

2017 年高中化学奥林匹克 北京地区预选赛试卷

(2017 年 4 月 16 日上午 9:00-11:00)

- 姓名、准考证号和所属区、县、学校必须填写在答题纸指定位置，写在其他处者按废卷处理。
- 竞赛时间 2 小时。迟到超过 30 分钟者不得进场。开赛后 1 小时内不得离场。考试结束后，把试卷（背面向上）放在桌面上，立即离场。
- 竞赛答案全部写在答题纸指定位置上，使用黑色或蓝色圆珠笔、签字笔、钢笔答题，使用红色笔或铅笔答题者，试卷作废无效。
- 允许使用非编程计算器及直尺等文具。
- 试卷按密封线封装。

可能用到的元素相对原子质量如下：

H	C	N	O	F	Xe
1.0	12.0	14.0	16.0	19.0	131.3

$$R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \text{ 温度 } T (\text{K}) = 273 + t (\text{°C})$$

第 1 题 选择题 (30 分) (单选或多选，每题 5 分)

(1) 2016 年诺贝尔化学奖授予法国斯特拉斯堡大学的让·皮埃尔·索瓦、美国西北大学的詹姆斯·弗雷泽·司徒塔特，以及荷兰格罗宁根大学的伯纳德·费灵格三位化学家，以奖励他们在分子机器的合成与设计方面的贡献。下面关于分子机器的表述不正确的是_____。

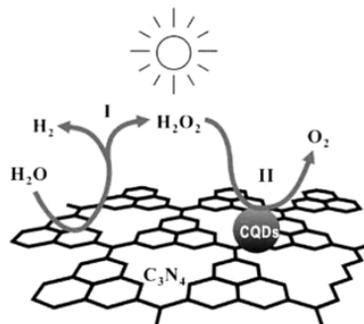
- A. 分子机器不需要能量即可工作 B. 分子机器是具有某种加工功能的分子
 C. 分子机器不能凭肉眼直接看到 D. 分子机器可进入体内治病 (用于医药领域)

(2) 下列生活应用实例中，涉及氧化还原反应的是_____。

- A. 用热的纯碱溶液清洗灶具油污
 B. 用白醋鉴别真假蓝莓汁 (含花青素)
 C. 用风油精 (含石蜡油) 清洗透明胶残胶
 D. 用柠檬汁 (含维生素 C) 清洗久置的血渍

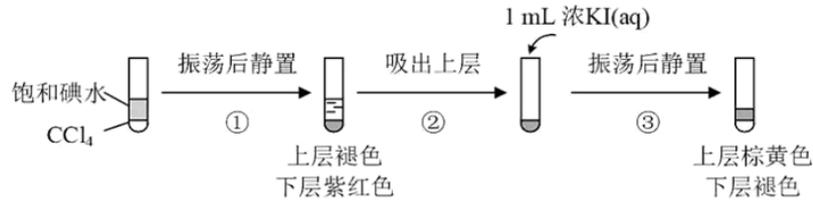
(3) 中国化学家研究的一种新型复合光催化剂 [碳纳米点 (CQDs) / 氮化碳 (C_3N_4) 纳米复合物] 可以利用太阳光实现高效分解水，其原理如右图所示。下列说法不正确的是_____。

- A. 通过该催化反应，实现了太阳能向化学能的转化
 B. 光解水的总反应为： $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{光照}]{\text{催化剂}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$
 C. 阶段 II 中， H_2O_2 既是氧化剂又是还原剂
 D. 反应的两个阶段均为吸热过程





(4) 取 2mL 饱和碘水和 1 mL CCl₄ 进行如下实验：



下列说法不正确的是_____。

- A. ①说明 I₂ 在 CCl₄ 中的溶解度大于在水中的溶解度
- B. ②也可用分液漏斗完成
- C. 该过程可用于碘的提取
- D. 若将 CCl₄ 换成乙醇也能完成上述实验

(5) 恒温下在一封闭广口瓶内的两烧杯中分别盛装纯水 A 和糖水 B，放置足够长的时间后两杯水的变化为_____。

- A. A 杯水减少，B 杯水满后不再变化
- B. B 杯水减少，A 杯水满后不再变化
- C. A 杯水减少至空杯，B 杯水满后溢出
- D. B 杯水减少至空杯，A 杯水满后溢出



(6) 我国科学家合成出一种新型单原子厚度的二维硼材料——“硼烯”（其结构如图 1 所示）。图 2 中粗线框所示面积最小的二维晶胞正确的是_____。

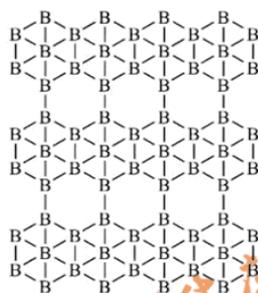


图 1

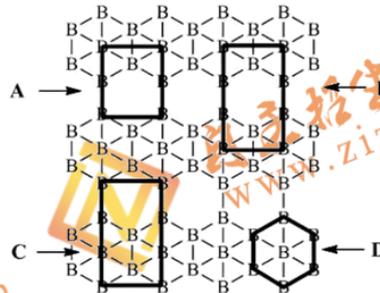


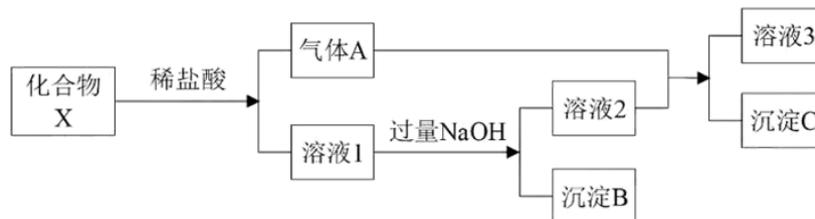
图 2

第 2 题 回答下列问题（32 分）

(1) 甲同学欲探究某抗酸药的有效成分 X 的组成。

X 是由短周期元素组成的化合物。查阅资料：由短周期元素组成的抗酸药的有效成分有碳酸氢钠、碳酸镁、氢氧化铝、硅酸镁铝、磷酸铝、碱式碳酸镁铝、碱式碳酸镁。

实验过程：



A、B、C 分别是_____。

若上述得到的 $n(A) : n(B) : n(C) = 1 : 3 : 1$ ，则 X 的化学式是_____。

(2) 有色金属提取等工艺中会产生大量含氰(CN⁻)废水, 对环境造成了极大的负担。请完成下列处理含氰废水典型方法的相关离子方程式。

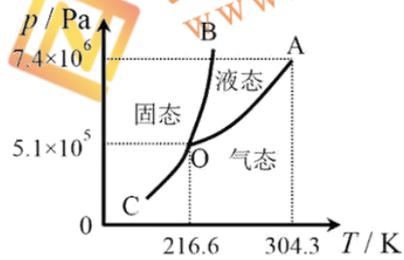
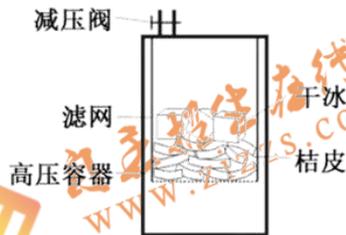
① 碱性氯化法



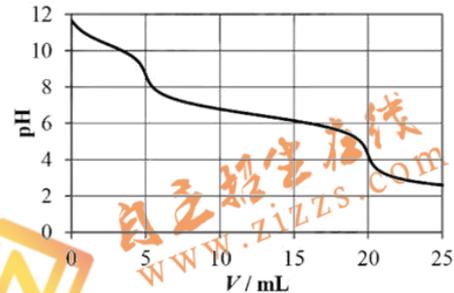
② 硫代硫酸钠法



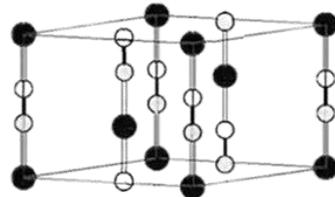
(3) 已知液态 CO₂ 具有较强的溶解能力, 可用于萃取药材中的活性组分。现有干冰若干, 请简述用左下图实验装置萃取桔皮中活性组分的实验步骤, 并在右下相图上用×画出所选条件位置。



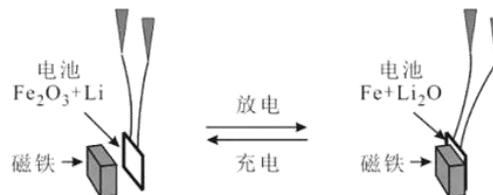
(4) 利用 pH 曲线可以研究多元酸碱反应的分步过程。向 10 mL 0.1 mol·L⁻¹ Na₂CO₃ 溶液中滴加 0.1 mol·L⁻¹ H₂SO₃ 溶液, 测得溶液 pH 随加入 H₂SO₃ 体积的变化如图所示。曲线有两处突变, 用离子方程式说明两个过程发生的反应。



(5) 某金属氰化物的结构如右图所示(●球代表金属 A 离子)。一个晶胞内含有几个金属 A 离子? 写出该氰化物的化学式。



第 3 题 (10 分) 某课题组以纳米 Fe₂O₃ 作为电极材料制备锂离子电池(另一极为金属锂和石墨的复合材料), 通过在室温条件下对锂离子电池进行循环充放电, 成功地实现了对磁性的可逆调控(见下图)。



(1) 该电池可否以水溶液为电解液, 请说明理由。

(2) 请写出放电时正极的电极反应式。

(3) 请说明该电池在充放电过程中与磁铁的相互作用。

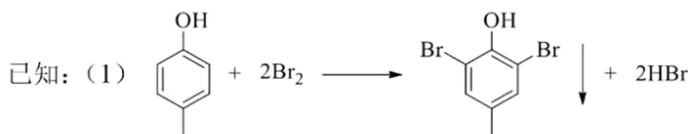
第 4 题 (8 分) 对于反应 $\text{Hg}^{2+} + \text{Hg} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$, 由 $K = \frac{[\text{Hg}_2^{2+}]}{[\text{Hg}^{2+}]} = 166$ 可知, 一定条件下达平衡时, 体系状态随各物种的浓度 (c) 有如下对应关系:

$\frac{c(\text{Hg}_2^{2+})}{c(\text{Hg}^{2+})}$	> 166	$= 166$	< 166
体系状态	向左移动	达平衡	向右移动

(1) 往 $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中加入足量 Hg , 能否生成 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$? 请说明依据。
 (2) 再向上述溶液中通入 H_2S , 通过计算写出相关反应的化学方程式。已知: 溶度积常数 $K_{\text{sp}}(\text{HgS}) = [\text{Hg}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 4 \times 10^{-53}$ 和 $K_{\text{sp}}(\text{Hg}_2\text{S}) = [\text{Hg}_2^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1 \times 10^{-47}$

第 5 题 (6 分) 工业中常用溴量法检测酚醛树脂中游离酚的含量, 某检测流程如下:

- 称取酚醛树脂试样 2.1027 g , 提取其中游离的对甲苯酚 (分子量为: 108.0), 配成 1000 mL 待测液;
 - 移取 25.00 mL 该待测液于锥形瓶中, 加入过量溴水。充分反应后, 加入过量 KI 溶液, 而后用 $0.1010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定生成的碘, 滴定终点时, 用掉 21.78 mL ;
 - 以蒸馏水代替待测液做空白实验, 消耗该 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 23.95 mL 。
- 计算试样中游离对甲苯酚的质量分数。



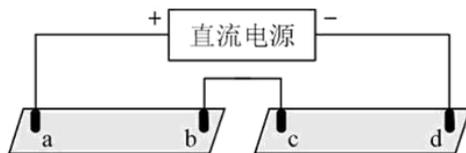
第 6 题 (10 分) 用 MgO 制备 Mg 的方法是: MgO 和 C 混合置于电弧炉中加热到 2000°C , 生成 Mg (沸点: 1105°C , 熔点: 650°C) 和 CO , 而后用大量 H_2 急剧冷却炉口流出的蒸气, 得到 Mg 。

	$\text{Mg}(\text{s})$	$\text{Mg}(\text{g})$	$\text{MgO}(\text{s})$	$\text{C}(\text{s})$	$\text{CO}(\text{g})$
$\Delta_f H_m^\ominus / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	0	150	-602	0	-111
$S_m^\ominus / \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	33	149	28	6	198

- 根据表中数据说明 2000°C 发生反应的原因。
- 用大量 H_2 急剧冷却流出蒸气的原因。

第 7 题 (17 分) 电解质溶液导电的本质是阴阳离子在电场作用下迁移。通过实验探究同一溶液中不同离子的迁移对总电流贡献的差异及其原因。

实验 1: 将 pH 试纸用不同浓度 Na_2SO_4 溶液充分润湿, 进行如下实验。a、b、c、d 均为石墨电极, 电极间距 4 cm。电解电流 0.20 mA。



试纸 I: 0.01 mol/L Na_2SO_4 试纸 II: 1 mol/L Na_2SO_4

实验现象:

时间	试纸 I	试纸 II
1min	a 极附近试纸变红, b 极附近试纸变蓝。	c 极附近试纸变红, d 极附近……
10min	红色区和蓝色区不断向中间扩展, 相遇时红色区约 2.7cm, 蓝色区约 1.3cm。	两极颜色范围扩大不明显, 试纸大部分仍为黄色。

- (1) d 极附近呈现_____颜色, 用电极反应式解释原因: _____。
- (2) 两张试纸构成串联电路, 目的是保证_____相同。
- (3) 对比 I、II 的实验现象, 说明影响离子迁移对电流贡献的一个因素是_____。

实验 2: 测定不同溶液在 20°C 时的电导率 (mS/cm)。

浓度	H_2SO_4	Na_2SO_4	NaOH
0.01 mol/L	6.7	2.1	2.3
1 mol/L	超量程(>100)	83.8	超量程(>100)

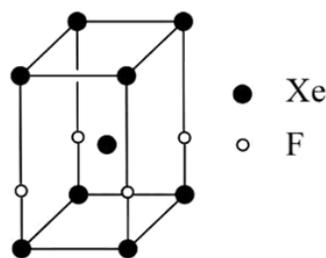
- (4) 电解 10 min 时, a 电极产生的 $c(\text{H}^+) = \text{_____ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。
(体积以 $5 \times 10^{-5} \text{ L}$ 计。1 mol 电子的电量为 $9.65 \times 10^4 \text{ C}$, $Q = It$)
- (5) 比较相同浓度时 Na^+ 、 H^+ 、 OH^- 的导电能力, 并写出判断依据: _____。
- (6) 结合实验 2 和 (4) 说明, 实验 1 中 10 min 时两张试纸现象不同的原因是_____。
- (7) 预测 10 min 后试纸 I 的现象_____。

第 8 题 (14 分) Xe 的某氟化物 (熔点 129°C) 的晶胞参数为:

$a = b = 431.5 \text{ pm}$, $c = 699.0 \text{ pm}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, 晶体密度为 $4.32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。其晶胞结构如图所示 (部分 F 原子未示出), Xe 原子占据晶胞的顶点与体心, 其中一个 F 原子的原子坐标为 $(0, 0, m)$, 相邻的 F 原子之间尽可能相互远离。(晶胞密度计算公式为:

$$\rho = \frac{ZM}{N_A V}$$

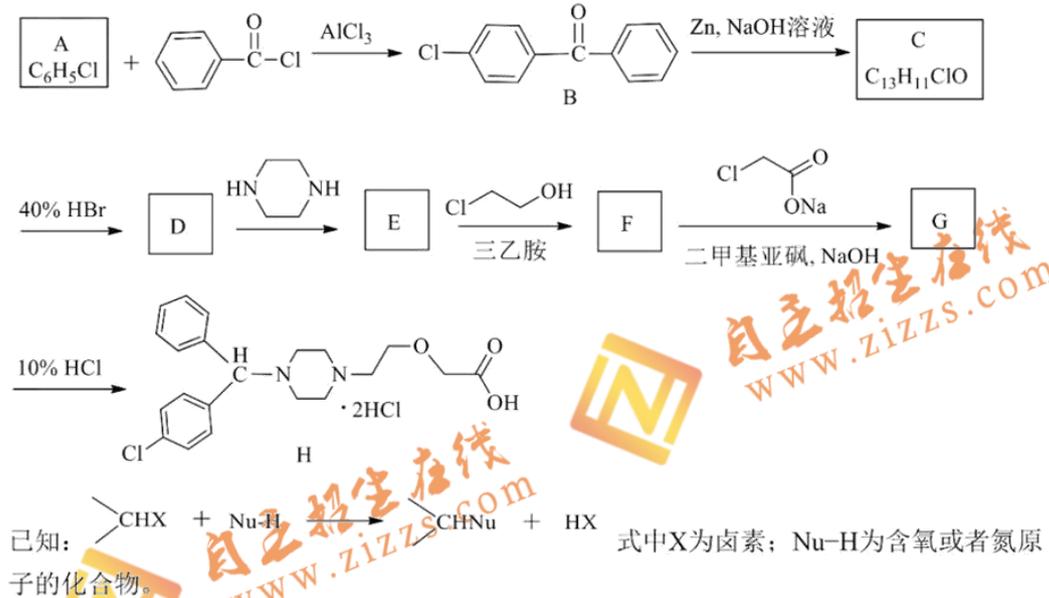
$$V = abc$$



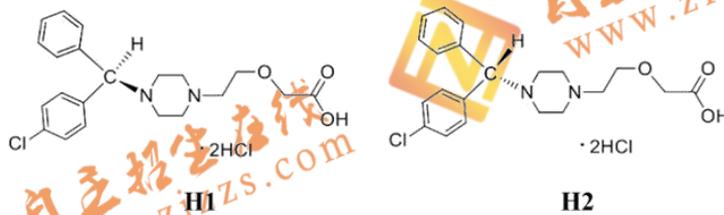
- (1) 该氟化物的晶体类型是什么? 属于什么晶系?
- (2) 通过计算, 推导该氟化物的分子式。
- (3) 判断 Xe 的杂化轨道类型和该氟化物的分子构型, 并在上图晶胞中以体心的 Xe 原子为中心画出该分子 (用小白球表示 F, 用实线表示共价键)。
- (4) 写出晶胞中所有 F 原子的分数坐标。
- (5) 计算 Xe—F 键的键长。(用含 m 的代数式表示)



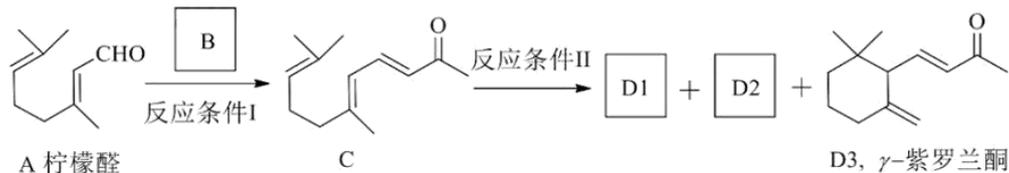
第9题 (13分) 抗过敏药物H可通过下列合成路线制备。



- (1) B中含氧官能团的名称是：_____；
- (2) 写出化合物A、D和F的结构简式；
- (3) 由A生成B的反应类型是：_____；由B生成C的反应类型是：_____；由F生成G的反应类型是：_____；
- (4) 上述路线合成的H为外消旋体。研究表明，其S构型没有抗过敏活性，R构型有抗过敏活性，且无嗜睡等中枢神经系统副作用。判断H1和H2中具有抗过敏活性的是_____。



第10题 (10分) 紫罗兰酮D是一种具有木香型香气的香料，有三种异构体D1-D3，依双键位置的不同分别为 α -、 β -、 γ -紫罗兰酮。D可以柠檬醛为原料通过下列合成路线制备，通过控制反应条件可以主要生成某一种异构体。



- (1) D的不饱和度为_____；
- (2) 写出由A制备C所需的试剂B的结构简式和反应条件I；
- (3) 写出一种可能的反应条件II；
- (4) 写出由C生成D1-D3的反应机理，用箭头标出电子的流动方向。



2017 年高中化学奥林匹克

北京地区预选赛试题参考答案及评分标准

第 1 题 (30 分, 每小题 5 分)

(1) A (2) D (3) D (4) D (5) C (6) BC

(6) 双选, 答对一个 (即, B 或 C) 得 3 分, 对错都有的得 1 分

第 2 题 (32 分)

(1) (12 分) A: CO_2 ; B: $\text{Mg}(\text{OH})_2$; C: $\text{Al}(\text{OH})_3$

X: $\text{Mg}_3\text{Al}(\text{OH})_7\text{CO}_3$

每个分子式 3 分

(2) (8 分) ① $5\text{ClO}^- + 2\text{CN}^- + 2\text{OH}^- = 5\text{Cl}^- + 2\text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

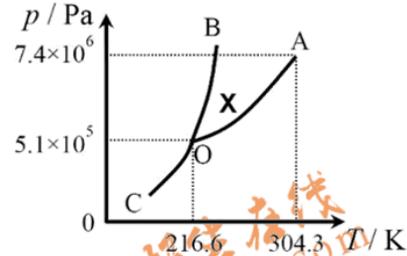
② $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{CN}^- = \text{SO}_3^{2-} + \text{SCN}^-$

每个物质 1 分, 配平各 1 分

(3) (4 分) 将装置密封, 控制温度, 利用干冰升华产生的 CO_2 给装置加压, 使得温度和压强控制在图中所示区域内 (X)。萃取结束后小心打开减压阀, 装置内压强降低, CO_2 气化排出, 活性组分留在容器底部。(2 分)

如图 (2 分)

X 位于 AOB 三角区域内即可得 2 分。



(4) (4 分) 第一步过程: $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{CO}_3^{2-} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{HCO}_3^-$ (2 分)

第二步过程: $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{HCO}_3^- + 3\text{H}_2\text{SO}_3 = 4\text{HSO}_3^- + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (2 分)

(5) (4 分) 3 个 (2 分); ACN (2 分)

第 3 题 (10 分)

(1) 不可以 (2 分), 金属 Li 可与水发生反应 (或 $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH} + \text{H}_2 \uparrow$) (2 分)

(2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{Li}^+ + 6\text{e}^- = 3\text{Li}_2\text{O} + 2\text{Fe}$ (2 分)

(3) 放电时, Fe_2O_3 作为电池正极被还原为 Fe, 电池被磁铁吸引; 充电时, Fe 作为阳极被氧化为 Fe_2O_3 , 电池不被磁铁吸引。(4 分)

第 4 题 (8 分)

(1) 因 $\text{Hg}^{2+} + \text{Hg} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$, 开始 $c(\text{Hg}_2^{2+})$ 为零,

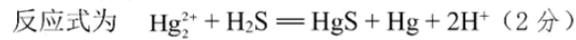
因此 $\frac{c(\text{Hg}_2^{2+})}{c(\text{Hg}^{2+})} \ll 166$, 平衡向右移动, 形成 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 。(3 分)

(2) 假设同时生成 HgS 和 Hg_2S 沉淀, 则 $[\text{Hg}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 4 \times 10^{-53}$, $[\text{Hg}_2^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1 \times 10^{-47}$
溶液中只有一个 $[\text{S}^{2-}]$, 即

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-53}}{[\text{Hg}^{2+}]} = \frac{1 \times 10^{-47}}{[\text{Hg}_2^{2+}]}$$



$$\text{则 } \frac{c(\text{Hg}_2^{2+})}{c(\text{Hg}^{2+})} = \frac{[\text{Hg}_2^{2+}]}{[\text{Hg}^{2+}]} = 2.5 \times 10^5 \gg 166 \quad \text{平衡向左移动 (3分)}$$



第5题 (6分)

每 25.00 mL 待测液消耗 Br_2 所对应的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 用量相当于空白实验③减去②的用量, 即:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{对甲苯酚} & \sim & 2\text{Br}_2 & \sim & 2\text{I}_2 & \sim & 4\Delta\text{S}_2\text{O}_3^{2-} & (2分) \\ 108.0 \text{ g} & & & & & & 4 \text{ mol} & \\ x & & & & & & (23.95 - 21.78) \text{ mL} \times 0.1010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} & \end{array}$$

解得: $x = 5.918 \text{ mg}$ (2分)

游离对甲苯酚的质量分数 = $\frac{5.918 \text{ mg} \times 1000 \text{ mL} / 25.00 \text{ mL}}{2102.7 \text{ mg}} \times 100\% = 11.26\%$ (2分)

有效数字错误扣 1 分

第6题 (10分)

(1) 由 $\Delta_f H_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus 可以得出 $\text{MgO}(\text{s}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$: (2分)

$$\Delta H^\ominus = +641 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}; \Delta S^\ominus = +313 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \quad (2分)$$

$$\text{转变温度 } T_{\text{转}} = \frac{\Delta H^\ominus}{\Delta S^\ominus} = \frac{641 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}}{0.313 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}} = 2048 \text{ K} \quad (2分)$$

(或 2273K 时, $\Delta_r G^\ominus = 641 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - 0.313 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 2273 \text{ K} = -70.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} < 0$)

因此 2000°C 时该反应能够自发进行。 (1分)

(2) 降温至 $T_{\text{转}}$ 以下, 上述反应可逆向自发, 用 H_2 急剧降温使逆反应得不到所需活化能 (降温、稀释 CO 、使 Mg 变为固态), 抑制逆反应发生 (3分)

第7题 (17分)

(1) 蓝色 (1分); $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ (2分)

(2) 电解反应速率 (或电流) (2分)

(3) 浓度 (2分)

(4) 0.025 (2分)

(5) $\text{H}^+ > \text{OH}^- > \text{Na}^+$ (2分)

通过试纸 I 上红蓝区域的长度可知单位时间内 H^+ 迁移更快, 导电性强于 OH^- ; 对比相同浓度 NaOH 和 Na_2SO_4 的电导率, 可知 OH^- 的导电能力强于 Na^+ 与 SO_4^{2-} 之和。(2分)

(6) 由 (4) 可知, 在试纸 I 中, 阳极附近 $c(\text{H}^+)$ 与 $c(\text{Na}^+)$ 接近, 此时 H^+ 导电能力强, 起主要导电作用, 阴极同理, OH^- 起主要导电作用, H^+ 和 OH^- 的迁移导致试纸变色; 在试纸 II 中 Na_2SO_4 浓度高, Na^+ 、 SO_4^{2-} 的导电能力分别强于 H^+ 和 OH^- , 因此主要为 Na^+ 和 SO_4^{2-} 迁移, 试纸颜色保持不变。(2分)

(7) 红蓝区之间又出现黄色区域 (2分)

第8题 (14分)

(1) 分子晶体 (1分), 四方晶系 (1分)

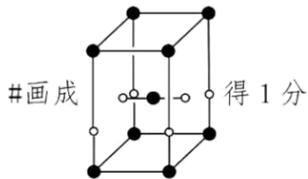
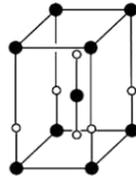
(2) 设该氟化物的分子式为 XeF_x , 由题意知 $Z = 2$,



$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^2 c} = \frac{2 \times (131.3 + 19.0x)}{6.022 \times 10^{23} \times 431.5^2 \times 699.0 \times 10^{-30}} = 4.32 \quad (2)$$

解得 $x = 2.00$, \therefore 分子式为 XeF_2 (2)

(3) sp^3d 杂化 (1分), 直线形 (1分), (2分)



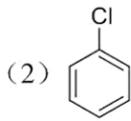
(4) $(0, 0, 1-m)$, $(0.5, 0.5, 0.5-m)$, $(0.5, 0.5, 0.5+m)$ (3分)

$(0, 0, m)$ 写不写不影响得分

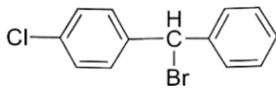
(5) $699.0m \text{ pm}$ (1分)

第9题 (13分)

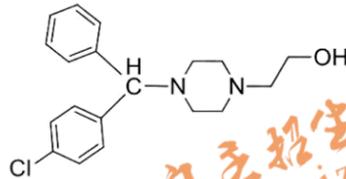
(1) 羰基 (2分)



A



D



F

(3) 亲电取代反应, 还原反应, 亲核取代反应 (各1分)

#未答出“亲电”、“亲核”不扣分

(4) H1 (2分)

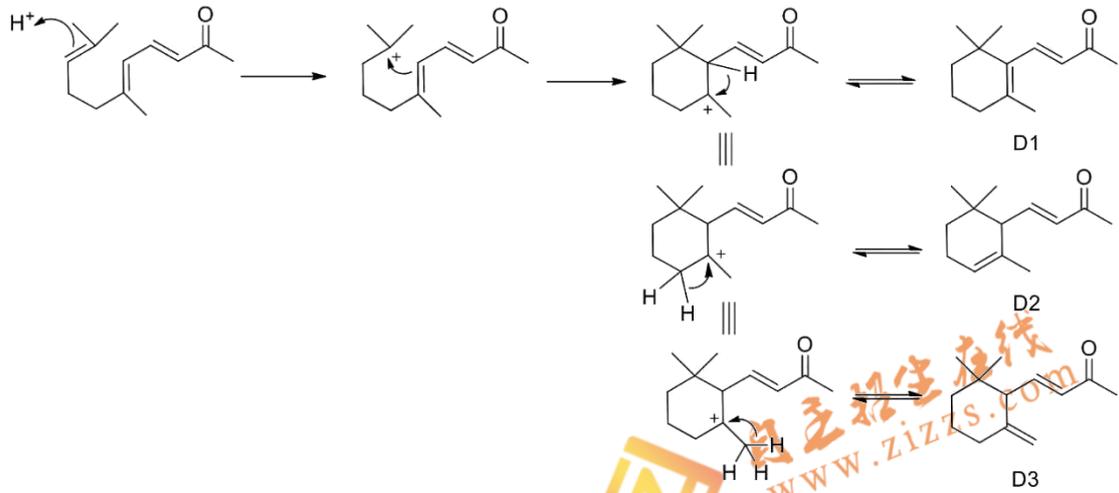
第10题 (10分)

(1) 4 (1分)

(2) B: (2分); 反应条件 I: 稀 NaOH (1分)

(3) 酸性条件 (1分)

(4) (5分)



D1 与 D2 可以互换，每步 1 分，共 5 分。



扫描二维码，关注自主招生在线官方微信！

更多自主招生、竞赛、高考相关资讯，就是自主招生在线！