

2024年普通高中学业水平选择性考试(河北卷)

化学

本试卷满分 100 分，考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量：H-1 C-12 O-16 F-19 Cl-35.5 K-39 Cr-52 Br-80 Bi-209

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 燕赵大地历史悠久，文化灿烂。对下列河北博物院馆藏文物的说法错误的是



战国宫门青铜铺首



西汉透雕白玉璧



五代彩绘石质浮雕



元青花釉里红瓷盖罐

- A. 青铜铺首主要成分是铜锡合金
B. 透雕白玉璧主要成分是硅酸盐
C. 石质浮雕主要成分是碳酸钙
D. 青花釉里红瓷盖罐主要成分是硫酸钙

【答案】D

【解析】

【详解】A. 青铜铺首是青铜器，青铜的主要成分是铜锡合金，A 正确；

B. 透雕白玉璧是玉石，玉石的主要成分是硅酸盐，B 正确；

C. 石质浮雕是汉白玉，汉白玉的主要成分是碳酸钙，C 正确；


D. 青花釉里红瓷盖罐是陶瓷，陶瓷的主要成分是硅酸盐，D 错误；

故选 D。

2. 关于实验室安全，下列表述错误的是

A. BaSO_4 等钡的化合物均有毒，相关废弃物应进行无害化处理

B. 观察烧杯中钠与水反应的实验现象时，不能近距离俯视

C. 具有  标识的化学品为易燃类物质，应注意防火


D. 硝酸具有腐蚀性和挥发性，使用时应注意防护和通风

【答案】A

【解析】

【详解】A. BaSO_4 性质稳定，不溶于水和酸，可用作“钡餐”说明对人体无害，无毒性，A 错误；

B. 钠与水反应剧烈且放热，观察烧杯中钠与水反应的实验现象时，不能近距离俯视，B 正确；

C.  为易燃类物质的标识，使用该类化学品时应注意防火，以免发生火灾，C 正确；

D. 硝酸具有腐蚀性和挥发性，使用时应注意防护和通风，D 正确；

故选 A。

3. 高分子材料在生产、生活中得到广泛应用。下列说法错误的是

A. 线型聚乙烯塑料为长链高分子，受热易软化

B. 聚四氟乙烯由四氟乙烯加聚合成，受热易分解

C. 尼龙 66 由己二酸和己二胺缩聚合成，强度高、韧性好

D. 聚甲基丙烯酸酯(有机玻璃)由甲基丙烯酸酯加聚合成，透明度高

【答案】B

【解析】

【详解】A. 线型聚乙烯塑料具有热塑性，受热易软化，A 正确；

B. 聚四氟乙烯由四氟乙烯加聚合成，具有一定的热稳定性，受热不易分解，B 错误；

C. 尼龙 66 即聚己二酰己二胺，由己二酸和己二胺缩聚合成，强度高、韧性好，C 正确；

D. 聚甲基丙烯酸酯由甲基丙烯酸酯加聚合成，又名有机玻璃，说明其透明度高，D 正确；

故选 B。

4. 超氧化钾(KO_2)可用作潜水或宇航装置的 CO_2 吸收剂和供氧剂，反应为

$4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$ ， N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是

A. 44g CO_2 中 σ 键的数目为 $2N_A$

B. 1mol KO_2 晶体中离子的数目为 $3N_A$

C. 1L 1mol·L⁻¹ K_2CO_3 溶液中 CO_3^{2-} 的数目为 N_A

D. 该反应中每转移 1mol 电子生成 O_2 的数目为 $1.5N_A$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 44g(即 1mol) CO_2 中 σ 键的数目为 $2N_A$ ，A 正确；

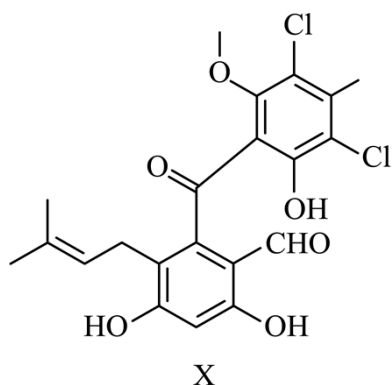
B. KO_2 由 K^+ 和 O_2^- 构成，1mol KO_2 晶体中离子的数目为 $2N_A$ ，B 错误；

C. CO_3^{2-} 在水溶液中会发生水解： $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ，故 $1\text{L } 1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{CO}_3$ 溶液中 CO_3^{2-} 的数目小于 N_A ，C 错误；

D. 该反应中部分氧元素化合价由 -0.5 价升至 0 价，部分氧元素化合价由 -0.5 价降至 -2 价，则每 4mol KO_2 参加反应转移 3mol 电子，每转移 1mol 电子生成 O_2 的数目为 N_A ，D 错误；

故选 A。

5. 化合物 X 是由细菌与真菌共培养得到的一种天然产物，结构简式如图。下列相关表述错误的是



A. 可与 Br_2 发生加成反应和取代反应

B. 可与 FeCl_3 溶液发生显色反应

C. 含有 4 种含氧官能团

D. 存在顺反异构

【答案】D

【解析】

【详解】A. 化合物 X 中存在碳碳双键，能和 Br_2 发生加成反应，苯环连有酚羟基，下方苯环上酚羟基邻位有氢原子，可以与 Br_2 发生取代反应，A 正确；

B. 化合物 X 中有酚羟基，遇 FeCl_3 溶液会发生显色反应，B 正确；

C. 化合物 X 中含有酚羟基、醛基、酮羰基、醚键 4 种含氧官能团，C 正确；

D. 该化合物中只有一个碳碳双键，其中一个双键碳原子连接的 2 个原子团都是甲基，所以不存在顺反异构，D 错误；

故选 D。

6. 下列实验操作及现象能得出相应结论的是

选项	实验操作及现象	结论

A	还原铁粉与水蒸气反应生成的气体点燃后有爆鸣声	H ₂ O 具有还原性
B	待测液中滴加 BaCl ₂ 溶液，生成白色沉淀	待测液含有 SO ₄ ²⁻
C	Mg(OH) ₂ 和 Al(OH) ₃ 中均分别加入 NaOH 溶液和盐酸，Mg(OH) ₂ 只溶于盐酸，Al(OH) ₃ 都能溶	Mg(OH) ₂ 比 Al(OH) ₃ 碱性强
D	K ₂ Cr ₂ O ₇ 溶液中滴加 NaOH 溶液，溶液由橙色变为黄色	增大生成物的浓度，平衡向逆反应方向移动

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 铁与水蒸气反应生成的气体是 H₂，该反应中 H 由 +1 价变成 0 价，被还原，体现了 H₂O 的氧化性，A 错误；

B. 如果待测液中含有 Ag⁺，Ag⁺ 与 Cl⁻ 反应也能产生白色沉淀，或者 CO₃²⁻、SO₃²⁻ 也会与 Ba²⁺ 产生白色沉淀，所以通过该实验不能得出待测液中含有 SO₄²⁻ 的结论，B 错误；

C. Mg(OH)₂ 溶液能与盐酸反应，不能与 NaOH 溶液反应，Al(OH)₃ 与 NaOH 溶液和盐酸都能反应，说明 Mg(OH)₂ 的碱性比 Al(OH)₃ 的强，C 正确；

D. K₂Cr₂O₇ 溶液中存在平衡 Cr₂O₇²⁻ (橙色) + H₂O ⇌ 2CrO₄²⁻ (黄色) + 2H⁺，加入 NaOH 溶液后，OH⁻ 与 H⁺ 反应，生成物浓度减小，使平衡正向移动，导致溶液由橙色变为黄色，题给结论错误，D 错误；故选 C。

7. 侯氏制碱法工艺流程中的主反应为 QR + YW₃ + XZ₂ + W₂Z = QWXZ₃ + YW₄R，其中 W、X、Y、Z、Q、R 分别代表相关化学元素。下列说法正确的是

A. 原子半径：W < X < Y

B. 第一电离能：X < Y < Z

C. 单质沸点：Z < R < Q

D. 电负性：W < Q < R

【答案】C

【解析】

【分析】侯氏制碱法主反应的化学方程式为 $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ ，则可推出 W、X、Y、Z、Q、R 分别为 H 元素、C 元素、N 元素、O 元素、Na 元素、Cl 元素。

【详解】A. 一般原子的电子层数越多半径越大，电子层数相同时，核电荷数越大，半径越小，则原子半径： $\text{H} < \text{N} < \text{C}$ ，故 A 错误；

B. 同周期从左到右元素第一电离能呈增大趋势，IIA 族、VA 族原子的第一电离能大于同周期相邻元素，则第一电离能： $\text{C} < \text{O} < \text{N}$ ，故 B 错误；

C. O_2 、 Cl_2 为分子晶体，相对分子质量越大，沸点越高，二者在常温下均为气体，Na 在常温下为固体，则沸点： $\text{O}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Na}$ ，故 C 正确；

D. 同周期元素，从左往右电负性逐渐增大，同族元素，从上到下电负性逐渐减小，电负性： $\text{Na} < \text{H} < \text{Cl}$ ，故 D 错误；

故选 C。

8. 从微观视角探析物质结构及性质是学习化学的有效方法。下列实例与解释不符的是

选项	实例	解释
A	原子光谱是不连续的线状谱线	原子的能级是量子化的
B	CO_2 、 CH_2O 、 CCl_4 键角依次减小	孤电子对与成键电子对的斥力大于成键电子对之间的斥力
C	CsCl 晶体中 Cs^+ 与 8 个 Cl^- 配位，而 NaCl 晶体中 Na^+ 与 6 个 Cl^- 配位	Cs^+ 比 Na^+ 的半径大
D	逐个断开 CH_4 中的 C-H 键，每步所需能量不同	各步中的 C-H 键所处化学环境不同

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. 原子光谱是不连续的线状谱线，说明原子的能级是不连续的，即原子能级是量子化的，故 A 正确；

B. CO_2 中心 C 原子为 sp 杂化，键角为 180° ， CH_2O 中心 C 原子为 sp^2 杂化，键角大约为 120° ， CH_4

中心 C 原子为 sp^3 杂化，键角为 $109^\circ 28'$ ，三种物质中心 C 原子都没有孤电子对，三者键角大小与孤电子对无关，故 B 错误；

C. 离子晶体的配位数取决于阴、阳离子半径的相对大小，离子半径比越大，配位数越大， Cs^+ 周围最多能排布 8 个 Cl^- ， Na^+ 周围最多能排布 6 个 Cl^- ，说明 Cs^+ 比 Na^+ 半径大，故 C 正确；

D. 断开第一个键时，碳原子周围的共用电子对多，原子核对共用电子对的吸引力较弱，需要能量较小，断开 C—H 键越多，碳原子周围共用电子对越少，原子核对共用电子对的吸引力越大，需要的能量变大，所以各步中的 C—H 键所处化学环境不同，每步所需能量不同，故 D 正确；

故选 B。

9. NH_4ClO_4 是火箭固体燃料重要的氧载体，与某些易燃物作用可全部生成气态产物，如：

$NH_4ClO_4 + 2C = NH_3 \uparrow + 2CO_2 \uparrow + HCl \uparrow$ 。下列有关化学用语或表述正确的是

A. HCl 的形成过程可表示为 $H \cdot + \cdot \ddot{Cl} \cdot \rightarrow H^+ [\ddot{Cl}]^-$

B. NH_4ClO_4 中的阴、阳离子有相同的 VSEPR 模型和空间结构

C. 在 C_{60} 、石墨、金刚石中，碳原子有 sp 、 sp^2 和 sp^3 三种杂化方式

D. NH_3 和 CO_2 都能作制冷剂是因为它们有相同类型的分子间作用力

【答案】B

【解析】

【详解】A. HCl 是共价化合物，其电子式为 $H : \ddot{Cl} :$ ，HCl 的形成过程可表示为

$H \times + \cdot \ddot{Cl} \cdot \rightarrow H \times \ddot{Cl} :$ ，故 A 错误；

B. NH_4ClO_4 中 NH_4^+ 的中心 N 原子孤电子对数为 $\frac{1}{2} \times (5 - 1 - 4) = 0$ ，价层电子对数为 4， ClO_4^- 的中心 Cl 原

子孤电子对数为 $\frac{1}{2} \times (7 + 1 - 2 \times 4) = 0$ ，价层电子对数为 4，则二者的 VSEPR 模型和空间结构均为正四面体

形，故 B 正确；

C. C_{60} 、石墨、金刚石中碳原子的杂化方式分别为 sp^2 、 sp^2 、 sp^3 ，共有 2 种杂化方式，故 C 错误；

D. NH_3 易液化，其气化时吸收热量，可作制冷剂，干冰易升华，升华时吸收热量，也可作制冷剂，

NH_3 分子间作用力为氢键和范德华力， CO_2 分子间仅存在范德华力，故 D 错误；

故选 B。

10. 图示装置不能完成相应气体的发生和收集实验的是(加热、除杂和尾气处理装置任选)



选项	气体	试剂
A	SO_2	饱和 Na_2SO_3 溶液+浓硫酸
B	Cl_2	MnO_2 +浓盐酸
C	NH_3	固体 NH_4Cl +熟石灰
D	CO_2	石灰石+稀盐酸

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【分析】如图所示的气体发生装置可以为固液加热型反应，也可以是固液不加热型；右侧气体收集装置，长进短出为向上排空气法，短进长出为向下排空气法，装满水后短进长出为排水法；

【详解】A. 饱和 Na_2SO_3 溶液和浓硫酸反应可以制 SO_2 ，使用固液不加热制气装置， SO_2 密度比空气大，用向上排空气法收集，可以完成相应气体的发生和收集实验，A 不符合题意；

B. MnO_2 和浓盐酸加热反应可以制 Cl_2 ，使用固液加热制气装置， Cl_2 密度比空气大，用向上排空气法收集，可以完成相应气体的发生和收集实验，B 不符合题意；

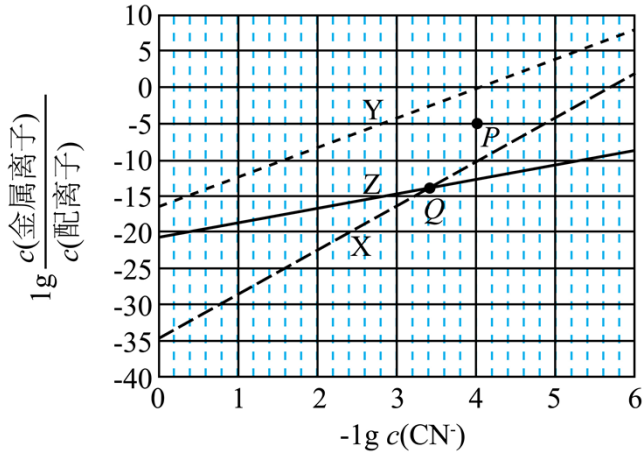
C. 固体 NH_4Cl 与熟石灰加热可以制 NH_3 需要使用固固加热制气装置，图中装置不合理，不能完成相应气体的发生和收集实验，C 符合题意；

D. 石灰石(主要成分为 CaCO_3)和稀盐酸反应可以制 CO_2 ，使用固液不加热制气装置， CO_2 密度比空气大，用向上排空气法收集，可以完成相应气体的发生和收集实验，D 不符合题意；

本题选 C。

11. 在水溶液中， CN^- 可与多种金属离子形成配离子。X、Y、Z 三种金属离子分别与 CN^- 形成配离子达

平衡时， $\lg \frac{c(\text{金属离子})}{c(\text{配离子})}$ 与 $-\lg c(\text{CN}^-)$ 的关系如图。



下列说法正确的是

A. 99% 的 X、Y 转化为配离子时，两溶液中 CN^- 的平衡浓度：X > Y

B. 向 Q 点 X、Z 的混合液中加少量可溶性 Y 盐，达平衡时 $\frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})} > \frac{c(\text{Z})}{c(\text{Z配离子})}$

C. 由 Y 和 Z 分别制备等物质的量的配离子时，消耗 CN^- 的物质的量：Y < Z

D. 若相关离子的浓度关系如 P 点所示，Y 配离子的解离速率小于生成速率

【答案】B

【解析】

【详解】A. 99% 的 X、Y 转化为配离子时，溶液中 $\frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})} = \frac{c(\text{Y})}{c(\text{Y配离子})} = \frac{1\%}{99\%}$ ，则

$\lg \frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})} = \lg \frac{c(\text{Y})}{c(\text{Y配离子})} \approx -2$ ，根据图像可知，纵坐标约为 -2 时，溶液中

$-\lg c_{\text{X}}(\text{CN}^-) > -\lg c_{\text{Y}}(\text{CN}^-)$ ，则溶液中 CN^- 的平衡浓度：X < Y，A 错误；

B. Q 点时 $\lg \frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})} = \lg \frac{c(\text{Z})}{c(\text{Z配离子})}$ ，即 $\frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})} = \frac{c(\text{Z})}{c(\text{Z配离子})}$ ，加入少量可溶性 Y 盐后，

会消耗 CN^- 形成 Y 配离子，使得溶液中 $c(\text{CN}^-)$ 减小(沿横坐标轴向右移动)， $\lg \frac{c(\text{X})}{c(\text{X配离子})}$ 与

$\lg \frac{c(Z)}{c(Z\text{配离子})}$ 曲线在 Q 点相交后, 随着 $-\lg c(\text{CN}^-)$ 继续增大, X 对应曲线位于 Z 对应曲线上方, 即

$\lg \frac{c(X)}{c(X\text{配离子})} > \lg \frac{c(Z)}{c(Z\text{配离子})}$, 则 $\frac{c(X)}{c(X\text{配离子})} > \frac{c(Z)}{c(Z\text{配离子})}$, B 正确;

C. 设金属离子形成配离子的离子方程式为金属离子 + $m\text{CN}^- = \text{配离子}$, 则平衡常数

$K = \frac{c(\text{配离子})}{c(\text{金属离子}) \cdot c^m(\text{CN}^-)}$, $\lg K = \lg \frac{c(\text{配离子})}{c(\text{金属离子})} - m \lg c(\text{CN}^-) = -\lg \frac{c(\text{金属离子})}{c(\text{配离子})} - m \lg c(\text{CN}^-)$, 即

$\lg \frac{c(\text{金属离子})}{c(\text{配离子})} = -m \lg c(\text{CN}^-) - \lg K$, 故 X、Y、Z 三种金属离子形成配离子时结合的 CN^- 越多, 对应

$\lg \frac{c(\text{金属离子})}{c(\text{配离子})} \sim -\lg c(\text{CN}^-)$ 曲线斜率越大, 由题图知, 曲线斜率: $Y > Z$, 则由 Y、Z 制备等物质的量

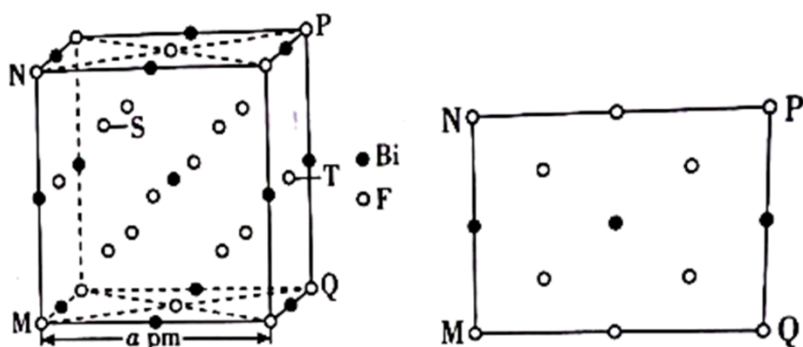
的配离子时, 消耗 CN^- 的物质的量: $Z < Y$, C 错误;

D. 由 P 点状态移动到形成 Y 配离子的反应的平衡状态时, $-\lg c(\text{CN}^-)$ 不变, $\lg \frac{c(Y)}{c(Y\text{配离子})}$ 增大, 即

$c(Y)$ 增大、 $c(Y\text{配离子})$ 减小, 则 P 点状态 Y 配离子的解离速率 $>$ 生成速率, D 错误;

本题选 B。

12. 金属铋及其化合物广泛应用于电子设备、医药等领域。如图是铋的一种氟化物的立方晶胞及晶胞中 MNPQ 点的截面图, 晶胞的边长为 $a\text{pm}$, N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是



A. 该铋氟化物的化学式为 BiF_3

B. 粒子 S、T 之间的距离为 $\frac{\sqrt{11}}{4} a\text{pm}$

C. 该晶体的密度为 $\frac{1064}{N_A \times a^3 \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

D. 晶体中与铋离子最近且等距的氟离子有 6 个

【答案】D

【解析】

【详解】A. 根据题给晶胞结构，由均摊法可知，每个晶胞中含有 $1+12 \times \frac{1}{4}=4$ 个 Bi^{3+} ，含有

$8+8 \times \frac{1}{8}+6 \times \frac{1}{2}=12$ 个 F^- ，故该铋氟化物的化学式为 BiF_3 ，故 A 正确；

B. 将晶胞均分为 8 个小立方体，由晶胞中 MNPQ 点的截面图可知，晶胞体内的 8 个 F^- 位于 8 个小立方体的体心，以 M 为原点建立坐标系，令 N 的原子分数坐标为 $(0,0,1)$ ，与 Q、M 均在同一条棱上的 F^- 的原子

分数坐标为 $(1,0,0)$ ，则 T 的原子分数坐标为 $(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，S 的原子分数坐标为 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4})$ ，所以粒子 S、

T 之间的距离为 $\sqrt{\left(1-\frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}-\frac{3}{4}\right)^2} \times \text{apm} = \frac{\sqrt{11}}{4} \text{apm}$ ，故 B 正确；

C. 由 A 项分析可知，每个晶胞中有 4 个 Bi^{3+} 、12 个 F^- ，晶胞体积为 $(\text{apm})^3 = a^3 \times 10^{-30} \text{cm}^3$ ，则晶体密度

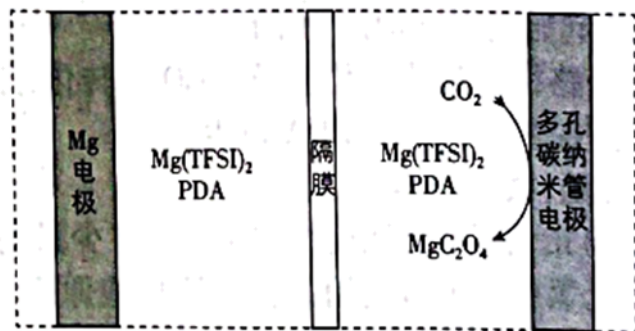
为 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times (209 + 19 \times 3)}{N_A \times a^3 \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{1064}{N_A \times a^3 \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，故 C 正确；

D. 以晶胞体心处铋离子为分析对象，距离其最近且等距的氟离子位于晶胞体内，为将晶胞均分为 8 个小立方体后，每个小立方体的体心的 F^- ，即有 8 个，故 D 错误；

故答案为：D。

13. 我国科技工作者设计了如图所示的可充电 $\text{Mg}-\text{CO}_2$ 电池，以 $\text{Mg}(\text{TFSI})_2$ 为电解质，电解液中加入 1, 3-丙二胺(PDA)以捕获 CO_2 ，使放电时 CO_2 还原产物为 MgC_2O_4 。该设计克服了 MgCO_3 导电性差和释放

CO_2 能力差的障碍，同时改善了 Mg^{2+} 的溶剂化环境，提高了电池充放电循环性能。



下列说法错误的是

- A. 放电时，电池总反应为 $2\text{CO}_2 + \text{Mg} = \text{MgC}_2\text{O}_4$
- B. 充电时，多孔碳纳米管电极与电源正极连接
- C. 充电时，电子由 Mg 电极流向阳极， Mg^{2+} 向阴极迁移
- D. 放电时，每转移 1mol 电子，理论上可转化 1mol CO_2

【答案】C

【解析】

【分析】放电时 CO_2 转化为 MgC_2O_4 ，碳元素化合价由 +4 价降低为 +3 价，发生还原反应，所以放电时，多孔碳纳米管电极为正极、Mg 电极为负极，则充电时多孔碳纳米管电极为阳极、Mg 电极为阴极：

定位：二次电池，放电时阳离子向正极移动，充电时阳离子向阴极移动。

电极	过程	电极反应式
Mg 电极	放电	$\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$
	充电	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Mg}$
多孔碳纳米管电极	放电	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{MgC}_2\text{O}_4$
	充电	$\text{MgC}_2\text{O}_4 - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 \uparrow$

【详解】A. 根据以上分析，放电时正极反应式为 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{MgC}_2\text{O}_4$ 、负极反应式为 $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$ ，将放电时正、负电极反应式相加，可得放电时电池总反应： $\text{Mg} + 2\text{CO}_2 = \text{MgC}_2\text{O}_4$ ，故 A 正确；

B. 充电时，多孔碳纳米管电极上发生失电子的氧化反应，则多孔碳纳米管在充电时是阳极，与电源正极连接，故 B 正确；

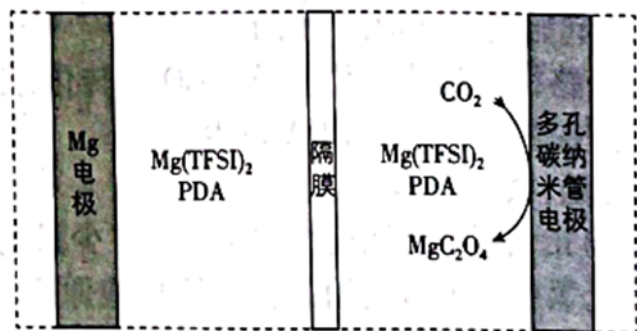
C. 充电时，Mg 电极为阴极，电子从电源负极经外电路流向 Mg 电极，同时 Mg^{2+} 向阴极迁移，故 C 错误；

D. 根据放电时的电极反应式 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{MgC}_2\text{O}_4$ 可知，每转移 2mol 电子，有 2mol CO_2 参与反应，因此每转移 1mol 电子，理论上可转化 1mol CO_2 ，故 D 正确；

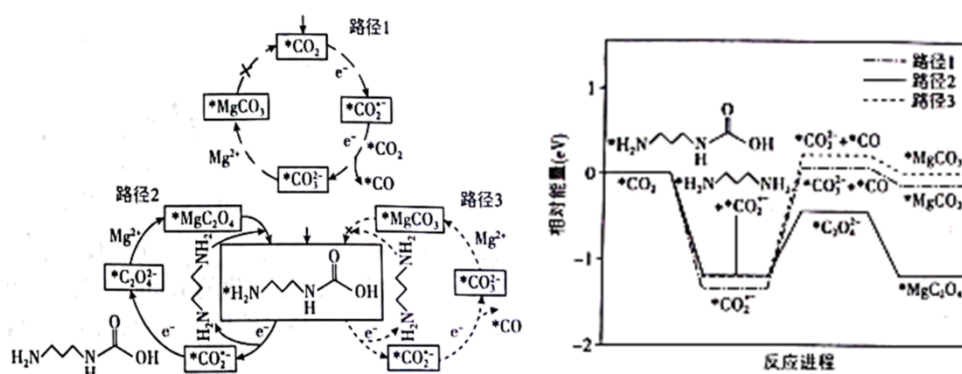
故答案为：C。

14. 我国科技工作者设计了如图所示的可充电 Mg-CO₂ 电池，以 $\text{Mg}(\text{TFSI})_2$ 为电解质，电解液中加入 1，

3-丙二胺(PDA)以捕获 CO_2 ，使放电时 CO_2 还原产物为 MgC_2O_4 。该设计克服了 MgCO_3 导电性差和释放 CO_2 能力差的障碍，同时改善了 Mg^{2+} 的溶剂化环境，提高了电池充放电循环性能。



对上述电池放电时 CO_2 的捕获和转化过程开展了进一步研究，电极上 CO_2 转化的三种可能反应路径及相对能量变化如图(*表示吸附态)。



下列说法错误的是

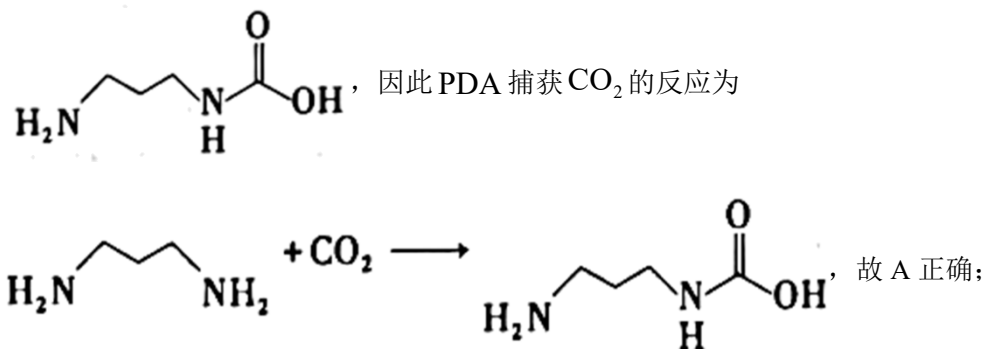
- A. PDA 捕获 CO_2 的反应为 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
- B. 路径 2 是优先路径，速控步骤反应式为 $*\text{CO}_2^- + \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})\text{OH} + e^- \longrightarrow * \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$

- C. 路径 1、3 经历不同的反应步骤但产物相同；路径 2、3 起始物相同但产物不同
- D. 三个路径速控步骤均涉及 $*\text{CO}_2^-$ 转化，路径 2、3 的速控步骤均伴有 PDA 再生

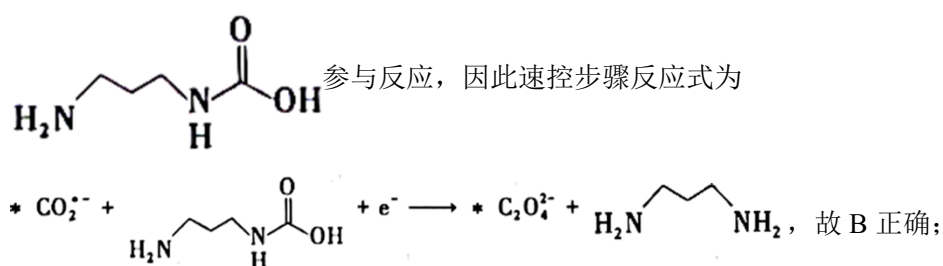
【答案】D

【解析】

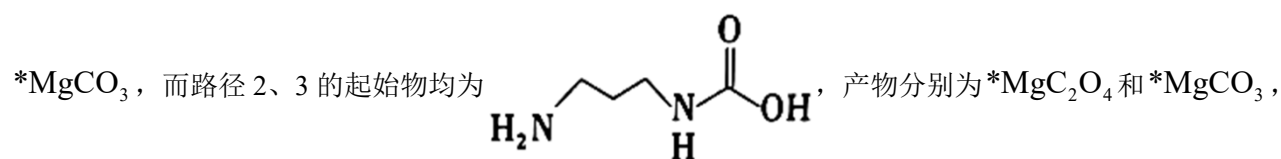
【详解】A. 根据题给反应路径图可知, PDA (1, 3-丙二胺)捕获 CO_2 的产物为



B. 由反应进程—相对能量图可知, 路径 2 的最大能垒最小, 因此与路径 1 和路径 3 相比, 路径 2 是优先路径, 且路径 2 的最大能垒为 $^*\text{CO}_2^- \rightarrow ^*\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的步骤, 据反应路径 2 的图示可知, 该步骤有



C. 根据反应路径图可知, 路径 1、3 的中间产物不同, 即经历了不同的反应步骤, 但产物均为



故 C 正确;

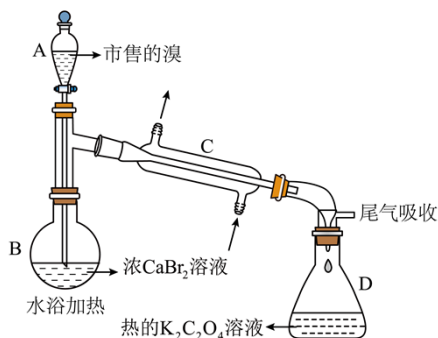
D. 根据反应路径与相对能量的图像可知, 三个路径的速控步骤中 $^*\text{CO}_2^-$ 都参与了反应, 且由 B 项分析可知, 路径 2 的速控步骤伴有 PDA 再生, 但路径 3 的速控步骤为 $^*\text{CO}_2^-$ 得电子转化为 $^*\text{CO}$ 和 $^*\text{CO}_3^{2-}$, 没有 PDA 的生成, 故 D 错误;

故答案为: D。

二、非选择题: 共 58 分。

15. 市售的溴(纯度 99%)中含有少量的 Cl_2 和 I_2 , 某化学兴趣小组利用氧化还原反应原理, 设计实验制备高纯度的溴。回答下列问题:

(1) 装置如图(夹持装置等略), 将市售的溴滴入盛有浓 CaBr_2 溶液的 B 中, 水浴加热至不再有红棕色液体馏出。仪器 C 的名称为_____ ; CaBr_2 溶液的作用为_____ ; D 中发生的主要反应的化学方程式为_____。



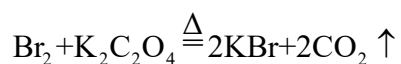
(2) 将 D 中溶液转移至_____ (填仪器名称)中, 边加热边向其中滴加酸化的 KMnO_4 溶液至出现红棕色气体, 继续加热将溶液蒸干得固体 R。该过程中生成 I_2 的离子方程式为_____。

(3) 利用图示相同装置, 将 R 和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 固体混合均匀放入 B 中, D 中加入冷的蒸馏水。由 A 向 B 中滴加适量浓 H_2SO_4 , 水浴加热蒸馏。然后将 D 中的液体分液、干燥、蒸馏, 得到高纯度的溴。D 中蒸馏水的作用为_____和_____。

(4) 为保证溴的纯度, 步骤(3)中 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 固体的用量按理论所需量的 $\frac{3}{4}$ 计算, 若固体 R 质量为 m 克(以 KBr 计), 则需称取_____ $\text{gK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($M=294\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) (用含 m 的代数式表示)。

(5) 本实验所用钾盐试剂均经重结晶的方法纯化。其中趁热过滤的具体操作为漏斗下端管口紧靠烧杯内壁, 转移溶液时用_____, 滤液沿烧杯壁流下。

【答案】 (1) ①. 直形冷凝管 ②. 除去市售的溴中少量的 Cl_2 ③.



(2) ①. 蒸发皿 ②. $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \xrightarrow{\Delta} 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

(3) ①. 液封 ②. 降低温度

(4) $0.31m$

(5) 玻璃棒引流, 玻璃棒下端靠在三层滤纸处

【解析】

【分析】 市售的溴(纯度 99%)中含有少量的 Cl_2 和 I_2 , 实验利用氧化还原反应原理制备高纯度的溴, 市售的溴滴入盛有浓 CaBr_2 溶液中, Cl_2 可与 CaBr_2 发生氧化还原反应而除去, I_2 与 Br_2 一起蒸馏入草酸钾溶液中, 并被草酸钾还原为 I^- 、 Br^- , 并向溶液中滴加高锰酸钾溶液氧化 I^- , 加热蒸干得 KBr 固体, 将 KBr 固体和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 固体混合均匀加入冷的蒸馏水, 同时滴加适量浓 H_2SO_4 , 水浴加热蒸馏, 得到的液体分液、干燥、蒸馏,

可得高纯度的溴。

【小问 1 详解】

仪器 C 为直形冷凝管，用于冷凝蒸气；市售的溴中含有少量的 Cl_2 ， Cl_2 可与 CaBr_2 发生氧化还原反应而除去；水浴加热时， Br_2 、 I_2 蒸发进入装置 D 中，分别与 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 发生氧化还原反应，

$\text{Br}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KBr} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 、 $\text{I}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KI} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ ，由于 Br_2 为进入 D 的主要物质，故主要

反应的化学方程式为 $\text{Br}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KBr} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ ；

【小问 2 详解】

将 D 中溶液转移至蒸发皿中，边加热边向其中滴加酸化的 KMnO_4 溶液至出现红棕色气体(Br_2)，即说明

KMnO_4 已将 KI 全部氧化，发生反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \xrightarrow{\Delta} 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ； KBr

几乎未被氧化，继续加热将溶液蒸干所得固体 R 的主要成分为 KBr ；

【小问 3 详解】

密度 $\text{Br}_2 > \text{H}_2\text{O}$ ，D 中冷的蒸馏水起到液封的作用，同时冷的蒸馏水温度较低，均可减少溴的挥发；

【小问 4 详解】

m 克 KBr 固体的物质的量为 $\frac{m}{119}$ mol，根据转移电子相等可得关系式 $6\text{KBr} \sim 6\text{e}^- \sim \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，则理论上需

要 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的物质的量为 $\frac{1}{6} \times \frac{m}{119}$ mol，实际所需称取 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的质量为

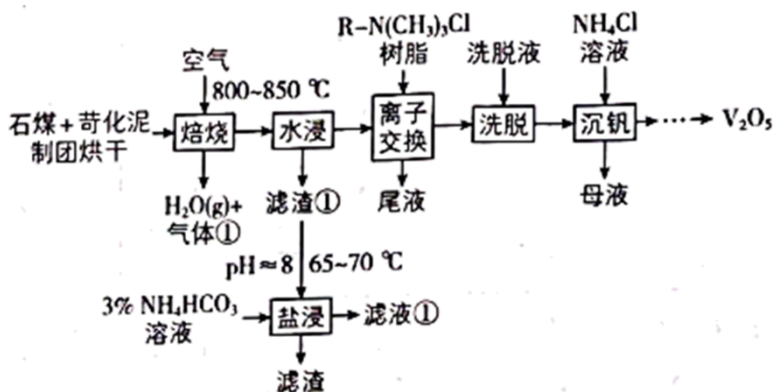
$$\frac{1}{6} \times \frac{m}{119} \text{ mol} \times \frac{3}{4} \times 294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 0.31 \text{ mg}；$$

【小问 5 详解】

趁热过滤的具体操作：漏斗下端管口紧靠烧杯内壁，转移溶液时用玻璃棒引流，玻璃棒下端靠在三层滤纸处，滤液沿烧杯壁流下。

16. V_2O_5 是制造钒铁合金、金属钒的原料，也是重要的催化剂。以苛化泥为焙烧添加剂从石煤中提取

V_2O_5 的工艺，具有钒回收率高、副产物可回收和不产生气体污染物等优点。工艺流程如下。



已知：i 石煤是一种含 V_2O_3 的矿物，杂质为大量 Al_2O_3 和少量 CaO 等；苛化泥的主要成分为 $CaCO_3$ 、 $NaOH$ 、 Na_2CO_3 等。

ii 高温下，苛化泥的主要成分可与 Al_2O_3 反应生成偏铝酸盐；室温下，偏钒酸钙 $[Ca(VO_3)_2]$ 和偏铝酸钙均难溶于水。回答下列问题：

- (1) 钒原子的价层电子排布式为_____；焙烧生成的偏钒酸盐中钒的化合价为_____，产生的气体①为_____ (填化学式)。
- (2) 水浸工序得到滤渣①和滤液，滤渣①中含钒成分为偏钒酸钙，滤液中杂质的主要成分为_____ (填化学式)。
- (3) 在弱碱性环境下，偏钒酸钙经盐浸生成碳酸钙发生反应的离子方程式为_____； CO_2 加压导入盐浸工序可提高浸出率的原因为_____；浸取后低浓度的滤液①进入_____ (填工序名称)，可实现钒元素的充分利用。
- (4) 洗脱工序中洗脱液的主要成分为_____ (填化学式)。
- (5) 下列不利于沉钒过程的两种操作为_____ (填序号)。
a. 延长沉钒时间 b. 将溶液调至碱性 c. 搅拌 d. 降低 NH_4Cl 溶液的浓度

【答案】(1) ①. $3d^3 4s^2$ ②. +5 ③. CO_2

(2) $NaAlO_2$

(3) ①. $HCO_3^- + OH^- + Ca(VO_3)_2 \xrightarrow{65\sim 70^\circ C} CaCO_3 + H_2O + 2VO_3^-$ ②. 提高溶液中 HCO_3^- 浓度，

促使偏钒酸钙转化为碳酸钙，释放 VO_3^- ③. 离子交换

(4) $NaCl$

(5) bd

【解析】

【分析】石煤和苛化泥通入空气进行焙烧，反应生成 NaVO_3 、 $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ 、 NaAlO_2 、 $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ 、 CaO 和 CO_2 等，水浸可分离焙烧后的可溶性物质(如 NaVO_3)和不溶性物质[$\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ 等]，过滤后滤液进行离子交换、洗脱，用于富集和提纯 VO_3^- ，加入氯化铵溶液沉钒，生成 NH_4VO_3 ，经一系列处理后得到 V_2O_5 ；滤渣①在 $\text{pH} \approx 8$ ， $65 \sim 70^\circ\text{C}$ 的条件下加入 3% NH_4HCO_3 溶液进行盐浸，滤渣①中含有钒元素，通过盐浸，使滤渣①中的钒元素进入滤液①中，再将滤液①回流到离子交换工序，进行 VO_3^- 的富集。

【小问 1 详解】

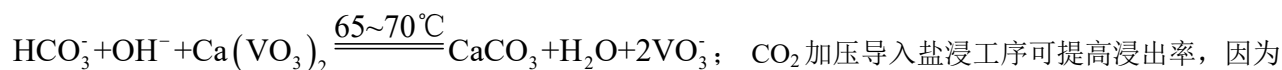
钒是 23 号元素，其价层电子排布式为 $3d^3 4s^2$ ；焙烧过程中，氧气被还原， V_2O_3 被氧化生成 VO_3^- ，偏钒酸盐中钒的化合价为 +5 价； CaCO_3 在 800°C 以上开始分解，生成的气体①为 CO_2 。

【小问 2 详解】

由已知信息可知，高温下，苛化泥的主要成分与 Al_2O_3 反应生成偏铝酸钠和偏铝酸钙，偏铝酸钠溶于水，偏铝酸钙难溶于水，所以滤液中杂质的主要成分是 NaAlO_2 。

【小问 3 详解】

在弱碱性环境下， $\text{Ca}(\text{VO}_3)_2$ 与 HCO_3^- 和 OH^- 反应生成 CaCO_3 、 VO_3^- 和 H_2O ，离子方程式为：



C 可提高溶液中 HCO_3^- 浓度，促使偏钒酸钙转化为碳酸钙，释放 VO_3^- ；滤液①中含有 VO_3^- 、 NH_4^+ 等，且浓度较低，若要利用其中的钒元素，需要通过离子交换进行分离、富集，故滤液①应进入离子交换工序。

【小问 4 详解】

由离子交换工序中树脂的组成可知，洗脱液中应含有 Cl^- ，考虑到水浸所得溶液中含有 Na^+ ，为避免引入其他杂质离子，且 NaCl 廉价易得，故洗脱液的主要成分应为 NaCl 。

【小问 5 详解】

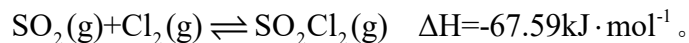
- 延长沉钒时间，能使反应更加完全，有利于沉钒，a 不符合题意；
- NH_4Cl 呈弱酸性，如果将溶液调至碱性， OH^- 与 NH_4^+ 反应，不利于生成 NH_4VO_3 ，b 符合题意；
- 搅拌能使反应物更好的接触，提高反应速率，使反应更加充分，有利于沉钒，c 不符合题意；

d. 降低 NH_4Cl 溶液的浓度，不利于生成 NH_4VO_3 ，d 符合题意；

故选 bd。

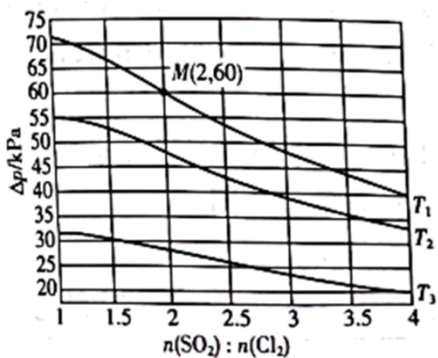
17. 氯气是一种重要的基础化工原料，广泛应用于含氯化工产品的生产。硫酰氯及 1, 4-二(氯甲基)苯等可通过氯化反应制备。

(1) 硫酰氯常用作氯化剂和氯磺化剂，工业上制备原理如下：



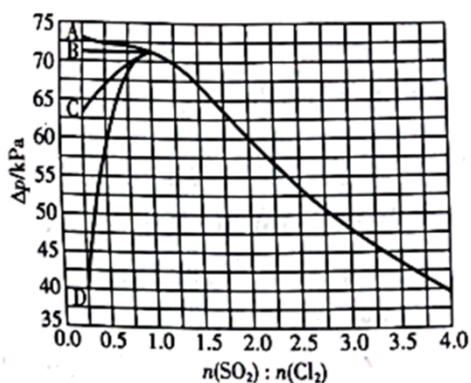
①若正反应的活化能为 $E_{\text{正}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则逆反应的活化能 $E_{\text{逆}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用含 $E_{\text{正}}$ 的代数式表示)。

②恒容密闭容器中按不同进料比充入 $\text{SO}_2(\text{g})$ 和其 $\text{Cl}_2(\text{g})$ ，测定 T_1 、 T_2 、 T_3 温度下体系达平衡时的 Δp ($\Delta p = p_0 - p$, p_0 为体系初始压强， $p_0 = 240 \text{ kPa}$ ， p 为体系平衡压强)，结果如图。

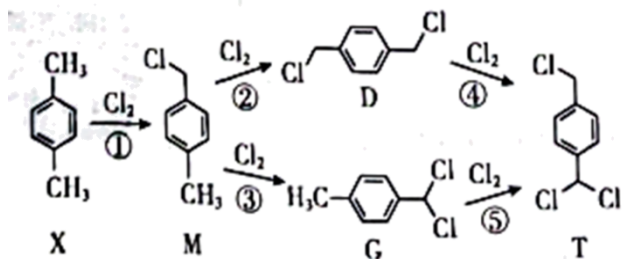


上图中温度由高到低的顺序为 ，判断依据为 。M 点 Cl_2 的转化率为 ， T_1 温度下用分压表示的平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kPa}^{-1}$ 。

③下图曲线中能准确表示 T_1 温度下 Δp 随进料比变化的是 (填序号)。



(2) 1, 4-二(氯甲基)苯(D)是有机合成中的重要中间体，可由对二甲苯(X)的氯化反应合成。对二甲苯浅度氯化时反应过程为



以上各反应的速率方程均可表示为 $v=kc(A)c(B)$ ，其中 $c(A)$ 、 $c(B)$ 分别为各反应中对应反应物的浓度， k 为速率常数($k_1 \sim k_5$ 分别对应反应①~⑤)。某温度下，反应器中加入一定量的 X，保持体系中氯气浓度恒定(反应体系体积变化忽略不计)，测定不同时刻相关物质的浓度。已知该温度下， $k_1:k_2:k_3:k_4:k_5=100:21:7:4:23$ 。

① 30min 时， $c(X)=6.80\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，且 30~60min 内 $v(X)=0.042\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，反应进行到 60min 时， $c(X)=$ _____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

② 60min 时， $c(D)=0.099\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，若 0~60min 产物 T 的含量可忽略不计，则此时 $c(G)=$ _____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；60min 后，随 T 的含量增加， $\frac{c(D)}{c(G)}$ _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

【答案】(1) ①. $E_{\text{正}}+67.59$ ②. $T_3>T_2>T_1$ ③. 该反应正反应放热，且气体分子数减小，反

应正向进行时，容器内压强减小，从 T_3 到 T_1 平衡时 Δp 增大，说明反应正向进行程度逐渐增大，对应温度逐渐降低 ④. 75% ⑤. 0.03 ⑥. D

(2) ①. 5.54 ②. 0.033 ③. 增大

【解析】

【小问 1 详解】

① 根据反应热 ΔH 与活化能 $E_{\text{正}}$ 和 $E_{\text{逆}}$ 关系为 $\Delta H = \text{正反应活化能} - \text{逆反应活化能}$ 可知，该反应的 $E_{\text{逆}} = E_{\text{正}} \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - \Delta H = (E_{\text{正}} + 67.59) \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

② 该反应的正反应为气体体积减小的反应，因此反应正向进行程度越大，平衡时容器内压强越小， Δp 即越大。从 T_3 到 T_1 ， Δp 增大，说明反应正向进行程度逐渐增大，已知正反应为放热反应，则温度由 T_3 到 T_1 逐渐降低，即 $T_3>T_2>T_1$ 。由题图甲中 M 点可知，进料比为 $n(\text{SO}_2):n(\text{Cl}_2)=2$ ，平衡时 $\Delta p=60\text{kPa}$ ，已知恒温恒容情况下，容器内气体物质的量之比等于压强之比，可据此列出“三段式”。

	$\text{SO}_2(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$	Δp
起始压强/kPa	160		80			
转化压强/kPa	60		60		60	60
平衡压强/kPa	100		20		60	

可计算得 $\alpha(\text{Cl}_2) = \frac{60\text{kPa}}{80\text{kPa}} \times 100\% = 75\%$, $K_p = \frac{p(\text{SO}_2\text{Cl}_2)}{p(\text{SO}_2) \cdot p(\text{Cl}_2)} = \frac{60\text{kPa}}{100\text{kPa} \times 20\text{kPa}} = 0.03\text{kPa}^{-1}$ 。

③由题图甲中 M 点可知, 进料比为 2 时, $\Delta p = 60\text{kPa}$, 结合“三段式”, 以及 T_1 时化学平衡常数可知, 进料比为 0.5 时, Δp 也为 60kPa , 曲线 D 上存在 (0.5, 60)。本题也可以快解: 根据“等效平衡”原理, 该反应中 SO_2 和 Cl_2 的化学计量数之比为 1:1, 则 SO_2 和 Cl_2 的进料比互为倒数(如 2 与 0.5)时, Δp 相等。

【小问 2 详解】

①根据化学反应速率的计算公式时, $v(\text{X}) = \frac{\Delta c(\text{X})}{\Delta t}$, 60min 时,

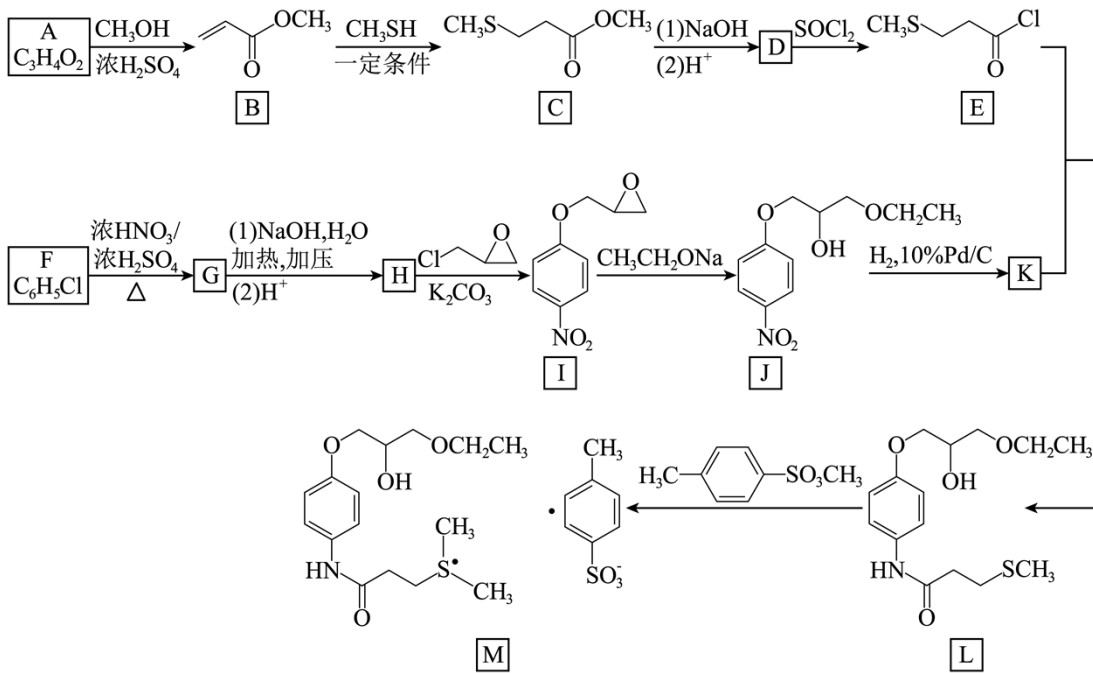
$$c(\text{X}) = 6.80\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - v(\text{X}) \cdot \Delta t = 6.80\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.042\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 30\text{min} = 5.54\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

②已知 $\frac{v(\text{D})}{v(\text{G})} = \frac{\frac{\Delta c(\text{D})}{t}}{\frac{\Delta c(\text{G})}{t}} = \frac{\Delta c(\text{D})}{\Delta c(\text{G})}$, 又由题给反应速率方程推知, $\frac{v(\text{D})}{v(\text{G})} = \frac{k_2 \cdot c(\text{M})}{k_3 \cdot c(\text{M})} = \frac{k_2}{k_3} = 3$, 则

$\Delta c(\text{G}) = \frac{1}{3} \times \Delta c(\text{D}) = 0.033\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 60min 后 $c(\text{G}) = 0.033\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。60min 后, D 和 G 转化为 T 的速

率比为 $\frac{k_4 \cdot c(\text{D})}{k_5 \cdot c(\text{G})} = \frac{4 \cdot 0.099}{23 \cdot 0.033}$, G 消耗得更快, 则 $\frac{c(\text{D})}{c(\text{G})}$ 增大。

18. 甲磺司特(M)是一种在临床上治疗支气管哮喘、特应性皮炎和过敏性鼻炎等疾病的药物。M 的一种合成路线如下(部分试剂和条件省略)。



回答下列问题：

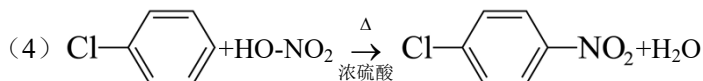
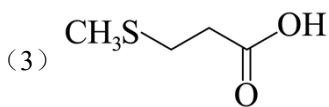
- (1) A 的化学名称为_____。
- (2) B → C 的反应类型为_____。
- (3) D 的结构简式为_____。
- (4) 由 F 生成 G 的化学方程式为_____。
- (5) G 和 H 相比，H 的熔、沸点更高，原因为_____。
- (6) K 与 E 反应生成 L，新构筑官能团的名称为_____。
- (7) 同时满足下列条件的 I 的同分异构体共有_____种。

(a)核磁共振氢谱显示为 4 组峰，且峰面积比为 3:2:2:2；

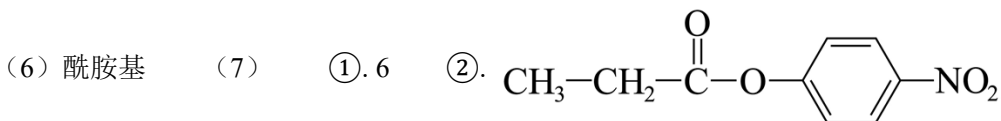
(b)红外光谱中存在 C=O 和硝基苯基($\text{C}_6\text{H}_4\text{-NO}_2$)吸收峰。

其中，可以通过水解反应得到化合物 H 的同分异构体的结构简式为_____。

【答案】(1) 丙烯酸 (2) 加成反应



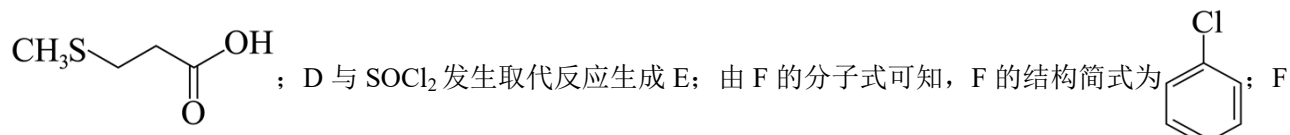
(5) H 分子中存在羟基，能形成分子间氢键

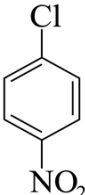


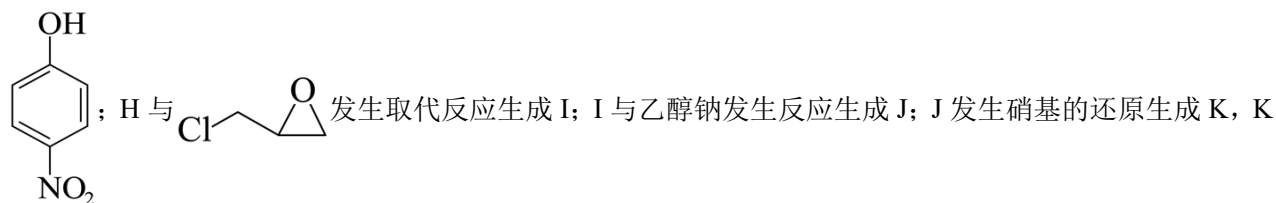
【解析】

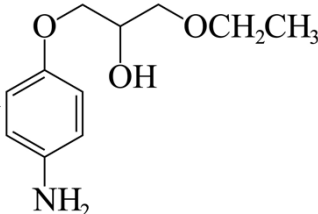
【分析】由流程图可知，A 与甲醇发生酯化反应生成 B，则 A 的结构简式为 ；B 与 CH₃SH

发生加成反应生成 C；C 在碱性条件下发生酯的水解反应，酸化后生成 D，则 D 的结构简式为



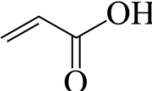
发生硝化反应生成 G，G 的结构简式为 ；G 在一定条件下发生水解反应生成 H，H 的结构简式为



的结构简式为 ；K 与 E 发生取代反应生成 L；L 与 $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{CH}_3$ 反

应生成 M。

【小问 1 详解】

由 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 的反应条件和 B 的结构简式可知该步骤为酯化反应，因此 A 为 ，其名称为丙烯酸。

【小问 2 详解】

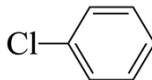
B 与 CH_3SH 发生加成反应， $-\text{H}$ 和 $-\text{SCH}_3$ 分别加到双键碳原子上生成 C。

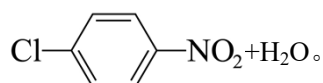
【小问 3 详解】

结合 C 和 E 的结构简式以及 $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 和 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的反应条件，可知 $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 为 C 先在碱性条件下发生水解反应后

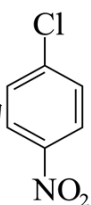
酸化，D 为 $\text{CH}_3\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ ，D 与亚硫酰氯发生取代反应生成 E。

【小问 4 详解】

$\text{F} \rightarrow \text{G}$ 的反应中，结合 I 的结构可知，苯环上碳氯键的对位引入硝基，浓硫酸作催化剂和吸水剂，吸收反应产物中的水，硝化反应的条件为加热，反应的化学方程式是：
 + $\text{HO}-\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{浓硫酸}]{\Delta}$



【小问 5 详解】

由分析可知，G 的结构简式为 ，H 的结构简式为 ，H 分子中存在羟基，能形成分子间氢键，


G 分子不能形成分子间氢键，分子间氢键会使物质的熔、沸点显著升高。

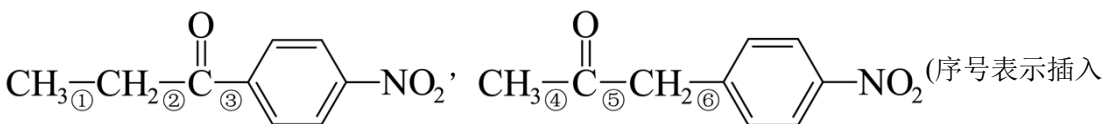
【小问 6 详解】

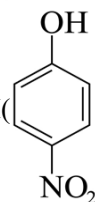
根据分析可知，K 与 E 反应生成 L 为取代反应，反应中新构筑的官能团为酰胺基。

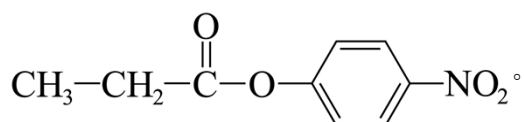
【小问 7 详解】

I 的分子式为 $C_9H_9NO_4$ ，其不饱和度为 6，其中苯环占 4 个不饱和度， $C=O$ 和硝基各占 1 个不饱和度，因此满足条件的同分异构体中除了苯环、 $C=O$ 和硝基之外没有其他不饱和结构。由题给信息，结构中存

在“”，根据核磁共振氢谱中峰面积之比为 3:2:2:2 可知，结构中不存在羟基、存在甲基，结构高度对称，硝基苯基和 $C=O$ 共占用 3 个 O 原子，还剩余 1 个 O 原子，因此剩余的 O 原子只能插入两个相邻的 C 原子之间。不考虑该 O 原子，碳骨架的异构有 2 种，且每种都有 3 个位置可以插入该 O

原子，如图： (序号表示插入

O 原子的位置)，因此符合题意的同分异构体共有 6 种。其中，能够水解生成 H() 的结构为



【点睛】第(7)问在确定同分异构体数量时也可以采用排列法，首先确定分子整体没有支链，且甲基和硝基苯基位于分子链的两端，之后可以确定中间的基团有亚甲基、 $C=O$ 和氧原子，三者共有 $A_3^3=6$ 种排列方式，则符合条件的同分异构体共有 6 种。