锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

高中 2024 级第一次诊断性考试

化学

全卷共 100 分，考试时间为 75 分钟。

注意事项：

1．答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。

2．回答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。

3．考试结束后，监考员将答题卡交回。

可能用到的相对原子质量：H-1　C-12　N-14　O-16　Ni-59　Zn-65

一、单项选择题：本题共 15 小题，每小题 3 分，共 45 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. 文物镌刻岁月，承载华夏文脉。下列文物的主要材质属于金属材料的是

	
A．青瓷瓶	B．木雕杯
	
C．青铜鼎	D．云龙纹丝绸

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】C

锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

【解析】

【详解】A．青瓷瓶的主要成分为硅酸盐，属于无机非金属材料，不属于金属材料，A 错误；

B．木雕杯的主要材质为天然木材，属于天然有机高分子材料，不属于金属材料，B 错误；

C．青铜鼎的主要材质为青铜，是铜与锡等形成的合金，合金属于金属材料，C 正确；

D．云龙纹丝绸的主要成分为蛋白质，属于天然有机高分子材料，不属于金属材料，D 错误；

故选 C。

2. 生活中蕴含着丰富的化学知识。下列相关说法错误的是

A. 铁粉易被氧化，可单独包装后放入富脂食品包装袋中用作脱氧剂

B. 碳酸钡可用作消化系统 X 射线检查时的内服药剂，俗称“钡餐”

C. 为减少“白色污染”，可用聚乳酸代替聚乙烯制作食品包装袋

D. 亚硝酸钠是一种防腐剂和护色剂，可用于一些肉制品的生产和加工

【答案】B

【解析】

【详解】A．还原性铁粉易被氧化，可与食品包装袋内的氧气、水蒸气发生反应，消耗袋内氧气以防止富脂食品氧化变质，单独包装可避免铁粉直接接触食品，A 正确；

B．$BaCO_3$可与胃液中的 HCl 反应生成可溶性的有毒 $BaCl_2$，会引发重金属中毒，不能用作消化系统 X 射线检查的内服药剂，俗称“钡餐”的物质是不溶于胃酸的 $BaSO_4$，B 错误；

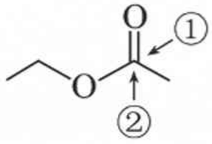
C．聚乳酸属于可生物降解的高分子材料，替代难降解的聚乙烯制作食品包装袋，可有效减少难降解塑料带来的“白色污染”，C 正确；

D．在国家标准规定的使用剂量范围内，$NaNO_2$ 可作为防腐剂和护色剂，用于部分肉制品的生产和加工，D 正确；

故选 B。

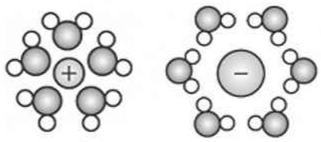
3. 下列化学用语或图示表达错误的是

A. $^{16}O_2$和$^{18}O_2$互为同位素

B. 乙酸乙酯（

）中键角：①>②

C. 用电子式表示 CS_2 的形成过程为：$\cdot\dot{\underset{\cdot\cdot}{C}}\cdot + 2\cdot\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}\cdot \longrightarrow :\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}::C::\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}:$

D. $NaCl$溶液中的水合钠离子和水合氯离子分别为：

【答案】A

【解析】

【详解】A．同位素的定义为质子数相同、中子数不同的同种元素的不同核素（原子）互称同位素，研究对象为原子；$^{16}O_2$和$^{18}O_2$均为氧元素形成的单质分子，不属于核素，不满足同位素的定义，A 错误；

B．乙酸乙酯的羰基碳原子为sp^2杂化，①为碳氧双键与相邻碳碳单键的键角，②为羰基碳连接的两个单键（碳碳单键、碳氧单键）之间的键角；根据价层电子对互斥理论，双键的成键电子对排斥力大于单键，因此双键与单键间的键角大于两个单键间的键角，即①>②，B 正确；

C．CS_2为共价化合物，结构与CO_2类似，中心C原子与两个S原子形成碳硫双键，用电子式表示其形成过程时，C原子的最外层 4 个电子与两个S原子的最外层 6 个电子通过共用电子对形成 8 电子稳定结构，图示的形成过程符合CS_2的电子式结构，C 正确；

D．水分子为 V 形结构，氧原子带部分负电荷，氢原子带部分正电荷；水合钠离子中，带正电的Na^+会吸引水分子的负端（氧原子），即氧原子朝向Na^+；水合氯离子中，带负电的Cl^-会吸引水分子的正端（氢原子），即氢原子朝向Cl^-，图示的水合离子结构符合上述规律，也符合半径大小规律，D 正确；

故选 A。

4. 设N_A为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

A. $1\ mol$硫酸氢钠晶体中含有的离子数目为$3N_A$

B. $22.4\ L\ C_2H_4$和C_2H_2的混合物中含有C原子数目为$2N_A$

C. $6.5\ g\ Zn$与一定量的浓硫酸恰好完全反应时，转移的电子数目为$0.2N_A$

D. $1\ mol\ NO$与$0.5\ mol\ O_2$充分反应，生成气体分子的数目为N_A

【答案】C

【解析】

【详解】A．硫酸氢钠晶体中仅存在Na^+和HSO_4^-两种离子，$1mol\ NaHSO_4$晶体含有的离子总物质的量为

锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

$2mol$，离子数目为$2N_A$，A 错误；

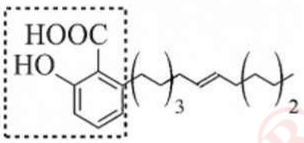
B．题目未指明该气体混合物处于标准状况下，无法计算22.4L C_2H_4和C_2H_2混合气体的物质的量，因此无法确定所含C原子的数目，B 错误；

C．6.5g Zn的物质的量为$0.1mol$，Zn与浓硫酸反应时，无论初始阶段生成SO_2、后期浓硫酸变稀后生成H_2，Zn均被氧化为+2 价的Zn^{2+}，$0.1mol$ Zn完全反应时转移电子总物质的量为$0.2mol$，即转移电子数目为$0.2N_A$，C 正确；

D．$1mol$ NO与$0.5mol$ O_2恰好反应生成$1mol$ NO_2，但体系中存在可逆平衡$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$，会使气体总分子数减少，因此最终生成的气体分子数目小于N_A，D 错误；

故选 C。

5. 四川为我国银杏主产区之一，银杏酸（白果酸）是银杏叶中药提取物中需严格管控的致敏杂质，其结构如下。下列有关该化合物的说法正确的是



A. 分子式为$C_{22}H_{32}O_3$

B. 能发生加成反应，不能发生取代反应

C. 虚框内所有原子一定共平面

D. 1 mol 该物质与足量$NaHCO_3$反应生成

44 g CO_2

【答案】D

【解析】

【详解】A．根据结构计算，该化合物总碳原子数为 22，氧原子数为 3，不饱和度为苯环（$\Omega=4$）、羧基羰基（$\Omega=1$）、长链碳碳双键（$\Omega=1$），总不饱和度为 6，计算得氢原子数为 34，分子式为$C_{22}H_{34}O_3$，并非$C_{22}H_{32}O_3$，A 错误；

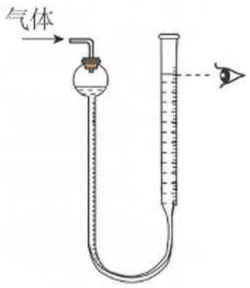
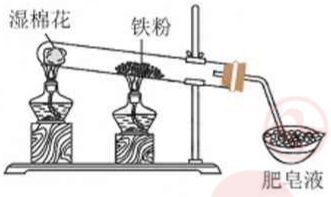
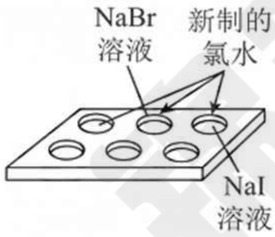
B．该物质含有苯环、碳碳双键，可发生加成反应；同时含有羧基、酚羟基、烷基结构，可发生酯化反应、苯环上的亲电取代反应、烷基上的卤代反应等取代反应，B 错误；

C．虚框内包含苯环、酚羟基、羧基，其中羧基与苯环之间以可自由旋转的 C-C 单键相连，羧基所在平面与苯环平面不一定重合，因此虚框内所有原子不一定共平面，C 错误；

D．该物质中仅羧基可与 $NaHCO_3$ 反应，酚羟基酸性弱于碳酸，不与 $NaHCO_3$ 反应，$1mol$ 羧基与足量 $NaHCO_3$ 反应生成 $1molCO_2$，质量为 $44g$，D 正确；

故答案选 D。

6. 下列实验操作或装置能达到相应实验目的的是

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>A．用量气管测量气体体积</td><td>B．洗涤盛有 $CuSO_4$ 废液的试管</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>C．点燃肥皂泡检验 H_2 的生成</td><td>D．验证氧化性 $Cl_2 > Br_2 > I_2$</td></tr>
</table>

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A．测量气体体积时，应先调节右侧管使左右两侧液面相平，使气体压强等于大气压，再视线与凹液面最低处相平读数；图中两侧液面未相平，测量不准确，A 不符合题意；

B．洗涤盛有 $CuSO_4$ 废液的试管时，应先将废液倒入指定容器，再注入水振荡、倒掉，反复洗涤；不能直接向盛废液的试管中放水冲洗，B 不符合题意；

C．加热湿棉花产生水蒸气，高温下铁粉与水蒸气反应生成 Fe_3O_4 和 H_2，H_2 通入肥皂液形成肥皂泡，点

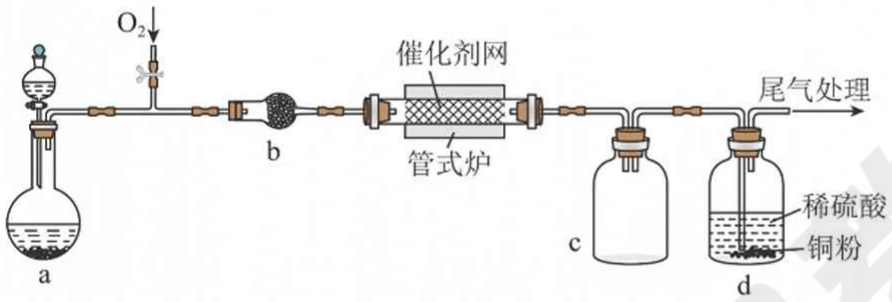
锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

燃肥皂泡可检验 H_2，C 符合题意；

D．要验证氧化性 $Cl_2 > Br_2 > I_2$，应先证明 Cl_2 能氧化 Br^-，再将生成的 Br_2 加入 I^- 溶液；图中氯水直接加入 NaI 溶液，Cl_2 可直接氧化 I^-，无法证明 Br_2 氧化性强于 I_2，D 不符合题意；

故选 C。

7. 实验室中用如图装置（夹持装置略）制备氨气并进行相关探究。实验开始后，观察到 c 中出现红棕色气体，一段时间后还出现白烟。下列叙述正确的是



A. 装置 b 中可填充无水 $CaCl_2$ 干燥氨气

B. 装置 c 中的白烟成分是 NH_4NO_3 固体

C. 管式炉中发生氨的催化氧化：$4NH_3+7O_2 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} 4NO_2+6H_2O$

D. 装置 d 中溶液变蓝，说明稀硫酸能氧化铜

【答案】B

【解析】

【分析】实验室中用如图装置制备氨气并进行相关探究。a 装置制备氨气，氨气与氧气混合后经干燥，在催化剂作用下发生催化氧化反应生成一氧化氮和水，c 中反应生成的一氧化氮与氧气反应生成二氧化氮，NO_2 与体系中的水蒸气反应生成 HNO_3，HNO_3 与未完全反应的 NH_3 反应生成白色固体 NH_4NO_3，即观察到的白烟，d 中二氧化氮与水蒸气反应生成硝酸，硝酸与铜粉反应生成 NO，以此解答。

【详解】A．由分析可知，b 装置的作用是干燥氨气与氧气的混合气体，无水 $CaCl_2$ 会与 NH_3 反应生成络合物 $CaCl_2 \cdot 8NH_3$，无法用于干燥氨气，A 错误；

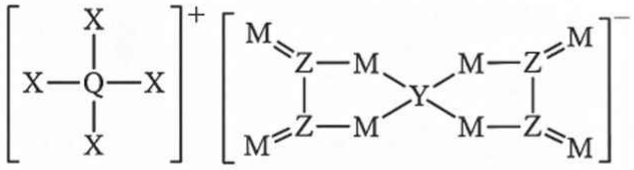
B．氨在管式炉中经催化氧化生成 NO，NO 遇过量 O_2 生成红棕色 NO_2，NO_2 与体系中的水蒸气反应生成 HNO_3，HNO_3 与未完全反应的 NH_3 反应生成白色固体 NH_4NO_3，即观察到的白烟，B 正确；

C．氨的催化氧化主反应为$4NH_3+5O_2 \overset{\text{催化剂}}{\underset{\Delta}{=}} 4NO+6H_2O$，并非直接生成$NO_2$，$NO_2$是$NO$在后续装置中与$O_2$反应的产物，C 错误；

D．稀硫酸与Cu不发生反应，由分析可知，d 中溶液变蓝是因为从 c 流出的NO、O_2在稀硫酸环境中生成HNO_3，HNO_3将Cu氧化为Cu^{2+}使溶液变蓝，并非稀硫酸氧化铜，D 错误；

故选 B。

8．X、Y、Z、Q、M 为原子序数依次增大的短周期主族元素，其中 M 是地壳中含量最高的元素。由这五种元素组成的某化合物结构如图。下列说法错误的是



A．第一电离能：$M>Q>Z$

B．最高价氧化物对应水化物的酸性$Q>Z>Y$

C．简单氢化物的沸点：$M>Q>Z$

D．X 与 Z、Q、M 各自均能形成至少两种化合物

【答案】A

【解析】

【分析】X、Y、Z、Q、M 为原子序数依次增大的短周期主族元素，M 是地壳中含量最高的元素，则 M 为 O 元素。根据图示阳离子的结构为$[X_4Q]^+$，可知 X 为 H 元素，Q 为 N 元素，形成NH_4^+。由阴离子结构可知，中心原子 Y 与四个 O 原子相连，且两个 O 原子与 Z 原子相连形成草酸根结构，结合原子序数 X(H)<Y<Z<Q(N)，推知 Y 为 B 元素，Z 为 C 元素，此时阴离子为$[B(C_2O_4)_2]^-$，符合题意。

【详解】A．同周期主族元素第一电离能随原子序数增大总体呈上升趋势，但 N 原子的 2p 轨道为半充满稳定结构，第一电离能大于相邻的 O，故第一电离能顺序为$Q(N)>M(O)>Z(C)$，A 选项中$M>Q>Z$的顺序错误，A 错误；

B．元素非金属性越强，最高价氧化物对应水化物的酸性越强，同周期主族元素从左到右非金属性逐渐增强，故非金属性$Q(N)>Z(C)>Y(B)$，对应最高价氧化物水化物酸性$HNO_3>H_2CO_3>H_3BO_3$，即$Q>Z>Y$，B 正确；

C．简单氢化物的沸点：H_2O（M 的氢化物）常温下为液态，分子间氢键作用强，沸点最高；NH_3（Q 的

锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

氢化物）常温下为气态，存在分子间氢键，沸点高于无分子间氢键的CH_4（Z 的氢化物），故沸点顺序为$H_2O>NH_3>CH_4$，即$M>Q>Z$，C 正确；

D．X 为 H，与 Z（C）可形成CH_4、C_2H_4等多种烃类化合物；与 Q（N）可形成NH_3、N_2H_4等化合物；与 M（O）可形成H_2O、H_2O_2等化合物，均至少形成两种化合物，D 正确；

故选 A。

9. 下列表示对应化学反应的离子方程式正确的是

A. 用$CuSO_4$溶液除去乙炔中的H_2S：$Cu^{2+}+S^{2-}=CuS\downarrow$

B. 用稀盐酸浸泡氧化银：$Ag_2O+2H^++2Cl^-=2AgCl+H_2O$

C. 向亚硫酸氢钠溶液中加入少量过氧化钠：$HSO_3^-+Na_2O_2=2Na^++SO_4^{2-}+OH^-$

D. 物质的量之比为 1∶2 的$NH_4Al(SO_4)_2$与$Ba(OH)_2$溶液反应：$Al^{3+}+2SO_4^{2-}+2Ba^{2+}+4OH^-=[Al(OH)_4]^-+2BaSO_4\downarrow$

【答案】B

【解析】

【详解】A．H_2S是弱电解质，在离子方程式中不能拆写为S^{2-}，正确的离子方程式应为$Cu^{2+}+H_2S=CuS\downarrow+2H^+$，A 错误；

B．氧化银是难溶氧化物，与稀盐酸反应时，Ag_2O与H^+反应生成的Ag^+会与Cl^-结合生成难溶的$AgCl$沉淀，离子方程式$Ag_2O+2H^++2Cl^-=2AgCl+H_2O$符合反应事实、原子守恒与电荷守恒，B 正确；

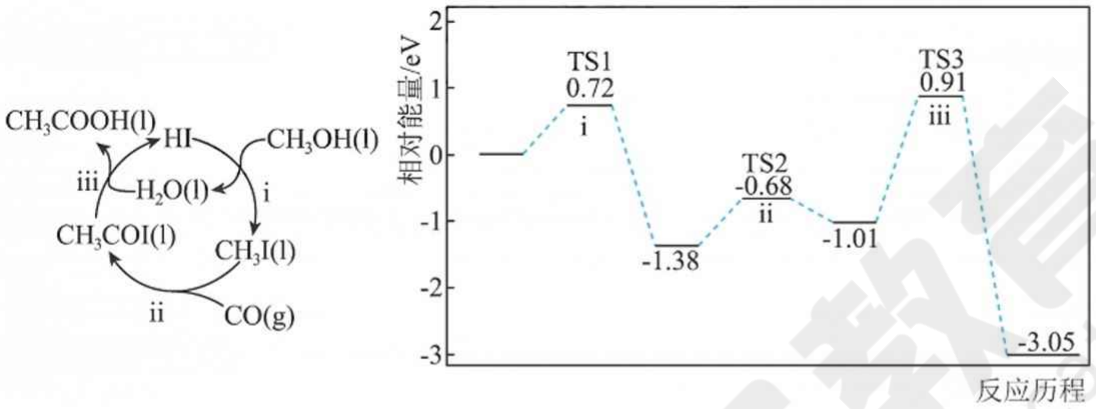
C．过氧化钠少量时，亚硫酸氢钠过量，反应生成的OH^-会与过量的HSO_3^-发生反应$HSO_3^-+OH^-=SO_3^{2-}+H_2O$，选项中方程式未考虑过量$HSO_3^-$与$OH^-$的反应，不符合反应实际，正确的离子方程式应为$2HSO_3^-+Na_2O_2=2Na^++SO_4^{2-}+H_2O+SO_3^{2-}$，C 错误；

D．物质的量之比为$1:2$的$NH_4Al(SO_4)_2$与$Ba(OH)_2$反应时，$1molNH_4Al(SO_4)_2$含$1molNH_4^+$、$1molAl^{3+}$、$2molSO_4^{2-}$，$2molBa(OH)_2$含$2molBa^{2+}$、$4molOH^-$；根据离子反应顺序，Al^{3+}优先与$3molOH^-$生成$Al(OH)_3$沉淀，剩余$1molOH^-$与NH_4^+反应生成$NH_3\cdot H_2O$，无多余OH^-溶解$Al(OH)_3$，

选项中方程式遗漏了 NH_4^+ 的反应，且错误将 $Al(OH)_3$ 转化为 $\left[Al(OH)_4\right]^-$，正确离子方程式为 $Al^{3+}+2SO_4^{2-}+2Ba^{2+}+4OH^-+NH_4^+=Al(OH)_3\downarrow+NH_3\cdot H_2O+2BaSO_4\downarrow$，D 错误；

故选 B。

10. CO与甲醇催化制备乙酸的反应历程及每分子甲醇转化为乙酸的能量变化关系如图（TS 为过渡态）。下列说法正确的是



A. 步骤 i 的反应过程只涉及极性键的断裂与形成

B. 该反应有三个基元反应，反应 ii 是决速步骤

C. HI可以降低反应的焓变，用 HBr 替代 HI 对产率无影响

D. 总反应的热化学方程式为 $CO(g)+CH_3OH(l)=CH_3COOH(l)\quad \Delta H=-3.05\,kJ/mol$

【答案】A

【解析】

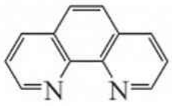
【详解】A．步骤 i 的反应为 $CH_3OH(l)+HI(l)=CH_3I(l)+H_2O(l)$，过程中断裂的 C-O 键、H-I 键，形成的 C-I 键、O-H 键均为不同种原子间的极性共价键，无非极性键的断裂与形成，A 正确；

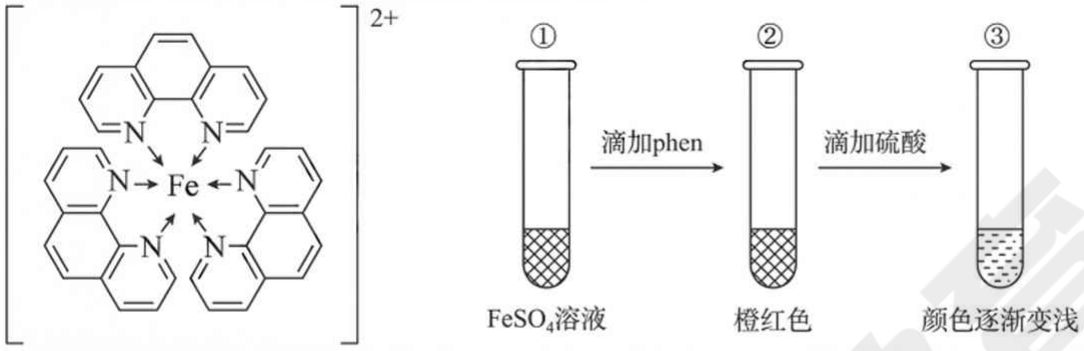
B．图中存在 3 个过渡态 TS1、TS2、TS3，对应 3 个基元反应，计算各基元反应的活化能：步骤 i 的活化能为 $0.72eV-0=0.72eV$，步骤 ii 的活化能为 $(-0.68eV)-(-1.38eV)=0.70eV$，步骤 iii 的活化能为 $0.91eV-(-1.01eV)=1.92eV$，活化能最大的步骤 iii 是总反应的决速步骤，并非步骤 ii，B 错误；

C．HI 是反应的催化剂，催化剂可降低反应的活化能，但不改变反应的焓变（焓变由反应物和生成物的能量差决定）；HBr 的键能与 HI 不同，替代 HI 后各步反应的活化能发生改变，反应速率变化，会影响反应产率，C 错误；

D．图中纵轴的相对能量为每分子的能量变化，单位为 eV，$-3.05eV$ 是单分子反应的能量变化，不是每摩尔反应的焓变，D 错误；

故选 A。

11. 邻二氮菲 phen（，平面形分子）与 $FeSO_4$ 形成橙红色配合物 $\left[Fe(phen)_3\right]SO_4$（其内界结构如图）。某小组探究该配合物的性质，进行如下实验（忽略体积变化）。下列说法错误的是



A. 邻二氮菲中 N 原子的杂化方式为 sp^2

B. $\left[Fe(phen)_3\right]SO_4$ 中含有离子键、σ 键和大 π 键

C. 橙红色配合物中 Fe^{2+} 的配体数与配位数之比为 2∶1

D. 对比试管②和③可知，H^+ 与邻二氮菲配位的能力强于 Fe^{2+}

【答案】C

【解析】

【详解】A．邻二氮菲为平面形芳香分子，其中 N 原子与相邻 2 个 C 原子形成 σ 键，剩余 1 对孤电子对，价层电子对数为 3，杂化方式为 sp^2，A 正确；

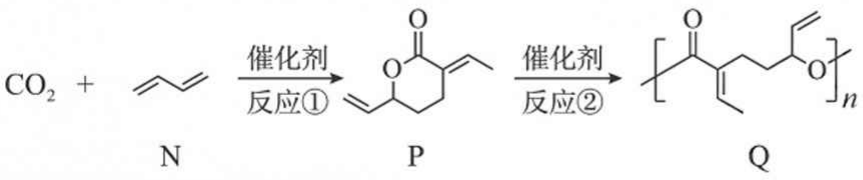
B．$\left[Fe(phen)_3\right]SO_4$ 中，内界配离子与外界 SO_4^{2-} 之间为离子键；配体 phen 内部的共价键、Fe 与 N 之间的配位键均属于 σ 键；phen 为平面芳香稠环结构，存在离域大 π 键，因此该物质含有离子键、σ 键和大 π 键，B 正确；

C．该配合物中配体为 phen，共 3 个，即配体数为 3；每个 phen 为双齿配体，可提供 2 个 N 原子与 Fe^{2+} 配位，因此配位数为 $3\times2=6$，配体数与配位数之比为 $3:6=1:2$，并非 $2:1$，C 错误；

D．向橙红色的配合物溶液中滴加硫酸，H^+ 浓度增大，溶液颜色逐渐变浅，说明配合物发生解离，H^+ 可与邻二氮菲的 N 原子结合，将邻二氮菲从 Fe^{2+} 的配位层中竞争出来，证明 H^+ 与邻二氮菲的配位能力强于 Fe^{2+}，D 正确；

故选 C。

12. 以 CO_2 和丁二烯为原料制备一种新型可降解高分子 Q 的合成路线如下，下列说法正确的是



N　　P　　Q

A. N 与 H_2 按物质的量 1∶1 加成，产物不存在顺反异构

B. 摩尔质量 $M(CO_2)+2M(N)=M(P)$

C. P、Q 在酸性条件下水解，得到的水解产物一定相同

D. P 分子中的手性碳原子，经反应②生成 Q 后转变为非手性碳原子

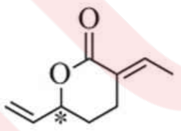
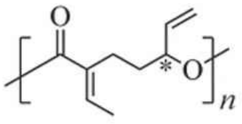
【答案】B

【解析】

【详解】A. N 为 1，3-丁二烯，与 H_2 按物质的量 1:1 加成时，可发生 1，4-加成生成 2-丁烯（$CH_3CH=CHCH_3$），该产物双键两端的碳原子均连接不同基团，存在顺反异构，A 错误；

B. 反应①为加成反应，1mol CO_2 与 2mol N 反应生成 1mol P，无小分子产物生成，根据原子守恒，反应物总摩尔质量等于 P 的摩尔质量，即 $M(CO_2)+2M(N)=M(P)$，B 正确；

C. P 为内酯，酸性条件下水解断开酯键生成对应羟基酸；Q 为 P 开环聚合得到的聚酯，其主链双键的连接方式与 P 水解产物的双键结构存在差异，酸性水解得到的产物不相同，C 错误；

D. P 分子中的手性碳原子：，生成 Q：后，该碳原子仍连接四个不同基团，仍为手性碳原子，D 错误；

故选 B。

13. 下列实验方案设计、现象或结论错误的是

选项	实验方案	实验现象	实验结论
A	向 $CuSO_4$ 溶液中滴加过量氨水，得到深蓝色溶液，再向其中加入乙醇	析出深蓝色晶体	分子的极性：$H_2O>CH_3CH_2OH$

B	向某溶液中滴加少量KSCN溶液，再加入几滴新制氯水，振荡	溶液先无明显变化，后变红	溶液中含有Fe^{2+}
C	加热溴乙烷、乙醇和烧碱的混合物，将产生的气体水洗后通入酸性$KMnO_4$溶液中	酸性$KMnO_4$溶液褪色	溴乙烷发生消去反应
D	将红热的木炭投入浓硝酸中	产生红棕色气体	碳和浓硝酸在加热条件下反应生成NO_2

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A．向$CuSO_4$溶液中滴加过量氨水，先生成$Cu(OH)_2$沉淀，后沉淀溶解形成可溶性铜氨配离子溶液，加入乙醇后析出深蓝色硫酸四氨合铜晶体；依据相似相溶原理，极性较强的离子型溶质在极性更小的溶剂中溶解度降低，可说明H_2O的分子极性强于CH_3CH_2OH，A正确；

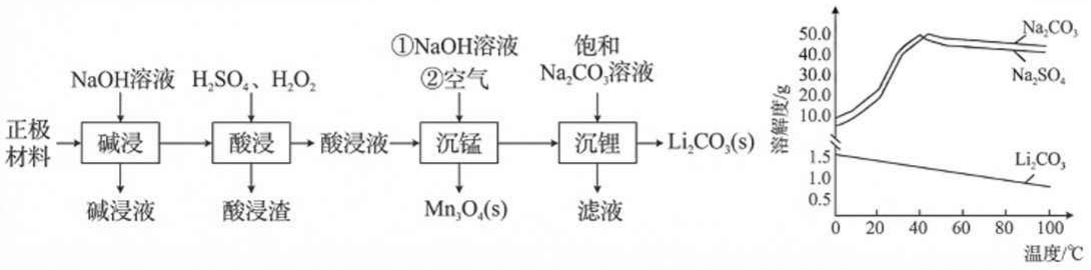
B．向溶液中先滴加少量KSCN溶液无明显变化，说明原溶液不存在Fe^{3+}，加入新制氯水后溶液变红，说明氯水将Fe^{2+}氧化为Fe^{3+}，可证明原溶液含有Fe^{2+}，B正确；

C．溴乙烷在乙醇和烧碱的混合体系中加热，若发生消去反应会生成乙烯，反应过程中挥发出来的乙醇蒸气可被水洗除去，剩余的乙烯能使酸性$KMnO_4$溶液褪色，因此可证明溴乙烷发生了消去反应，C正确；

D．红热的木炭温度较高，投入浓硝酸中时，会使接触到的浓硝酸受热分解，自身分解也会产生红棕色的NO_2气体，无法证明红棕色气体是碳和浓硝酸在加热条件下反应生成的，D错误；

故选D。

14. 一种从废旧锰酸锂电池的正极材料（主要含$LiMn_2O_4$、碳粉和铝箔）中回收Li和Mn的工艺流程如下。



已知：①酸浸液中含有Li^+、Mn^{2+}；

②沉锂过程中，有关物质的溶解度随温度变化如图所示。

下列说法错误的是

A. “碱浸”的目的是除去铝箔

B. “酸浸”时，H_2O_2作氧化剂

C. “沉锰”时，生成Mn_3O_4的离子方程式为：$6Mn^{2+}+O_2+12OH^-=2Mn_3O_4\downarrow+6H_2O$

D. “沉锂”过程中，获得固体的操作主要包括：蒸发结晶、趁热过滤、洗涤干燥

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铝箔可与NaOH溶液反应生成可溶性的$Na[Al(OH)_4]$，而正极材料中的$LiMn_2O_4$、碳粉不与NaOH溶液反应，因此“碱浸”的目的是除去铝箔，A正确；

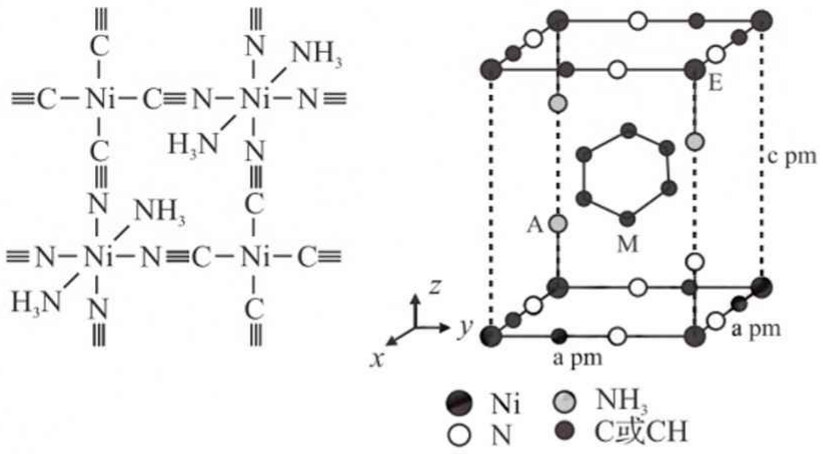
B. $LiMn_2O_4$中Mn元素平均化合价为+3.5价，酸浸后生成Mn^{2+}，Mn元素化合价降低被还原，因此H_2O_2在反应中作还原剂，被氧化为O_2，并非作氧化剂，B错误；

C. 沉锰过程中，Mn^{2+}在碱性条件下被空气中的O_2氧化生成Mn_3O_4，锰元素化合价：+2→+$\frac{8}{3}$(平均)，根据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒，反应的离子方程式：$6Mn^{2+}+O_2+12OH^-=2Mn_3O_4\downarrow+6H_2O$，C正确；

D. 由溶解度曲线可知，Li_2CO_3的溶解度随温度升高而减小，而Na_2CO_3、Na_2SO_4在较高温度下溶解度较大，因此沉锂时通过蒸发结晶使Li_2CO_3析出，趁热过滤可避免温度降低导致Li_2CO_3溶解度增大、同时防止钠盐析出混入产品，后续经洗涤干燥得到Li_2CO_3固体，D正确；

故答案选B。

15. $Ni(CN)_2$与苯在氨水中可生成一种淡紫色的苯包合沉淀物，该晶体属四方晶系，晶胞参数如图所示，晶胞棱边夹角均为90°。苯分子位于晶胞的体心且其中2个碳碳σ键平行于z轴，E点原子的分数坐标为$(1,1,1)$，Ni与NH_3形成的配位键的键长为r_1 pm，碳碳σ键的键长为r_2 pm。下列说法错误的是



A. Ni^{2+}有 d 轨道参与杂化

B. A 点原子的分数坐标为$\left(0,0,\frac{r_1}{c}\right)$

C. 该晶体的密度$\rho=\frac{206}{a^2cN_A\times10^{-30}}g\cdot cm^{-3}$

D. 晶胞中 A、M 间距离为：$\frac{\sqrt{2}a}{2}$

【答案】D

【解析】

【详解】A．Ni^{2+}的价电子构型为 $3d^8$，与配体形成六配位的八面体结构，杂化方式为 d^2sp^3，存在 d 轨道参与杂化，A 正确；

B．已知 E 点分数坐标为(1，1，1)，说明晶胞原点为(0，0，0)，A 点位于 x=0、y=0 的 z 向棱上，与 z=0 位置的 Ni 原子沿 z 轴形成配位键，键长为 r_1，因此 A 点的实际 z 坐标为 r_1，对应分数坐标为(0，0，$\frac{r_1}{c}$)，B 正确；

C．晶胞中 Ni 原子位于 8 个顶点，总贡献为 $8\times\frac{1}{8}$=1 个；CN^-位于 xy 平面的棱中点，总贡献为 $4\times\frac{1}{2}$=2 个；NH_3 位于 z 向棱上，总贡献为 $4\times\frac{1}{4}$=1 个；苯分子位于体心，完全属于晶胞，共 1 个。晶胞的总摩尔质量为 59+2×26+17+78=206 $g\cdot mol^{-1}$，晶胞体积为 $a^2c\ pm^3=a^2c\times10^{-30}\ cm^3$，因此密度$\rho=\frac{206}{a^2cN_A\times10^{-30}}g\cdot cm^{-3}$，C 正确；

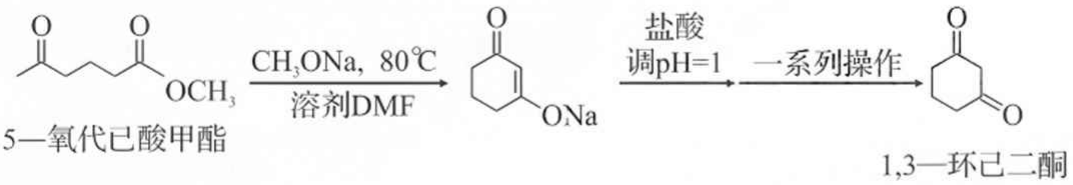
D．A 点坐标为(0，0，$\frac{r_1}{c}$)，M 点为苯分子中心，坐标为$\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2},\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{2}r_2}{2}\right)$，两点间距离存在 z 方向的距离分量，并非仅为 xy 平面上的$\frac{\sqrt{2}a}{2}$，D 错误；

答案选 D。

锦宏教育微信公众号：jh985211　　锦宏教育客服微信：18117901643

二、非选择题：本题共 **4** 小题，共 **55** 分。

16. 1,3-环己二酮是一种合成药物的中间体。某实验小组设计了一种用 5-氧代己酸甲酯制备该中间体的方法，原理如下：



5—氧代已酸甲酯　　1,3—环己二酮

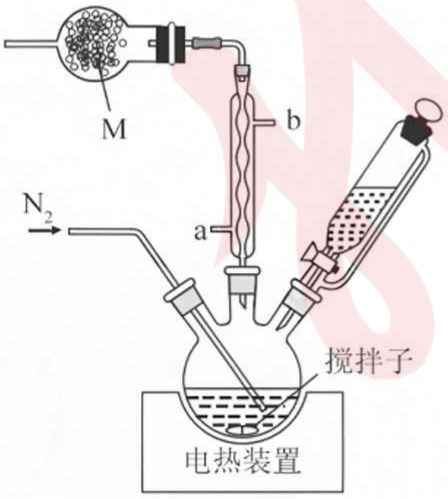
实验步骤如下：

Ⅰ、向三颈烧瓶中加入 $100\ mL$ 无水甲醇，再在氮气保护下分批加入 $1.5\ g$ 新切金属钠（已去除氧化膜）；待金属钠完全反应溶解后，将溶有 $7.2\ g$ 5-氧代己酸甲酯的 $100\ mL$ DMF 转移至恒压滴液漏斗中，$30\ min$ 内将该溶液匀速滴加至上述甲醇钠溶液中；加热回流，采用薄层色谱法（展开剂乙酸乙酯/石油醚，体积比 1∶1）监测反应，确定达到反应终点，停止回流。

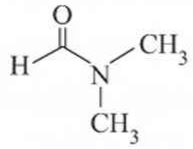
Ⅱ、减压蒸馏上述溶液，将残留物冷却至 $0°C$，加入适量冰水，再在氮气保护下滴加 $3\ mol\cdot L^{-1}$ 盐酸，调节至 $pH=1$。

Ⅲ、加入 $50\ mL$ 乙酸乙酯对酸化后的混合液进行萃取，重复 3 次；合并全部有机相，先用饱和食盐水洗涤，再加入无水 $MgSO_4$ 干燥有机相。

Ⅳ、经一系列操作，得到无色晶体 1,3-环己二酮。

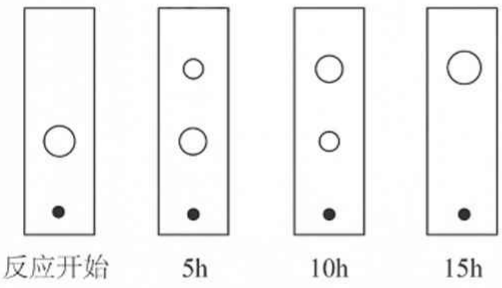


回答下列问题：

（1）溶剂DMF（）的名称是_____（用系统命名法命名）。

（2）仪器M的名称是_____；冷凝水的进水口是_____（填“a”或“b”）；分批加入新切钠的目的是_____。

（3）步骤Ⅰ中采用薄层色谱监测反应进程，其分离依据是各组分在固定相与流动相中分配能力不同。定时取样、点样，经展开后根据斑点来判断体系组分变化。下图分别为反应开始、回流5 h、10 h和15 h的薄层色谱结果，则该实验条件下反应至_____（填标号）时可认为反应达到终点。



a. 5 h　　b. 10 h　　c. 15 h

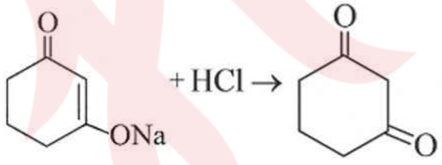
（4）写出加入盐酸后生成1,3-环己二酮的化学方程式_____。

（5）步骤Ⅲ中用饱和食盐水清洗有机相的具体操作是_____。

（6）实验共获得1,3-环己二酮4.48 g，该实验的产率为_____。

【答案】（1）N,N-二甲基甲酰胺

（2）　①. 干燥管（或球形干燥管）　②. a　③. 控制反应速率，防止反应过于剧烈导致暴沸

（3）c　（4）

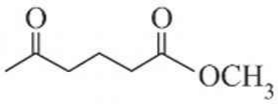
+NaCl或$C_6H_7O_2Na+HCl\rightarrow C_6H_8O_2+NaCl$

（5）将合并后的有机相转移至分液漏斗中，加入适量饱和食盐水，盖上玻璃塞，倒转分液漏斗充分振荡，并适时旋开活塞放气；静置分层后，将下层水相从下口放出，上层有机相从上口倒出

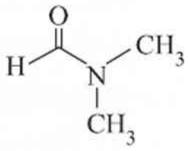
（6）80%

【解析】

【分析】向三颈烧瓶中加入无水甲醇，再在氮气保护下分批加入新切金属钠（已去除氧化膜）；待金属钠完

全反应溶解后，将溶有的DMF转移至恒压滴液漏斗中，将该溶液匀速滴加至上述甲醇钠溶液中；加热回流，监测反应，确定达到反应终点，停止回流。采用减压蒸馏上述溶液，将残留物冷却至0℃，加入适量冰水，再在氮气保护下滴加盐酸，调节至$pH=1$。加入乙酸乙酯对酸化后的混合液进行萃取，重复3次；合并全部有机相，先用饱和食盐水洗涤，再加入无水$MgSO_4$干燥有机相。经一系列操作，得到无色晶体1,3-环己二酮，据此分析；

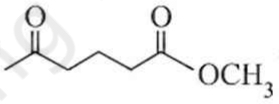
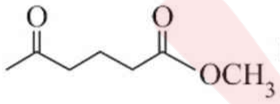
【小问1详解】

按照系统命名法命名为N,N-二甲基甲酰胺；

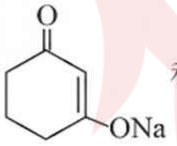
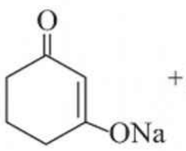
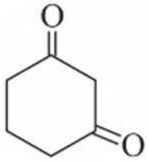
【小问2详解】

仪器M的名称是干燥管（或球形干燥管）；通常盛装干燥剂保护体系；冷凝水遵循“下进上出”原则，进水口为a；金属钠与甲醇反应剧烈放热，分批加入可以控制反应速率，防止反应过于剧烈导致暴沸；

【小问3详解】

反应终点的判断依据是原料斑点完全消失：反应开始的大斑点是原料，随着反应进行，的斑点逐渐减小，15h时原料斑点完全消失，仅剩余产物斑点，说明反应完全，故选c；

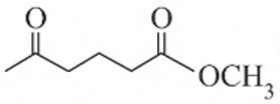
【小问4详解】

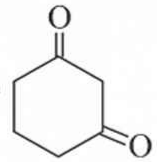
酸化过程是和盐酸发生强酸制弱酸的反应，化学方程式：$+HCl\rightarrow$$+NaCl$；

【小问5详解】

饱和食盐水洗涤有机相的标准萃取操作：将合并后的有机相转移至分液漏斗中，加入适量饱和食盐水，盖上玻璃塞，倒转分液漏斗充分振荡，并适时旋开活塞放气；静置分层后，将下层水相从下口放出，上层有机相从上口倒出；

【小问6详解】



的摩尔质量为 144 g/mol，7.2 g 该物质的物质的量为$\frac{7.2\,g}{144\,g/mol}=0.05\,mol$，理论生成（摩尔质量 112 g/mol）的质量为$0.05\,mol\times112\,g/mol=5.6\,g$，实际产率为$\frac{4.48\,g}{5.6\,g}\times100\%=80\%$。

17. 稀土是一种重要战略资源，我国稀土储量全球第一。工业以磷精矿（主要成分为$Ca_5F(PO_4)_3$，还含有少量$REPO_4$、FeO、Fe_2O_3、SiO_2等，RE代表稀土元素）分离稀土元素，工艺流程如下。回答下列问题：

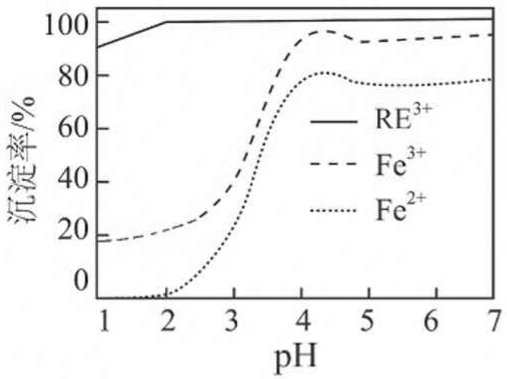
磷精矿 $\xrightarrow[\text{酸浸}]{HNO_3}$ 滤液 $\xrightarrow[\text{萃取}]{(RO)_3PO}$ 萃取液 $\xrightarrow[\text{反萃取}]{\text{①试剂X/②}NH_3}$ 固相 ⋯→ 稀土

（1）钇是磷精矿中含量较大的稀土元素，在元素周期表中与钪元素同族且相邻。基态钇原子价电子排布式是_____，该元素位于元素周期表的_____区。

（2）“酸浸”时，磷精矿中主要成分与硝酸反应，生成一种正盐和两种酸，写出该反应的化学方程式：_____，“酸浸”工序_____（填“能”或“不能”）在内壁衬有陶瓷的反应器中进行。写出一种能提高酸浸反应速率的措施：_____。

（3）在一定条件下，稀土元素在有机相中的总浓度与水相中总浓度之比为常数，称为分配系数（D），$D=\frac{c(RE^{3+},\text{有机层})}{c(RE^{3+},\text{水层})}$。萃取实验中，若某$RE^{3+}$的分配系数$D=8.0$，取$100\,mL$含$RE^{3+}$的溶液，一次性加入$45\,mL$萃取剂充分振荡后静置，该稀土元素的萃取率为_____（计算结果保留两位有效数字）（已知：萃取率$=\frac{n(RE^{3+},\text{有机层})}{n(RE^{3+},\text{总})}$）。

（4）“反萃取”的目的是分离RE和Fe元素。如图是反萃取过程中，向萃取液中通入NH_3调控pH时，Fe^{2+}、Fe^{3+}、RE^{3+}的沉淀率随pH的变化曲线。



试剂 X 不能选用下列试剂中的_____（填标号）；调 pH 时，应控制溶液的 pH 约为_____。

a. Na_2S　　b. Na_2SO_3　　c. $Na_2S_2O_8$

【答案】（1）　①. $4d^15s^2$　　②. d

（2）　①. $Ca_5F(PO_4)_3+10HNO_3=5Ca(NO_3)_2+3H_3PO_4+HF$　　②. 不能　　③. 粉碎磷精矿（或适当升高温度、搅拌等）

（3）78%（或 0.78）

（4）　①. c　　②. 2.0

【解析】

【分析】该工艺用硝酸酸浸将磷精矿溶解，再经过萃取将金属阳离子从溶液中分离。随后通过反萃取并调 pH 将不同的金属阳离子分离，得到含稀土的沉淀。将其加工后制得稀土。

【小问 1 详解】

钇元素位于元素周期表第五周期第ⅢB 族，故其价电子排布式为 $4d^15s^2$；该元素位于元素周期表的 d 区；

【小问 2 详解】

磷精矿的主要成分为$Ca_5F(PO_4)_3$，根据强酸制弱酸的原理，其与硝酸反应的产物为硝酸钙、磷酸和氢氟酸，该反应的化学方程式为$Ca_5F(PO_4)_3+10HNO_3=5Ca(NO_3)_2+3H_3PO_4+HF$；陶瓷的主要成分为二氧化硅和硅酸盐，二氧化硅会与酸浸步骤产生的 HF 反应产生 SiF_4 气体破坏容器，故该工序不能在内壁衬有陶瓷的反应器中进行；为提高反应速率，可采取粉碎磷精矿、适当升高温度、搅拌等方法；

【小问 3 详解】

已知$D=\dfrac{c(RE^{3+},有机层)}{c(RE^{3+},水层)}=8.0$，即$c(RE^{3+},有机层)=8c(RE^{3+},水层)$，萃取率

$=\frac{n(RE^{3+},有机层)}{n(RE^{3+},总)}=\frac{c(RE^{3+},有机层)\times 45mL}{c(RE^{3+},水层)\times 100mL+c(RE^{3+},有机层)\times 45mL}$，将

$c(RE^{3+},有机层)=8c(RE^{3+},水层)$，代入上式得萃取率$=\frac{8\times 45}{100+8\times 45}\approx 78\%$；

【小问 4 详解】

由图可知，为将稀土与 Fe 分离，应尽可能将 Fe^{3+}还原为 Fe^{2+}并调 pH 约为 2.0，据此分析：

a. Na_2S具有还原性，能将 Fe^{3+}还原为 Fe^{2+}，故可选作试剂 X，a 不符合题意；

b. Na_2SO_3也具有还原性，能将 Fe^{3+}还原为 Fe^{2+}，故可选作试剂 X，b 不符合题意；

c. $Na_2S_2O_8$具有强氧化性，能将 Fe^{2+}氧化为 Fe^{3+}，故不能选作试剂 X，c 符合题意；

故本题选 c；

由上述分析可知，应调节溶液的 pH 约为 2.0。

18. 实现“碳达峰”和“碳中和”是我国社会发展重大战略之一，二氧化碳资源化利用由此成为研究热点。回答下列问题：

Ⅰ．CO_2催化加氢制CH_3OH

主要涉及以下反应：

反应①　$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$　$\Delta H_1=+41\,kJ/mol$

反应②　$CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$　$\Delta H_2=-90\,kJ/mol$

反应③　$CO_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$　ΔH_3

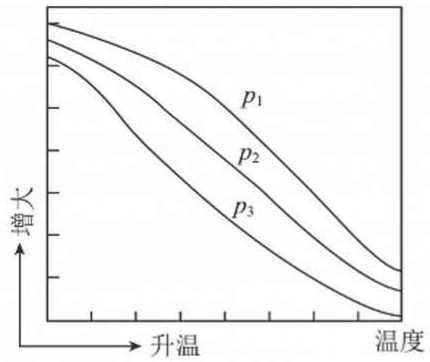
（1）反应③$\Delta H_3=$_____kJ/mol，该反应自发进行的条件是_____（“高温”“低温”或“任意温度”）。

（2）恒温恒容下，若只发生反应③，下列能说明该反应达到平衡状态的是_____。

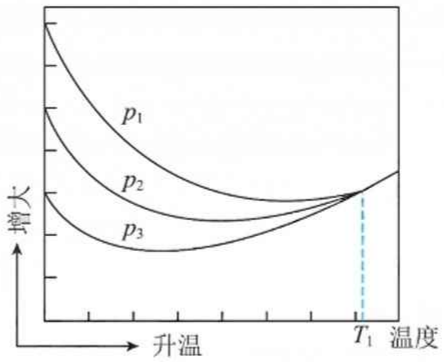
A. $3v_{正}(H_2)=v_{逆}(CH_3OH)$　　B. 容器内混合气体平均相对分子质量不变

C. 容器内混合气体的压强保持不变　　D. 容器内混合气体的密度保持不变

（3）不同压强下，按照$n(CO_2):n(H_2)=1:3$投料，实验测得CO_2的平衡转化率和CH_3OH的平衡产率随温度的变化关系如下图所示。



图甲



图乙

已知：CH_3OH的平衡产率$=\dfrac{n(CH_3OH)_{平衡}}{n(CO_2)_{初始}}\times100\%$。

其中纵坐标表示CO_2平衡转化率的是图_____（填“甲”或“乙”）；压强P_1、P_2、P_3由大到小的顺序为_____；图乙中温度为T_1时，三条曲线几乎交于同一点，请分析该现象的原因是_____。

Ⅱ．CO_2和CH_4催化重整制备合成气

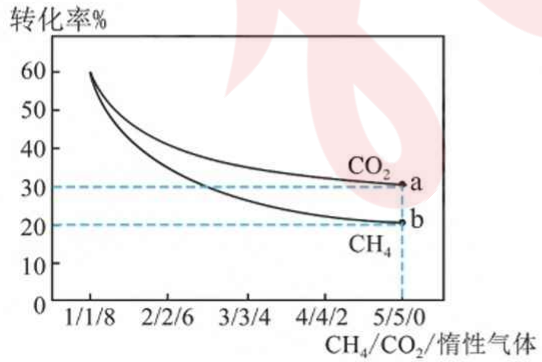
主要涉及以下反应：

i　$CH_4(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons2CO(g)+2H_2(g)$

ii　$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$

iii　$CH_4(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+3H_2(g)$

向总压为$P\,kPa$的恒温恒压密闭容器中投入不同物质的量之比的“CH_4/CO_2/惰性气体”的混合气，气体投料组成与CH_4和CO_2的平衡转化率之间的关系如下图。



（4）保持其他条件不变，若降低起始混合气中惰性气体的占比，平衡体系中$n(CO):n(H_2)$_____（填“增大”“减小”或“不变”）。

（5）根据a、b两点计算反应 iii 的平衡常数$K_p=$_____kPa^2（列出计算式即可，K_p是用分压代替浓度计算所得的平衡常数，分压＝总压×物质的量分数）。

【答案】（1）　①. -49　②. 低温　（2）BC

（3）　①. 乙　②. $P_1>P_2>P_3$　③. 高温下反应①占主导，反应①是反应前后气体分子数不变的反应，压强改变对其平衡无影响，因此不同压强下CO_2的平衡转化率几乎相等　（4）增大

（5）$\frac{\left(\frac{0.5a}{2.4a}p\right)\cdot\left(\frac{0.3a}{2.4a}p\right)^3}{\left(\frac{0.8a}{2.4a}p\right)\cdot\left(\frac{0.1a}{2.4a}p\right)}$或$\frac{\frac{5}{24}p\times\left(\frac{3}{24}p\right)^3}{\frac{8}{24}p\times\frac{1}{24}p}$

【解析】

【小问 1 详解】

根据盖斯定律，反应③=反应①+反应②，因此

$\Delta H_3=\Delta H_1+\Delta H_2=+41kJ/mol+(-90kJ/mol)=-49kJ/mol$。该反应$\Delta H<0$，正反应气体分子数减少、$\Delta S<0$，根据自发反应判据$\Delta G=\Delta H-T\Delta S<0$，只有低温下才能满足$\Delta G<0$，因此自发条件为低温。

【小问 2 详解】

A．平衡时正逆速率满足$v_{正}(H_2)=3v_{逆}(CH_3OH)$，$3v_{正}(H_2)=v_{逆}(CH_3OH)$不满足计量数关系，不能说明平衡，A 不选；

B．反应前后气体总质量不变，气体总物质的量变化，因此混合气体平均相对分子质量$M=\frac{m}{n}$为变量，当其不变时说明反应达到平衡，B 选；

C．恒温恒容下，压强与气体总物质的量成正比，反应前后气体总物质的量变化，因此压强为变量，压强不变说明反应达到平衡，C 选；

D．恒温恒容下，气体总质量和容器体积均不变，密度$\rho=\frac{m}{V}$始终为定值，密度不变不能说明平衡，D 不选；

故选 BC。

【小问 3 详解】

反应②和反应③是放热反应，升温时两个反应平衡逆向移动，CH_3OH产率持续降低，说明图甲纵坐标表示CH_3OH的平衡产率，则纵坐标表示CO_2平衡转化率的是图乙。反应③是气体分子数减少的反应，压强

越大，越促进反应③正向进行，相同温度下CH_3OH产率越高，因此压强大小为$P_1>P_2>P_3$。T_1时三条曲线交于一点，说明压强几乎不再影响CO_2平衡转化率，原因是高温下反应①占主导，反应①是反应前后气体分子数不变的反应，压强改变对其平衡无影响，因此不同压强下CO_2的平衡转化率几乎相等。

【小问 4 详解】

由题目图像可知，当投料组成中 Ar（惰性气体）的含量下降时，CO_2的平衡转化率大于CH_4的平衡转化率。这意味着反应 ii 正向进行的程度大于反应 iii 的正向进行程度。反应 ii 正向进行会消耗H_2并生成CO，因此，平衡体系中$n(CO):n(H_2)$的值将增大。

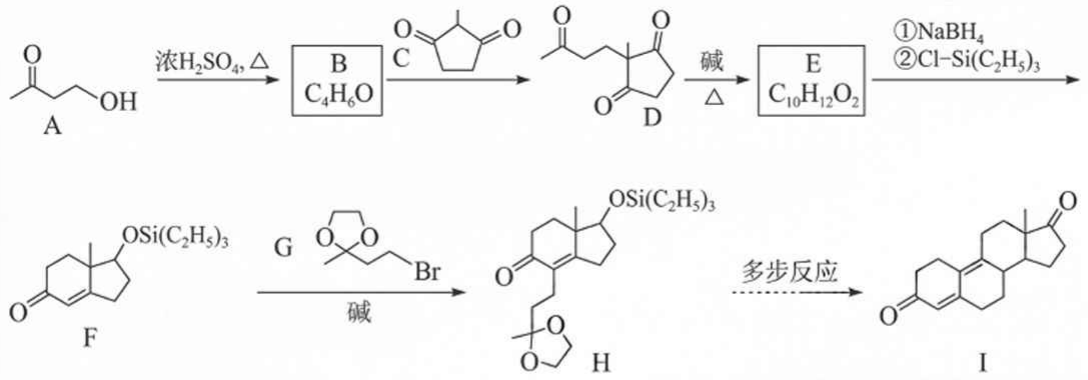
【小问 5 详解】

由图可知 a、b 点对应CH_4：CO_2：惰性气体=5：5：0，设通入的$n(CO_2)=n(CH_4)=a\,mol$。由图像可知，该条件下CH_4的平衡转化率为 20%，CO_2的平衡转化率为 30%。反应消耗的CH_4物质的量$n_{消耗}(CH_4)=a\,mol\times20\%=0.2a\,mol$。反应消耗的$CO_2$物质的量$n_{消耗}(CO_2)=a\,mol\times30\%=0.3a\,mol$。平衡时$n_{平衡}(CH_4)=a\,mol-0.2a\,mol=0.8a\,mol$，$n_{平衡}(CO_2)=a\,mol-0.3a\,mol=0.7a\,mol$，设生成的$CO$、$H_2$、$H_2O$的物质的量分别为$x$mol、$y$mol、$z$mol，由 C 元素守恒可知，

$x=n_{消耗}(CH_4)+n_{消耗}(CO_2)=0.2a+0.3a=0.5a\,mol$，由 O 元素守恒可知，

$x+z=2\times n_{消耗}(CO_2)=2\times0.3a=0.6a\,mol$，解得$z=0.6a-x=0.6a-0.5a=0.1a\,mol$，由 H 元素守恒可知，$2y+2z=4\times n_{消耗}(CH_4)=4\times0.2a=0.8a\,mol$，解得$y=\dfrac{0.8a-2z}{2}=\dfrac{0.8a-2\times0.1a}{2}=0.3amol$，平衡时，体系中各物质的总物质的量为：$n_{总}=0.8a+0.7a+0.5a+0.3a+0.1a=2.4a\,mol$，反应 iii 的平衡常数$K_p=\dfrac{p(CO)\cdot p^3(H_2)}{p(CH_4)\cdot p(H_2O)}=\dfrac{\left(\frac{0.5a}{2.4a}p\right)\cdot\left(\frac{0.3a}{2.4a}p\right)^3}{\left(\frac{0.8a}{2.4a}p\right)\cdot\left(\frac{0.1a}{2.4a}p\right)}=\dfrac{\frac{5}{24}p\times\left(\frac{3}{24}p\right)^3}{\frac{8}{24}p\times\frac{1}{24}p}$。

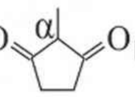
19. 咪非司酮是重要甾体类药物，其一种中间体 I 合成路线如图所示（部分条件略）。



已知：

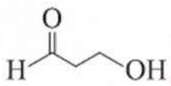
（1）B 中含氧官能团名称为_____。

（2）$A \rightarrow B$ 的化学方程式是_____。

（3）$B \rightarrow D$ 中，判断并解释的羰基对 $\alpha-H$ 的活泼性的影响_____。

（4）E 的结构简式为_____。

（5）下列说法正确的是_____。（填标号）

a. 与化合物 A 互为同系物

b．化合物 D 和 I 可通过红外光谱区别

c．$E \rightarrow F$ 的反应过程中，$NaBH_4$ 作还原剂

（6）G 的同分异构体中，同时满足下列条件的有_____种（不考虑立体异构）。

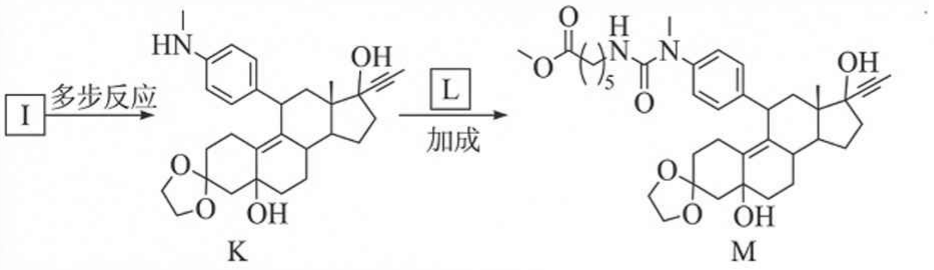
a．含有 3 个 $-CH_3$

b．能发生银镜反应

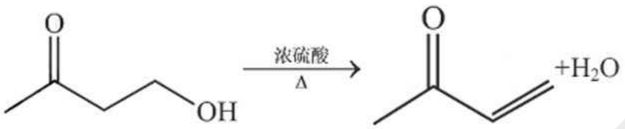
c．能发生水解，1 mol 该物质水解最多能消耗 2 mol NaOH

其中，核磁共振氢谱显示三组峰（峰面积比为 9∶1∶1）的同分异构体的结构简式为_____。

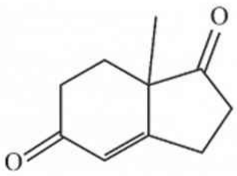
（7）由 I 合成米非司酮衍生物 M 的路线如下：

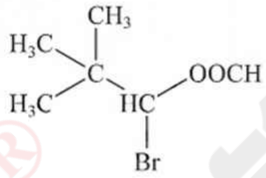


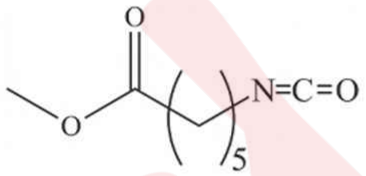
L的分子式为$C_8H_{13}NO_3$，含有酯基和1个sp杂化的碳原子。L的结构简式为_____。

【答案】（1）羰基　（2）

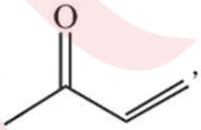
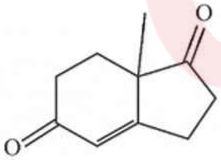
（3）羰基具有吸电子诱导效应，降低α碳原子电子云密度，使α氢更容易以H^+解离，α氢的活泼性增强

（4）　（5）BC

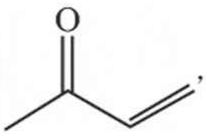
（6）①. 4　②. 

（7）

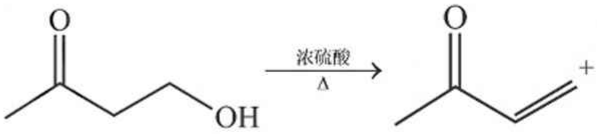
【解析】

【分析】A发生消去反应生成B为，B和C发生加成反应生成D，D发生已知信息的反应机理生成E为，E和$NaBH_4$、$Cl\text{-}Si(C_2H_5)_3$反应生成F，F和G发生取代反应生成H，H经过多步反应生成I。

【小问1详解】

由分析可知，B 的结构简式为 ，含氧官能团名称为羰基。

【小问 2 详解】

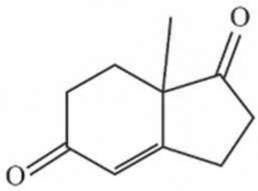
由分析可知，A 发生消去反应生成 B，化学方程式为：

H_2O。

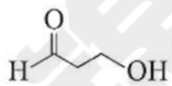
【小问 3 详解】

羰基具有吸电子诱导效应，降低α-碳原子电子云密度，使α-氢更容易以 H^+ 解离，α-氢的活泼性增强。

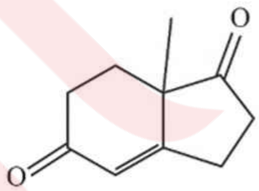
【小问 4 详解】

由分析可知，E 的结构简式为 。

【小问 5 详解】

a．同系物官能团种类数目要完全一致， 含有醛基和羟基，A 中含有羰基和羟基，二者不互为同系物，a 错误；

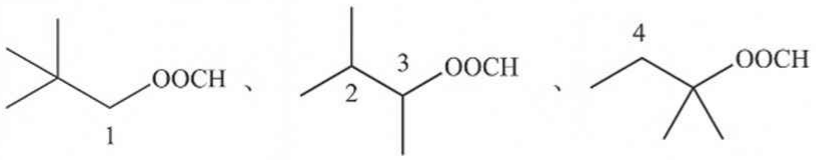
b．红外光谱用来检测分子中化学键、官能团种类。D、I 的官能团、化学键种类不同，红外吸收峰有区别，可区分，b 正确；

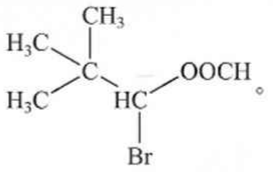
c．由分析可知，E 的结构简式为 ，$E \rightarrow F$ 的反应过程中，$NaBH_4$ 是还原剂，把羰基还原为羟基，随后羟基再发生取代反应，c 正确；

故选 BC。

【小问 6 详解】

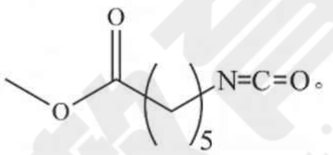
由 G 的结构简式可知，其不饱和度为 1。其同分异构体满足条件：a．含有 3 个 $-CH_3$；b．能发生银镜反应，说明其中含有-CHO 或-OOCH；c．能发生水解，$1\ mol$ 该物质水解最多能消耗 $2\ mol\ NaOH$，说明分子内的溴原子连饱和碳，且含有-OOCH，不含醛基。G 的碳原子总数为 6，固定-OOCH，移动-Br，共



4 种。其中，核磁共振氢谱显示三组峰（峰面积比为 9∶1∶1）的同分异构体的结构简式为 

。

【小问 7 详解】

K 和 L 发生加成反应生成 M，L 的分子式为 $C_8H_{13}NO_3$，含有酯基和 1 个 sp 杂化的碳原子，结合 K 和 M 的结构简式可知，其中含有-N=C=O 的结构，则 L 的结构简式为 

。