐作净水剂, 原因是溶于水后产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体具有吸附性, 但不是氢氧化铝沉淀:
 $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, A 错误;
- B. 将水加热至 90°C , 水的 pH 变小: 即氢离子浓度增大, 则说明升温促进水的电离、则水的电离是吸热过程, 故
 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad \Delta H > 0$, B 正确;
- C. 向氢氧化镁悬浊液中滴入酚酞溶液, 溶液变红, 因为氢氧化镁悬浊液中存在沉淀溶解平衡:
 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$, C 正确;

D. “NO₂ 球”浸泡在热水中，颜色变深：说明升温使 NO₂(g) 浓度增大、则升温使

2NO₂(g)(红棕色) $\rightleftharpoons$ N₂O₄(g)(无色) 左移，则正反应为放热反应，即

2NO₂(g)(红棕色) $\rightleftharpoons$ N₂O₄(g)(无色) $\Delta H < 0$ ，D 正确；

答案选 A。

9. 已知 H₂(g) + Cl₂(g) = 2HCl(g) $\Delta H = -183\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，其它相关数据如下表：

物质	H ₂	Cl ₂	HCl
1mol 分子中的化学键断裂时吸收的能量/kJ	436	a	431

下列说法正确的是

A. $a = 243$

B. H₂(g) 和 Cl₂(g) 的总能量小于 HCl(g)

C. 1L H₂ 完全反应放出 183kJ 热量

D. 生成 2mol HCl(l) 的能量变化小于 183kJ

【答案】A

【解析】

【详解】A. 断键时吸热、成键时放热，则 $(436+a)-2 \times 431 = -183$ ，得 $a = 243$ ，A 正确；

B. 反应物具有的总能量大于生成物具有的总能量，该反应为放热反应，则 H₂(g) 和 Cl₂(g) 的总能量大于 HCl(g)，B 错误；

C. 1mol H₂(g) 与 1mol Cl₂(g) 完全反应生成 2mol HCl(g) 时放出 183kJ 热量，C 错误；

D. 2mol HCl(g) 的能量比 2mol HCl(l) 的能量高，则生成 2mol HCl(l) 的能量变化大于 183kJ，D 错误；

答案选 A。

10. 以下现象与电化学腐蚀无关的是

A. 生铁比纯铁容易生锈

B. 银质物品久置表面变暗

C. 铁质器件附有铜质配件，在接触处易生铁锈

D. 黄铜(铜锌合金)制作的铜锣不易产生铜绿

【答案】B

【解析】

【详解】A. 生铁中金属铁、碳、潮湿的空气能构成原电池，金属铁为负极，易被腐蚀而生锈，和电化学腐蚀有关，故 A 不符合题意；

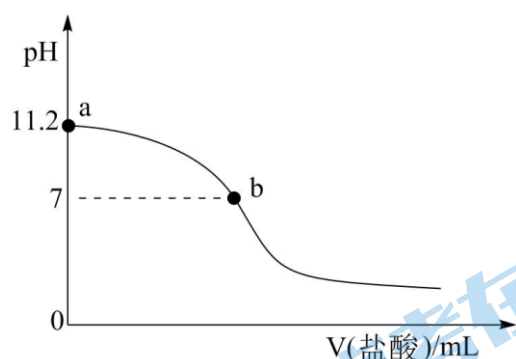
B. 银质物品久置表面变暗是由于金属银和空气中的成分发生反应的结果，属于化学腐蚀，与电化学腐蚀无关，故 B 符合题意；

C. 铁质器件附有铜质配件，在接触处形成原电池装置，其中金属铁为负极，易生铁锈，和电化学腐蚀有关，故 C 不符合题意；

D. 黄铜(铜锌合金)制作的铜锣中, 金属锌为负极, 金属铜做正极, Cu 被保护, 不易腐蚀, 和电化学腐蚀有关, 故 D 不符合题意;

答案为 B。

11. 25°C 时, 在 20.0mL $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水中滴入 $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸, 溶液 pH 与所加盐酸的体积关系如图所示。



下列有关叙述不正确的是

A. a 点对应溶液中已电离的 $c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$ 为 $10^{-2.8}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

B. b 点对应盐酸的体积等于 20.0mL

C. b 点对应溶液中: $c(\text{Cl}^-) = c(\text{NH}_4^+)$

D. 滴加入 10mL 盐酸时: $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 25°C 时, a 点对应溶液 $\text{pH}=11.2$, 则氢离子浓度为 $10^{-11.2}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 氢氧根离子浓度为 $10^{-2.8}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则已电离的 $c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$ 为 $10^{-2.8}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, A 正确;

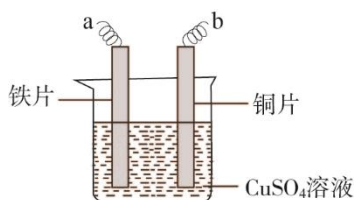
B. 在 20.0mL $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水中滴入 $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸 20.0mL 时恰好完全中和得氯化铵溶液, 氯化铵溶液因水解呈酸性, 而 b 点溶液呈中性, 则 b 点为氯化铵和氨水混合物, 对应盐酸的体积小于 20.0mL, B 错误;

C. 溶液电荷守恒: $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, b 点对应溶液中: $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 则 $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-)$, C 正确;

D. 滴加入 10.0mL 盐酸时所得溶液为等物质的量浓度的氯化铵和氨水混合物, 呈碱性 $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, 说明一水合氨电离程度大于氯化铵水解程度, 结合电中性 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$ 可知, $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-)$, 又由物料守恒可得: $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) = 2c(\text{Cl}^-)$, 则 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$, D 正确;

答案选 B。

12. 铁片镀铜实验中(装置如下图所示), 为提高电镀效果, 电镀前铁片需依次用 NaOH 溶液、稀盐酸和水洗涤。下列说法不正确的是



- A. 稀盐酸的主要作用是除去铁锈
 B. a 接电源正极, b 接电源负极
 C. 电镀过程中 $c(\text{Cu}^{2+})$ 基本保持不变
 D. 阴极发生反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

【答案】B

【解析】

【分析】电镀时, 铜片作阳极, 即 b 接电源正极, 电极反应为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$, 铁片作阴极, 即 a 与电源负极相连, 电极反应为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

【详解】A、电镀前, 用 NaOH 溶液除去铁片上的油渍, 用稀盐酸除去铁锈, A 正确;

B、电镀时, a 接电源负极, b 接电源正极, B 错误;

C、根据两个电极反应, 可以推出电镀过程中 $c(\text{Cu}^{2+})$ 基本保持不变, C 正确;

D、阴极的电极反应为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$, D 正确;

故选 B。

【点睛】电镀时, 镀件做阴极, 与电源负极相连, 镀层金属作阳极, 与电源正极相连, 电解质溶液含有镀层金属的离子。

13. 某温度下, 在甲、乙、丙三个恒容密闭容器中发生反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, 体系中各物质浓度的有关数据如下。

容器	起始浓度			平衡浓度
	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{I}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{HI})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{HI})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
甲	0.01	0.01	0	0.004
乙	0.01	0.02	0	a
丙	0.01	0.01	0.02	b

下列判断正确的是

- A. 甲中条件下, 该反应的平衡常数 $K = 4$
 B. 乙中 H_2 的平衡转化率等于 20%
 C. 丙中反应逆向进行
 D. $a = b > 0.004$

【答案】C

【解析】

【分析】某温度下，反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ ，反应前后气体体积不变，增大压强不改变化学平衡，甲、乙比较，乙中碘的浓度大，促进氢气的转化；甲、丙比较，用一边倒法可知，起始物质的量为 2 倍关系，且物质的量比等于化学计量数之比，增大压强平衡不移动，则二者为等效平衡，据此回答。

【详解】A. 甲中条件下，平衡时 $c(\text{HI}) = 0.004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则转化的氢气、碘蒸气均为 $0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则该反应的

$$\text{平衡常数 } K = \frac{0.04^2}{(0.01 - 0.002)(0.01 - 0.002)} = 0.25 \quad , \text{ A 错误;}$$

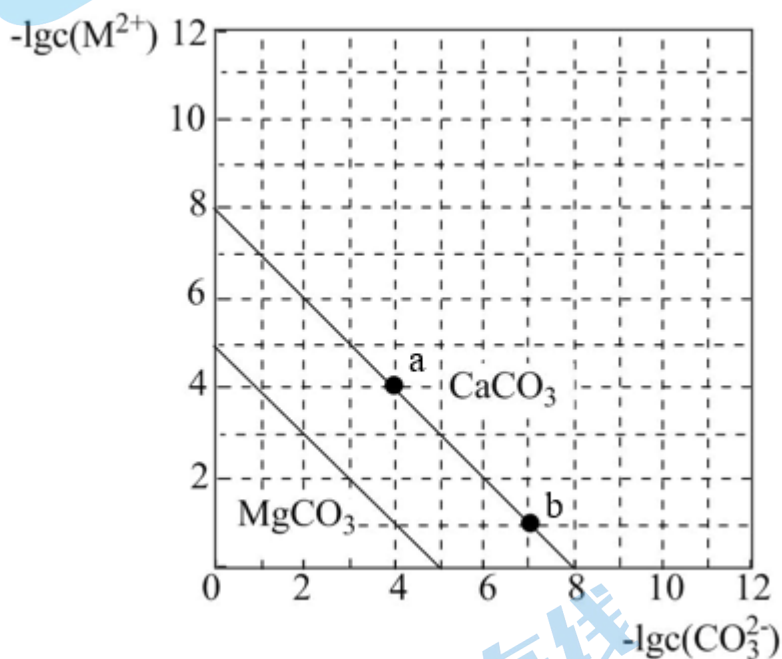
B. 结合选项 A 可知，甲中 H_2 的平衡转化率等于 20%，甲、乙比较，乙中碘的浓度大，促进氢气的转化，则乙中 H_2 的平衡转化率大于 20%，B 错误；

$$\text{C. 丙中 } Q = \frac{0.02^2}{0.01 \times 0.01} = 4 > K = 0.25, \text{ 则反应逆向进行 } , \text{ C 正确;}$$

D. 甲、丙比较，用一边倒法可知，起始物质的量为 2 倍关系，且物质的量比等于化学计量数之比，增大压强平衡不移动，则二者为等效平衡，平衡时， $b = 0.008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；甲、乙比较，乙中碘的浓度大，促进氢气的转化平衡时 HI 浓度大于甲，则 $a > 0.004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，故 D 错误；

答案选 C。

14. 一定温度下，两种碳酸盐 $\text{MCO}_3 (\text{M}: \text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+})$ 的沉淀溶解平衡曲线如图所示。



注： $c(\text{M}^{2+}) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， $-\lg c(\text{M}^{2+}) = 8$ ； $c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， $-\lg c(\text{CO}_3^{2-}) = 8$

下列说法不正确的是

A. 该温度下， CaCO_3 的 $K_{\text{sp}} = 10^{-8}$

B. 该温度下，溶解度： $\text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3$

C. 欲使 a 点移动到 b 点，可向 CaCO_3 浊液中加入适量 CaCl_2 固体

D. 反应 $\text{MgCO}_3 + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{CaCO}_3$ ，正向转化比逆向转化更难实现

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由 a(4, 4)可知, a 点对应 $c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则该温度下, CaCO_3 的

$K_{\text{sp}} = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-4} \times 10^{-4} = 10^{-8}$, A 正确;

B. $-\lg c(\text{M}^{2+})$ 相等时, 图线中 $-\lg c(\text{CO}_3^{2-})$ 数值越大, 实际浓度越小, 因此, MgCO_3 、 CaCO_3 的 K_{sp} 依次减小, 二者是同类型沉淀, 该温度下 K_{sp} 越小则溶解度越小, 故溶解度: $\text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3$, B 正确;

C. 欲使 a 点移动到 b 点, 即增大钙离子浓度减小碳酸根离子浓度, 可向 CaCO_3 浊液中加入适量 CaCl_2 固体、使 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ 平衡左移, C 正确;

D. 溶解度: $\text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3$, 反应 $\text{MgCO}_3 + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{CaCO}_3$, 正向转化比逆向转化更易实现, D 错误;

答案选 D。

第二部分(综合题共 58 分)

15. 随着能源技术的发展, 科学家们将目光聚焦于锂的开发与研究。

(1) 基态 Li 原子中电子占据最高能级的符号是_____, 占据该能级电子的电子云轮廓图的形状为_____形。

(2) 在周期表中, 与 Li 元素的化学性质最相似的邻族元素是_____。

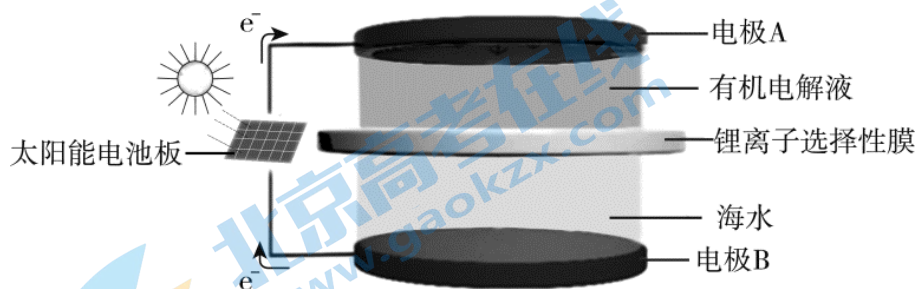
(3) 部分元素的第一电离能(I_1) 如表所示。

元素	Li	Be	Na	K
$I_1 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	520	900	496	419

①碱金属的第一电离能与碱金属的活泼性的联系是_____。

②Be 的第一电离能比 Li 的大, 从原子结构角度分析其原因是_____。

(4) 海水中有丰富的锂资源, 我国科学家研发出利用太阳能从海水中提取金属锂的技术, 提取原理如下图所示:



①金属锂在电极_____ (填“A”或“B”)上生成。

②阳极产生两种气体单质, 写出阳极的电极反应: _____、_____。

【答案】(1) ①. 2s ②. 球

(2) Mg (3) ①. 从上到下, 随着核电荷数递增第一电离能递减 ②. 基态 Be 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2$, $2s^2$ 为全满结构、原子的能量较低

(4) ①. A ②. $2Cl^- - 2e^- = Cl_2 \uparrow$ ③. $4OH^- - 4e^- = O_2 \uparrow + 2H_2O$

【解析】

【小问 1 详解】

Li 是三号元素, 基态 Li 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^1$, 基态 Li 原子中电子占据最高能级的符号是 $2s$, 占据该能级电子的电子云轮廓图的形状为球形。

【小问 2 详解】

同周期从左到右元素金属性递减, 同主族从上到下元素金属性递增, 则在周期表中, 与 Li 元素的化学性质最相似的邻族元素是 Mg。

【小问 3 详解】

①从 Li→K 类推到 Cs, 随着质子数递增, 电子层数增多, 原子半径增大, 原子核对最外层电子的吸引力减小, 原子失电子能力增强, 第一电离能减小, 则碱金属的第一电离能与碱金属的活泼性的联系是: 从上到下, 随着核电荷数递增第一电离能递减。

②Be 的第一电离能比 Li 的大, 从原子结构角度分析其原因是: 基态 Li 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^1$, 基态 Be 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2$, $2s^2$ 为全满结构、原子的能量较低, 则具有较大的第一电离能。

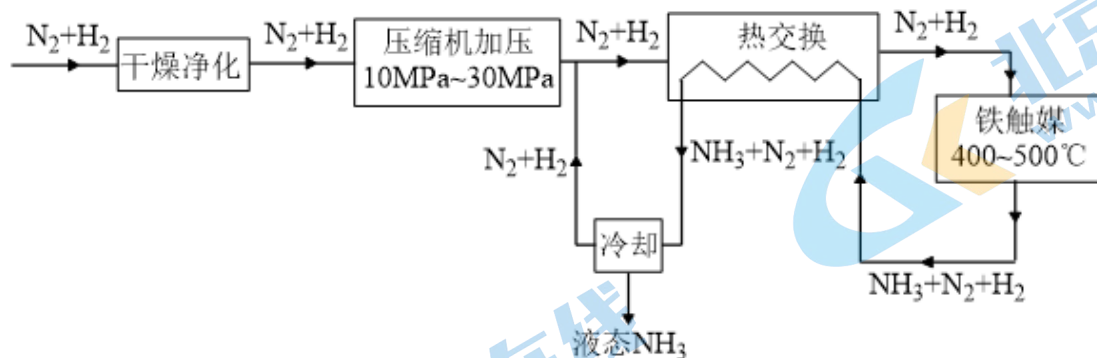
【小问 4 详解】

①要从海水中提炼 Li, 则原本在海水中 Li^+ 透过选择性膜在 A 极得到电子生成 Li, 故金属锂在电极 A 上生成。

②海水中含有大量的 Cl^- , 故有 Cl_2 生成, 相应的电极反应为: $2Cl^- - 2e^- = Cl_2 \uparrow$, 海水中在阳放电产生气体的离子还有 OH^- , 故另外一种气体为 O_2 , 相应的电极反应为: $4OH^- - 4e^- = O_2 \uparrow + 2H_2O$ 。

16. 工业合成氨是人类科学技术的一项重大突破。其反应为: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ $\Delta H = -92.4 kJ/mol$ 。

(1) 合成氨生产流程示意图如下。

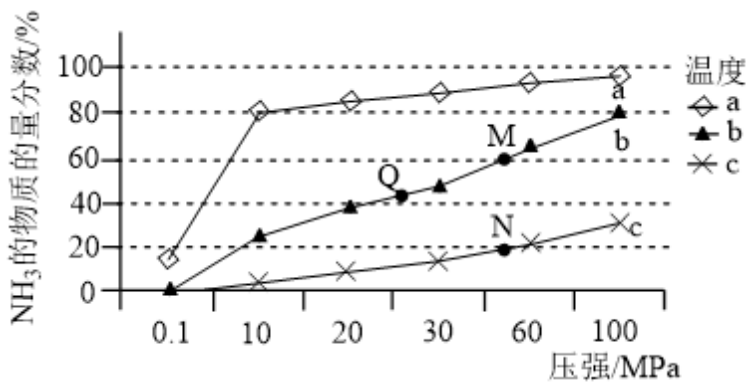


①流程中, 有利于提高原料利用率的措施是_____; 有利于提高单位时间内氨的产率的措施有_____。

②干燥净化中, 有一步操作是用铜氨液除去原料气中的 CO, 其反应为:

$[Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_3CO]^+$ $\Delta H < 0$ 。对吸收 CO 后的铜氨废液应该怎样处理? 请提出你的建议:_____。

(2) 实验室研究是工业生产的基石。下图中的实验数据是在其它条件不变时, 不同温度($200^\circ C$ 、 $400^\circ C$ 、 $600^\circ C$)、压强下, 平衡混合物中 NH_3 的物质的量分数的变化情况。



①曲线 a 对应的温度是_____。

②M、N、Q 点平衡常数 K 的大小关系是_____。

【答案】(1) ①. 加压 10Mpa~30Mpa、冷却液化氨、原料气循环利用 ②. 干燥净化、加压 10Mpa~30Mpa、原料气的循环利用、铁触媒 400~500℃ ③. 在减压下加热吸收 CO 后的铜氨废液、用硫酸溶液吸收氨气、并收集纯净的 CO

(2) ①. 200℃ ②. Q=M>N

【解析】

【小问 1 详解】

① $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -92.4\text{kJ/mol}$ 是气体分子总数减小的放热反应，增大压强可促使平衡右移提高原料利用率，采用迅速冷却的方法使氨气液化并及时分离可降低速率、但促使平衡正向移动提高原料利用率；原料气循环使用能使原料气的浓度保持一定能提高 N_2 、 H_2 的转化率，则流程中有利于提高原料利用率的措施是加压、冷却液化氨、原料气循环利用；增大压强可提高反应速率且促使平衡右移，升温虽然使平衡左移但能提高催化剂活性大幅度提高反应速率，干燥净化能防止催化剂中毒，故有利于提高单位时间内氨的产率的措施有干燥净化、加压 10Mpa~30Mpa、原料气的循环利用、铁触媒 400~500℃。

②反应 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{CO} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]^+$ $\Delta H < 0$ 为放热的、气体体积缩小的可逆反应，升温、减压可促使平衡左移，产生的混合气体用硫酸溶液吸收氨气后可回收 CO、铜氨溶液可进行重复利用，故答案为：对吸收 CO 后的铜氨废液在减压下加热、用硫酸溶液吸收氨气、并收集纯净的 CO。

【小问 2 详解】

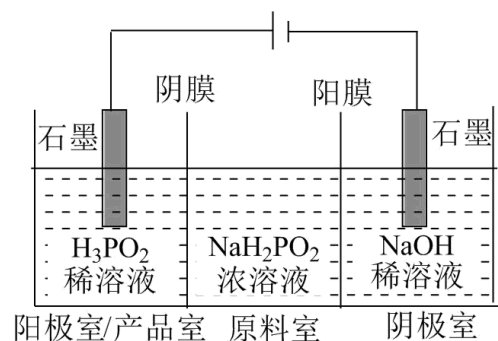
① $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -92.4\text{kJ/mol}$ 是气体分子总数减小的放热反应，降温可促使平衡右移、温度越低氨气的百分含量越高，所以，曲线 a 对应的温度是 200℃。

②K 只受温度影响，该反应温度升高时 K 值减小，b 是 400℃，c 是 600℃，上图中 M、N、Q 点平衡常数 K 的大小关系是 $K(\text{M})=K(\text{Q})>K(\text{N})$ ，故答案为 $\text{Q}=\text{M}>\text{N}$ 。

17. 次磷酸(H_3PO_2)具有较强的还原性，可用于制药工业。

(1) H_3PO_2 是一元酸，25℃ 时， $K_a = 5.89 \times 10^{-2}$ 。写出其电离方程式：_____。

(2) 用电渗析法制备 H_3PO_2 的工作原理如图所示(阳膜和阴膜分别只允许阳离子、阴离子通过)。



①写出阴极的电极反应：_____。

② Na^+ 的移动方向是： Na^+ 移向_____ (填“阴极室”或“原料室”)。

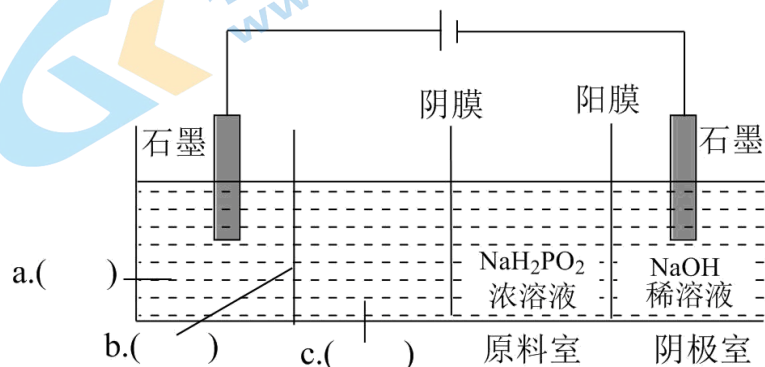
③阳极室得到 H_3PO_2 ， H_3PO_2 的浓度逐渐增大。

a. 结合电极反应说明其原因是_____。

b. 该方法得到的产品 H_3PO_2 溶液中会混有 H_3PO_4 。

I. 产生 H_3PO_4 的原因是_____。

II. 用下列装置可解决该问题。补全电化学装置示意图。



a. _____； b. _____； c. _____。

【答案】 (1) $\text{H}_3\text{PO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_2^-$

(2) ①. $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 或 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ ②. 阴极室 ③. 阳极反应为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ， H_2PO_2^- 通过阴离子交换膜进入阳极室/产品室，与氢离子反应得到 H_3PO_2 ④. 氧气可以将 H_3PO_2 氧化为 H_3PO_4 ⑤. 稀 H_2SO_4 ⑥. 阳离子交换膜(阳膜) ⑦. 稀 H_3PO_2

【解析】

【分析】电解池中，与电源正极相连的电极是阳极，阳极发生氧化反应，与电源负极相连的电极是阴极，阴极上发生还原反应，内电路中阴离子移向阳极、阳离子移向阴极；据此回答。

【小问 1 详解】

已知 H_3PO_2 是一元酸， 25°C 时， $K_a = 5.89 \times 10^{-2}$ ，则 H_3PO_2 在水溶液里部分电离生成氢离子和酸根离子，电离方程式为 $\text{H}_3\text{PO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_2^-$ 。

【小问 2 详解】

①阴极室中是水放电生成氢气与氢氧根，阴极的电极反应： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 或 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ 。

② Na^+ 通过阳离子交换膜移向阴极室。

③a. 阳极反应为 $2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^-=\text{O}_2\uparrow+4\text{H}^+$, H_2PO_2^- 通过阴离子交换膜进入阳极室/产品室, 与氢离子反应得到 H_3PO_2 , 故 H_3PO_2 生成且浓度不断增大

I. 已知次磷酸(H_3PO_2)具有较强的还原性, 阳极室有氧气产生, 则该方法得到的产品 H_3PO_2 溶液中会混有 H_3PO_4 的原因是: 氧气可以将 H_3PO_2 氧化为 H_3PO_4 。

II. 把阳极室/产品室分开可防止 H_3PO_2 氧化为 H_3PO_4 而得到纯净 H_3PO_2 , 由图知, 阴极室和原料室不发生变化, 阴极室中反应是 $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^-=\text{H}_2\uparrow+2\text{OH}^-$, 原料室内 Na^+ 通过阳离子交换膜移向阴极室。阳极室反应为

$2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^-=\text{O}_2\uparrow+4\text{H}^+$, 故阴离子为含氧酸根离子、但不能含有 H_2PO_2^- , 故可选择硫酸, 则 a 为稀 H_2SO_4 ,

氢离子透过阳离子交换膜移向产品室, 则 b 为阳离子交换膜, 在产品室内氢离子与 H_2PO_2^- (由原料室通过阴离子交换膜迁移而来) 结合生成产物 H_3PO_2 , 则 c 为稀 H_3PO_2 , 综上, a 为 H_2SO_4 , b 为阳离子交换膜, c 为稀 H_3PO_2 。

18. 为探究醋酸的电离情况, 进行实验。

【实验一】测定醋酸溶液的浓度。

25℃时, 将 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸稀释, 用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液滴定 20.00mL 稀释后的醋酸溶液。4 次滴定消耗 NaOH 溶液的体积如下:

实验次数	1	2	3	4
所消耗 NaOH 溶液的体积/mL	20.05	20.00	18.40	19.95

(1) 稀释后的醋酸溶液中 CH_3COOH 的物质的量浓度为_____mol/L (列出算式即可)。

(2) 该滴定过程中以酚酞做指示剂。下列说法正确的是_____(填字母)。

- a. 滴定前, 需用醋酸润洗锥形瓶
- b. 滴定过程中溶液的 pH 变化趋势为增大
- c. 滴定终点时, 溶液由无色刚好变为粉红色, 且在半分钟内不变色

【实验二】探究浓度对醋酸电离程度的影响。

用 pH 计测定 25℃ 时不同浓度的醋酸的 pH, 结果如下:

浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	0.0010	0.0100	0.1000
pH	3.88	3.38	2.88

(3) 根据表中数据可以得出醋酸是弱电解质的结论, 依据是_____。

(4) 25℃ 时, 醋酸的电离常数 K_a 为_____(列出算式即可)。

(5) 设计实验方案证明醋酸的 K_a 大于碳酸的 K_{a1} , 将实验操作及现象补充完整: 向盛有 2mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸的试管中滴加_____。

【答案】(1) $\frac{0.1000 \times 20.00}{20.00}$

(2) bc (3) 0.0010mol/L 醋酸溶液 pH=3.88>3(表中 0.1000mol/L 醋酸溶液的 pH=2.88>2), 说明 CH₃COOH 未完全电离

$$(4) \frac{10^{-2.88} \times 10^{-2.88}}{0.1000 - 10^{-2.88}}$$

(5) 滴加碳酸氢钠溶液, 产生气泡

【解析】

【分析】准确移取 20.00 毫升醋酸稀释液于锥形瓶中, 滴加两滴酚酞, 通过碱式滴定管逐滴滴加氢氧化钠溶液、并不断摇动, 等锥形瓶中溶液的颜色从无色变成粉红色、30 秒内不变色时停止滴定、待液面稳定后读取滴定管液面的

读数, 重复 3 次实验; 实验过程中操作不规范会引起误差, 误差分析的总依据为: 由 $c_{\text{测}} = c_{\text{标}} \frac{V_{\text{标}}}{V_{\text{测}}}$ 由于 $c_{\text{标}}$ 、 $V_{\text{待}}$ 均

为定植, 所以 $c_{\text{测}}$ 的大小取决于 $V_{\text{标}}$ 的大小, 即 $V_{\text{标}}$ 偏大或偏小, 则 $c_{\text{测}}$ 偏大或偏小; 据此回答。

【小问 1 详解】

第 3 次实验消耗标准 NaOH 溶液的体积为 18.40mL 明显存在误差, 应舍去, 其他三次实验消耗 NaOH 溶液体积的平均值为

$$\frac{20.05\text{mL} + 20.00\text{mL} + 19.95\text{mL}}{3} = 20.00\text{mL}, \text{ 根据 } c(\text{CH}_3\text{COOH}) \times V(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}), \text{ 稀释后}$$

$$\text{的醋酸溶液中 } \text{CH}_3\text{COOH} \text{ 的物质的量浓度 } c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0.1000\text{mol/L} \times 20.00 \times 10^{-3}\text{L}}{20.00 \times 10^{-3}\text{L}},$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0.1000 \times 20.00}{20.00} \text{mol/L (列出算式即可)}, \text{ 解得 } c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.1000\text{mol/L}.$$

【小问 2 详解】

a. 滴定前, 若用醋酸润洗锥形瓶, 则导致 $V_{\text{标}}$ 偏大、 $c_{\text{测}}$ 偏大, 说法错误, a 不选;

b. NaOH 溶液滴定稀释后的醋酸溶液, 发生 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$, 随着 NaOH 标准溶液的不断滴入, 溶液的酸性逐渐减弱, 碱性逐渐增强, 滴定过程中溶液的 pH 变化趋势为增大, 说法正确, b 选;

c. CH₃COONa 水解呈碱性, 选择在碱性范围内变色的酚酞作指示剂, 滴定终点时, 溶液由无色刚好变为粉红色, 且在半分钟内不变色, 说法正确, c 选;

选 bc。

【小问 3 详解】

表中 0.0010mol/L 醋酸溶液和 0.1000mol/L 醋酸溶液的 pH 分别为 3.88>3、2.88>2, 说明 CH₃COOH 未完全电离, 故 CH₃COOH 是弱电解质。

【小问 4 详解】

$$\begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \\ \text{25}^\circ\text{C 时,} \quad \begin{array}{lll} \text{起始 (mol/L)} & 0.1000 & 0 & 0 \\ \text{转化 (mol/L)} & 10^{-2.88} & 10^{-2.88} & 10^{-2.88} \\ \text{平衡 (mol/L)} & 0.1000 - 10^{-2.88} & 10^{-2.88} & 10^{-2.88} \end{array} \end{array}, \text{ 则醋酸的电离常数}$$

$$K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{10^{-2.88} \times 10^{-2.88}}{0.1000 - 10^{-2.88}} \text{ (列出算式即可)}.$$

【小问 5 详解】

要设计实验方案证明醋酸的 K_a 大于碳酸的 K_{a1} ，可依据强酸制弱酸原理，将实验操作及现象补充完整为：向盛有 2mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸的试管中滴加碳酸氢钠溶液，若产生气泡，说明醋酸和碳酸氢钠反应生成了碳酸，碳酸分解释放出二氧化碳气体，则可证明。

19. 氢气、一氧化碳、天然气都是重要的燃料和化工原料。相关物质的燃烧热 ($25^\circ\text{C}, 101\text{kPa}$) 数据如下表所示：

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	CO	CH_4	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$
燃烧热 $\Delta H / (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	-286	-283	-890	-1560

- (1) 25°C 、 101kPa 时，同质量的 H_2 、 CO 、 CH_4 完全燃烧，放出的热量最多的是_____。
- (2) 工业制取氢气时涉及的一个重要反应是： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ， 830°C 时，该反应的 K 为 1.0。在 1L 密闭容器中，将 2.0mol CO 和 10mol H_2O 混合加热到 830°C ，反应达平衡时， CO 的平衡转化率是_____。
- (3) 高温下，甲烷发生反应： $2\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ ΔH_1 。初期阶段的反应速率与甲烷浓度的关系为： $v = k \times c(\text{CH}_4)$ ，其中 $k > 0$ ，且 k 为常数。

① 设反应开始时的反应速率为 v_1 ，甲烷的转化率为 α 时的反应速率为 v_2 ，则 $v_2 = \underline{\hspace{2cm}} v_1$ 。

② 对于处于初期阶段的该反应，下列说法正确的是_____ (填字母)。

- a. 增加甲烷浓度， v 增大 b. 增加 H_2 浓度， v 增大
- c. 乙烷的生成速率逐渐增大 d. 升高反应温度， k 值增大

【答案】 (1) H_2 (2) 83.3%

(3) ①. $1-\alpha$ ②. ad

【解析】

【小问 1 详解】

设三种气体质量为 56g，则氢气的物质的量为 28mol，28mol 氢气完全燃烧放出的热量为： $28 \times 286\text{kJ} = 8008\text{kJ}$ ；一氧化碳的物质的量为 2mol，2mol 一氧化碳完全燃烧放出的热量为： $2 \times 283\text{kJ} = 566\text{kJ}$ ；甲烷的物质的量为 3.5mol，3.5mol 甲烷完全燃烧放出的热量为 $3.5 \times 890\text{kJ} = 3115\text{kJ}$ ，因此同质量的 H_2 、 CO 、 CH_4 完全燃烧，放出的热量最多的是 H_2 。

【小问 2 详解】

	$\text{CO}(\text{g})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{H}_2(\text{g})$	
初始(mol/L)	2		10		0		0	
转化(mol/L)	2x		2x		2x		2x	
平衡(mol/L)	2-2x		10-2x		2x		2x	

设一氧化碳的平衡转化率为 x ，则有三段式：

$$K = \frac{2x \times 2x}{(2-2x) \times (10-2x)} = 1.0, \text{ 解得 } x \approx 83.3\%.$$

【小问 3 详解】

①根据 $v=k \times c(\text{CH}_4)$ 知, 若 $v_1=kc$, 甲烷的转化率为 α 时, 甲烷的浓度为 $c(1-\alpha)$, 则 $v_2=kc(1-\alpha)$, 所以 $v_2=(1-\alpha)v_1$ 。

②a. 反应物浓度增大, 速率增大, 则增大反应物浓度, 反应速率增大, a 正确;

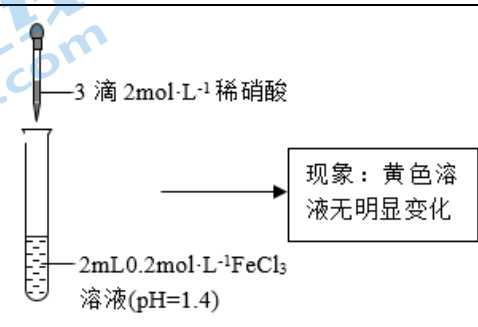
b. 根据反应在初期阶段的速率方程知, 反应速率与氢气浓度无关, 所以氢气的量不影响反应速率, b 错误;

c. 根据反应在初期阶段的速率方程知, 随着反应进行, 甲烷的反应速率逐渐减小, 则乙烷的生成速率逐渐减小, c 错误;

d. 化学反应速率常数与温度有关, 温度升高, 反应速率常数增大, d 正确;

答案选 ad。

20. 实验小组用固体和水配制相同浓度的 FeCl_3 溶液和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液, 用其研究 Fe^{3+} 的性质。

实验I	实验II
 3 滴 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硝酸 2mL $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 ($\text{pH}=1.2$) 现象: 溶液由黄色变为无色	 3 滴 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硝酸 2mL $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液 ($\text{pH}=1.4$) 现象: 黄色溶液无明显变化

【查阅资料】 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$ (黄色)

(1) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶于水后促进了水的电离, 实验证据是_____。

(2) 根据实验I推测, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液呈现黄色的原因可能是 Fe^{3+} 水解所致。结合化学用语分析该推测过程:

(3) 为了证明 FeCl_3 溶液中存在平衡: $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$, 同学们设计并进行实验。

序号	实验操作	实验现象
a	向 FeCl_3 溶液中加入铁粉	溶液颜色变浅
b	向 FeCl_3 溶液中加入 3 滴 AgNO_3 溶液	产生白色沉淀, 溶液颜色变浅
c	向实验II所得溶液中加入 3 滴 NaOH	产生红褐色沉淀, 溶液颜色变浅
d	将 FeCl_3 溶液加热	溶液颜色变深

能说明 FeCl_3 溶液中存在上述平衡的实验方案是_____ (填字母)。

(4) 综合上述实验, 分析相同浓度 FeCl_3 溶液的 pH 大于 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液的 pH, 原因是_____。

【答案】(1) 2mL 0.2mol/L 的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 $\text{pH}=1.2$

(2) 硝酸铁溶液中加入硝酸, 氢离子浓度增大, $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 平衡左移, 铁离子浓度增大而溶液由黄色变为无色

(3) bc (4) 氯化铁溶液中存在 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ ，使铁离子浓度减小，影响铁离子水解平衡

【解析】

【分析】氯化铁、硝酸铁是强酸弱碱盐，铁离子水解 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 呈酸性，而等浓度的 FeCl_3 溶液的 pH 大于 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液的 pH，说明发生水解的铁离子浓度不同，可以推测是阴离子对铁离子浓度可能有影响，按信息， FeCl_3 溶液中存在平衡： $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ (黄色)，则氯离子会影响铁离子水解。要证明 FeCl_3 溶液中存在平衡： $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ (黄色)，必须考虑到氯化铁溶液中还同时存在铁离子的水解平衡 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ，这两个平衡的移动都会造成颜色变化，只有通过 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ 的移动造成的颜色变化才能证明它的存在，据此回答。

【小问 1 详解】

常温下，纯水电离产生的氢离子浓度等于氢氧根浓度、pH=7，而 2mL 0.2mol/L 的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 pH=1.2，则可知 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶于水后促进了水的电离。

【小问 2 详解】

铁离子水解反应方程式为 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ，硝酸铁溶液中加入硝酸，氢离子浓度增大， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 平衡左移，铁离子浓度增大而溶液由黄色变为无色，则 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液呈现黄色的原因可能是 Fe^{3+} 水解所致。

【小问 3 详解】

氯化铁溶液中存在铁离子的水解平衡 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ，为了证明 FeCl_3 溶液中存在平衡：

$\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ (黄色)，则：

- a. 向 FeCl_3 溶液中加入铁粉、溶液颜色变浅，铁与铁离子直接反应生成亚铁离子，会导致溶液颜色变浅。不能说明 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ 存在，a 不选；
- b. 向 FeCl_3 溶液中加入 3 滴 AgNO_3 溶液产生白色沉淀，氯离子不影响铁离子水解，若无上述平衡、则只有白色沉淀产生、溶液颜色不变，现溶液颜色变浅，说明 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ 存在且向左移动、 $[\text{FeCl}_4^-]$ 浓度变小、颜色变浅，b 选；
- c. 氢氧化钠能促进铁离子水解、应使溶液颜色变深或出现红褐色沉淀，现向实验 II 所得溶液中加入 3 滴 NaOH 产生红褐色沉淀、而溶液颜色变浅，则说明 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ 存在且向左移动、 $[\text{FeCl}_4^-]$ 浓度变小、颜色变浅，c 选；
- d. 加热能促进铁离子水解颜色变深，将 FeCl_3 溶液加热溶液颜色变深，不能说明 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4^-]$ 存在，d 不选；

能说明 FeCl_3 溶液中存在上述平衡的实验方案是 bc(填字母)。

【小问 4 详解】

综合上述实验，相同浓度 FeCl_3 溶液与 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液均因铁离子水解呈酸性，而相同浓度 FeCl_3 溶液的 pH 大于 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液的 pH，则硝酸铁溶液铁离子水解程度大、则硝酸铁溶液中铁离子浓度大，原因是氯化铁溶液中存在 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$ ，使铁离子浓度减小，影响铁离子水解平衡。

关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承 “精益求精、专业严谨” 的建设理念，不断探索 “K12 教育+互联网+大数据” 的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供 “衔接和桥梁纽带” 作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯