

2013 年全国化学竞赛初赛模拟试卷 4

(时间: 3 小时 满分: 100 分)

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
满分	7	4	11	8	9	10	7	9	12	11	12

相对原子质量																	
H 1.008															He 4.003		
Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18
Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95
K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.61	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc [98]	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3
Cs 132.9	Ba 137.3	La— Lu	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po [210]	At [210]	Rn [222]
Fr [223]	Ra [226]	Ac— Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

第一题 (7 分)

根据 P. W. Atkins 所著的《物理化学》，Le Chatelier 原理表述为“当有扰动作用于处于平衡态的系统时，系统将会表现出减轻扰动效果的行为。”

假定下列理想气体已经建立了平衡： $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ 。在 400K 时反应物和产物的分压分别是： $p(\text{NH}_3) = 0.376\text{bar}$ ； $p(\text{H}_2) = 0.125\text{bar}$ ； $p(\text{N}_2) = 0.499\text{bar}$ 。

1. 计算反应的平衡常数 K_p 。

2. 在给定温度下使系统的总压增加到原压强的 2 倍，通过计算判断平衡受到扰动后，系统表现出哪种减轻扰动效果的行为。

3. 总压及温度恒定，当平衡受到下列扰动时，通过计算判断系统表现出哪种减轻扰动效果的行为。①增加 0.100bar NH_3 的量；②增加 0.100bar N_2 的量。

4. 如果初始平衡分压改变为： $p(\text{H}_2) = 0.111\text{bar}$ ； $p(\text{N}_2) = 0.700\text{bar}$ ； $p(\text{NH}_3) = 0.189\text{bar}$ ，通过计算判断系统表现出哪种减轻扰动效果的行为。

第二题 (4 分)

在真空中，用高能电子轰击一种气体分子时，分子中的一个电子可以被轰击出去，生成阳离子自由基。如苯甲酸分子被轰击： $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}^+ + \text{e}^-$

其阳离子的式量与所带电荷数之比 (m/Z) 为 122 (即 122/1)，与此同时，这样的离子还会被轰击成其它形式的碎片离子 (都只带一个单位的正电荷)，各有它们的 m/Z ；由苯甲酸形成的碎片离子按所测得的 m/Z 大小排列有：122、105、77、51……。

m/Z	碎片离子	有关反应
105	$C_6H_5CO^+$	$C_6H_5COOH^+ \rightarrow C_6H_5CO^+ + OH$
77	$C_6H_5^+$	$C_6H_5CO^+ \rightarrow C_6H_5^+ + CO$
51	$C_4H_3^+$	$C_6H_5^+ \rightarrow C_4H_3^+ + C_2H_2$
.....

现有中学常用的有机化合物 A，仅由 C、H、O 元素组成，通常 A 是一种无色透明的液体，不溶于水，加热后能逐渐溶于稀 NaOH 溶液或稀 H_2SO_4 溶液，冷却后不再析出原有的液体。若用高能电子束轰击气体 A 分子时，在 70eV 下可得 m/Z 为 88、73、61、45、29、27、15 等的离子（均只带一个正电荷）。回答下列问题：

1. 有机物 A 的相对分子质量是_____，分子式是_____；
2. m/Z 为 88 的离子是_____；
3. m/Z 为 15 的离子是_____。

第三题（11 分）

1. 将不溶于水的 PbS 固体浸泡于足量 NaCl 和 $FeCl_3$ 的混合溶液中，可以观察到固体质量先增加后减小，直至最后只剩余一种单质。写出两步反应的离子方程式。

2. 将 $ZrOCl_2$ 溶液滴加到含有分散剂聚乙二醇的氨水中，保持溶液的 pH 为 10 左右，滴加完毕后陈化得到一种水凝胶；抽滤后在水凝胶中加入正丁醇，加热蒸出水-正丁醇的混合物，焙烧得到纳米级某粒子。写出两步反应的化学方程式。

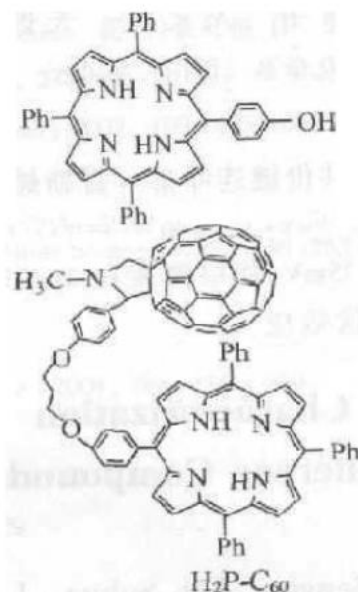
3. 将烯丙基溴与镁粉溶解于甲苯中，制备得到烯烃类格氏试剂；不必分离，直接加入 $SiCl_4$ 可以制备得到 G_0 。 G_0 中，Si 为等性 sp^3 杂化。写出两步反应的化学方程式。

第四题（8 分）

卟啉（porphyrin）或金属卟啉良好的电子给予体，在可见光区有着非常广泛的吸收，有利于太阳能的吸收。富勒烯（fullerene）具有完美的三维空间结构，是较好的电子受体。通过柔性连接体形成的卟啉-富勒烯化合物将有利于给-受体间电子的流动，使化合物具有优良的光电转换性能。右上图是含有芳香基的卟啉（代号 A）的结构图，右下图是代号为 H_2P-C_{60} 的反应中间产物。

1. 写出在丙酸溶剂中，由对羟基苯甲醛、苯甲醛、吡咯（pyrrole）合成 A 的方程式。

2. 写出在 K_2CO_3 和 DMF 存在下，A 与 $BrCH_2CH_2CH_2Br$ 反应生成的主要有机物。



3. 写出 ZnP-C_{60} 的分子式及其式量。

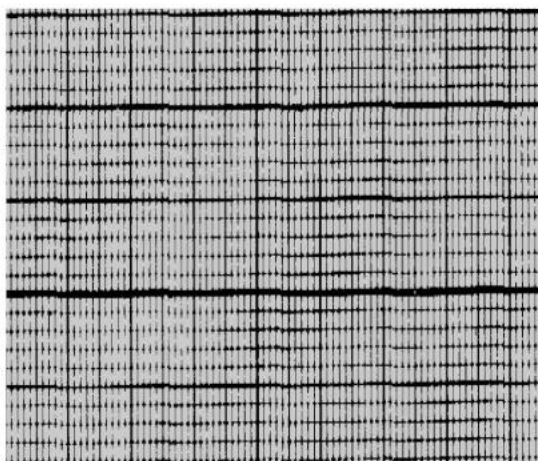
第五题 (9分)

在 20°C 和充分搅拌下, 将不同体积的盐酸和氨水混合, 各组混合溶液体积均为 50mL 。以下各组混合物所达到的最高温度, 结果如下:

盐酸的体积 (mL)	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0
氨水的体积 (mL)	45.0	40.0	35.0	30.0	25.0	20.0	15.0	10.0	5.0
最高温度 ($^\circ\text{C}$)	22.4	24.4	26.6	28.8	28.6	26.8	25.0	23.4	21.6

1. 绘出最高温度与盐酸体积的关系图 (绘在给定的坐标图上)

2. 假定温度达到最高点前后两段曲线可以近似地认为呈线性关系。计算温度上升的最大可能数值, 以及此时消耗盐酸和氨水的体积各为多少毫升? 并判断此时溶液的酸碱性。 $\text{pK}_b(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})=4.74$ 。



3. 若盐酸浓度为 0.100mol/L 。把 10.0mL 盐酸和 40.0mL 氨水相互混合, 计算所得溶液中存在的各离子浓度。

第六题 (10分)

s 区金属低于族氧化态 (I) 的化合物在特殊条件下才能形成。例如供氧不足时铷能形成一系列富金属氧化物, 这些暗色化合物都是活泼性很高的金属性导体, 其中一种簇合物 (以 A 表示) 两个 O 原子分别以八面体方式联系着 6 个 Rb 原子, 2 个相邻八面体共用一个面。

1. 请写出 A 的化学式。

2. 如果从该簇合物分子中两个 O 原子的连线方向上观察, 将 Rb 原子投影在垂直该连线的平面上, 则投影在平面上除 1 个 O 原子外还有几个 Rb 原子? 画出它们的平面构型。

3. 请解释 A 能导电的原因。

4. 在这种结构单元里, Rb—Rb 的距离仅为 352pm , 比 Rb 单质中的 Rb—Rb 的距离 485pm 小。请分析该物质中存在哪些典型作用力?

第七题 (7分)

氯酸盐和高氯酸盐被用于火柴、烟火、炸药等制造业。生产氯酸钾的第一步为电解氯化钾水溶液。

1. 写出两个电极上的反应。阳极析出 Cl_2 ；阴极析出 OH^- 。

2. 氯与氢氧根离子反应生成氯酸根离子。写出反应方程式。

3. 计算为生产 100g 氯酸钾所需的氯化钾的质量和电量 (以 $\text{A} \cdot \text{h}$ —安培小时为单位)。

第八题 (9分)

药物设计成为一个独立且明确的研究领域已经发展了四十多年，但是新药物研究过程的盲目性，一旦临床试验不能确定其全面药效，可能会使研究前期投入的所有的财力、时间和人力全部浪费，损耗率高达 90%。Pfizer 研究所的 Lipinski 研究组通过统计 USAN (United States Adopted Name) 库中化合物性质，得出了口服药物的经验性规律，即著名的 rule of Lipinski。

Lipinski 规则：如果化合物满足以下条件之一，那么化合物的吸收或渗透性能不好的可能性就会更大；如果化合物满足以下条件的任意二个，预测准确率达到 90% 以上；如果化合物满足以下条件的任意三个，可以非常可靠地排除该化合物。①氢键供体数目 (以 NH 和 OH 键数目之和计) 大于 5；②MW (Molecular Weight) 大于 500；③lgP (油水分布系数) 小于 5，或 MlgP 小于 4.15，或 clgP 小于 0.2；④氢键受体数目 (以 N 和 O 数目之和计) 大于 10。

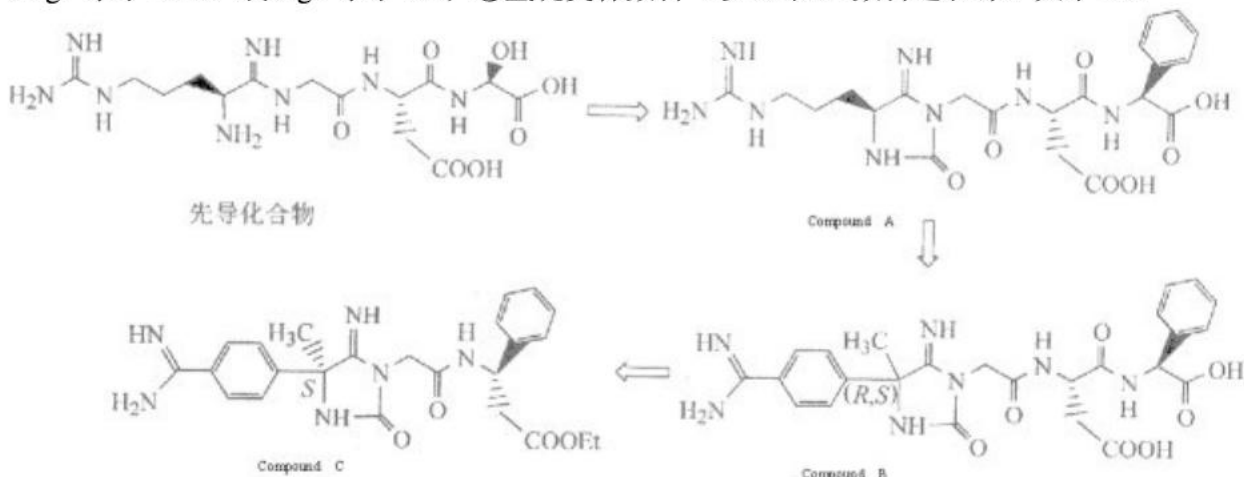


Fig. 1 Developing the bioactivities by using the Lipinski's rules

1. 图 1 所示的化合物是纤维蛋白原受体拮抗剂在 Lipinski 规则指导下的演变过程，根据图中信息填写下表。

	Compound A	Compound B	Compound C
MW			
氢键供体数			
氢键受体数			
clgP	0.16	0.22	1.8
限制条件数			
IC ₅₀ ($\mu \text{ mol/L}$)	0.9	0.04	0.02

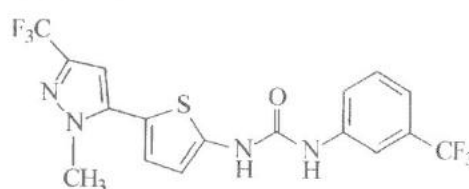


Fig. 2 The structure of D₁₆

2. 猜测上表中, IC_{50} 是衡量什么的指标? 即它的变化趋势意味着什么?

3. 图 2 是在寻找芳香脲类抗锥体虫化合物时, 利用 Lipinski 规则筛选出的有潜力的先导化合物(D_{16})框架, 请用 Lipinski 规则对此化合物进行分析。

第九题 (12 分)

用氯酸钾加热分解法制得的氧气常含有微量的两种气体杂质, 两种气体杂质都具有较强的氧化性。为了测定该气体中两种气体杂质的含量, 将氯酸钾受热分解后所得气体 1.00L (标准状况) 通过足量的 KI 溶液, 所得气体干燥后体积为 0.98L (标准状况)。再用 0.100mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液逐滴滴定测 KI 溶液中的 I_2 , 消耗的 $Na_2S_2O_3$ 溶液体积为 26.70mL。

1. 写出两种气体杂质产生的化学方程式。

2. 简述定性检验两种气体杂质存在的化学方法。

3. 写出定量检验两种气体杂质所涉及的反应的离子方程式。

4. 计算氯酸钾受热分解得到的气体里 Cl_2 和 O_3 的物质的量分数。

第十题 (11 分)

TiO_2 导电粉无毒, 具有良好的导电性和稳定性, 是良好的抗静电剂和电磁屏蔽剂。高温下 TiO_2 将部分失去氧, 形成缺陷中心, 匀速通入氨气进行高浓度 N 掺杂, N 进入 TiO_2 晶格取代 O 原子而释放出空穴, 从而使导电性能显著提高。实验测得, 在 950°C 焙烧 3h 后, 形成的 TiN_xO_y 晶体 (以 A 表示) 中, N 质量分数为 7.90%, 平均粒径约为 240nm, 电阻率低至 $6.5 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 。

1. 通过计算, 确定 A 的化学式。

2. 写出制备 A 的化学方程式。

3. 计算 A 中空穴占金红石晶格的原子分数。

4. 已知金红石属于四方晶系，晶胞参数： $a=459\text{pm}$ ， $c=296\text{pm}$ ， $Z=2$ 。假设在掺杂过程中晶胞参数没有明显变化，计算 A 的比表面积（BET，单位： m^2/g ）

第十一题（12分）

铁是一种非常重要的元素，它可以维持人体的正常生理机能。缺铁可导致贫血，而贫血往往用二价铁来治疗，而三价铁的疗效很少有报道。二价铁是一个较强的还原剂，很容易被氧化成三价铁。因此分别测定二价和三价铁以及总铁量是制药过程中质量检查的重要步骤。我们通过如下方法解决这个问题。

1. 在测定总铁量之前，通常先把所有的铁转换为二价或者三价。试利用下表的标准还原电势判断何种氧化剂可以在标准条件下将二价铁氧化。写出相应的离子方程式。

2. 在将所有的铁都氧化到三价之后，总铁量可以用重量法测定：将三价铁沉淀为氢氧化铁，然后焙烧沉淀，生成三氧化二铁，称重即可。

(1) 估计 0.01mol/L 的 FeCl_3 在水中的 pH。假定 $\text{Fe}(\text{OH})_2^{3+}$ 阳离子是一个一元酸，解离常数为 $K_a=6.3\times 10^{-3}$ 。

氧化型	还原型	E^0/V
Fe^{3+}	Fe^{2+}	+0.77
HNO_3	NO	+0.96
H_2O_2	H_2O	+1.77
I_2	I^-	+0.54
Br_2	Br^-	+1.09

(2) 计算氢氧化铁开始沉淀时的 pH。其溶度积为 $K_{\text{sp}}=6.3\times 10^{-38}$ 。

(3) 在 pH 是多少时， 100mL 0.010mol/L 的 FeCl_3 溶液中的铁被沉淀完全？如果溶液中的剩余铁量不足 0.2mg ，则认为其沉淀完全。（注：所有的 pH 计算都需要精准至 0.1 个 pH 单位。忽略离子强度的影响。）

3. 在三价铁共存时，二价铁可在酸性条件下用高锰酸钾滴定而测量。因为高锰酸钾溶液会缓慢的分解，高锰酸钾的确切浓度必须在二价铁测定之前得到。这一步通常用标定另一种标准化合物来进行。标准溶液为 As_2O_3 溶液，浓度为 $0.2483\text{g}/100\text{mL}$ 水。为了滴定 10.00mL 这种溶液，需要消耗 12.79mL 高锰酸钾溶液。而在滴定 15.00mL 铁溶液时用去了 11.80mL 高锰酸钾溶液。铁溶液的总浓度为 2.505g/L 。计算二价铁的摩尔分数。

参考答案

第一题 (7分)

- $K_p = (0.376)^2 / [(0.125)^3 \times 0.499] = 145$ (1分)
- 当总压增加到原压强2倍时, $p(\text{NH}_3) = 0.752\text{bar}$; $p(\text{H}_2) = 0.250\text{bar}$; $p(\text{N}_2) = 0.998\text{bar}$ 。
 $Q_p = (0.752)^2 / [(0.250)^3 \times 0.998] = 36.3 < 145$ (1分),
 故系统表现出平衡向右移动、减小压强的行为。(0.5分)
- (1) $Q_p = (0.476)^2 / [(0.125)^3 \times 0.499] = 232 > 145$ (1分),
 故系统表现出平衡向左移动、减小 NH_3 浓度的行为。(0.5分)
 (2) $Q_p = (0.376)^2 / [(0.125)^3 \times 0.599] = 121 < 145$ (1分),
 故系统表现出平衡向右移动、减小 N_2 浓度的行为。(0.5分)
- $Q_p = (0.189)^2 / [(0.111)^3 \times 0.700] = 37.3 < 145$ (1分),
 故系统表现出平衡向右移动、减小 N_2 浓度和 H_2 浓度同时增大 NH_3 浓度的行为(0.5分)。

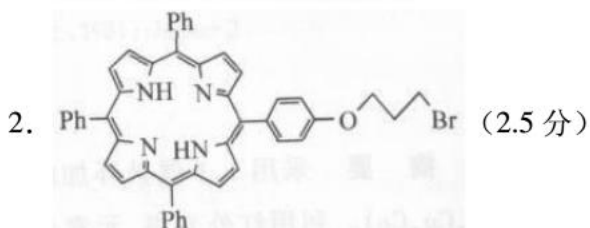
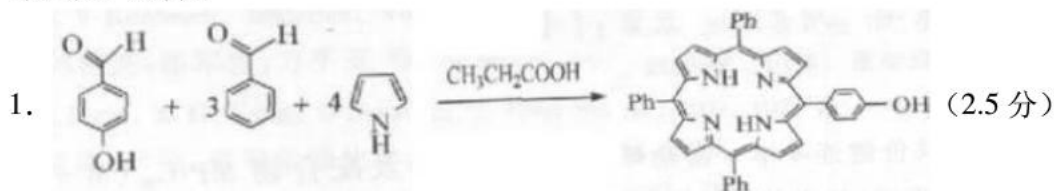
第二题 (4分)

- 88; $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (各1分)
- $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2^+$ (1分)
- CH_3^+ (1分)

第三题 (11分)

- $\text{PbS(s)} + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^- = \text{PbCl}_2\text{(s)} + 2\text{Fe}^{2+} + \text{S(s)}$ (2分) $\text{PbCl}_2\text{(s)} + 2\text{Cl}^- = [\text{PbCl}_4]^{2-}$ (1.5分)
- $\text{ZrOCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Zr(OH)}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ (2分) $\text{Zr(OH)}_4 = \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1.5分)
- $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{Br} + \text{Mg} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{MgBr}$ (1.5分)
 $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{MgBr} + \text{SiCl}_4 \rightarrow \text{Si(CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2)_4 + 4\text{MgBrCl}$ (2.5分)

第四题 (8分)



- $\text{C}_{116}\text{H}_{43}\text{N}_5\text{O}_2\text{Zn}$ (2分), 1604 (1分)

第五题 (9分)

- 图略 (2分)
- 设 T 为最高温度 ($^\circ\text{C}$), V 为盐酸的体积 (mL)
 达到最高点前三组数据, 可得出线性方程: $T = 20 + 0.44V$ (1分)
 达到最高点后三组数据, 可得出线性方程: $T = 37.6 - 0.36V$ (1分)
 联立方程组, 解之得: $T = 29.68$, $V = 22.0$, 则 $50 - V = 28.0$
 即: 最高温度为 29.68°C , 盐酸体积为 22.0mL , NaOH 溶液体积为 28.0mL 。(1.5分)
 此时反应放出的热量最多, 应是酸碱恰好完全反应, $\text{pH} = 14 - \text{pK}_b = 9.26$,
 混合溶液显碱性。(0.5分)
- 根据第2小题数据, 可以推出氨水原浓度: $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})_0 = 0.100 \times 22.0 / 28.0 = 0.0786\text{mol/L}$
 混合溶液相当于 NH_4^+ 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的缓冲溶液, 则:

$$c(\text{NH}_4\text{Cl})=0.100\text{mol/L}\times 10.0\text{mL}/50.0\text{mL}=0.0200\text{mol/L}$$

$$c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})=(0.0786\text{mol/L}\times 40.0\text{mL}-0.100\text{mol/L}\times 10.0\text{mL})/50.0\text{mL}=0.0429\text{mol/L}$$

氯离子不水解, 故: $c(\text{Cl}^-)=0.0200\text{mol/L}$

$$\text{pH}=14-\text{pK}_b+\lg(0.0429/0.0200)=9.59$$

$$c(\text{H}^+)=10^{-9.59}=2.6\times 10^{-10}\text{mol/L}$$

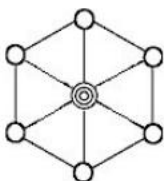
$$c(\text{OH}^-)=10^{-4.41}=3.9\times 10^{-5}\text{mol/L}$$

$$c(\text{NH}_4^+)=0.0200+3.9\times 10^{-5}-2.6\times 10^{-10}\approx 0.0200\text{mol/L}$$

(氯离子、铵离子、氢氧根离子、氢离子各 1 分, 共 4 分。铵离子不经上述计算过程给出正确答案, 不给分。)

第六题 (10 分)

1. Rb_6O_2 (2 分)



2. 6 个 (1 分)

(3 分)

3. 氧原子较少, 铷的电子没有完全被氧夺去, 仍有电子能自由移动, 故能导电。(2 分)

4. 离子键, 金属键, 配位键, 分子间作用力。(2 分)

第七题 (7 分)

1. 阳极: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2$ 阴极: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (各 1 分)

2. $3\text{Cl}_2 + 6\text{OH}^- = \text{ClO}_3^- + 5\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ (1 分)

3. 根据前面方程式可以看出, 每生产 1mol 氯酸钾需要 6mol 氯化钾, 则:

$$m(\text{KCl})=(74.55\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}\times 6\times 100\text{g})/122.55\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}=365\text{g} \quad (1 \text{ 分})$$

$$n(\text{e}^-)=2\times 100\text{g}/122.55\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}=1.63\text{mol}$$

$$Q=1.63\text{mol}\times 96484\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}=1.57\times 10^5\text{C}=1.57\times 10^5\text{A}\cdot\text{s}=43.7\text{A}\cdot\text{h} \quad (3 \text{ 分})$$

第八题 (9 分)

1. 见下表 (每空 0.5 分, 共 6 分)

	Compound A	Compound B	Compound C
MW	519	538	464
氢键供体数	9	8	5
氢键受体数	15	14	10
clgP	0.16	0.22	1.8
限制条件数	4	3	0
IC50($\mu\text{mol/L}$)	0.9	0.04	0.02

2. IC_{50} 是药物半数抑制浓度, 它的数值越小, 意思是杀灭细菌或病毒所用的药物浓度越小, 即药效更强。(1 分) (答不出名词“药物半数抑制浓度”不扣分。)

3. 氢键供体数为 2, 氢键受体数为 5, MW 为 396.4 (化学式 $\text{C}_{17}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{OF}_6\text{S}$), 都没有违反 Lipinski 规则的限制性条件, 油水分布系数没有给出, 但影响不大了。(2 分)

第九题 (12 分)

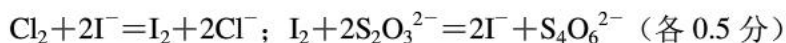
1. $\text{KClO}_3 = \text{KCl} + \text{O}_3 \uparrow$ (1.5 分)



2. (1) 将混合气体用足量水吸收后, 将溶液分成两份, 在一份溶液中滴加 AgNO_3 溶液出现白色沉淀, 在另一份溶液中滴加 NaBr 溶液出现红棕色, 说明存在 Cl_2 。(1.5 分)

(2) 通入少量 NO_2 , 红棕色气体很快褪去, 发生反应: $2\text{NO}_2 + \text{O}_3 = \text{N}_2\text{O}_5 + \text{O}_2$, 说明存在极强氧化性物质 O_3 。(1.5 分)

3. $\text{O}_3 + 2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + \text{I}_2 + 2\text{OH}^-$ (1 分)



4. $n(\text{Cl}_2) = (1.00 - 0.98)\text{L} / 22.4\text{L/mol} = 8.9 \times 10^{-4}\text{mol}$ (0.5 分)

$$n(\text{I}_2) = 1/2 \times 0.100\text{mol/L} \times 0.02670\text{L} = 1.335 \times 10^{-3}\text{mol} \quad (0.5 \text{ 分})$$

$$n(\text{O}_3) = 1.335 \times 10^{-3}\text{mol} - 8.9 \times 10^{-4}\text{mol} = 4.5 \times 10^{-4}\text{mol} \quad (1 \text{ 分})$$

(如果不写出 I_2 的计算过程, 直接写出 O_3 的计算过程, O_3 物质的量正确给 1 分。)

$$n(\text{混合气体}) = 1.00\text{L} / 22.4\text{L/mol} = 0.0446\text{mol}$$

$$V(\text{Cl}_2)\% = 8.9 \times 10^{-4}\text{mol} / 0.0446\text{mol} = 2.0\%$$

$$V(\text{O}_3)\% = 4.5 \times 10^{-4}\text{mol} / 0.0446\text{mol} = 1.0\% \quad (\text{各 } 1 \text{ 分})$$

第十题 (11 分)

1. 根据氧化数之和为零, 列出方程: $3x + 2y = 4$

根据 N 质量分数为 7.9%, 列出方程: $14.01x / (47.87 + 14.01x + 16.00y) = 7.9\%$

联立方程组, 解之得: $x = 0.426, y = 1.36$

故 A 的化学式为 $\text{TiN}_{0.426}\text{O}_{1.36}$ (4 分)

2. $\text{TiO}_2 + 0.426\text{NH}_3 = \text{TiN}_{0.426}\text{O}_{1.36} + 0.64\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

3. $(2 - 0.426 - 1.36) / 2 \times 100\% = 10.7\%$ (1 分)

4. $\rho = 2 \times (47.87 + 0.426 \times 14.01 + 1.36 \times 16.00) / [6.022 \times 10^{23} \times (4.59 \times 10^{-8})^2 \times 2.96 \times 10^{-8}]$
 $= 4.03 \text{ g/cm}^3$ (1 分)

粒径为 240nm, 则半径为 $120\text{nm} = 1.20 \times 10^{-7}\text{m} = 1.20 \times 10^{-5}\text{cm}$

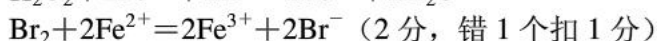
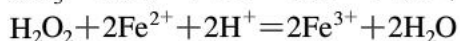
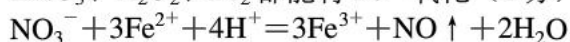
$$V = 4/3 \times \pi \times (1.20 \times 10^{-5}\text{cm})^3 = 7.238 \times 10^{-15}\text{cm}^3 \quad (1 \text{ 分})$$

$$S = 4 \times \pi \times (1.20 \times 10^{-7}\text{m})^2 = 1.810 \times 10^{-13}\text{m}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{BET} = 1.810 \times 10^{-13}\text{m}^2 / (4.03\text{g/cm}^3 \times 7.238 \times 10^{-15}\text{cm}^3) = 6.21\text{m}^2/\text{g} \quad (1 \text{ 分})$$

第十一题 (12 分)

1. HNO_3 、 H_2O_2 、 Br_2 都能将 Fe^{2+} 氧化 (1 分, 每少答一种物质扣 0.5 分, 扣完为止。)



2. (1) $c(\text{H}^+) = (0.01 \times 6.3 \times 10^{-3})^{0.5} = 7.9 \times 10^{-3}$ pH=2.1 (1.5 分)

(2) $c(\text{OH}^-) = (6.3 \times 10^{-38} / 0.01)^{1/3} = 1.8 \times 10^{-12}$ pH=2.3 (1.5 分)

(3) $c(\text{Fe}^{3+}) = (0.2 \times 10^{-3}\text{g/L}) / (55.85\text{g/mol}) = 3.6 \times 10^{-6}\text{mol/L}$

$$c(\text{OH}^-) = (6.3 \times 10^{-38} / 3.6 \times 10^{-6})^{1/3} = 2.6 \times 10^{-11} \quad \text{pH} = 3.4 \quad (2 \text{ 分})$$

3. $n(\text{As}_2\text{O}_3) = 0.02483\text{g} / 197.84\text{g/mol} = 1.255 \times 10^{-4}\text{mol}$

$$c(\text{Fe}) = (2.505\text{g/L}) / (55.85\text{g/mol}) = 0.04485\text{mol/L}$$

$$c(\text{KMnO}_4) = 4/5 \times (1.255 \times 10^{-4}\text{mol}) / 12.79 \times 10^{-3}\text{L} = 7.850 \times 10^{-3}\text{mol/L}$$

$$c(\text{Fe}^{2+}) = 7.850 \times 10^{-3}\text{mol/L} \times 11.80\text{mL} / 15.00\text{mL} = 6.176 \times 10^{-3}\text{mol/L}$$

$$c(\text{Fe}^{2+})\% = 6.176 \times 10^{-3}\text{mol/L} / 0.04485\text{mol/L} \times 100\% = 13.77\% \quad (4 \text{ 分})$$