

2013 年全国化学竞赛初赛模拟试卷 5

(时间: 3 小时 满分: 100 分)

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
满分													

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 (4 分)

一核反应为 4 个相同的原子 A 聚合成为一个原子 B、两个正电子和两个反中微子, 其中 B 为元素 C 最常见的同位素, C 不是在地球上发现的天然元素。写出核反应方程式。

第二题 (8 分)

在低温下, 对某化合物 A 进行准确的元素分析, 发现其元素质量分数分别为: C 42.1%, Si 24.6%, N 24.6%。进一步研究发现, A 中所有元素的原子最外层电子数都达到稳定结构, 分子中有两种化学环境的碳原子。已知 A 的摩尔质量为 114g/mol。

1. 试确定 A 的分子式, 写出其结构简式。

2. A 在光照下, 能发生分解反应生成 B 和气体 C。B 中 Si 55.8% (质量分数, 下同), Si 32.6%。已知 B 中不含有氮元素, 分子中存在三种化学环境的碳原子, 且分子中所有元素的原子最外层电子数都达到稳定结构。C 是一种稳定的单质。试确定 B 的结构简式。

3. $2B \rightarrow D$ 。试确定 D 最为稳定的结构简式。

第三题 (10 分)

SO₂是现今空气污染的主要物质，如何消除 SO₂对空气的污染是化学家有待解决的问题。1819 年，化学家 GayLussac 作了一个有趣的实验：将 SO₂与 MnO₂作用，生成了 A 和 B 两种盐。进一步研究发现：A 和 B 两种盐只有三种离子，其中 A 的阴离子为正四面体结构，B 的阴离子是通过顶角相连的二个三角锥，A 和 B 的阴离子的中心原子相同。若将 A 和 B 物质分别溶解在稀酸中，久置后都变成同一种酸。

1. 试确定 A 和 B 的分子式。

2. 上述反应可以看作发生了两个反应。第一个反应是 MnO₂与 SO₂生成了 A；第二个反应是 MnO₂被 SO₂还原成 C，同时生成 D。C 再与 SO₂反应，生成盐 E。盐 E 不稳定，分解成盐 F 和 B。盐 E 被 D 氧化成 A。已知 C、E 结构分别与 Fe₂O₃和 Fe₂(SO₃)₃[注：该盐要在非水溶剂中制备]类质同晶。写出 C、E、F 的分子式。

3. 写出生成 C、E 和 F 的化学反应方程式。

第四题 (10 分)

将硫磺在氟气中燃烧，可得到非极性分子 A。B 分子是一种含氯元素的化合物，红外光谱显示，B 分子中有一个 A 分子中没有的吸收。将 B 与 C 物质混合，可得到化合物 D。已知丙酮在催化剂作用下分解可得到 D 和 E。E 为常见的气体燃料，其分子构型为正四面体结构。

1. 确定 A 和 B 分子的分子式，并确定硫原子的杂化形态。

2. 试确定 C 和 D 的分子式，并确定 C 中碳原子的杂化形态。

3. 写出生成 D 的化学反应方程式。

4. $D \xrightarrow{H_2O / Ag^+} E \xrightarrow[-CO_2]{Br_2} F \xrightarrow{Zn/HCl} G$ 。试写出 E、F 和 G 的结构简式。

第五题（10分）

新型耐腐蚀纳米材料结构如下所属：内部位铁碳合金，其中铁原子构成立方最密堆积，碳原子填入一半的四面体空隙；表面覆盖了一层致密的氧原子，氧的配位数为4。

1. 画出晶胞并写出铁、碳的原子坐标

2. 若一个颗粒中有一千个晶胞，写出化学式。

第六题（9分）

将铁屑与 KNO_3 共熔，可得到化合物 A 和 B 两种物质。其中 A 为紫红色晶体，它与 K_2SO_4 或 K_2CrO_4 类质同晶。

1. 确定 A 和 B 的化学式，并写出该化学反应方程式。

2. A 在碱性的溶液中稳定，不过会发生缓慢的分解作用，其中生成一种红褐色物质，该物质在自然界中普遍存在。写出 A 在碱性溶液中分解的化学反应方程式。

3. A 在酸性或中性溶液中能快速分解，是极强的氧化剂，能作为净水剂。试写出 A 在酸性或中性溶液中分解的离子方程式。

4. A 也能热分解。试写出 A 热分解的化学反应方程式。

第七题（10分）

将物质的量之比为1:4的 Fe_2O_3 和 Na_2O 混合物放在氧气流中加热至 450°C 只生成一种黑色的化合物A。A在稀 NaOH 溶液中歧化，其中生成一种红褐色沉淀B和另一种化合物C。已知A和B的阴离子构型相同。

1. 写出A、C的化学式。

2. 写出A在稀 NaOH 溶液中发生歧化的化学反应方程式。

3. 分别写出A和C中铁离子的电子排布式，并预测A和C具有什么化学性质？

4. 最近的报道表明：现已制得一种铁的氧化物D，铁的氧化数与A中的相同。D的制备方法如下： $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 与 NO_2 的气相反应生成一种黄色粉末E，E在 400°C 热分解剂可产生D。已知E中Fe、N和O的质量分数分别为41.8%、10.4%和47.8%，分子中只有一个氮原子。试确定D和E的化学式，并写出生成D和E的化学反应方程式。

第八题（8分）

将质量分数为98%浓硫酸与 KMnO_4 在严格条件下反应可制得含锰的两种物质A和B。A为暗绿色晶体，易潮解，与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 类质同晶；B为 HMnO_4 的酸酐。

1. 若生成的A和B等物质的量。试写出上述反应方程式。

2. 上述反应为什么要严格小心？

3. 浓硫酸在上述反应中起着什么作用？

第九题 (9分)

俄罗斯“红盐”是一类重要的铁的配合物，不溶于水，能溶于有机溶剂。分子量测定表明：俄罗斯“红盐”（记为A）实际上是B盐的二聚得到的。A的结构很对称，红外光谱显示A中有相同N—O吸收，每个铁原子都是四面体中心，且两个四面体共棱。B盐的制备如下：将FeSO₄和乙硫醇的混合物加到KOH溶液中，然后往所得的混合溶液中通入NO气体，反应一段时间后，即可生成B，同时还生成一种不溶于水的红褐色沉淀C。已知乙硫醇在化学反应前后，只有S—H键发生断裂，B中Fe的质量分数与N和O的质量分数之和相等。

1. 试通过计算写出B的分子式，确定A的结构式。

2. 写出生成B的化学反应方程式。

3. 如何分离B和C？为什么？

4. 确定B分子中铁元素的氧化数。

第十题 (13分)

A物质是铼的氯化物，为深棕色或黑色晶体，它可由CCl₄和Re₂O₇在封闭管中于400℃反应而成。A的熔点为220℃，在晶态时，用X射线测得其结构为A的二聚体，该二聚体为两个八面体共用一条棱得到。

1. 试写出A的分子式。

2. 写出生成A的化学反应方程式。

3. A能与Cl₂O反应，能生成一种含Re、Cl和O的化合物B，B为四面体，在分子中Re呈现最高价。红外光谱显示，B中只有一个Re—Cl吸收。试确定B的分子式，写出生成B的化学反应方程式。

4. 将 A 与 KSCN 在一起熔融，生成化合物 C 和 KCl；再往 C 中加入 CsCl 溶液，析出化合物 D。已知 C 的阴离子为八面体构型，C 和 KCl 的溶解性见下表：

溶剂	C	KCl
水	溶	溶
乙醇	难溶	溶

(1) 确定 C 和 D 的分子式，写出生成 C 的化学反应方程式。

(2) 如何将 C 和 KCl 分开？

(3) 比较 C 和 D 在乙醇中溶解度大小。为什么？

第十一题 (9 分)

有人曾经用电解法制得过 $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$ 的水溶液，但却未能分离出它的固体水合盐。最近，有化学家用 N_2O_5 作用于 CoF_2 ，得到了绿色吸湿性的无水 $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$ ，与此同时，所有的生成物中有一种化合物 A，A 是一种含有 N、O 和 F 的共价型离子化合物，其阳离子为直线型。

1. 试写出制备 $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$ 的化学反应方程式。

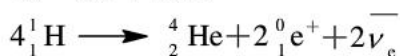
2. 试确定 A 的分子式；

3. 研究表明： $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$ 中钴原子周围的配位环境基本上是八面体的，每个 NO_3^- 中有两个 N—O 键基本等长。试画出 $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$ 的结构式。

4. 写出 $\text{Co}(\text{III})$ 离子的核外电子排布式。

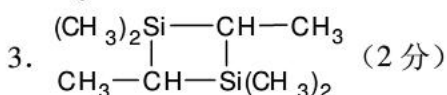
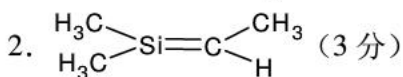
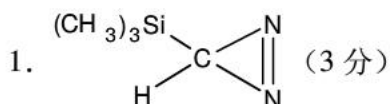
参考答案

第一题 (4分)



命题思路：通过对反应的描述，使人容易想到本题的答案。但“C 不是在地球上发现的天然元素”使人容易误解为 C 为人造放射性元素。迄今为止，我们发现的核反应只有轻核的聚变、重核的裂变、重核的融合、放射性同位素的衰变等类型，重核是不能聚变的。因此只有氢聚变为氦的反应。

第二题 (8分)



第三题 (10分)

1. A: MnSO_4 ; B: MnS_2O_6 (各 1.5 分)

2. C: Fe_2O_3 ; D: SO_3 ; E: $\text{Mn}_2(\text{SO}_3)_3$; F: MnSO_3 (各 1 分)

3. $2\text{MnO}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3$; $\text{Mn}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2(\text{SO}_3)_3$;

$\text{Mn}_2(\text{SO}_3)_3 \rightarrow \text{MnSO}_3 + \text{MnS}_2\text{O}_6$ (各 1 分)

第四题 (10分)

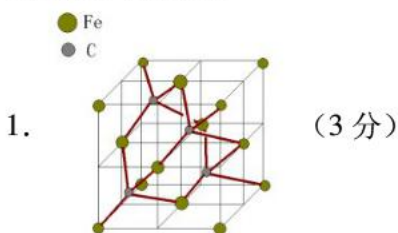
1. A: SF_6 ; B: SClF_5 ; S: sp^3d^2 (各 1 分)

2. C: $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$; D: $\text{SF}_5\text{CH}_2\text{COCl}$ (各 1 分); 边碳: sp^2 ; 中间碳: sp (1 分)

3. $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O} + \text{SClF}_5 \rightarrow \text{SF}_5\text{CH}_2\text{COCl}$ (1 分)

4. E: $\text{SF}_5\text{CH}_2\text{COOAg}$; F: $\text{SF}_5\text{CH}_2\text{Br}$; G: SF_5CH_3 ; (各 1 分)

第五题 (10分)



Fe: (0, 0, 0), (0, 0, 1/2), (0, 1/2, 0), (1/2, 0, 0) (1 分)

C: (1/4, 1/4, 1/4), (1/4, 1/4, 3/4), (1/4, 3/4, 1/4), (3/4, 1/4, 1/4) (1 分)

2. 一千个晶胞为 $10 \times 10 \times 10$,

含铁原子 $4 \times 9^3 + 5 \times 9^2 \times 6 + 6.25 \times 9 \times 12 + 7.875 \times 8 = 6084$ (1 分)

含碳原子 $4 \times 1000 = 4000$ (1 分)

含氧原子 $(2 \times 9^2 + 1.5 \times 9 \times 4 + 1 \times 4) \times 6 = 1320$ (1 分)

化学式为 $\text{Fe}_{6084}\text{C}_{4000}\text{O}_{1320}$, 化简为 $\text{Fe}_{1521}\text{C}_{1000}\text{O}_{330}$ (2 分)

第六题 (9分)

1. A: K_2FeO_4 ; B: NO ; $\text{Fe} + 2\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + 2\text{NO}$; (各1分)

2. $4\text{K}_2\text{FeO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{KOH} + 3\text{O}_2 \uparrow$ (2分)

3. $2\text{FeO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 5\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{O}_2 \uparrow$ (2分)

4. $2\text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3/2\text{O}_2$ (2分)

第七题 (10分)

1. A: Na_4FeO_4 ; C: Na_2FeO_4 (各1.5分)

2. $3\text{Na}_4\text{FeO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_4 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{NaOH}$ (1.5分)

3. Fe^{4+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4$; Fe^{6+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$; 具有强氧化性 (各0.5分)

4. D: FeO_2 ; E: $[\text{FeNO}_3]\text{O}$ 或 FeNO_4 ; $\text{Fe}(\text{CO})_5 + \text{NO}_2 \rightarrow [\text{FeNO}_3]\text{O} + 3\text{CO} + 2\text{C}$;
 $[\text{FeNO}_3]\text{O} \rightarrow \text{FeO}_2 + \text{NO}_2$ (各1分)

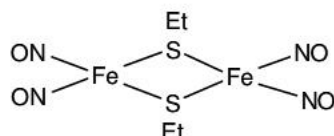
第八题 (8分)

1. $5\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Mn}_2\text{O}_7 + 5\text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2 \uparrow$ (4分)

2. 原因是由 Mn_2O_7 生成, Mn_2O_7 容易分解成 MnO_2 和 O_2 (2分)

3. 脱水剂和吸水剂 (2分)

第九题 (9分)

1. B: $\text{Fe}(\text{NO})_2\text{SEt}$; A:  (各2分)

2. $2\text{FeSO}_4 + \text{KOH} + \text{EtSH} + 2\text{NO} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO})_2\text{SEt} + \text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (2分)

3. 加一种有机溶剂, 如乙醚, B 溶于乙醚, 而 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 不溶, 过滤即可 (2分)

4. +1 (1分)

第十题 (13分)

1. A: ReCl_5 (2分)

2. $7\text{CCl}_4 + 2\text{Re}_2\text{O}_7 \rightarrow 4\text{ReCl}_5 + 7\text{CO}_2 + 4\text{Cl}_2 \uparrow$ (2分)

3. B: ReO_3F ; $\text{ReCl}_5 + 3\text{Cl}_2\text{O} \rightarrow \text{ReO}_3\text{Cl} + 5\text{Cl}_2 \uparrow$ (各1.5分)

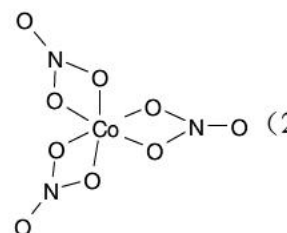
4. (1) C: $\text{K}[\text{Re}(\text{SCN})_6]$; $\text{ReCl}_5 + 6\text{KCl} \rightarrow \text{K}[\text{Re}(\text{SCN})_6] + 5\text{KCl}$; D: $\text{Cs}[\text{Re}(\text{SCN})_6]$ (各1分)
(2) 加入无水乙醇, 然后萃取, 除去 KCl (1.5分)

(3) $\text{Cs}[\text{Re}(\text{SCN})_6]$ 溶解度更小, 原因是 Cs^+ 与 $[\text{Re}(\text{SCN})_6]^-$ 大小更匹配, 更稳定, 溶解度因而更小。(1.5分)

第十一题 (9分)

1. $4\text{CoF}_2 + 10\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{Co}(\text{NO}_3)_3 + 8\text{NO}_2\text{F} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ (3分)

2. NO_2F (2.5分)

3.  (2.5分)

4. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$ (1分)