重难专练 · 突破

核心突破

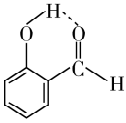
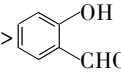
突破点1　有机物间的转化（追踪官能团）

1. **C**　【解析】X分子中含有酮羰基、醚键和酯基三种含氧官能团，A错误；Y中能与NaOH反应的官能团有酚羟基和酯基，该酯基在碱性条件下水解生成酚羟基，则1 mol Y与足量NaOH溶液反应，最多消耗3 mol NaOH，B错误；酚羟基对位侧链上一个双键碳原子连接相同的基团，含氧六元环为平面结构，环上碳碳双键所连的甲基和氢原子位于双键同侧，所以Z分子不存在顺反异构体，C正确；Z分子中酚羟基所连碳原子的邻位碳原子均连有取代基，不能与HCHO发生缩聚反应，D错误。

关键点

2. **D**　【解析】Y中与甲基相连的碳原子采用sp^3杂化，可知Y分子中的所有碳原子不共面，A错误；根据X的结构可知，X所含官能团为酚羟基、碳碳双键、醚键和酮羰基，根据Y的结构可知，Y所含官能团为酚羟基、酮羰基、醚键、碳碳双键、酯基，B错误；对比X和Y的结构知，该反应为先加成后脱氢，C错误；X中酚羟基的对位和一个邻位碳原子上有H原子，与溴发生取代反应，碳碳双键与溴发生加成反应，1 mol X最多消耗Br_2的物质的量为3 mol，同理1 mol Y最多消耗Br_2的物质的量为3 mol，D正确。

刷有所得　与溴水或溴的CCl_4溶液反应：①碳碳双键：1 mol  键消耗1 mol Br_2；②碳碳三键：1 mol —C≡C— 键最多可消耗2 mol Br_2；③酚羟基的邻、对位碳原子上的氢均可被取代；④醛基能被溴水氧化。

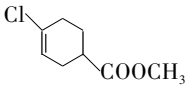
3. **B**　【解析】X中羟基、醛基处于邻位，易形成分子内氢键：，沸点较低，HO——CHO易形成分子间氢键，沸点较高，沸点：HO——CHO > ，A正确；Y生成Z是羟基与羧基的分子内酯化成环反应：Y的顺式异构体中，羟基与羧基距离更近，易发生分子内酯化成环生成Z，反式异构体中羧基距离羟基远，难以分子内酯化成环，因此反式异构体不易形成Z，B错误；Y分子中的羧基可与$NaHCO_3$反应，故1 mol Y能与1 mol $NaHCO_3$反应，C正确；X

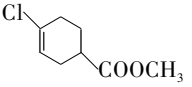
中含有醛基，与新制 $Cu(OH)_2$ 加热可生成砖红色沉淀，而 Z 分子中不含醛基，没有此性质，可以用新制 $Cu(OH)_2$ 鉴别 X 和 Z，D 正确。

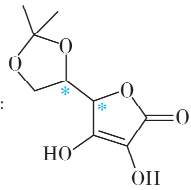
30 s 速解　天津大学——朱明赫

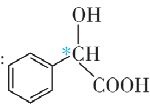
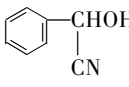
从 Z 的结构逆推得出的 Y 为顺式结构，所以 Y 的顺式异构体易形成 Z，B 错误。

4. C

思路导引　Ⅰ和Ⅱ发生双烯加成得到Ⅲ，则Ⅲ为 ，Ⅲ中的氯原子被—CN 取代生成Ⅳ，Ⅳ中碳碳双键、氰基和氢气加成生成Ⅴ，加氢属于还原反应。

【解析】由分析可知，Ⅰ＋Ⅱ→Ⅲ为加成反应，Ⅲ→Ⅳ为取代反应，Ⅳ→Ⅴ为还原反应，A 不符合题意；Ⅲ为 ，该物质中不同化学环境的氢原子有 6 种，故核磁共振氢谱有 6 组峰，B 不符合题意；手性碳原子是连接 4 个不同的原子或原子团的 C 原子，根据Ⅴ的结构，其不存在手性碳，C 符合题意；有机物Ⅴ含有氨基和酯基，若干个有机物Ⅴ可以发生缩聚反应生成聚酰胺，D 不符合题意。

5. D　**【解析】**由 X 的结构简式可知，其分子式为 $C_6H_8O_6$，A 正确；红外光谱可以检测有机物中的化学键和官能团，Y 含有羟基、酯基、碳碳双键、醚键，Z 中含有醚键、醛基，因此可以用红外光谱检验 Z 中是否有 Y 残留，B 正确；产物 Z 中含有醛基，若 NaClO 氧化性过强，会将醛基进一步氧化为羧基，因此需要控制条件降低 NaClO 的氧化性，C 正确；手性碳原子是连接 4 个不同原子或原子团的饱和碳原子，Y 中有 2 个手性碳原子，如“＊”标注：，D 错误。

6. C　**【解析】**①中醛基与 HCN 发生加成反应，②中氰基在酸性条件下水解生成羧基，A 正确；苦杏仁酸含有手性碳原子，如＊标注：，B 正确；高吸水性材料通常含有大量的亲水基团（如—COONa、—OH 等），苦杏仁酸的聚合产物为聚酯，疏水性强，亲水基团少，因此不能作为高吸水性材料，C 错误；1 mol  中苯环能与 3 mol 氢气加成，氰基能与 2 mol 氢气加成，即最多可与 5 mol H_2 发生反应，D 正确。

7. D 【解析】Ⅰ是对称结构，两个苯环化学环境相同，因此Ⅰ共有3种等效氢，其一溴代物共3种，A正确；Ⅲ分子可燃烧，所以可以发生氧化反应，所含的苯环可发生加成反应，所含羟基、羧基可发生酯化反应（取代反应），B正确；Ⅰ结构中，无饱和碳原子，所以无手性碳原子，Ⅱ和Ⅲ中 sp^3 杂化碳原子均连接了两个苯环，因此都不含手性碳原子，C正确；Ⅱ是羧酸钾盐，属于离子化合物，极性远大于有机物，水溶性最强，Ⅲ含有羟基、羧基两个亲水基团，可与水形成氢键，水溶性远大于Ⅰ，因此水溶性顺序为Ⅱ>Ⅲ>Ⅰ，D错误。

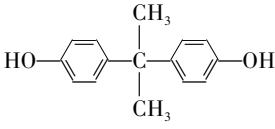
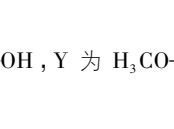
刷有所得 亲水基团是指分子中具有极性、易与水分子形成氢键或发生溶剂化作用，从而使分子易溶于水的基团。常见的亲水基团有羟基（—OH）、羧基（—COOH）、醛基（—CHO）、氨基（—NH_2）、磺酸基（—SO_3H）；疏水基团是指分子中极性较弱或非极性，难与水分子形成有效相互作用，从而使分子难溶于水的基团。常见的疏水基团有烃基（—R，如烷基、芳香烃基等）、酯基（—COOR）。

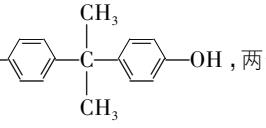
8. B

思路导引 E与试剂a反应生成F和 H_2O，对比E与F的结构及试剂a能发生银镜反应，可知试剂a为OHC—CHO，F与试剂b反应生成G和 H_2O，对比F与G的结构简式及试剂b能发生银镜反应，可知试剂b为HCHO。

【解析】a为OHC—CHO，b是HCHO，二者结构中均只有1种化学环境的氢原子，A错误；E为尿素（H_2NCONH_2），分子中氧电负性大，负电荷中心偏向氧，正电荷中心偏向两个氨基，正负电荷中心不重合，属于极性分子，B正确；F的两个饱和碳原子都连接两个相同的含氮基团，不满足手性碳条件，没有手性碳原子，C错误；该反应是氨基与醛缩合的取代反应，消去反应是脱去小分子生成不饱和键，该反应不属于消去反应，D错误。

9. D

思路导引 根据Q的结构简式可知，M为，Y为，二者发生缩聚反应生成Q，苯酚与X发生反应生成M，结合X的分子式可推得X为丙酮。

【解析】化合物X为丙酮，可与水分子形成氢键，易溶于水，A正确；M为，两个苯环的12个碳原子可通过单键旋转共平面，连接两个苯环的碳原子也在此平面上，最多13个碳原子共面，B正确；由分析可知，C正确；Q的官能团为酯基和羟基，其结构中不含醚键，D错误。

突破点2　元素化合物之间的转化

1. **D**　【解析】二氧化锰和浓硫酸在加热条件下不生成氯气，A错误；Fe与HCl反应生成$FeCl_2$，B错误；工业上通过电解饱和食盐水制备氯气和烧碱，离子方程式为$2Cl^-+2H_2O \xlongequal{电解} 2OH^-+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$，C错误；KClO碱性溶液与$Fe(OH)_3$反应，根据得失电子守恒、元素守恒和电荷守恒，可知反应的离子方程式为$3ClO^-+2Fe(OH)_3+4OH^- = 2FeO_4^{2-}+3Cl^-+5H_2O$，D正确。

2. **D**　【解析】电解熔融氯化钠，生成钠和氯气，物质间转化能实现，A不符合题意；实验室通常用浓盐酸和二氧化锰固体在加热条件下反应生成氯化锰、氯气和水，物质间转化能实现，B不符合题意；氯化镁结晶水合物在氯化氢气流中加热失去结晶水得到固体氯化镁，氯化氢抑制氯化镁的水解，物质间转化能实现，C不符合题意；ClO^-具有强氧化性，二氧化硫具有还原性，二者发生氧化还原反应，氯元素化合价降低，二氧化硫中硫元素化合价升高，$ClO^-(aq)\xrightarrow{SO_2}ClO_2(g)$不能实现，D符合题意。

关键点

3. **A**　【解析】硫单质俗称硫黄，工业上以硫黄为原料制硫酸转化关系：$S\xrightarrow{O_2}SO_2\xrightarrow{O_2}SO_3\xrightarrow{H_2O}H_2SO_4$，A错误；实验室制备二氧化硫可以用亚硫酸钠固体与浓硫酸反应，反应的化学方程式：$Na_2SO_3+H_2SO_4(浓) = Na_2SO_4+SO_2\uparrow+H_2O$，B正确；工业上用石灰乳吸收$SO_2$生成亚硫酸钙，亚硫酸钙容易被氧化生成硫酸钙，转化关系：$SO_2\xrightarrow{Ca(OH)_2}CaSO_3\xrightarrow{O_2}CaSO_4$，C正确；$H_2S$尾气用硫酸铜溶液吸收的反应：$H_2S+CuSO_4 = CuS\downarrow+H_2SO_4$，D正确。

4. **B**　【解析】工业上使用电解饱和食盐水的方法制取NaOH，A不符合题意；侯氏制碱法制取$NaHCO_3$是先将NH_3通入饱和食盐水中，再通入CO_2，B符合题意；Na_2O_2与CO_2反应生成O_2，能为潜水艇供氧，题给化学方程式无误，C不符合题意；Na与水反应生成NaOH和H_2，题给方程式书写正确，D不符合题意。

5. **A**　【解析】$2NH_4Cl+Ca(OH)_2 \xlongequal{\triangle} 2NH_3\uparrow+CaCl_2+2H_2O$、$2NH_3+3CuO \xlongequal{\triangle} N_2+3Cu+3H_2O$，A正确；$2Na+O_2 \xlongequal{点燃} Na_2O_2$、$2Na_2O_2+2SO_3 = 2Na_2SO_4+O_2$，B错误；$Mg(OH)_2+2HCl = MgCl_2+2H_2O$，$MgCl_2$是强酸弱碱盐，直接加热$MgCl_2$溶液会促进$Mg^{2+}$水解，HCl易挥发，不能得到$MgCl_2$，C错误；$CH_3CH_2Cl$在$NaOH/H_2O$、加热条件下发生水解反应生成$CH_3CH_2OH$，D错误。

易错警示　醇发生消去反应的条件是浓硫酸、加热，卤代烃发生消去反应的条件是NaOH的醇溶液、加热，卤代烃发生水解反应的条件是NaOH水溶液、加热。

6. **B** 【解析】CH_3OH 不完全燃烧生成 CO，A 正确；水浴加热下，甲醛与银氨溶液发生反应：$HCHO+4Ag(NH_3)_2OH \xrightarrow{\triangle} (NH_4)_2CO_3+4Ag\downarrow+6NH_3+2H_2O$，$(NH_4)_2CO_3$ 在弱碱性溶液中不易分解产生 CO_2，B 错误；苯酚的酸性介于 H_2CO_3 和 HCO_3^- 之间，CO_2 与苯酚钠反应只能生成苯酚和 $NaHCO_3$，C 正确；加热条件下，CH_3OH 被 CuO 氧化生成 HCHO，D 正确。

关键点

7. **A** 【解析】二氧化氮和水反应生成硝酸和 NO，A 正确；铵根离子与二氧化硫不反应，B 错误；氯气表现氧化性，联氨中氮元素化合价上升，不能生成氨气，C 错误；NH_3 和 O_2 需要在加热和催化剂作用下才能反应生成 NO，在题给条件下不能反应，D 错误。

8. **B** 【解析】Fe_2O_3 溶于稀盐酸生成 $FeCl_3$ 和水，$FeCl_3$ 为挥发性强酸的弱碱盐，蒸发时会发生水解，转化为 $Fe(OH)_3$ 沉淀，A 错误；I_2 具有弱氧化性，只能将 Fe 氧化为 FeI_2，Fe^{2+} 和 I^- 都能被 Cl_2 氧化，FeI_2 与过量 Cl_2 反应生成 $FeCl_3$ 和 I_2，B 正确；FeS_2 在高温条件下能被 O_2 氧化，生成 Fe_2O_3 和 SO_2，但 Fe_2O_3 难溶于水，与水不能发生反应，C 错误；Fe 溶于盐酸生成 $FeCl_2$ 和 H_2，SO_2 具有弱氧化性，不能将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}，D 错误。

刷有所得 **相同条件下常见物质氧化性、还原性的比较：**

氧化性：$KMnO_4(H^+)>Cl_2>H_2SO_4(浓)>Br_2>Fe^{3+}>Cu^{2+}>I_2>H^+>Fe^{2+}$

还原性：$S^{2-}>SO_3^{2-}>I^->Fe^{2+}>Br^->Cl^-$

9. **D** 【解析】工业制硫酸过程中，SO_2 在加热、催化剂作用下被氧化为 SO_3，发生反应 $2SO_2+O_2 \underset{\triangle}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$，在吸收塔中用 98.3% 的浓硫酸吸收三氧化硫，发生反应 $SO_3+H_2O=\!=\!=H_2SO_4$，再稀释成不同浓度的工业产品，A 错误；SO_2 和 $CaCl_2$ 溶液不反应，工业尾气中的 SO_2 主要用 CaO 或石灰乳吸收，不是 $CaCl_2$，B 错误；$Na_2S_2O_3$ 溶液和 H_2SO_4 反应生成 S 和 SO_2：$Na_2S_2O_3+H_2SO_4=\!=\!=Na_2SO_4+SO_2\uparrow+S\downarrow+H_2O$，C 错误；钙基固硫是用生石灰来除去生成的 SO_2，反应的化学方程式为 $2CaO+O_2+2SO_2 \overset{高温}{=\!=\!=} 2CaSO_4$，D 正确。

10. **D** 【解析】海水晒盐是蒸发水分的过程，溶质在水量减少时会析出，A 错误；最后一步电解熔融的 $MgCl_2$ 才会得到 Mg，电解 $MgCl_2(aq)$ 得到的是 $Mg(OH)_2$，B 错误；Br_2 与 CO_3^{2-} 反应生成 CO_2，C 错误；过量的 H_2O_2 会将生成的 I_2 氧化成 IO_3^- 等，导致 I_2 的产率降低，D 正确。

突破点 3　表格类实验方案分析（逻辑排除法）

1. **C** 【解析】挥发的乙醇也可使酸性高锰酸钾溶液褪色，则溶液褪色，不能说明有 C_2H_4 生成，A 错误；测定等浓度的 CCl_3COOH 溶液和 CH_3COOH 溶液的 pH，CCl_3COOH 溶液的

常考点

pH 较小，只能证明酸性：$CCl_3COOH > CH_3COOH$，不能说明 CCl_3COOH 是强电解质，B 错误；$KMnO_4$ 具有氧化性，向 6% 双氧水中滴加 0.1 mol·L^{-1} $KMnO_4$ 溶液，溶液褪色，说明 H_2O_2 具有还原性，C 正确；NH_4^+ 水解显酸性，室温下 NH_4HSO_3 溶液的 pH<7，不能证明 HSO_3^- 的电离程度大于水解程度，D 错误。

2. C 【解析】Fe^{3+} 也能将 SO_2 氧化为 SO_4^{2-}，有白色沉淀生成，易错点 不能说明酸性条件下 NO_3^- 具有强氧化性，A 错误；将铜丝灼烧至表面变黑，伸入盛有某有机物的试管中，铜丝变为红色，有机物中可能含有醇羟基，也可能含有醛基或羧基，羧基将表面的氧化铜溶解，铜不与羧基反应，铜丝为红色，B 错误；滤液为 AgCl 的饱和溶液，加入 2 滴 0.01 mol·L^{-1} NaI 溶液，此时溶液中产生黄色沉淀，说明 AgI 的溶解度更小，二者是同类型沉淀，即得 $K_{sp}(AgCl) > K_{sp}(AgI)$，C 正确；因 KF 和 KSCN 的浓度未知，不能证明结合 Fe^{3+} 的能力：$F^- > SCN^-$，D 错误。

3. A 【解析】$n(KI) = 5\times10^{-4}$ mol，$n(FeCl_3) = 1\times10^{-4}$ mol，二者应以等物质的量反应，$FeCl_3$ 不足，反应后滴加 KSCN 溶液变红，说明溶液中仍存在 Fe^{3+}，证明 I^- 与 Fe^{3+} 的反应为可逆反应，有一定限度，A 正确；AgCl 与氨水反应生成可溶性的 $[Ag(NH_3)_2]Cl$，浊液变澄清，与 $NH_3\cdot H_2O$、水的极性强弱无关，B 错误；氨水与反应生成的 Cu^{2+} 结合形成 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，促进 H_2O_2 氧化 Cu，氨水参与了反应，并非作催化剂，C 错误；常温下 $NaHC_2O_4$ 溶液 pH<7，说明 $HC_2O_4^-$ 的电离程度大于其水解程度，因此 $K_a(HC_2O_4^-) > K_h(HC_2O_4^-)$，D 错误。

4. A 【解析】乙醇具有挥发性和还原性，能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化而使溶液褪色，向圆底烧瓶中加入 2.0 g NaOH、15 mL 无水乙醇、碎瓷片和 5 mL 1-溴丁烷，微热，将产生的气体（含乙醇、1-丁烯）先通入水中除去乙醇，再通入酸性 $KMnO_4$ 溶液中，溶液褪色，才能说明发生消去反应，故不能达到实验目的，A 错误；$FeCl_3$ 溶液由于 Fe^{3+} 水解而呈酸性，$NaHCO_3$ 溶液由于碳酸氢根离子水解程度大于电离程度而呈碱性，故将 5 mL 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_3$ 溶液和 15 mL 0.1 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液混合，Fe^{3+} 与 HCO_3^- 发生双水解反应：$Fe^{3+} + 3HCO_3^- = Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$，生成红褐色沉淀和气体，B 正确；向 10 mL 0.1 mol·L^{-1} $AlCl_3$ 溶液中滴入 2 滴 0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液，产生白色沉淀 $Al(OH)_3$，此时 NaOH 完全反应，再滴加 2 滴 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_3$ 溶液，生成红褐色沉淀 $Fe(OH)_3$，说明 $Al(OH)_3$ 转化为 $Fe(OH)_3$，二者是相同类型的沉淀，故在相同温度下 $K_{sp}[Al(OH)_3] > K_{sp}[Fe(OH)_3]$，C 正确；溶液中存在平衡 $Cr_2O_7^{2-}$（橙色）$+ H_2O \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}$（黄色）$+ 2H^+$，加 NaOH 溶液，平衡正向移动，加硫酸，平衡逆向移动，观察溶液颜色变化，可探究浓度对平衡移动的影响，D 正确。

5. B 【解析】向苯酚钠溶液中通入足量 CO_2 生成苯酚使溶液变浑浊，说明碳酸酸性强于苯酚，电离常数 $K_{a1}(H_2CO_3) > K_a(C_6H_5OH)$，A 正确；乙醛与溴水发生氧化还原反应使溴水

褪色，醛基被氧化为羧基，并非发生加成反应，B 错误；相同浓度的 S^{2-} 与等浓度等体积的 Zn^{2+}、Cu^{2+} 反应，仅生成黑色 CuS 沉淀，说明 CuS 溶解度更小，对应 $K_{sp}(ZnS)>K_{sp}(CuS)$，C 正确；饱和 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液使蛋白质发生盐析，产生白色浑浊，加蒸馏水后浑浊消失，说明蛋白质的盐析是可逆过程，D 正确。

6. **D** 【解析】向 0.1 mol·L^{-1} NaHA 溶液中滴加酚酞溶液，溶液变为浅红色，溶液呈碱性，说明 HA^- 的水解程度大于电离程度，则 $K_{a2}<\frac{K_w}{K_{a1}}$，$K_w>K_{a1}\cdot K_{a2}$，A 错误；蔗糖水解液呈酸性，用新制的氢氧化铜检验蔗糖水解产物葡萄糖需要碱性环境，B 错误；SO_2 和 CO_2 在水中的溶解度不同，则 SO_2 和 CO_2 的饱和水溶液浓度不同，不能通过比较溶液的 pH 判断 H_2CO_3 和 H_2SO_3 的酸性强弱，C 错误；溴易挥发，向苯和液溴的混合液中加入铁粉，Fe 与 Br_2 生成 $FeBr_3$，催化发生取代反应生成溴苯和 HBr，将产生的气体通入 CCl_4，除去 HBr 中混有的溴单质，再通入 $AgNO_3$ 溶液，产生淡黄色沉淀，可证明苯与液溴发生取代反应生成 HBr，D 正确。

常考点

7. **C** 【解析】三草酸合铁酸钾中 Fe 元素存在于配离子 $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ 中，无法电离出铁离子，且 $K_3[Fe(CN)_6]$ 只能检验 Fe^{2+}，无法检验三草酸合铁酸钾中的 Fe 元素，A 错误；FeC_2O_4 中 Fe^{2+} 和 $C_2O_4^{2-}$ 都具有还原性，都能使酸性高锰酸钾溶液褪色，此操作无法检验 Fe^{2+} 的还原性，B 错误；三草酸合铁酸钾晶体在 110 ℃ 下会发生分解反应失去结晶水：$K_3[Fe(C_2O_4)_3]\cdot 3H_2O \xlongequal{110\ ℃} K_3[Fe(C_2O_4)_3]+3H_2O$，该反应属于分解反应，水是分解产物，产生的气体通入无水硫酸铜，可通过硫酸铜颜色变化检验分解产物中的水，C 正确；利用焰色试验检验 K 元素时，必须透过蓝色钴玻璃观察火焰，该操作未做这一步，无法检验 K 元素，D 错误。

突破点 4　探究类实验（控变量对比法）

1. **B** 【解析】$CuSO_4$ 溶液呈蓝色的原因是 Cu^{2+} 和水分子形成的 $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ 为蓝色，A 错误；步骤 2 发生的反应为氢氧化铜沉淀和氨水反应生成四氨合铜离子，离子方程式为 $Cu(OH)_2+4NH_3=[Cu(NH_3)_4]^{2+}+2OH^-$，B 正确；步骤 3 中用玻璃棒摩擦试管壁是为了形成晶核，C 错误；步骤 2 中得到深蓝色溶液是因为生成了 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，$[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ 转化为 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，说明 H_2O 与 Cu^{2+} 的配位能力弱于 NH_3，原因是电负性：O>N，N 更易给出孤电子对与 Cu^{2+} 形成配位键，与 Cu^{2+} 结合能力：$NH_3>H_2O$，D 错误。

2. **B** 【解析】H_2SO_3 酸性强于 H_2S，可与 Na_2S 反应生成臭鸡蛋味的 H_2S 气体，A 正确；出现浑浊的原因是 H_2SO_3 和 S^{2-} 发生了归中反应生成 S，亚硫酸是弱电解质，书写离子方程式时不能拆，H_2SO_3 过量，离子方程式为 $5H_2SO_3+2S^{2-}=3S\downarrow+4HSO_3^-+3H_2O$，B 错误；实验Ⅱ中滴入少量 H_2O_2 时，S^{2-} 被氧

化生成少量S，与过量S^{2-}结合生成黄色的S_x^{2-}，导致溶液变黄，C正确；H_2O_2具有强氧化性，可将S单质氧化为SO_4^{2-}，导致浑浊消失，D正确。

3. **B** 【解析】SO_2溶于水生成H_2SO_3，H_2SO_3电离出SO_3^{2-}与Ag^+结合生成Ag_2SO_3沉淀，离子方程式为$SO_2+H_2O+2Ag^+=\!=\!=Ag_2SO_3\downarrow+2H^+$，A正确；$Ag_2SO_3$与稀盐酸反应时，生成难溶的AgCl白色沉淀，只能得到悬浊液，无法得到无色澄清溶液，B错误；煮沸可以除去蒸馏水中溶解的O_2，冷却后配制$AgNO_3$溶液可避免O_2氧化含硫微粒对实验产生干扰，C正确；反应快速生成Ag_2SO_3，而非酸性条件下NO_3^-氧化SO_2生成的Ag_2SO_4，说明Ag^+与SO_3^{2-}结合生成沉淀的速率大于酸性条件下NO_3^-氧化SO_2（或H_2SO_3）的速率，D正确。

4. **D** 【解析】b中发生的反应是H_2O_2在MnO_2催化下分解为H_2O和O_2，a中溶液变蓝说明有I_2生成，即I^-在酸性条件下被b中生成的O_2氧化为I_2：$4I^-+4H^++O_2=\!=\!=2I_2+2H_2O$，该反应体现了$I^-$的还原性，A正确；b中反应的化学方程式为$2H_2O_2\xlongequal{MnO_2}2H_2O+O_2\uparrow$，$H_2O_2$中O元素化合价为$-1$，生成物$H_2O$、$O_2$中O元素化合价分别为$-2$、0，故O元素化合价部分降低、部分升高，$H_2O_2$既作氧化剂也作还原剂，B正确；c中的铜丝由黑变红，即CuO转变为Cu，发生还原反应，所以CH_3CH_2OH发生了氧化反应，C正确；银镜反应是醛基的性质，d中发生银镜反应，说明c中产物有乙醛，D错误。

5. **C** 【解析】实验①中溶液由无色变为蓝色说明有I_2生成，即次氯酸根离子将I^-氧化为I_2，继续滴加，蓝色消失是因为I_2继续被次氯酸根离子氧化成IO_3^-，故存在连续两步氧化还原反应，A正确；实验②中“出现少许蓝色”说明有I_2生成，发生反应$2I^-+ClO^-+H_2O=\!=\!=I_2+Cl^-+2OH^-$，B正确；实验②中“振荡，蓝色立即消失”是因为$I_2$被$ClO^-$继续氧化为$IO_3^-$，继续滴加，出现蓝色，即$IO_3^-$与$I^-$发生归中反应生成$I_2$，淀粉未发生转化，所以不可能是84消毒液与淀粉之间发生了氧化还原反应，C错误；由题干实验①②可知，按照不同顺序滴加试剂，将观察到不同的现象，故题述两个实验说明试剂的滴加顺序会影响反应的进程，D正确。

易错点

6. **B** 【解析】$FeCl_3$（aq）与苯酚溶液发生反应$Fe^{3+}+6$$\longrightarrow[Fe(O$$)_6]^{3-}+6H^+$，反应产生H^+，溶液pH减小，A正确；第①组实验溶液变紫色，第②组实验加入硫酸铁溶液后不显色，加入NaCl固体后依旧无明显现象，说明Cl^-并不能促进Fe^{3+}与苯酚溶液反应，B错误；结合第②组实验和第③组实验，可以看出溶液中的SO_4^{2-}抑制Fe^{3+}与苯酚溶液的反应，C正确；$[Fe(C_6H_5O)_6]^{3-}$中配体是O^-，Fe^{3+}配位数是6，D正确。

7. **D** 【解析】Zn与H^+反应，消耗H^+，使$Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$平衡正向移动，生成$Fe(OH)_3$红褐色沉淀，A

正确。pH=3 时 $c(OH^-)=10^{-11}$ mol·L^{-1}，根据 $K_{sp}[Fe(OH)_3]$ 计算得 $c(Fe^{3+})=\frac{2.8\times10^{-39}}{(10^{-11})^3}$ mol·L^{-1} $=2.8\times10^{-6}$ mol·L^{-1}，$Fe(OH)_3$ 几乎不溶解，无法被除去，故不用 pH=3 的盐酸洗涤，B 正确。清液 A 中 Zn^{2+} 浓度较高，Zn 难以还原 H^+ 产生气泡，还原性减弱，而 pH=3 的盐酸中 Zn^{2+} 浓度为 0，Zn 可还原 H^+ 产生气泡，C 正确。用 $H_2C_2O_4-Na_2C_2O_4$ 溶液将固体 B 中的 $Fe(OH)_3$ 洗涤除去后，加入 3 mol·L^{-1} 盐酸后检测到 Fe^{2+}，说明固体 B 中含 Fe 单质，即反应生成了 Fe，D 错误。

8. **C** 【解析】实验 1 中向含 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 的溶液中加入 30% H_2O_2(aq) 无明显变化，说明反应 $2[Co(H_2O)_6]^{2+}+H_2O_2+2H^+\rightleftharpoons2[Co(H_2O)_6]^{3+}+2H_2O$ 难以正向进行，A 正确；过量 HCO_3^- 既可以提供配体 CO_3^{2-}，也可以吸收反应生成的 H^+，促进反应正向进行，B 正确；题给反应的离子方程式中 C、O 原子不守恒，C 错误；根据图示可知，实验 5 中含有 $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 蓝色溶液静置稍长时间会转化为含有 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 粉红色溶液，$[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 稳定性差，因此使用 $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 溶液时，应现用现配，D 正确。

突破点 5　电化学复杂情境（电极判断）

1. **D**

思路导引

分析	电极	电极反应式
M 极上由 $C_6H_{12}O_6$ 生成 CO_2，发生氧化反应，是负极	M 极（负极）	$C_6H_{12}O_6-24e^-+6H_2O=\!=\!=6CO_2\uparrow+24H^+$（D 正确）
	N 极（正极）	$[Fe(CN)_6]^{3-}+e^-=\!=\!=[Fe(CN)_6]^{4-}$

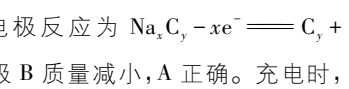
【解析】M 极为原电池负极，负极电势低于正极（N 极）电势，A 错误；温度过高时微生物容易失去活性，影响电池工作效率，B 错误；未指明 CO_2 所处的温度和压强，不能利用标准状况下气体摩尔体积计算其物质的量，C 错误。

常考点

2. **B** 【解析】电极Ⅰ上氢气被氧化生成 H^+，故电极Ⅰ为负极，A 正确；由催化机理及质子交换膜可推断电解质溶液呈酸性，由于总反应为 $2H_2+O_2=\!=\!=2H_2O$，产生水，相当于稀释电解质溶液，故电解质溶液的 pH 发生变化，B 错误；根据 O_2 获得第一个电子的过程最慢可知，①过程的活化能最高，C 正确；消耗 1 mol H_2 转移 2 mol 电子，消耗 1 mol O_2 转移 4 mol 电子，结合正极转移电子数等于负极转移电子数，可知相同时间内负极（电极Ⅰ）的催化循环完成次数正好是正极（电极Ⅱ）的 2 倍，D 正确。

3. **C** 【解析】原电池中“正正负负”，即阳离子移向正极、阴离子移向负极，电解池中“阴阳相吸”，即阳离子移向阴极、阴离子移向阳极。锂离子电池放电时为原电池，由总反应知，

嵌锂石墨为负极，$LiCoO_2$ 为正极，放电时 Li^+ 由负极（嵌锂石墨）移向正极（$LiCoO_2$），充电时为电解池，Li^+ 由阳极（$LiCoO_2$）移向阴极（嵌锂石墨），故图示中处于放电状态，A 错误；由分析可知，放电时嵌锂石墨作负极，B 错误；充电时，阴极发生还原反应，C_y 得电子结合 Li^+ 生成 Li_xC_y，电极反应为 $C_y+xLi^++xe^-=\!=\!=Li_xC_y$，C 正确；充电时，阳极反应为 $LiCoO_2-xe^-=\!=\!=Li_{1-x}CoO_2+xLi^+$，Co 元素失去电子的数目与脱出的 Li^+ 数目相等，D 错误。

4. **B** 【解析】充电时，电极 A 接电源正极，是阳极，电极 B 接电源负极，是阴极；放电时，电极 A 为正极，电极 B 为负极。放电时，电极 B 的电极反应为 $Na_xC_y-xe^-=\!=\!=C_y+xNa^+$，$Na^+$ 脱离电极 B，电极 B 质量减小，A 正确。充电时，电极 A（阳极）上发生反应  ，电路中每转移 n mol e^-，电极 A 释放 n mol Na^+，质量减少 $23n$ g，同时有 n mol Na^+ 嵌入电极 B（阴极），电极 B 质量增加 $23n$ g，当转移 2 mol 电子时，电极 A 质量减少 $2\ mol\times23\ g\cdot mol^{-1}=46$ g，电极 B 质量增加 46 g，两电极质量变化相差 92 g，B 错误、D 正确。充电时，Na^+ 从电极 A（阳极）通过隔膜移向电极 B（阴极），所以隔膜为阳离子交换膜，C 正确。

5. **D** 【解析】石墨电极：$Br^-\rightarrow HBrO$，Br 元素化合价升高，则石墨电极为阳极，电极反应为 $Br^-+H_2O-2e^-=\!=\!=HBrO+H^+$，A 正确；乙烯中含碳碳双键，和 HBrO（HO—Br）发生加成反应生成 $BrCH_2CH_2OH$，B 正确；总反应为电解乙烯和水合成 1,4-丁二醇，结合质量守恒，反应还生成氢气，C 正确；根据阳极反应，每转化 1 mol Br^- 时，电路中转移 2 mol 电子，结合总反应可知铜电极上同时发生 $2H^++2e^-=\!=\!=H_2\uparrow$、$2CH_2BrCH_2OH+2e^-=\!=\!=HO(CH_2)_4OH+2Br^-$ 两个电极反应，铜电极上生成标准状况下 H_2 13.44 L（即 0.6 mol）转移 1.2 mol 电子，则生成 1,4-丁二醇转移 0.8 mol 电子，即生成 0.4 mol 1,4-丁二醇，D 错误。

6. **C**

思路导引 如图甲所示，电极Ⅰ连接电源负极，则为阴极，阴极室进入含少量 NaOH 的水，发生电极反应 $2H_2O+2e^-=\!=\!=H_2\uparrow+2OH^-$，同时 Na^+ 从右室移向左室平衡电荷，左室得到浓度更高的 NaOH 溶液，电极Ⅱ连接电源正极，则为阳极，通入饱和食盐水，Cl^- 失电子被氧化生成 Cl_2，电极反应为 $2Cl^--2e^-=\!=\!=Cl_2\uparrow$，同时存在副反应 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$。

【解析】电解目的是在阴极制 NaOH，阳极制 Cl_2，需要阳极室的 Na^+ 迁移到阴极室，同时防止阴极室的 OH^- 进入阳极室与

生成的 Cl_2 反应，因此应使用阳离子交换膜，A 正确。根据图乙机理，生成 O_2 的过程中，Pt−O* 先生成、后消耗，属于生成 O_2 的中间体；生成 Cl_2 的过程中，Pt−O* 先消耗、后生成，属于生成 Cl_2 的催化剂，B 正确。生成 1 mol H_2 时电路中转移 2 mol 电子，而阳极除了生成 Cl_2 外，还有 O_2 生成，故生成 Cl_2 的物质的量少于 1 mol，C 错误。左室原料是 H_2O，其导电性弱，加入少量 NaOH 可电离出自由移动的离子，增强溶液导电性，保证电解顺利进行，D 正确。

1 min 速解　西安交通大学——王紫蓬

催化机理图中催化剂与初始反应物同进、又与最终产物同出，中间体先生成后消耗，左侧环中 Pt−O* 先生成后消耗，为中间体，右侧环中 Pt−O* 与初始反应物 Cl^- 同进，与最终产物 Cl_2 同出，为催化剂，B 正确。

7. **B**

思路导引　废水回收钠的工作原理为第一步接通电源 1，

电极	电极反应式
惰性电极 1 上发生氧化反应，为阳极	$2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$
辅助电极为阴极	$Na_{1-x}MO_2+xNa^++xe^-=\!=\!=NaMO_2$

Na_2SO_4 稀溶液中钠离子通过阳离子交换膜(b)进入中间室；

第二步关闭电源 1，接通电源 2，

电极	电极反应式
辅助电极为阳极	$NaMO_2-xe^-=\!=\!=Na_{1-x}MO_2+xNa^+$
惰性电极 2 为阴极	$O_2+4e^-+2H_2O=\!=\!=4OH^-$

Na^+ 通过阳离子交换膜(a)由中间室进入产品室，使废水中的 Na^+ 最终以 NaOH 的形式被回收。

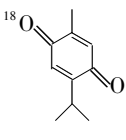
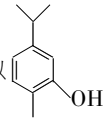
【解析】根据分析可知，交换膜 a、b 应选用阳离子交换膜，A 正确；吸附 Na^+ 时，应接通电源 1，$Na_{1-x}MO_2$ 在阴极(辅助电极)上得到电子发生还原反应并结合 Na^+ 生成 $NaMO_2$，B 错误；脱出 Na^+ 时，$NaMO_2$ 转化为 $Na_{1-x}MO_2$，M 元素化合价升高，发生氧化反应，C 正确；惰性电极 2 为阴极，O_2 在阴极得到电子发生还原反应生成 OH^-，Na^+ 通过阳离子交换膜由中间室进入产品室与 OH^- 结合生成 NaOH，生成 8 g(即 0.2 mol)NaOH 时转移 0.2 mol 电子，惰性电极 1 上发生反应 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$，根据得失电子守恒，生成 O_2 的物质的量为 0.05 mol，标准状况下体积为 0.05 mol×22.4 L·mol^{-1}=1.12 L，D 正确。

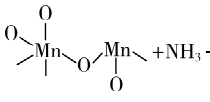
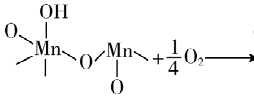
突破点 6　环式化学反应历程（锁定出入物质）

1. **A**

思路导引 由图中反应机理可知，①乙烯与 Pd^{2+} 配位，生成乙烯钯配合物；②水分子进攻配位后的乙烯，生成含羟基的有机钯中间体；③有机钯中间体转化为乙醛，同时生成金属钯和 H^+；④金属钯被 Cu^{2+} 氧化，重新生成 Pd^{2+}；⑤Cu^+ 被氧气氧化成 Cu^{2+}；总反应为 $2CH_2=CH_2+O_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2CH_3CHO$（A 正确）。

【解析】步骤④中反应为 $Pd+2Cu^{2+}=\!=\!=Pd^{2+}+2Cu^+$，$Cu^{2+}$ 为氧化剂，Pd^{2+} 为氧化产物，氧化性：氧化剂>氧化产物，故氧化性：$Cu^{2+}>Pd^{2+}$，B 错误；该过程中存在 C=C 非极性键、O—H 极性键的断裂，C=O 极性键的形成，但无非极性键的形成，C 错误；含钯催化剂可与其他催化剂协同催化乙烯氧化为乙醛的反应，由反应历程图可知除 Pd 外，Cu^{2+} 也起催化作用，D 错误。

2. **B** 【解析】电极 A 上百里酚（TY）合成百里醌（TQ）是加氧去氢的过程，为氧化反应，A 正确；反应历程中有氢氧键的断裂、苯环的大 π 键被破坏和碳氧双键的形成，没有碳碳双键的断裂，B 错误；用 ^{18}O 标记电解液中的水，^{18}O 进入环上甲基的邻位上（），C 正确；分析可知，以为原料，在经历题图所示的反应历程后仍能得到 TQ，D 正确。

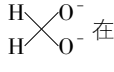
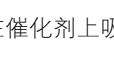
3. **C** 【解析】氨分子中氮原子上有孤电子对，二氧化锰中锰原子具有空轨道，通过形成配位键使二氧化锰和氨分子相互结合，A 错误；MnO_2 作为反应的催化剂可以加快反应速率，识记 但不改变平衡状态，不能提高平衡转化率，B 错误；从可以看出 Mn 形成的共价键数目发生变化，则其配位数发生变化，过程中 Mn 元素化合价发生改变，C 正确；根据示意图可知，反应物有 NH_3、NO、O_2，产物有 N_2、H_2O，再结合反应物和产物分子前的“系数”可配平总反应式：$4NH_3+4NO+O_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 4N_2+6H_2O$，D 错误。

关键点拨 使用催化剂可以改变反应机理，故一般使用催化剂可以降低反应活化能，加快反应速率，但催化剂不能使平衡移动，即平衡时反应物转化率和各物质体积分数均不变。

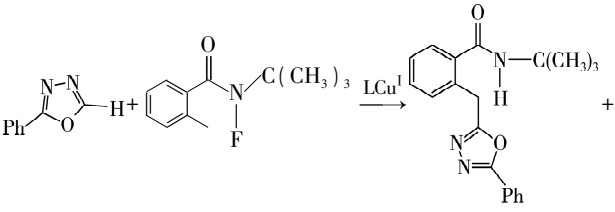
30 s 速解　南京大学——孙海钰

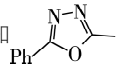
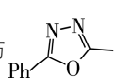
对于 A，氢键用“…”表示，而图中没有，错误。“—”用于表示共价键（配位键算作特殊的共价键，一般用“→”表示，有时也用“—”表示）。

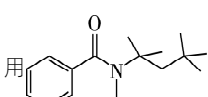
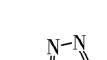
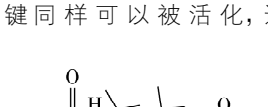
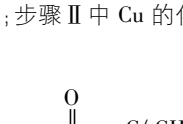
4. B 【解析】反应 ⅱ 中氮元素化合价降低，则铜元素化合价升高，那么 A、B 分别为 Cu^{2+}、Cu^{+}。二氧化硫只参与反应 ⅰ，故 $v_{总}(SO_2)=v_{ⅰ}(SO_2)$，A 正确；NO_2 参与了反应 ⅱ 和反应 ⅲ，故 $v_{总}(NO_2)\neq v_{ⅱ}(NO_2)$，B 错误；反应 ⅰ 为 SO_2 和 Cu^{2+} 反应生成 $SO_3^-\cdot$ 和 Cu^{+}，结合得失电子守恒、电荷守恒等，反应的离子方程式为 $SO_2+Cu^{2+}+H_2O=\!=\!=SO_3^-\cdot+Cu^{+}+2H^{+}$，C 正确；由图可知，$Cu^{+}$ 在反应 ⅰ 中生成，在反应 ⅱ 中消耗，由题知，反应过程中 Cu^{2+}、Cu^{+} 的浓度保持不变，故 $v_{ⅰ}=v_{ⅱ}$，根据题意，反应均为基元反应，则 $k_{ⅰ}c(SO_2)c(Cu^{2+})=k_{ⅱ}c(NO_2)c(Cu^{+})$，整理可得 $\frac{c(Cu^{+})}{c(Cu^{2+})}=\frac{k_{ⅰ}c(SO_2)}{k_{ⅱ}c(NO_2)}$，$k_{ⅰ}$ 和 $k_{ⅱ}$ 是常数，$\frac{k_{ⅰ}}{k_{ⅱ}}$ 为定值，所以 $\frac{c(Cu^{+})}{c(Cu^{2+})}$ 正比于 $\frac{c(SO_2)}{c(NO_2)}$，D 正确。

5. D 【解析】根据反应机理图可知反应物为 HCHO，生成物为 $HCOO^-$ 和 H_2，碱性环境，用 OH^- 配平电荷，A 正确；氢分子中的两个氢原子一个来自水分子，一个来自甲醛分子，若将水中的氢用 D 原子标记，得到的氢气产物为 HD，B 正确； 在催化剂上吸附，游离的  浓度减小，促进反应①、②平衡正向移动，C 正确；由 $c(NaOH)$ 与释氢量关系图可知，随着 $c(NaOH)$ 增大，释氢量在增大，说明 OH^- 浓度影响反应速率，即第②步反应影响反应速率，说明其是慢反应，并不是反应最快的一步，D 错误。

6. B 【解析】由反应机理图可知，合成化合物 M 的总反应为



HF，则反应过程中有 HF 生成，A 正确；结合步骤 Ⅰ 的物质转化可知  解离出 H^{+}，在碱性条件下，OH^- 与 H^{+} 反应生成水促进反应 Ⅰ 正向进行，使反应更容易发生，在酸性条件下，H^{+} 浓度高，抑制反应正向进行，反应更难发生，因此，步骤 Ⅰ 在碱性条件下更容易发生，B 错误；该反应机理为 N 中烃基上的 C—H 键被活化，与  反应生成 M，如果

用替换 N 参与反应，其烷基链上的 C—H 键同样可以被活化，进而与反应，生成，C 正确；步骤Ⅱ中 Cu 的化合价由+1 价升高到+2 价，Cu 被氧化，则被还原，D 正确。

7. **B** 【解析】HI 在反应①中消耗，在反应⑥中重新生成，反应前后 HI 的质量和化学性质不变，属于合成乙酸的催化剂之一，A 正确。该配离子整体带 1 个单位负电荷，Rh 只形成配位键，配体中 3 个 I^- 共带 3 个单位负电荷，CH_3^- 带 1 个单位负电荷，CO 为电中性配体，不带电荷，故 Rh 是+3 价，B 错误。若以 ^{13}CO 为反应物，根据反应④，会形成 Rh—^{13}C(=O)—CH_3，下一次循环中，根据反应③，可能形成 Rh—$^{13}CH_3$，因此一段时间后可在产物中检出 $CH_3{}^{13}COOH$，C 正确。羰基中氧的电负性大于碳，使羰基碳带较强正电性，H_2O 中 O 原子显负电性，会进攻正电性的羰基碳，D 正确。

突破点 7　水溶液中粒子浓度关系（三守恒法与定值计算）

1. **D** 【解析】假如亚磷酸是二元强酸，0.005 mol·L^{-1} H_3PO_3 溶液的 pH=2，但亚磷酸是二元弱酸，故 pH>2，A 错误；Na_2HPO_3 是亚磷酸的正盐，HPO_3^{2-} 只发生水解，故溶液显碱性，B 错误；根据 $K_{a2}=\frac{c(H^+)\cdot c(HPO_3^{2-})}{c(H_2PO_3^-)}$，可得 $\frac{c(H_2PO_3^-)}{c(HPO_3^{2-})}=\frac{c(H^+)}{K_{a2}}$，加水稀释时 $c(H^+)$ 减小、K_{a2} 不变，比值减小，C 错误；亚磷酸是二元弱酸，溶液 a 中阴离子只有 OH^-、$H_2PO_3^-$、HPO_3^{2-}，阳离子只有 Na^+、H^+，该式符合电荷守恒规律，D 正确。



1 min 速解　南京大学——孙海钰

对于 C，善用“越稀越电离”，加水即稀释，电离程度增大，该比值应减小。

2. **B** 【解析】在 Na_2HPO_4 溶液中，HPO_4^{2-} 存在电离：$HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^++PO_4^{3-}$，$K_{a3}=\frac{c(H^+)\cdot c(PO_4^{3-})}{c(HPO_4^{2-})}$，存在水解：$HPO_4^{2-}+H_2O\rightleftharpoons$

$H_2PO_4^-+OH^-$　$K_h(HPO_4^{2-})=\frac{K_w}{K_{a2}}=\frac{10^{-14}}{6\times10^{-8}}=\frac{1}{6}\times10^{-6}>K_{a3}$，$HPO_4^{2-}$ 的水解程度远大于电离程度，则溶液中 $c(OH^-)\approx c(H_2PO_4^-)$，由于水解本身也是微弱的，溶液中的 $c(HPO_4^{2-})\approx1\ mol\cdot L^{-1}$，则 $c(OH^-)\approx\sqrt{K_h(HPO_4^{2-})\times1}=\sqrt{\frac{1}{6}\times10^{-6}}\ mol\cdot L^{-1}$，$pOH=-\lg c(OH^-)\approx-\lg\sqrt{\frac{1}{6}\times10^{-6}}\approx3.39$，$pH\approx14-3.39=10.61$，A 错误；$n(NaOH)=5\ mmol$，$n(H_3PO_4)=3\ mmol$，反应后得到含 1 mmol NaH_2PO_4 和 2 mmol Na_2HPO_4 的混合溶液，则 $2c(H_2PO_4^-)\approx c(HPO_4^{2-})$，则 $c(H^+)=\frac{K_{a2}\times c(H_2PO_4^-)}{c(HPO_4^{2-})}\approx\frac{K_{a2}}{2}=3\times10^{-8}\ mol\cdot L^{-1}$，$pH=-\lg c(H^+)=-\lg(3\times10^{-8})=8-\lg3\approx7.52$，B 正确；$K_h(H_2PO_4^-)=\frac{K_w}{K_{a1}}=\frac{10^{-14}}{7\times10^{-3}}=\frac{1}{7}\times10^{-11}<K_{a2}$，$H_2PO_4^-$ 电离程度大于水解程度，NaH_2PO_4 溶液显酸性，水的电离被抑制，由 A 项分析知 HPO_4^{2-} 水解程度大于电离程度，Na_2HPO_4 溶液显碱性，水的电离被促进，故水电离出的 $c(H^+)$：前者小于后者，C 错误；H_3PO_4 以第一步电离为主，$c(H^+)\approx c(H_2PO_4^-)=\sqrt{K_{a1}\times c(H_3PO_4)}=\sqrt{7\times10^{-3}\times\frac{10}{2}}\ mol\cdot L^{-1}=\sqrt{35\times10^{-3}}\ mol\cdot L^{-1}\approx0.187\ mol\cdot L^{-1}$，对于 H_3PO_4 的第二步电离 $c(HPO_4^{2-})=\frac{c(H_2PO_4^-)\cdot K_{a2}}{c(H^+)}\approx K_{a2}=6\times10^{-8}\ mol\cdot L^{-1}$，第三步电离时 $c(PO_4^{3-})=\frac{K_{a3}\times c(HPO_4^{2-})}{c(H^+)}=\frac{5\times10^{-13}\times6\times10^{-8}}{0.187}\ mol\cdot L^{-1}\approx1.6\times10^{-19}\ mol\cdot L^{-1}$，$Q=c^3(Ca^{2+})\cdot c^2(PO_4^{3-})\approx\left(\frac{2}{2}\right)^3\times(1.6\times10^{-19})^2=2.56\times10^{-38}<K_{sp}$，无沉淀生成，D 错误。

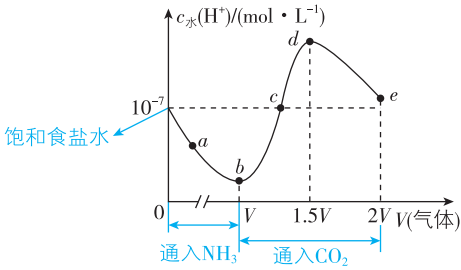
关键点

3. **D**　【解析】H_2SO_3 溶液中存在电荷守恒：$c(H^+)=c(OH^-)+c(HSO_3^-)+2c(SO_3^{2-})$，0.4 mol·L^{-1} 新制 H_2SO_3 溶液 pH 约为 1，$K_{a1}\cdot K_{a2}=\frac{c^2(H^+)c(SO_3^{2-})}{c(H_2SO_3)}=8.4\times10^{-10}$，$c(H^+)\approx10^{-1}\ mol\cdot L^{-1}$，则 $\frac{2c(SO_3^{2-})}{c(H_2SO_3)}=1.68\times10^{-7}<1$，即 $2c(SO_3^{2-})<c(H_2SO_3)$，则 $c(H^+)<c(OH^-)+c(HSO_3^-)+c(H_2SO_3)$，A 错误；等体积混合后 $c(H_2SO_3)=0.2\ mol\cdot L^{-1}$，$c(Ba^{2+})=0.2\ mol\cdot L^{-1}$，根据 $K_{a1}\cdot K_{a2}=\frac{c^2(H^+)c(SO_3^{2-})}{c(H_2SO_3)}$，结合实验 1 0.4 mol·L^{-1} H_2SO_3 的 pH≈1 及弱酸稀释规律可知 0.2 mol·L^{-1} H_2SO_3 溶液 pH 近似为 1，可计算得混合后 $c(SO_3^{2-})\approx1.68\times10^{-8}\ mol\cdot L^{-1}$，$Q=c(Ba^{2+})\cdot c(SO_3^{2-})=3.36\times10^{-9}>K_{sp}(BaSO_3)$，能生成沉淀，B 错误；$K_h(HSO_3^-)=\frac{K_w}{K_{a1}}\approx7.1\times10^{-13}$，故 HSO_3^- 的电离程度

大于水解程度，$NaHSO_3$ 溶液呈酸性，pH<7，C 错误；pH=8 时 $c(H^+)=10^{-8}\ mol\cdot L^{-1}$，$K_{a2}=\dfrac{c(H^+)\cdot c(SO_3^{2-})}{c(HSO_3^-)}$，则 $\dfrac{c(SO_3^{2-})}{c(HSO_3^-)}=6$，即 $c(HSO_3^-)=\dfrac{1}{6}c(SO_3^{2-})$，代入电荷守恒式 $c(Na^+)+c(H^+)=2c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)+c(OH^-)$，可得 $c(Na^+)+c(H^+)=\dfrac{13}{6}c(SO_3^{2-})+c(OH^-)<3c(SO_3^{2-})+c(OH^-)$，D 正确。

4. C

题图解读　结合侯氏制碱法原理可知 $V(NH_3)$ 与 $V(CO_2)$ 以 1∶1 参与反应时，$NaHCO_3$ 产量最大。



①$V(NH_3)=0$ 时，溶液为饱和食盐水，$c_{水}(H^+)=10^{-7}\ mol\cdot L^{-1}$；

②开始通入 NH_3 至 b 点，当 $V(NH_3)=V$ 时，溶液中溶质：NaCl、$NH_3\cdot H_2O$，抑制 H_2O 电离，$c_{水}(H^+)<10^{-7}\ mol\cdot L^{-1}$，$b$ 点时溶液中 NH_3 达到饱和；

③$b\rightarrow d$，随着 CO_2 的通入，CO_2 与 $NH_3\cdot H_2O$ 反应，H_2O 的电离程度增大，d 点达到最大，此时 $V(NH_3)=2V(CO_2)$，恰好生成 $(NH_4)_2CO_3$；

④$d\rightarrow e$，继续通入 CO_2，CO_2 与 $(NH_4)_2CO_3$ 溶液反应，H_2O 的电离程度减小，CO_3^{2-} 逐步转化为 HCO_3^-；

⑤e 点时，$V(NH_3)=V(CO_2)$，恰好生成 NH_4HCO_3。

【解析】由题图可知，b 点的 $c_{水}(H^+)$ 小于 c 点的 $c_{水}(H^+)$，说明 b 点水的电离程度小于 c 点，A 错误；d 点通入气体总体积为 1.5V，其中 NH_3 体积为 V，CO_2 体积为 0.5V，由原子守恒可知 $n(N)∶n(C)=2∶1$，根据物料守恒得：$c(NH_4^+)+c(NH_3\cdot H_2O)=2[c(HCO_3^-)+c(CO_3^{2-})+c(H_2CO_3)]$，B 错误；$c$ 点溶质成分为 $(NH_4)_2CO_3$、$NH_3\cdot H_2O$ 和 NaCl，$(NH_4)_2CO_3$ 促进 H_2O 电离，$NH_3\cdot H_2O$ 抑制 H_2O 电离，促进与抑制程度相当，所以 c 点 $c_{水}(H^+)=10^{-7}\ mol\cdot L^{-1}$，室温下溶液呈碱性，即 $c(H^+)<c(OH^-)$，溶液中存在电荷守恒：$c(NH_4^+)+c(Na^+)+c(H^+)=c(HCO_3^-)+2c(CO_3^{2-})+c(Cl^-)+c(OH^-)$，则 $c(NH_4^+)+c(Na^+)>c(HCO_3^-)+2c(CO_3^{2-})+c(Cl^-)$，此时未析出 $NaHCO_3$，故 $c(Na^+)=c(Cl^-)$，$c(NH_4^+)>c(HCO_3^-)+2c(CO_3^{2-})$，C 正确；由 d 点到 e 点继续通入 CO_2，溶液中 $c(H^+)$ 增大，故 $\dfrac{c(CO_3^{2-})}{c(HCO_3^-)}=\dfrac{K_{a2}(H_2CO_3)}{c(H^+)}$ 应逐渐减小，D 错误。

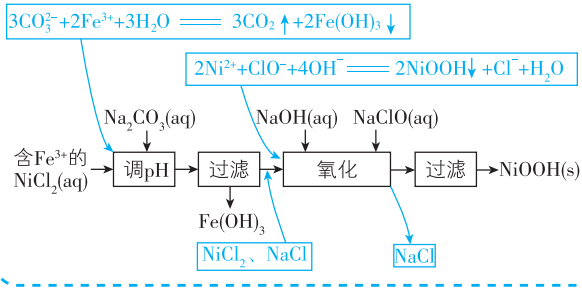
5. C 【解析】结合题图可知，氨水吸收 SO_2 生成 $(NH_4)_2SO_3$ 溶液，$(NH_4)_2SO_3$ 溶液吸收 NO_2，将 NO_2 还原为 N_2，自身被氧化为 SO_4^{2-}，最终生成铵盐溶液。反应 $2NH_3\cdot H_2O+H_2SO_3 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + SO_3^{2-} + 2H_2O$ 的平衡常数可表示为 $K=\dfrac{c^2(NH_4^+)c(SO_3^{2-})}{c^2(NH_3\cdot H_2O)c(H_2SO_3)}=\dfrac{c^2(NH_4^+)c^2(OH^-)}{c^2(NH_3\cdot H_2O)}\times\dfrac{c^2(H^+)c(SO_3^{2-})}{c(H_2SO_3)}\times\dfrac{1}{c^2(H^+)\cdot c^2(OH^-)}=\dfrac{K_b^2(NH_3\cdot H_2O)\times K_{a1}(H_2SO_3)\times K_{a2}(H_2SO_3)}{K_w^2}=\dfrac{(2\times10^{-5})^2\times1\times10^{-2}\times6\times10^{-8}}{(1\times10^{-14})^2}=2.4\times10^9$，A 正确；在 $(NH_4)_2SO_3$ 溶液中，存在质子守恒关系：$c(H^+)+c(HSO_3^-)+2c(H_2SO_3)=c(OH^-)+c(NH_3\cdot H_2O)$，B 正确；氨水中通入 SO_2 至 pH=7，此时 $c(H^+)=c(OH^-)$，溶液中存在电荷守恒：$c(NH_4^+)+c(H^+)=2c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)+c(OH^-)$，则 $c(NH_4^+)=2c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)$，$c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)<c(NH_4^+)$，C 错误；$(NH_4)_2SO_3$ 溶液吸收 NO_2 时 NO_2 中 N 从+4→0，SO_3^{2-} 中 S 从+4→+6，根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒配平方程式，D 正确。

关键点

6. C 【解析】实验 1 中铵根离子和铝离子的水解促进水的电离，0.1 mol·L^{-1} $NH_4Al(SO_4)_2$ 溶液的 pH 约为 6，则由水电离出的 $c(H^+)$ 约为 10^{-6} mol·L^{-1}，A 错误；实验 2 向 0.1 mol·L^{-1} $NH_4Al(SO_4)_2$ 溶液中加入少量的 $Ba(OH)_2$ 溶液，反应生成硫酸钡沉淀、硫酸铵和氢氧化铝沉淀，发生反应的离子方程式为 $2Al^{3+}+3SO_4^{2-}+3Ba^{2+}+6OH^-=3BaSO_4\downarrow+2Al(OH)_3\downarrow$，B 错误；实验 3 向 0.1 mol·L^{-1} $NH_4Al(SO_4)_2$ 溶液中通入一定量的 NH_3 至沉淀完全，则得到的溶液为硫酸铵溶液，溶液呈酸性，离子浓度大小关系为 $c(NH_4^+)>c(SO_4^{2-})>c(H^+)>c(OH^-)$，C 正确；实验 4 向 0.1 mol·L^{-1} $NH_4Al(SO_4)_2$ 溶液中加入 Na_2CO_3 溶液，发生双水解反应产生氢氧化铝沉淀和二氧化碳气体，故过滤后所得清液中一定不存在碳酸铝沉淀的溶解平衡，即一定不存在 $c^2(Al^{3+})=\dfrac{K_{sp}[Al_2(CO_3)_3]}{c^3(CO_3^{2-})}$，D 错误。

7. C

题图解读



【解析】0.1 mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液中物料守恒关系为 $c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)+c(H_2CO_3)=\dfrac{1}{2}c(Na^+)=0.1$ mol·L^{-1}，

电荷守恒关系为 $c(OH^-)+2c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)=c(H^+)+c(Na^+)$，则 $c(OH^-)-c(H^+)=c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)=0.1\ mol\cdot L^{-1}+c(H_2CO_3)-c(CO_3^{2-})<0.1\ mol\cdot L^{-1}+c(H_2CO_3)$，A 错误；pH = 11 的 NaClO 溶液中 $\frac{c(ClO^-)}{c(HClO)}=\frac{K_a(HClO)}{c(H^+)}=3\ 000>1$，即 $c(ClO^-)>c(HClO)$，B 错误；“调 pH”得到的上层清液中离子积 $Q[Fe(OH)_3]=c(Fe^{3+})\cdot c^3(OH^-)=K_{sp}[Fe(OH)_3]$，$Q[Ni(OH)_2]=c(Ni^{2+})\cdot c^2(OH^-)<K_{sp}[Ni(OH)_2]$，则上层清液中 $\frac{c^2(Fe^{3+})}{c^3(Ni^{2+})}=\frac{c^2(Fe^{3+})\cdot c^6(OH^-)}{c^3(Ni^{2+})\cdot c^6(OH^-)}>\frac{K_{sp}^2[Fe(OH)_3]}{K_{sp}^3[Ni(OH)_2]}=\frac{(1\times10^{-36})^2}{(2\times10^{-15})^3}=1.25\times10^{-28}>10^{-28}$，C 正确；碱性条件下加入 NaClO 溶液氧化 Ni^{2+} 得到 NiOOH 沉淀，反应为 $2Ni^{2+}+ClO^-+4OH^-=\!=\!=2NiOOH\downarrow+Cl^-+H_2O$，D 错误。

8. C 【解析】亚磷酸（H_3PO_3）的分级电离常数 $K_{a1}=10^{-1.4}$，$K_{a2}=10^{-6.7}$，说明亚磷酸（H_3PO_3）是二元弱酸，则 Na_2HPO_3 为正盐，HPO_3^{2-} 水解而使溶液显碱性，NaH_2PO_3 为酸式盐，由于 $K_{a2}=10^{-6.7}>K_h(H_2PO_3^-)=\frac{K_w}{K_{a1}}=\frac{1\times10^{-14}}{10^{-1.4}}$，电离程度大于水解程度，溶液显酸性，A 正确；根据题意，向亚磷酸钠溶液中滴加盐酸，a 点是第一次滴定终点，则溶液主要含 NaH_2PO_3、NaCl，根据质子守恒得到：$c(H^+)+c(H_3PO_3)=c(OH^-)+c(HPO_3^{2-})$，B 正确；根据题意，$b$ 点是第二次滴定终点，则溶液主要含 H_3PO_3、NaCl，b 点对应的溶液中存在电荷守恒：$c(H^+)+c(Na^+)=c(H_2PO_3^-)+2c(HPO_3^{2-})+c(OH^-)+c(Cl^-)$，此时 $c(Na^+)=c(Cl^-)$，则 $c(H^+)=c(H_2PO_3^-)+2c(HPO_3^{2-})+c(OH^-)$，C 错误；根据滴定终点时，被测离子的浓度发生突跃，指示电极电位也发生了突跃，b 点生成的亚磷酸属于弱酸，溶液的电极电位突变是因为此时氢离子浓度突然增大，D 正确。

9. C 【解析】反应 $2HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-}+H_2CO_3$ 的平衡常数 $K=\frac{c(H_2CO_3)\cdot c(CO_3^{2-})}{c^2(HCO_3^-)}=\frac{K_{a2}}{K_{a1}}=\frac{4.7\times10^{-11}}{4.5\times10^{-7}}\approx1.04\times10^{-4}$，数量级为 10^{-4}，A 正确；pH = 11 时 $c(OH^-)=10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}$，$Q=c(Mg^{2+})\cdot c^2(OH^-)=10^{-5}\times(10^{-3})^2=10^{-11}>K_{sp}[Mg(OH)_2]=5.61\times10^{-12}$，有 $Mg(OH)_2$ 沉淀生成，B 正确；pH = 9 时，$c(H^+)=10^{-9}\ mol\cdot L^{-1}$，平衡时 CO_3^{2-} 物质的量分数 $=\frac{K_{a1}\cdot K_{a2}}{c^2(H^+)+c(H^+)\cdot K_{a1}+K_{a1}\cdot K_{a2}}$，代入计算可得 CO_3^{2-} 物质的量分数约为 0.045，$c(CO_3^{2-})\approx4.5\times10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}$，$Q=c(Mg^{2+})\cdot c(CO_3^{2-})=10^{-2}\times4.5\times10^{-3}=4.5\times10^{-5}>K_{sp}(MgCO_3)=6.82\times10^{-6}$，有 $MgCO_3$ 沉淀生成，部分含碳微粒进入沉淀，因此溶液中 $c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)+c(H_2CO_3)<0.1\ mol\cdot L^{-1}$，C

不正确；结合 $K_{sp}(MgCO_3)>K_{sp}[Mg(OH)_2]$ 可知反应 $MgCO_3+2OH^- \rightleftharpoons Mg(OH)_2+CO_3^{2-}$ 的 $K=\frac{c(CO_3^{2-})}{c^2(OH^-)}=\frac{K_{sp}(MgCO_3)}{K_{sp}[Mg(OH)_2]}\approx 1.22\times10^6$，所以 pH 较高时 OH^- 浓度大，$MgCO_3$ 易转化为 $Mg(OH)_2$，pH 较低时即 $c(H^+)$ 大，消耗 OH^-，平衡逆向移动，$Mg(OH)_2$ 转化为 $MgCO_3$，调节 pH 可实现二者相互转化，D 正确。

10. C

思路导引 Cl_2 与 NaOH 溶液反应制取 NaClO，向所得溶液中加入尿素，发生反应：$CO(NH_2)_2+2NaOH+NaClO=Na_2CO_3+N_2H_4\cdot H_2O+NaCl$，制取水合肼（$N_2H_4\cdot H_2O$），经过系列操作后得到 Na_2CO_3 溶液，向其中通入 SO_2，得到 Na_2SO_3 溶液。

【解析】步骤Ⅰ中当 Cl_2 与 NaOH 恰好完全反应时发生反应 $Cl_2+2NaOH=NaCl+NaClO+H_2O$，若该步骤无副反应发生，则根据钠元素和氯元素守恒，存在 $c(Na^+)=c(Cl^-)+c(ClO^-)+c(HClO)$，但流程明确指出 NaOH 过量，则存在 $c(Na^+)>c(Cl^-)+c(ClO^-)+c(HClO)$，A 错误；步骤Ⅱ为 NaClO 和 $CO(NH_2)_2$ 反应生成 $N_2H_4\cdot H_2O$，该反应的离子方程式为 $CO(NH_2)_2+ClO^-+2OH^-=N_2H_4\cdot H_2O+Cl^-+CO_3^{2-}$，该反应在碱性条件下进行（NaClO 溶液呈碱性且步骤Ⅰ中过量 NaOH 会进入步骤Ⅱ，$N_2H_4\cdot H_2O$ 是二元弱碱），不可能生成 H^+，B 错误；由题干信息可知：$N_2H_4\cdot H_2O$ 是二元弱碱，结合选项不等式可知，$\frac{c(N_2H_6^{2+})c(OH^-)c(OH^-)}{c(N_2H_4\cdot H_2O)c(H^+)c(OH^-)}=\frac{K_{b1}K_{b2}}{K_w}=\frac{9.55\times10^{-7}\times1.26\times10^{-15}}{10^{-14}}<1$，则 $c(N_2H_6^{2+})\cdot c(OH^-)<c(H^+)\cdot c(N_2H_4\cdot H_2O)$，C 正确；由题干信息可知酸性强弱顺序：$H_2SO_3>H_2CO_3>HSO_3^->HCO_3^-$，则 SO_2 通入 Na_2CO_3 溶液中，先发生反应：①$SO_2+2CO_3^{2-}+H_2O=2HCO_3^-+SO_3^{2-}$，然后发生反应：②$HCO_3^-+SO_2+H_2O=H_2O+CO_2+HSO_3^-$、③$SO_3^{2-}+H_2O+SO_2=2HSO_3^-$，则曲线①代表 CO_3^{2-}（浓度不断减小），曲线②、③可结合反应①中 HCO_3^-、SO_3^{2-} 的化学计量数判断，曲线②代表 HCO_3^-（先升后降），曲线③代表 SO_3^{2-}（先升后降），曲线④代表 HSO_3^-（持续增大，直至饱和），D 错误。

突破点 8　水溶液数形结合（抓交点拐点）

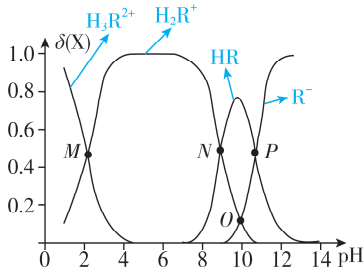
1. C

思路导引 盐酸的酸性强于 CH_3COOH，用浓度为 0.020 0 mol·L^{-1} 的 NaOH 标准溶液滴定浓度均为 0.020 0 mol·L^{-1} 的 HCl 和 CH_3COOH 的混合溶液，氢氧化钠先和盐酸反应，$\eta=1.00$ 时盐酸恰好被反应完，此时溶质为 0.010 0 mol·L^{-1} 的 CH_3COOH 和 0.010 0 mol·L^{-1} 的 NaCl 的混合溶液。

【解析】结合分析可知，$\eta=1.00$ 时 a 点为 0.010 0 mol·L^{-1} 的 CH_3COOH 和 0.010 0 mol·L^{-1} 的 NaCl 的混合溶液，pH = 3.38，$K_a(CH_3COOH)=\dfrac{c(H^+)\cdot c(CH_3COO^-)}{c(CH_3COOH)}\approx\dfrac{10^{-3.38}\times10^{-3.38}}{0.01}=10^{-4.76}$，故 $K_a(CH_3COOH)$ 的数量级为 10^{-5}，A 错误；a 点溶液为等浓度的 NaCl 和 CH_3COOH 混合溶液，CH_3COOH 的浓度约为 0.01 mol·L^{-1}，CH_3COO^- 的浓度约为 $10^{-3.38}$ mol·L^{-1}，所以 $c(CH_3COOH)>c(CH_3COO^-)$，B 错误；点 b 溶液中含有 NaCl 及等浓度的 CH_3COOH 和 CH_3COONa，且浓度之比为 2∶1∶1，根据物料守恒有 $2c(Na^+)=3c(CH_3COO^-)+3c(CH_3COOH)$，C 正确；$a$ 点为等浓度的 NaCl、CH_3COOH 混合溶液，CH_3COOH 抑制水的电离，b 点溶液中 $c(CH_3COOH)∶c(CH_3COONa)=1∶1$，$CH_3COO^-$ 促进水的电离，则水的电离程度：$a<b$，c 点氢氧化钠与盐酸、醋酸恰好反应完全，溶质为 NaCl、CH_3COONa，溶液中 CH_3COO^- 水解促进水的电离，d 点溶质为 NaCl、CH_3COONa、NaOH，所以 c 点水的电离程度大于 a、b、d，但 b、d 两点水的电离程度无法判断大小，D 错误。

2. C

题图解读 随 pH 增大，H_3R^{2+} 的分布系数减小、H_2R^+ 的分布系数先增大后减小、HR 的分布系数先增大后减小、R^- 的分布系数增大，如图所示：



【解析】M 点 H_3R^{2+} 和 H_2R^+ 的浓度相等，pH<7，不能由等浓度 HR 和 H_2R^+ 混合得到，A 错误；根据电荷守恒：$c(Cl^-)+c(OH^-)+c(R^-)=2c(H_3R^{2+})+c(H_2R^+)+c(Na^+)+c(H^+)$，$M$ 点：$c(H_3R^{2+})=c(H_2R^+)$，故 $c(Cl^-)+c(OH^-)+c(R^-)=3c(H_2R^+)+c(Na^+)+c(H^+)$，B 错误；$K_2=\dfrac{c(HR)\cdot c(H^+)}{c(H_2R^+)}$、$K_3=\dfrac{c(R^-)\cdot c(H^+)}{c(HR)}$，$c(H_2R^+)=\dfrac{c(HR)\cdot c(H^+)}{K_2}$，$c(R^-)=\dfrac{K_3\cdot c(HR)}{c(H^+)}$，$O$ 点时 $c(H_2R^+)=c(R^-)$，所以 $c^2(H^+)=K_2K_3$，$pH=-\dfrac{\lg K_2+\lg K_3}{2}$，C 正确；$P$ 点时 $c(R^-)=c(HR)$，滴定至 P 点，发生的反应有 $2H_3RCl_2+5NaOH=\!=\!=HR+5H_2O+4NaCl+NaR$，此时溶液呈碱性，$c(OH^-)>c(H^+)$，根据方程式可知：$c(Na^+)>c(Cl^-)>c(OH^-)>c(H^+)$，D 错误。

30 s 速解　天津大学——朱明赫

由分布系数-pH 图普遍规律可知，O 的横坐标为 N、P 两点横坐标和的一半，且 N、P（两曲线交点）横坐标值即为 $-\lg K_2$、$-\lg K_3$，C 正确。

3. C 【解析】由图中曲线Ⅰ、Ⅱ可分别计算出对应的酸的电离平衡常数，$K_{Ⅰ}=10^{-9.2}$、$K_{Ⅱ}=10^{-3.2}$，已知酸性：HA>HB，故曲线Ⅱ表示 $-\lg\frac{c(A^-)}{c(HA)}$ 随溶液 pH 的变化情况，A 正确；根据电荷守恒可知，通入 HCl 的 NaB 溶液中存在 $c(B^-)+c(Cl^-)+c(OH^-)=c(Na^+)+c(H^+)$，pH=7 时，$c(OH^-)=c(H^+)$，故 $c(B^-)+c(Cl^-)=c(Na^+)$，B 正确；“越弱越水解”，未通入 HCl 时，两溶液的 pH 相等，故 $c(NaA)>c(NaB)$，NaA 溶液中存在 $c(A^-)+c(OH^-)=c(Na^+)+c(H^+)$，NaB 溶液中存在 $c(B^-)+c(OH^-)=c(Na^+)+c(H^+)$，NaA 溶液中的 $c(Na^+)+c(H^+)$ 大于 NaB 溶液中的 $c(Na^+)+c(H^+)$，故 $c(A^-)+c(OH^-)>c(B^-)+c(OH^-)$，C 错误；由 A 项分析得出 $K_a(HA)=10^{-3.2}$，M 点时将 $c(H^+)=10^{-5}\ mol\cdot L^{-1}$ 代入 $\frac{c(A^-)\cdot c(H^+)}{c(HA)}=10^{-3.2}$，可得 $\frac{c(A^-)}{c(HA)}=10^{1.8}$，$-\lg 10^{1.8}=-1.8$，D 正确。

关键点

4. D

思路导引 由题意可知，因为含 A 粒子的分布系数随溶液 pH 的变化而变化，说明 HA 为弱酸，溶液中 A^- 会水解，则曲线④代表 A^- 的分布系数，曲线③代表 HA 的分布系数，随着溶液的 pH 增大，溶液中 $c(OH^-)$ 增大，使 A^- 水解平衡逆向移动，$c(A^-)$ 增大，$K_{sp}(MA_2)=c(M^{2+})c^2(A^-)$，此时该溶液体系中 $c(M^{2+})$ 减小，$pc(M^{2+})$ 增大，则曲线②代表含 MA_2 的溶液中 $pc(M^{2+})$ 的变化，曲线①代表含 MB 的溶液中 $pc(M^{2+})$ 的变化。

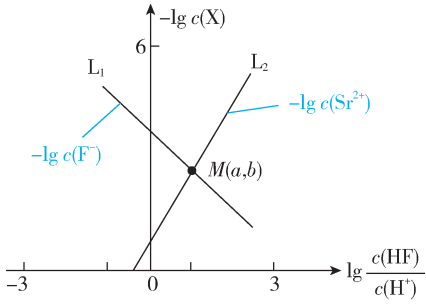
【解析】由分析可知，A 正确；由图可知，当 pH=3 时，溶液中 $c(A^-)=c(HA)$，$c(OH^-)=\frac{K_w}{c(H^+)}=\frac{10^{-14}}{10^{-3}}\ mol\cdot L^{-1}=10^{-11}\ mol\cdot L^{-1}$，$A^-+H_2O\rightleftharpoons HA+OH^-$ 的平衡常数 $K=\frac{c(HA)c(OH^-)}{c(A^-)}=c(OH^-)=10^{-11}$，B 正确；由图可知，当 pH=10 时，MB(s) 的饱和溶液中 $pc(M^{2+})=5$，则 $c(M^{2+})=10^{-5}\ mol\cdot L^{-1}$，且其不随溶液 pH 的变化而变化，说明 H_2B 为强酸，在溶液中没有 B^{2-} 的水解，则 $K_{sp}(MB)=c(M^{2+})c(B^{2-})=(10^{-5})^2=10^{-10}$，C 正确；$MA_2$ 饱和溶液中存在物料守恒：$2c(M^{2+})=c(A^-)+c(HA)$，则 $c(M^{2+})=\frac{1}{2}[c(A^-)+c(HA)]$，由 $K_a(HA)=\frac{c(H^+)c(A^-)}{c(HA)}$ 可知，$K_{sp}(MA_2)=c(M^{2+})c^2(A^-)=\frac{1}{2}[c(A^-)+c(HA)]c^2(A^-)=\frac{1}{2}c^3(A^-)+\frac{1}{2}c^2(A^-)c(HA)$，等式两边同时除以 $c^3(A^-)$ 可得 $\frac{K_{sp}(MA_2)}{c^3(A^-)}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{c(HA)}{c(A^-)}$（①），①式等式

两边同时除以 $K_{sp}(MA_2)$ 并代入 $K_a(HA)$ 表达式，解得：$\frac{1}{c^3(A^-)}=\frac{1}{2K_{sp}(MA_2)}+\frac{1}{2}\times\frac{c(H^+)}{K_a(HA)K_{sp}(MA_2)}$，D 错误。

突破点 9　水溶液中的复合体系（锁定粒子间关系）

1. D

题图解读　SrF_2 悬浊液存在沉淀溶解平衡：$SrF_2(s)\rightleftharpoons Sr^{2+}(aq)+2F^-(aq)$，用 HCl 调节溶液 pH，溶液存在平衡：$H^++F^-\rightleftharpoons HF$；随着 $\lg\frac{c(HF)}{c(H^+)}$ 的增大，$H^++F^-\rightleftharpoons HF$ 平衡逆向移动，F^- 浓度增大，沉淀溶解平衡逆向移动，$c(Sr^{2+})$ 减小，则 $-\lg c(Sr^{2+})$ 增大（A 错误），对应曲线 L_2，则 L_1 代表 $-\lg c(F^-)$ 随着 $\lg\frac{c(HF)}{c(H^+)}$ 的变化曲线。



【解析】随 HCl 量的增加，平衡 $H^++F^-\rightleftharpoons HF$ 正向移动，$c(F^-)$ 减小，沉淀溶解平衡 $SrF_2(s)\rightleftharpoons Sr^{2+}(aq)+2F^-(aq)$ 正向移动，B 错误；$K_{sp}(SrF_2)=c(Sr^{2+})\cdot c^2(F^-)$，$M$ 点时 $c(F^-)=c(Sr^{2+})=\sqrt[3]{K_{sp}(SrF_2)}\ mol\cdot L^{-1}=10^{-2.9}\ mol\cdot L^{-1}$，$b=2.9$，C 错误；由电荷守恒得 $2c(Sr^{2+})+c(H^+)=c(Cl^-)+c(OH^-)+c(F^-)$，再根据元素守恒：$2c(Sr^{2+})=c(F^-)+c(HF)$，整理得到 $c(HF)+c(H^+)=c(Cl^-)+c(OH^-)$，当 $\lg\frac{c(HF)}{c(H^+)}=1$ 时，$c(HF)=10c(H^+)$，则 $11c(H^+)=c(Cl^-)+c(OH^-)$，D 正确。

2. D

思路导引　由题意可知，当加入少量氨水时，先发生反应①：$Ag^++NH_3\rightleftharpoons[Ag(NH_3)]^+$　$K_1=\frac{c\{[Ag(NH_3)]^+\}}{c(Ag^+)c(NH_3)}$，继续加入氨水，发生反应②：$[Ag(NH_3)]^++NH_3\rightleftharpoons[Ag(NH_3)_2]^+$　$K_2=\frac{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}}{c\{[Ag(NH_3)]^+\}c(NH_3)}$，反应①+②为 $Ag^++2NH_3\rightleftharpoons[Ag(NH_3)_2]^+$　$K_3=\frac{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}}{c(Ag^+)\cdot c^2(NH_3)}=K_1\cdot K_2$，分别对平衡常数 K_1、K_3 表达式取对数，整理得 $\lg\frac{c(Ag^+)}{c\{[Ag(NH_3)]^+\}}=-\lg c(NH_3)-\lg K_1$，$\lg\frac{c(Ag^+)}{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}}=-2\lg c(NH_3)-\lg K_3$，结合 L_1、L_2 斜率可知 L_1 表示 $\lg\frac{c(Ag^+)}{c\{[Ag(NH_3)]^+\}}$ 随 $\lg c(NH_3)$ 的变化

关系，L_2 表示 $\lg\frac{c(Ag^+)}{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}}$ 随 $\lg c(NH_3)$ 的变化关系。$c(Ag^+)$ 随着 NH_3 的增多而减少，则 $c(Cl^-)$ 随着 NH_3 的增多而增大，故图中点 $(-3.7,-6.6)$ 对应的曲线表示 $\lg c(Ag^+)$ 随 $\lg c(NH_3)$ 的变化关系，点 $(-3.7,x)$ 对应的曲线表示 $\lg c(Cl^-)$ 随 $\lg c(NH_3)$ 的变化关系。

【解析】由题意可知，点 $(-3.7,x)$ 对应的 $c(Ag^+)=10^{-6.6}$ mol·L^{-1}，由 $K_{sp}(AgCl)=c(Ag^+)c(Cl^-)=(10^{-4.85})^2=10^{-9.7}$ 得，$c(Cl^-)=\frac{K_{sp}(AgCl)}{c(Ag^+)}=\frac{10^{-9.7}}{10^{-6.6}}$ mol·$L^{-1}=10^{-3.1}$ mol·L^{-1}，则 $x=-3.1$，A 正确；由分析可知，B 正确；由图可知，当 $\lg c(NH_3)=-3.7$ 时，$\lg\frac{c(Ag^+)}{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}}=-0.4$，$c(Ag^+)=10^{-6.6}$ mol·L^{-1}，则 $c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}=10^{-6.2}$ mol·L^{-1}，则该反应的平衡常数 $K=\frac{c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}\times c(Cl^-)}{c^2(NH_3)}=\frac{10^{-6.2}\times10^{-3.1}}{(10^{-3.7})^2}=10^{-1.9}$，C 正确；根据 C 项中反应的平衡常数表达式可知，当 $c(NH_3)=100c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}$ 时，$c(Cl^-)=10^{0.1}c(NH_3)$（④），根据物料守恒有 $c(Ag^+)+c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}+c\{[Ag(NH_3)]^+\}=c(Cl^-)$（⑤），由④⑤两式可得 $c(Ag^+)+c\{[Ag(NH_3)_2]^+\}+c\{[Ag(NH_3)]^+\}=10^{0.1}c(NH_3)$，整理可得 $(10^{0.1}-0.01)c(NH_3)=c\{[Ag(NH_3)]^+\}+c(Ag^+)$，D 错误。

3. **D**　**【解析】**MA 悬浊液中存在溶解平衡 $MA(s)\rightleftharpoons M^{2+}(aq)+A^{2-}(aq)$，通入 HCl 气体，$A^{2-}$ 与 H^+ 反应生成 HA^- 和 H_2A，随着 pH 减小，$c(H^+)$ 增大，$c(A^{2-})$ 减小，$-\lg c(A^{2-})$ 增大，$c(HA^-)$ 先增大后减小，$-\lg c(HA^-)$ 先减小后增大，$c(H_2A)$ 增大，$-\lg c(H_2A)$ 减小，M^{2+} 不水解，$c(M^{2+})$ 增大，$-\lg c(M^{2+})$ 减小，所以曲线Ⅱ表示 $-\lg c(H_2A)$，曲线Ⅲ表示 $-\lg c(HA^-)$，曲线Ⅰ表示 $-\lg c(A^{2-})$，曲线Ⅳ表示 $-\lg c(M^{2+})$，A 错误；由图可知 pH 较大时，$c(A^{2-})=c(M^{2+})=10^{-5.15}$ mol·L^{-1}，$K_{sp}(MA)=c(M^{2+})\times c(A^{2-})=10^{-5.15}\times10^{-5.15}=10^{-10.3}$，B 错误；溶液中存在电荷守恒：$2c(M^{2+})+c(H^+)=2c(A^{2-})+c(HA^-)+c(OH^-)+c(Cl^-)$（①）、物料守恒：$c(M^{2+})=c(A^{2-})+c(HA^-)+c(H_2A)$（②），①−②得：$c(M^{2+})+c(H^+)+c(H_2A)=c(A^{2-})+c(Cl^-)+c(OH^-)$，$b$ 点时 $c(A^{2-})=c(H_2A)$、$c(H^+)>c(OH^-)$，故 $c(Cl^-)>c(M^{2+})$，C 错误；当 pH = 3.27 时，$c(HA^-)=c(H_2A)$，H_2A 的 $K_{a1}=\frac{c(HA^-)\times c(H^+)}{c(H_2A)}=c(H^+)=10^{-3.27}$，当 pH=6.27 时，$c(HA^-)=c(A^{2-})$，$H_2A$ 的 $K_{a2}=\frac{c(A^{2-})\times c(H^+)}{c(HA^-)}=c(H^+)=10^{-6.27}$，$b$ 点 $c(H_2A)=c(A^{2-})$，根据电离常数 $K_{a1}K_{a2}=\frac{c(A^{2-})\times c^2(H^+)}{c(H_2A)}=10^{-3.27}\times10^{-6.27}=10^{-9.54}$ 可知 $c(H^+)=10^{-4.77}$ mol·L^{-1}，pH=4.77，D 正确。

突破点 10　速率与平衡多类型图像分析

1. C

思路导引　b 点后随着温度升高，CH_3OH 的体积分数逐渐减小，说明平衡逆向移动，正反应 $\Delta H<0$，则 b 点之前反应未达到平衡状态，随着温度升高，反应速率加快，CH_3OH 的体积分数逐渐增大，b 点时 CH_3OH 的体积分数最大，反应达到平衡状态。

【解析】正反应 $\Delta H<0$，由化学方程式可知 $\Delta S<0$，根据 $\Delta G=\Delta H-T\Delta S<0$ 时反应能自发进行，可知该反应低温自发进行，A 错误；平衡常数只和温度有关，该反应为放热反应，温度越高，平衡常数越小，故 $K_a>K_b>K_c$，B 错误；a、c 两点各组分的浓度分别相同，c 点的温度高于 a 点，则 c 点的反应速率高于 a 点，$v_c(\text{逆})=v_c(\text{正})>v_a(\text{正})$，C 正确；$c$ 点时反应已达到平衡状态，向容器中再充入等物质的量的 CO_2 和 H_2，根据等效平衡，相当于增大原平衡体系的压强，平衡正向移动，再次达到平衡时，CO_2 的体积分数变小，D 错误。

30 s 速解　南京大学——孙海钰

对于同一反应，平衡常数 K 仅与温度有关，只要温度不同 K 值不可能相同，B 中三个 K 值应各不相同，直接排除。

2. D

思路导引　**反应①**：浓度从 c_1 mol·L^{-1} 开始单调递减并最终在 t_1 s 时降为 0 的曲线，代表反应物 P 或 Q，这说明该反应在 t_1 s 时完全反应，c_1 mol·L^{-1} 即为 P 或 Q 的起始浓度。

物质 M：结合反应①②知，M 先生成，N 后生成，结合曲线变化可知 X 代表物质 N，则另一曲线代表物质 M（A 正确）。物质 M 浓度从 0 开始增大，在 t_1 s 时达到最大值（此时反应①结束，M 不再生成，只消耗），随后逐渐降低直至不再改变，t_2 s 时反应②已达到平衡，其在 t_1 s 时的峰值浓度为 c_2 mol·L^{-1}，平衡浓度为 c_3 mol·L^{-1}。

物质 N：浓度从 0 开始持续增大，直到 t_2 s 时达到平衡。

【解析】反应①不是可逆反应，P 和 Q 会全部转化为 M，在 t_1 s 时，P 和 Q 恰好完全耗尽，理论上 $c(\text{M})=c_1$ mol·L^{-1}，但此时体系中 M 的实际浓度为 c_2 mol·L^{-1}，说明有 (c_1-c_2) mol·L^{-1} M 已经转化为了 N，因此 t_1 s 时 $c(\text{N})=(c_1-c_2)$ mol·L^{-1}，则 $v(\text{N})=\dfrac{c_1-c_2}{t_1}$ mol·L^{-1}·s^{-1}，B 正确；反应②反应前后气体分子数不变，是一种物质转化为另一种同分异构体的过程，属于典型的异构化反应，C 正确；在 t_2 s 达到平衡状态时，

$c(M)=c_3\ mol\cdot L^{-1}$，根据物料守恒，此时 $c(N)=(c_1-c_3)\ mol\cdot L^{-1}$，

关键点

故反应②的平衡常数 $K=\frac{c(N)}{c(M)}=\frac{c_1-c_3}{c_3}$，D 错误。

1 min 速解　南京大学——孙海钰

虽说是部分物质的浓度随时间变化图，但要理解 P、Q 的曲线重合（初始物质的量相同，都作为反应物参加一个反应，且化学计量数相等）。

3. D

思路导引　反应Ⅰ：$C_4H_{10}O(g)\rightleftharpoons C_4H_8(g)+H_2O(g)$　$\Delta H_1>0$，升高温度平衡正向移动，则 K_p 增大，即 $\lg K_p$ 也增大，而反应Ⅱ：$2C_4H_8(g)\rightleftharpoons C_8H_{16}(g)$　$\Delta H_2<0$，升高温度平衡逆向移动，则 K_p 减小，即 $\lg K_p$ 也减小，故曲线 M 代表反应Ⅱ达到平衡时 $\lg K_p$ 与温度的关系，曲线 N 代表反应Ⅰ达到平衡时 $\lg K_p$ 与温度的关系（A 错误）。

【解析】$2n(C_4H_8)=n(C_8H_{16})$ 并不代表 $n(C_4H_8)$、$n(C_8H_{16})$ 保持不变，故当 $2n(C_4H_8)=n(C_8H_{16})$ 时，不能说明反应Ⅰ、Ⅱ一定达到平衡状态，B 错误；由题干图示信息结合上述分析可知，350 ℃时，反应Ⅱ的 $\lg K_p=0$ 即 $K_p=1$，$\frac{p(C_8H_{16})}{p^2(C_4H_8)}=1$，达到平衡时 $p^2(C_4H_8)=p(C_8H_{16})$，C 错误；350 ℃时，向平衡体系中充入少量水蒸气，此时水蒸气浓度突然增大，导致 $\lg Q_p$ 增大，结合曲线 N 代表反应Ⅰ达到平衡时 $\lg K_p$ 与温度的关系，故此时 $\lg Q_p>\lg K_p$，即反应Ⅰ状态可能对应题图中的甲点，D 正确。

4. D

思路导引　反应Ⅰ为吸热反应，反应Ⅱ为放热反应，升高温度，反应Ⅰ平衡正向移动，反应Ⅱ平衡逆向移动；由题图可知，570 ℃之前，随着温度升高，CO 的体积分数增大，说明以反应Ⅱ为主，570 ℃之后，随着温度升高，CO 的体积分数降低，说明以反应Ⅰ为主。

【解析】由分析可知，570 ℃之后，以反应Ⅰ为主，即温度越高，Fe_3O_4 主要还原产物中铁元素的价态越高，A 错误；对比反应Ⅰ、Ⅱ方程式可知，反应Ⅱ需要消耗更多的 CO，即 CO 越充足，越有利于反应Ⅱ，越有利于生成 Fe，B 错误；两个反应

关键点

均为气体分子数不变的反应，反应过程中压强始终保持不变，不能作为达到平衡状态的判断依据，C 错误；温度高于 1 040 ℃时，主要发生反应Ⅰ，反应Ⅰ为吸热反应，随着温度升高，平衡正向移动，K 增大，恒温恒容时，气体的浓度之比等于对应气体的体积分数之比，1 040 ℃时反应Ⅰ的平衡常数 $K=\frac{c(CO_2)}{c(CO)}=\frac{80\%}{20\%}=4$，则高于 1 040 ℃时，反应Ⅰ的化学平衡常数 $K>4$，D 正确。

1 min 速解　南京大学——孙海钰

带有固体的反应，最好圈出方程式中的所有气体。本题反应中仅存在 CO 和 CO_2 这两种气体，则二者体积分数和为 100%，在温度高于 1 040 ℃时，CO 体积分数小于 20%，CO_2 体积分数大于 80%，则反应Ⅰ的 $K>4$，D 对；这两个反应方程式中 CO 和 CO_2 的化学计量数均为 1，反应过程中压强不变，C 错。

5. **D**　【解析】未达到平衡前，温度越高，反应速率越快，转化率越高，所以 $T_1<T_2<T_3$，反应Ⅰ的 $\Delta H_1>0$，反应Ⅱ的 $\Delta H_2>0$，反应Ⅰ、Ⅱ均为吸热反应，升高温度，平衡均正向移动，平衡常数均增大，则 $K(T_1)<K(T_2)<K(T_3)$，A 正确；由表格数据可知，升高温度，乙烯选择性降低，说明升高温度对反应Ⅱ更有利，B 正确；反应Ⅰ、Ⅱ均为气体分子数增大的反应，其他条件不变，容器内改为恒压，相对于恒容容器，相当于减小压强，反应Ⅰ、反应Ⅱ平衡均正向移动，乙烷的平衡转化率增大，C 正确；T_2 K 时，乙烷的转化率为 12.0%，可得转化的乙烷的总物质的量为 2 mol×12.0% = 0.24 mol，而此温度下乙烯的选择性为 75.0%，则参与反应Ⅰ的乙烷的物质的量为 0.24 mol×75.0% = 0.18 mol，参与反应Ⅱ的乙烷的物质的量为 0.24 mol−0.18 mol = 0.06 mol，根据热化学方程式可得，生成 CO 的物质的量为 0.06×4 mol+0.18 mol = 0.42 mol，则 0~5 min 内，$v(CO)=\dfrac{0.42\ \text{mol}}{10\ \text{L}\times 5\ \text{min}}=8.4\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$，D 错误。

6. **D**

思路导引　$\Delta H_1<0$，升高温度，反应Ⅰ平衡逆向移动，SO_2 的平衡转化率降低，已知曲线 b 表示 COS 的选择性，所以曲线 a 表示 SO_2 的平衡转化率，则曲线 c 表示 S 的选择性（A 正确）。

【解析】升高温度，S 的选择性增大，反应Ⅱ平衡正向移动，根据勒夏特列原理，反应Ⅱ正向是吸热反应，即 $\Delta H_2>0$，B 正确；设起始 $n(SO_2)=1$ mol，$n(CO)=3$ mol，在 1 400 K 下，SO_2 平衡转化率为 80%，转化的 $n(SO_2)=0.8$ mol，COS 选择性为 50%，则生成 $n(COS)=0.8\ \text{mol}\times50\%=0.4$ mol，反应Ⅱ生成 $n(S)=n'(CO)=0.4$ mol，根据反应Ⅰ可得生成 $n(CO_2)=0.8\ \text{mol}\times2=1.6$ mol，剩余 $n(CO)=3\ \text{mol}-0.8\ \text{mol}\times3+0.4\ \text{mol}=1.0$ mol，对于反应 $SO_2(g)+2CO(g)\rightleftharpoons S(g)+2CO_2(g)$，平衡时 $n(SO_2)=1\ \text{mol}-0.8\ \text{mol}=0.2$ mol，$n(CO)=1.0$ mol，$n(S)=0.4$ mol，$n(CO_2)=1.6$ mol，因为是恒压体系，气体的体积比等于其物质的量之比，设平衡时总体积为 V，平衡常数 $K=\dfrac{\frac{n(S)}{V}\times\left[\frac{n(CO_2)}{V}\right]^2}{\frac{n(SO_2)}{V}\times\left[\frac{n(CO)}{V}\right]^2}=\dfrac{0.4\times1.6^2}{0.2\times1.0^2}=5.12$，C 正确；反应Ⅰ、Ⅱ分别是气体分子数减小和增大的反应，增大压强，反应Ⅰ平衡正向移动，反应Ⅱ平衡逆向移动，COS 增多，对反应Ⅰ平衡正

向移动不利，此时 SO_2 的平衡转化率变化趋势不易判断，这时可认为体系中 $SO_2(g)$ 和 $CO(g)$ 同时发生反应Ⅰ和反应Ⅲ：$SO_2(g)+2CO(g)\rightleftharpoons S(g)+2CO_2(g)$，增大压强，反应Ⅰ平衡正移导致反应Ⅲ平衡逆移，但反应Ⅲ是被动平衡，产生的 SO_2 不可能抵消反应Ⅰ消耗的 SO_2，因此 SO_2 的平衡转化率增大，D 错误。

7. **D** 【解析】曲线②对应反应达到平衡时的总压与曲线①相同，但曲线②达到平衡的时间缩短，说明改变的条件不会影响化学平衡，只改变反应速率，故改变的条件为加入催化剂，因此 a 点反应速率会大于 b、c 点，而 b 点时反应未达到平衡，c 点时为平衡态，因此 b 点的正反应速率大于 c 点，正反应速率从大到小顺序为 $a>b>c$，A、C 正确；恒温恒容条件下，初始充入 2 mol CO_2 和 6 mol H_2，共 8 mol 气体，对应的压强为 $8p_0$，而在平衡时气体的总压强为 $6p_0$，说明平衡时气体的总物质的量为 6 mol，设 CO_2 转化了 $2x$ mol，可列三段式：

	$2CO_2(g)+6H_2(g)\rightleftharpoons C_2H_5OH(g)+3H_2O(g)$			
$n_{始}$/mol	2	6	0	0
$n_{转}$/mol	$2x$	$6x$	x	$3x$
$n_{平}$/mol	$2-2x$	$6-6x$	x	$3x$

因此平衡时气体总物质的量为 $(8-4x)$ mol = 6 mol，因此 $x=0.5$，故平衡时，$n(CO_2)=1$ mol，$n(H_2)=3$ mol，$n(C_2H_5OH)=0.5$ mol，$n(H_2O)=1.5$ mol，$K_x=\dfrac{\left[\dfrac{n(C_2H_5OH)}{n_{总}}\right]\cdot\left[\dfrac{n(H_2O)}{n_{总}}\right]^3}{\left[\dfrac{n(CO_2)}{n_{总}}\right]^2\cdot\left[\dfrac{n(H_2)}{n_{总}}\right]^6}=\dfrac{\left(\dfrac{0.5}{6}\right)\left(\dfrac{1.5}{6}\right)^3}{\left(\dfrac{1}{6}\right)^2\left(\dfrac{3}{6}\right)^6}=3$，B 正确；由于初始投入的 CO_2 和 H_2 的投料比未改变，并且与二者的化学计量数之比相同，故转化率之比 $\dfrac{\alpha(CO_2)}{\alpha(H_2)}$ 不变，恒为 1，D 错误。

8. **B**

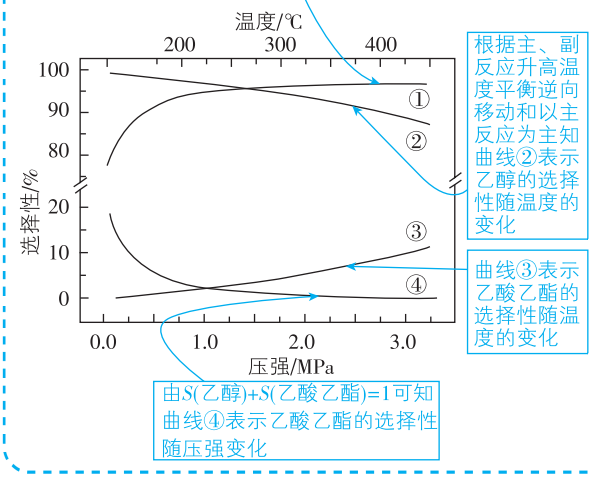
思路导引 由题可知，实际转化率≤平衡转化率，实际选择性≤平衡选择性，根据 250 ℃时图中数据可知，曲线 b 和曲线 a 上的点对应左侧纵坐标，所以曲线 a 表示 CO_2 平衡转化率，曲线 b 表示 CO_2 实际转化率；曲线 c、d 上的点对应右侧纵坐标，则曲线 c 表示平衡时 CH_3OH 选择性、d 表示 CH_3OH 实际选择性。

【解析】反应 $CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(l)$，可由反应ⅰ-反应ⅱ得到，根据盖斯定律，该反应的 $\Delta H=\Delta H_1-\Delta H_2=-49.5\ kJ\cdot mol^{-1}-(+41.2\ kJ\cdot mol^{-1})=-90.7\ kJ\cdot mol^{-1}$，A 正确。由分析可知，250 ℃时 CO_2 的平衡转化率为 20%，平衡时甲醇的选择性为 50%，已知容器容积 $V=2$ L、$n_{初始}(CO_2)=5$ mol、$n_{初始}(H_2)=4$ mol，则平衡时 $n_{转}(CO_2)=5\ mol\times20\%=1$ mol，生成的 $n(CH_3OH)=50\%\times1$ mol = 0.5 mol，所以反应ⅰ消耗：$n_{ⅰ}(H_2)=3\times0.5$ mol = 1.5 mol，$n_{ⅰ}(CO_2)=0.5$ mol；

反应ⅱ消耗：$n_{ⅱ}(CO_2)=1\ mol-0.5\ mol=0.5\ mol$，$n_{ⅱ}(H_2)=0.5\ mol$；反应ⅱ生成 $n(CO)=0.5\ mol$；平衡时 $n(CO_2)=5\ mol-1\ mol=4\ mol$，$n(H_2)=4\ mol-1.5\ mol-0.5\ mol=2\ mol$，反应ⅱ的平衡常数 $K=\dfrac{c(CO)}{c(CO_2)\cdot c(H_2)}=\dfrac{\frac{0.5}{2}}{\frac{4}{2}\times\frac{2}{2}}=\dfrac{1}{8}$，B 错误。250 ℃时实际 CO_2 转化率为 8%，实际甲醇选择性为 40%，则实际生成 $n(CH_3OH)=5\ mol\times8\%\times40\%=0.16\ mol$，平衡时生成 $n(CH_3OH)=5\ mol\times20\%\times50\%=0.5\ mol$，因此延长反应时间达到平衡，最多增加 $0.5\ mol-0.16\ mol=0.34\ mol$，C 正确。$\dfrac{n(CO)}{n(H_2)}$ 的变化趋势等于 $\dfrac{c(CO)}{c(H_2)}$ 的，反应ⅱ的 $K=\dfrac{c(CO)}{c(CO_2)\cdot c(H_2)}$，反应ⅰ的 $K'=\dfrac{1}{c(CO_2)\cdot c^3(H_2)}$，投料比 $n(CO_2):n(H_2)=5:4$，反应ⅰ、ⅱ的 CO_2、H_2 的化学计量数表明反应过程中消耗 H_2 多、CO_2 少，故加压时 H_2 减小更多，平衡时 $c^3(H_2)$ 更小，温度不变，K' 不变，则 $c(CO_2)$ 更大，$\dfrac{c(CO)}{c(H_2)}=K\cdot c(CO_2)$，$\dfrac{c(CO)}{c(H_2)}$ 增大，所以平衡体系中 $\dfrac{n(CO)}{n(H_2)}$ 增大，D 正确。

9. D

题图解读



【解析】根据盖斯定律，反应 $2CH_3COOH(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3(g)+2H_2O(g)$ 可由主反应+副反应得到，由于主反应和副反应都为放热反应，故反应 $2CH_3COOH(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3(g)+2H_2O(g)$ 的 $\Delta H<0$，A 错误；曲线②表示 2 MPa 时乙醇选择性随温度变化的曲线，副反应的热效应小，可忽略，曲线②变化原因是随温度升高，主反应逆向进行，B 错误；根据分析，曲线③表示 2 MPa 时乙酸乙酯选择性随温度变化的曲线，C 错误；由图可知，250 ℃、0.5 MPa 下乙醇的选择性约为 90 %，升高温度，主反应逆向进行，故 300 ℃、0.5 MPa 下反应足够的时间，S(乙醇) <90%，D 正确。

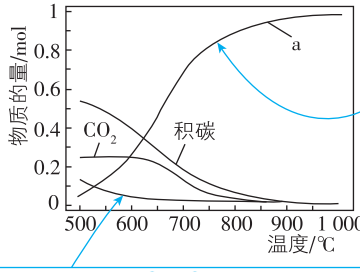
10. C

思路导引 较高温度时，反应相同时间，反应分别达到平衡，升高温度，反应Ⅰ正向进行，反应Ⅱ和Ⅲ均逆向进行，随温度升高 CO 的摩尔分数增大、CO_2 的摩尔分数减小；较低温度时，反应未达到平衡，随温度升高，反应速率都加快，H_2 的摩尔分数随温度升高而增大，CH_4 的摩尔分数随温度升高而减小，说明在较低温度时升高温度对反应Ⅰ、Ⅱ反应速率的影响大于对反应Ⅲ反应速率的影响，随温度升高 CO_2 的摩尔分数增大；曲线 X 对应物质的摩尔分数随温度升高先减小后增大，曲线 Y 对应物质的摩尔分数随温度升高先增大后减小，故曲线 Y 表示 CO_2 的摩尔分数随温度的变化，曲线 X 表示 CO 的摩尔分数随温度的变化。

【解析】CO_2 作为生成物，由题图可知，反应相同时间，CO_2 的摩尔分数一直大于 0，说明 CO_2 一直净增，即 1 000 ℃时，二氧化碳的生成速率大于消耗速率，$v_{消耗}(CO_2)<v_{生成}(CO_2)$，A 错误；目标反应＝反应Ⅰ－反应Ⅱ，由盖斯定律可知，$\Delta H=\Delta H_1-\Delta H_2=[+131.3-(-41.2)]\ kJ\cdot mol^{-1}=+172.5\ kJ\cdot mol^{-1}$，B 错误；根据分析可知，X 表示 CO 的摩尔分数随温度的变化，C 正确；反应Ⅱ为反应前后气体分子数不变的反应，反应Ⅰ为气体分子数增大的反应，反应Ⅲ为气体分子数减小的反应，温度不变时，增大反应体系的压强，反应Ⅲ平衡正向移动，H_2 的物质的量减少，反应Ⅰ平衡逆向移动，H_2 的物质的量也减少，故 H_2 的摩尔分数减小，D 错误。

11. D

题图解读



升高温度，反应①②向正反应方向移动，反应④向逆反应方向移动，故CO增大，曲线a表示CO的物质的量

升高温度，反应①和③均向正反应方向移动，CH_4 的物质的量减小，故此曲线表示 CH_4 的物质的量

【解析】据图可知，温度升高，a 的物质的量增大，根据反应①和③可知，温度升高，平衡正向移动，CH_4 减少，所以 a 一定不是 CH_4，A 错误；通过反应②＋反应④得到 $CO(g)+H_2(g)\rightleftharpoons C(s)+H_2O(g)$，所以 $C(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$ 的 $\Delta H=+131\ kJ\cdot mol^{-1}$，B 错误；根据反应 $C(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$ 为吸热反应，其他条件不变，在 500～1 000 ℃范围，随着温度的升高，平衡正向移动，$n(H_2O)$ 不断减小，C 错误；当 $n_{始}(CO_2)+n_{始}(CH_4)=1\ mol$，其他条件不变时，提高 $\dfrac{n_{始}(CO_2)}{n_{始}(CH_4)}$ 的值，二氧化碳物质的量增大，甲烷物质的量减小，平衡③④逆向移动，消耗 C，能减少平衡时的积碳量，D 正确。