参考答案

第 1 章　化学计量在实验中的应用

第 1 节　物质的量　气体摩尔体积

【自主学习】

独立思考一:物质的量

A 级

含有一定数目粒子的集合体　物理量　n　mol

B 级

物质的量及其单位摩尔的使用范围是微观粒子,因此在使用时应指明粒子的名称,如:0.5 mol H、0.5 mol H_2、0.5 mol H^+。常见的微观粒子有分子、原子、离子、电子、质子、中子或它们特定的组合。

独立思考二:阿伏加德罗常数

A 级

1. 1 mol 任何粒子所含的粒子数　N_A　mol^{-1}

2. 12 g ^{12}C 中的原子个数　6.02×10^{23}　$n=N/N_A$

B 级

1. 不同点:阿伏加德罗常数(N_A)(单位:mol^{-1})是指 12 g ^{12}C 中含有的原子数目,是一个常数,但目前尚未能精确测定。6.02×10^{23} 是一个纯数,作为阿伏加德罗常数的近似值。

关系:在具体的计算过程中,可用 6.02×10^{23} 代替阿伏加德罗常数的值进行计算。

2. 不相同。因为 NaCl 是离子化合物,组成微粒是 Na^+ 和 Cl^-,而 HCl 是共价化合物,组成微粒是 HCl 分子。1 mol NaCl 中含 2 mol 离子,1 mol HCl 中含 1 mol 分子、2 mol 原子。

3. BCFG　【解析】A 项:常温常压气体摩尔体积不是 22.4 L·mol^{-1};C 项:乙烯和环丙烷的最简式均为 CH_2,28/14 = 2(mol),故原子数为 $6N_A$;D 项:D_2O 的相对分子质量为 20,18 g D_2O 的质子数应为 $9N_A$;E 项:1 mol SiO_2 中含硅氧键的个数为 $4N_A$;G 项:还原剂只有钠,转移电子数等于失电子数,故 1 mol Na 与任何物质发生氧化还原反应均转移 N_A 个电子;H 项:NH_4^+ 会发生水解,;I 项:一个 $Fe(OH)_3$ 胶粒是由若干个 $Fe(OH)_3$ 分子构成的,胶粒数小于 N_A。

独立思考三:摩尔质量

A 级

1. 单位物质的量的物质所具有的质量　M　g·mol^{-1}　$M=m/n$

2. 98 g·mol^{-1}　98　98 g

B 级

1. (1)$M=m/n$　(2)$M=DM_{相对}$

(3)$M=22.4\rho_{标}$

(4)$M=M_A\cdot A\%+M_B\cdot B\%+\cdots$

2. C　【解析】生成物的平均相对分子质量 $M_{生成}=11.43\times2=22.86$;根据质量守恒定律 $2M_X=M_A+2M_B+4M_C=M_{生成}\times7$,所以 $M_X=M_{生成}\times3.5=80.01$。

独立思考四:气体摩尔体积

A 级

1. 单位物质的量的气体所占的体积　V_m　L·mol^{-1}　$V_m=V/n$

2. (1)构成物质微粒的大小

(2)结构微粒之间距离的大小

(3)结构微粒的多少　结构微粒之间距离的大小和结构微粒的多少

3. 22.4 L·mol^{-1}　0 ℃、1 atm 即 1.01×10^5 Pa　温度、压强　无关

4. 同温同压　都具有相同的分子数

$\frac{n_1}{n_2}=\frac{N_1}{N_2}$　$\frac{n_1}{n_2}=\frac{N_1}{N_2}$　$\frac{M_1}{M_2}$

B 级

1. 不一定。因气体的体积与温度、压强和气体的分子数有关,当压强和温度改变相同倍数时,1 mol 气体的体积仍为 22.4 L。

2. C　【解析】m g 气体 A 与 n g 气体 B 分子数相同,即物质的量相等,在同温、同压的条件下,体积相等。

A 项:由 $n(A)=\frac{m}{M(A)}$,$n(B)=\frac{n}{M(B)}$,$n(A)=n(B)$ 可得:$M(A):M(B)=m:n$。

B 项:a g 气体 A 的分子数 $N_1=\frac{a}{M(A)}\cdot N_A$,$a$ g 气体 B 的分子数 $N_2=\frac{a}{M(B)}\cdot N_A$,$\frac{N_1}{N_2}=\frac{M(B)}{M(A)}=n:m$。

C 项:$\rho(A)=\frac{m}{V}$,$\rho(B)=\frac{n}{V}$,$\rho(A):\rho(B)=m:n$。

D 项:同温、同压、同体积的 A、B 两气体的物质的量相同,则 $m(A)=nM(A)$,$m(B)=nM(B)$,$m(A):m(B)=M(A):M(B)=m:n$。

【自我测评】

1. B

2. A

3. D　【解析】根据 $pM=\rho RT$,同温、同密度时,压强和相对分子质量成反比。

4. D　【解析】根据 $N=n\cdot N_A$ 列式,得 $b=3N_A/64$,$N_A=64\ b/3$。答案为 D。

5. B

6. D　【解析】A 项,根据 Fe 和水蒸气反应的方程式可确定 0.2 mol Fe 完全反应生成 H_2 分子数为 $\frac{4}{15}N_A$,错误;B 项,溶液中 $c(OH^-)=0.1$ mol/L,水电离出的 $N(OH^-)=10^{-13}$ mol/L×1 L×N_A $mol^{-1}=10^{-13}N_A$,错误;C 项,正极消耗 1 mol O_2 时,电路中转移 4 mol 电子,错误;D 项,5 mol NH_4NO_3 参加反应时生成 4 mol N_2,转移 15 mol 电子,则生成 28 g N_2(1 mol)时转移 3.75 mol 电子,正确。

第 2 节　物质的量在化学实验中的应用

【自主学习】

独立思考:物质的量浓度

A 级

1.

溶液中溶质的质量与溶液的质量之比	以单位体积溶液里所含溶质的物质的量表示溶液组成的物理量	在一定温度下,达到饱和状态时 100 g 溶剂中所能溶解的溶质的质量
1	mol·L^{-1}	g
ω	c	S
$\omega=\frac{m_{(溶质)}}{m_{(溶液)}}\times100\%$	$c_B=\frac{n_B}{V}$	$\frac{S}{100+S}=\frac{m_{(溶质)}}{m_{(溶液)}}$
$c=\frac{1\,000\rho\omega}{M}=\frac{1\,000\rho}{M}\times\frac{S}{100+S}$(饱和溶液)		

2. (1)托盘天平、烧杯、量筒、玻璃棒、容量瓶、胶头滴管

容积、温度、刻度线　只能用于配制一定物质的量浓度的溶液,不能用于溶解、稀释、贮存溶液

100 ml、250 ml、500 ml、1 000 ml　检漏

(2)③玻璃棒　④室温　容量瓶　⑤2 ~ 3　⑥1 ~ 2　胶头滴管　相切

B 级

1. 不变　改变　通入水中的 NH_3、Cl_2　溶液的体积而不是溶剂的体积

2. $c=\frac{n(mol)}{V_{溶液}(L)}=\frac{\frac{V\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}}{\frac{1\,000\ mL\times1\ g\cdot cm^{-3}+\frac{V\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}\times17\ g\cdot mol^{-1}}{1\,000\ mL\cdot L^{-1}\times\rho\ g\cdot cm^{-1}}}=\frac{1\,000\ \rho V}{22\,400+17V}\ mol\cdot L^{-1}$;

$\omega=\frac{m_{(溶质)}}{m_{(溶液)}}\times100\%=$

$$\frac{\frac{V\ \text{L}}{22.4\ \text{L}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 17\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}{1\ 000\ \text{mL}\times 1\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}+\frac{V\ \text{L}}{22.4\ \text{L}\cdot\text{mol}}\times 17\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 100\%$$

$$=\frac{17V}{22\ 400+17V}\times 100\%\ 。$$

注:氨水中的溶质是将 NH_3,$NH_3\cdot H_2O$ 和 NH_4^+ 均转化为 NH_3 来进行计算。

3. A 【解析】$c=\frac{1\ 000\rho\omega}{M}=\frac{1\ 000\ \text{mL}\times 0.8\ \text{g/mL}\times 95\%}{46\ \text{g/mol}}$;

$c'=\frac{1\ 000\rho'\omega'}{M}=\frac{1\ 000\times\rho'\times 47.5\%}{46}$,则$\frac{c'}{c}=\frac{P'\times 47.5\%}{0.8\times 95\%}$

所以 $c'=16.52\times\frac{1}{2}\times\frac{\rho'}{0.8}=8.26\times\frac{\rho'}{0.8}$

由 $\rho'>0.8$,可得 $c'>8.26$。

还可以用估算法:$c=\frac{n}{V}$。V_1,95% 酒精$\xrightarrow{V_2,\text{水}}$47.5% 酒精;$V_2<V_1$,则 $V_{混}\approx V_1+V_2<2V_1$;水与 95% 酒精等质量混合,由于水的密度比酒精的密度大,所以加入水的体积比原来酒精的体积小,即混合后 $V_{混}<2V_1$,则混合后酒精的物质的量浓度大于原来的一半。

能引起误差的一些错误操作		因变量		c_B(mol/L)
		n_B(或 m_B)	V	
称量	①药品、砝码左右位置颠倒,且称量中用到游码	偏小		偏小
	②称量易潮解的物质(如 NaOH)时间过长	偏小		偏小
	③用滤纸称量易潮解的物质(如 NaOH)	偏小		偏小
量取	④用量筒量取液态溶质时,俯视读数	偏小		偏小
	⑤量取液态溶质时量筒内有水	偏小		偏小
溶解	⑥转移时有溶液溅出	偏小		偏小
	⑦未洗涤烧杯和玻璃棒	偏小		偏小
转移	⑧洗涤量取浓溶液的量筒并将洗涤液转移到容量瓶	偏大		偏大
洗涤	⑨溶液未冷却至室温就转移到容量瓶		偏小	偏大
定容	定容时,水加多了,用滴管吸出		偏大	偏小
	⑪定容后,经振荡,摇匀、静置,液面下降再加水		偏大	偏小
	⑫定容时,俯视刻度线		偏小	偏大

【自我测评】

1. A

2. B

3. 【解析】设稀释后溶液中 SO_4^{2-} 的物质的量浓度为 $c(SO_4^{2-})_{稀}$,依据稀释定律得:$c(SO_4^{2-})_{浓}\times\frac{V}{4}=c(SO_4^{2-})_{稀}\times 4V$

$c(SO_4^{2-})_{稀}=\frac{1}{16}c(SO_4^{2-})_{浓}=\frac{1}{16}\times\frac{1\ 000a}{18V}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}=\frac{125a}{36V}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$。

【答案】$\frac{125a}{36V}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

4. 【答案】(1)20.0 mL

(2)①将玻璃棒插入容量瓶刻度线以下,轻靠瓶壁,把溶液沿玻璃棒慢慢地倒入容量瓶中 ②使溶质完全转移到容量瓶中 ③加水至离刻度线 1 ~ 2 cm 时,改用胶头滴管滴加水至凹液面与刻度线相切 ④D

(3)不正确。不能用量筒配制溶液,不能将水加入到浓硫酸中

第 2 章 化学物质及其变化

第 1 节 物质的分类

【自主学习】

独立思考一:简单分类法及其应用

A 级

2. 标准 标准 交叉分类 树状分类

3. HNO_3、H_2SO_4、HClO、H_2SO_3 等 HCl、HF、H_2S、HI 等 $HClO_4$、$HClO_3$、HNO_3、H_2SO_4、HCl、HI、HBr 等 HF、H_2S、HClO、H_2SO_3、CH_3COOH、H_3PO_4 等 CH_3COOH、HF 等 H_2S、H_2SO_4 等 H_3PO_4 等 HNO_3、浓 H_2SO_4 等 HI、HBr 等 HNO_3、HCl、HF、HI、HBr 等 H_2SO_4、H_3PO_4 等 NaOH、KOH 等 $Ba(OH)_2$、$Fe(OH)_2$ 等 $Fe(OH)_3$ 等 $Ba(OH)_2$、$Ca(OH)_2$、NaOH、KOH 等 $Fe(OH)_2$、$Cu(OH)_2$、$NH_3\cdot H_2O$ 等 $Ba(OH)_2$、NaOH、KOH 等 $Fe(OH)_2$、$Cu(OH)_2$、$Fe(OH)_3$ 等 NaCl、K_2SO_4、$FeCl_3$ 等 NaHS、$KHSO_4$、$Ca(HCO_3)_2$ 等 $Cu_2(OH)_2CO_3$ 等 CO_2、SO_2、Mn_2O_7、SiO_2、SO_3 等 Na_2O、CaO、Fe_2O_3 等 Al_2O_3 等 CO、NO、NO_2、Fe_3O_4 等 Na_2O_2、KO_2、KO_3NO_2、Fe_3O_4 等

B 级

1. 用交叉分类法来分。按阳离子分为两类:钠盐和钾盐;按阴离子分为三类:硫酸盐、碳酸氢盐、氯化物;按酸根是否含氧可分为两类:无氧酸盐、含氧酸盐。

用树状分类法来分。先按阴离子分两类:酸式盐和正盐,正盐又可细分为钠盐和钾盐,钠盐继续细分为含氧酸盐和无氧酸盐。

所以树状分类法是在分类的基础上再分类。

2. ①错误,如 NO、CO 是不成盐氧化物。②正确。③错误,如 Mn_2O_7 是酸性氧化物。④正确。⑤错误,Na_2O_2 与 H_2O 反应除生成 NaOH 外,还生成 O_2,不符合碱性氧化物的定义。⑥⑦错误,如 Al_2O_3。

独立思考二:分散系及其分类

A 级

1. (1)把一种(或多种)物质分散在另一种(或多种)物质中

(2)

<1 nm	1 ~ 100 nm	>100 nm
离子或单个小分子	大分子或分子集合体	大量分子集合体
均匀、透明	均匀、透明或半透明	不均匀、不透明
稳定,静置无沉淀	较稳定	不稳定,静置有沉淀
能	不能	不能
能	能	不能
饱和溶液、不饱和溶液	固溶胶、液溶胶、气溶胶	悬浊液、乳浊液
食盐水、蔗糖溶液	$Fe(OH)_3$ 胶体、AgI 胶体、蛋白质溶液、淀粉溶液	泥水

2. (1)有一条光亮的“通路” 散射 鉴别胶体和溶液

(2)聚集长大 颗粒较大的沉淀 ①加热 ②加电解质 ③加与胶粒带相反电荷的胶体

(3)外加电场 向电极定向移动

金属氧化物、金属氢氧化物 非金属氧化物、金属硫化物、河水、泥沙

(4)不停地做无规则运动的现象

3. 渗析

4. $FeCl_3$ 饱和溶液 红褐色 $FeCl_3+3H_2O\xrightarrow{\triangle}Fe(OH)_3(\text{胶体})+3HCl$

B 级

1. 胶体不一定是液态的,如烟、云、雾是气态胶体,有色玻璃是固态胶体。胶体的丁达尔现象是物理变化。胶体不带电,大部分胶体的胶粒带电。

2. C

【自我测评】

1. B 【解析】A 项,阴离子只含氧元素的化合物才是氧化物;B 项,三种酸中心元素的化合价都很易降低,故均为氧化性酸;C 项,区分电解质与非电解质的标准是能否电离,与溶解度无关;D 项,酸的元数由电离出的 H^+ 个数决定,而不是含氢原子数。

2. B 【解析】①金属、石墨导电是电子的定向移动,为物理变化;②干冰在狭小密闭空间迅速气化爆炸,这一类爆炸,属于物理变化;④有机物退色是因为结构发生了改变,都是化学变化;⑤无水硫酸铜和五水硫酸铜是不同的物质,相互转化属于化学变化;⑥工业制 O_2 是通过液化分离空气实现的,是物理变化;⑦同素异形体是不同物质,相互转化都属于化学变化;⑨^{16}O 与 ^{18}O 间的转化只是原子种类的改变,未生成新物质,所以不是化学变化。

3. D 【解析】强碱、弱碱,强、弱电解质的区分标准都是看物质能否完全电离,故 A、B 均错;区分溶液、胶体、浊液的标准是分散质颗粒的直径大小。

4. B

5. A 【解析】Na^+ 和 Cl^- 可以通过半透膜,故袋内、烧杯内均有 Na^+ 和 Cl^-,取二者溶液加硝酸银均应产生白色沉淀。淀粉不能通过半透膜,只有袋内液体加碘水才能变蓝。

6. A 【解析】金刚石和白磷的化学式分别为 C 和 P_4,均为单质,A 项正确;漂白粉的主要成分为 $CaCl_2$ 和 $Ca(ClO_2)$,属于混合物,B 项错误;NH_4Cl 和 HClO 分别为强电解质和弱电解质,C 项错误;葡萄糖不属于高分子化合物,D 项错误。

第 2 节 离子反应

【自主学习】

独立思考一:电解质

A 级

1. (1)熔融状态下 水溶液中 化合物
(2)熔融状态下 水溶液中 化合物

2. (1)水溶液 能完全电离 强酸、强碱、大多数盐类
(2)水溶液 部分电离 弱酸、弱碱、水等

3. (1)有自由移动的电子 有自由移动的离子
(2)离子浓度的大小 (3)电解 化学 物理

4. (1)熔融 水溶液 离解
(2)① $H_2SO_4=2H^++SO_4^{2-}$
$NaOH=Na^++OH^-$ $(NH_4)_2SO_4=2NH_4^++SO_4^{2-}$
② 分步 逐步减弱 第一步电离
$H_2S\rightleftharpoons H^++HS^-$;$HS^-\rightleftharpoons H^++S^{2-}$
分步 一步 $Cu(OH)_2\rightleftharpoons Cu^{2+}+2OH^-$ $H^++AlO_2^-+H_2O\rightleftharpoons H^++AlO_2^-+H_2O\rightleftharpoons Al(OH)_3\rightleftharpoons Al^{3+}+3OH^-$
③$NaHSO_4=Na^++H^++SO_4^{2-}$ $NaHSO_4=Na^++HSO_4^-$
完全电离 部分电离 $NaHCO_3=Na^++HCO_3^-$;$HCO_3^-\rightleftharpoons CO_3^{2-}+H^+$

B 级

1. ①④⑦⑧⑫ ⑤⑨⑩⑪ ①④⑧⑫ ⑦ ②⑥

2. 不正确。弱电解质都是共价化合物是正确的,非电解质也全是共价化合物,但是强电解质中强酸和少部分盐(如氯化铝、氯化铍)是共价化合物,强碱和大多数盐是离子化合物。

3. C 【解析】A 项两种溶液不反应,而浓度一样,混合后离子浓度不变,故亮度不变。B、D 项都由弱电解质溶液变为强电解质溶液,离子浓度增大,亮度应增大。C 项开始阶段 CO_2 与 $Ca(OH)_2$ 反应生成 $CaCO_3$,离子浓度减小,亮度减弱最后几乎熄灭,继续通 CO_2,$CaCO_3$ 变为 $Ca(HCO_3)_2$,离子浓度增大,亮度增强。

独立思考二:离子反应

A 级

1. 离子参加 离子生成

2. ①难溶 ②难电离 ③易挥发 ④氧化还原反应

3. 减少

B 级

1. (1)$Ba^{2+}+2OH^-+2NH_4^++SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow+2NH_3\cdot H_2O$
(2)$Ca(OH)_2+CO_3^{2-}=CaCO_3\downarrow+2OH^-$
(3)$NH_4^++HCO_3^-+2OH^-=NH_3\cdot H_2O+CO_3^{2-}+H_2O$
(4)$Ba^{2+}+2OH^-+2H^++SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow+2H_2O$
(5)$Fe_2O_3+6H^++2I^-=2Fe^{2+}+3H_2O+I_2$
(6)$2Fe^{2+}+4Br^-+3Cl_2=2Fe^{3+}+2Br_2+6Cl^-$
(7)$3FeO+10H^++NO_3^-=3Fe^{3+}+NO\uparrow+5H_2O$
(8)$HCO_3^-+CH_3COOH=CH_3COO^-+CO_2\uparrow+H_2O$

2. (1)①$CO_2+2OH^-=CO_3^{2-}+H_2O$ ②$CO_2+OH^-=HCO_3^-$
(2)①$2AlO_2^-+CO_2+3H_2O=2Al(OH)_3\downarrow+CO_3^{2-}$
②$AlO_2^-+CO_2+2H_2O=Al(OH)_3\downarrow+HCO_3^-$
(3)$CO_3^{2-}+H^+=HCO_3^-$ $CO_3^{2-}+2H^+=CO_2\uparrow+H_2O$
(4)$Al^{3+}+3OH^-=Al(OH)_3\downarrow$
$Al^{3+}+4OH^-=AlO_2^-+2H_2O$
(5)$AlO_2^-+H^++H_2O=Al(OH)_3\downarrow$
$AlO_2^-+4H^+=Al^{3+}+2H_2O$
(6)$2Fe^{3+}+S^{2-}=2Fe^{2+}+S\downarrow$
$2Fe^{3+}+3S^{2-}=2FeS\downarrow+S\downarrow$
(7)$3Fe+2NO_3^-+8H^+=3Fe^{2+}+2NO\uparrow+4H_2O$
$Fe+NO_3^-+4H^+=Fe^{3+}+NO\uparrow+2H_2O$

3. $H^++OH^-=H_2O$
$NH_4^++H^++2OH^-=NH_3\cdot H_2O+H_2O$

4. (1)$Ca^{2+}+HCO_3^-+OH^-=CaCO_3\downarrow+H_2O$
$Ca^{2+}+2HCO_3^-+2OH^-=CaCO_3\downarrow+2H_2O+CO_3^{2-}$
(2)$2H^++SO_4^{2-}+2OH^-+Ba^{2+}=BaSO_4\downarrow+2H_2O$
$H^++SO_4^{2-}+Ba^{2+}+OH^-=H_2O+BaSO_4\downarrow$

5. ①错;$HCO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$
②错;$2Na+Cu^{2+}+2H_2O=2Na^++H_2\uparrow+Cu(OH)_2\downarrow$
③错;$2Fe(OH)_3+6H^++2I^-=2Fe^{2+}+I_2+6H_2O$
④错;$2F_2+4OH^-=4F^-+O_2+2H_2O$
⑤错;$H^++SO_4^{2-}+Ba^{2+}+OH^-=BaSO_4\downarrow+H_2O$
⑥错;$Mg^{2+}+2Cl^-+2H_2O\xlongequal{电解}Cl_2\uparrow+H_2\uparrow+Mg(OH)_2\downarrow$
⑦错;$HCO_3^-+Ca^{2+}+OH^-=CaCO_3\downarrow+H_2O$
⑧错;$Fe^{3+}+3H_2O\xlongequal{\triangle}Fe(OH)_3$(胶体)$+3H^+$
⑨错;$SO_2+H_2O+3ClO^-=SO_4^{2-}+Cl^-+2HClO$
⑩错;$2Fe^{3+}+Cu=2Fe^{2+}+Cu^{2+}$
⑪错;$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons H^++Cl^-+HClO$

独立思考三:离子共存

A 级

1. Cu^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{2+}、MnO_4^-

2. OH^- 及弱酸阴离子 CO_3^{2-}、SO_3^{2-}、S^{2-}、CH_3COO^- H^+ 及弱碱阳离子 NH_4^+、Al^{3+}、Mg^{2+}、Fe^{3+} 弱酸酸式酸根离子 HCO_3^-、HSO_3^-、HS^-、$H_2PO_4^-$、HPO_4^{2-}

3. (1) $AlO_2^-+HCO_3^-+H_2O=Al(OH)_3\downarrow+CO_3^{2-}$
(2)强氧化 S^{2-}、Fe^{2+}、I^-
(3)能大量共存(加热就不同了)

B 级

C 【解析】B 项铝与酸或碱均能反应生成 H_2,故溶液可显酸性也可显碱性,酸性环境 H^+ 与 ClO^- 不共存,碱性环境 Cu^{2+} 与 OH^- 不共存;D 项甲基橙显红色说明溶液显酸性,NO_3^- 在酸性环境下会氧化 Fe^{2+} 不共存。

独立思考四:离子检验

A 级

试剂	现象
$AgNO_3$ 溶液和稀 HNO_3	白色　淡黄色　黄色
稀盐酸和 $BaCl_2$ 溶液	白色
NaOH 溶液	白色沉淀→灰绿色沉淀→红褐色沉淀
NaOH 溶液	红褐色
NaOH 溶液	白色沉淀→溶解
浓 NaOH 溶液和湿润的红色石蕊试纸	产生有刺激性气味的气体,且气体能使湿润的红色石蕊试纸变蓝
稀盐酸和石灰水	石灰水变浑浊
稀 H_2SO_4 和品红溶液	产生有刺激性气味的气体,且气体能使品红溶液退色
氯水(少量),CCl_4	下层为紫色
KSCN 溶液和氯水	先是无变化,滴加氯水后变血红色
①KSCN 溶液	血红色
②苯酚溶液	紫色
Pt(Fe)丝和稀盐酸	火焰分别呈黄色、紫色

2. 紫色　蓝色　浅绿色　黄色　蓝色　红褐色

B 级

1. B　【解析】A 项稀盐酸引入了 Cl^-,应该用稀硝酸;C 项溶液中可能含有 SO_3^{2-},SO_3^{2-} 与 $Ba(NO_3)_2$ 反应生成 $BaSO_3$ 沉淀,加盐酸后 $BaSO_3$ 在酸性环境下被 NO_3^- 氧化为 $BaSO_4$ 沉淀;D 项排除不了 SO_3^{2-}、HCO_3^- 等离子的干扰。

2.【解析】溶液无色,则无 Fe^{2+};甲基橙变红说明溶液显酸性,则无 HCO_3^-;与铜反应产生无色气体遇空气变红棕色,说明生成 NO,含 NO_3^-;NO_3^- 在酸性环境下会氧化 I^-,所以不含 I^-;加 $AgNO_3$ 虽然生成白色沉淀,但氯化钡引入了 Cl^-,所以无法确定是否含 Cl^-;加 NaOH 至过量沉淀部分溶解,说明含 Mg^{2+}、Al^{3+}。

【答案】(1)NO_3^-、SO_4^{2-}、Mg^{2+}、Al^{3+}　Fe^{2+}、HCO_3^-、I^-、Ba^{2+}

(2)K^+ 的检验可以用焰色反应;Cl^- 的检验:向溶液中加足量的 $Ba(NO_3)_2$ 溶液,过滤后向滤液中加 $AgNO_3$ 溶液,再加稀硝酸,白色沉淀不溶解

【自我测评】

1. C　【解析】A 项导电性的强弱由离子浓度决定,与电解质强弱无关;C 项弱电解质不完全电离,溶液中存在其分子,故正确;D 项氯水能导电是因为氯气与水反应生成的 HCl 和 HClO 电离出了离子,并非氯气的电离。

2. C　【解析】A 项错在 $CaCO_3$ 是强电解质,因为难溶所以写成化学式;B 项因为苯酚酸性强于 HCO_3^-,所以无论 CO_2 量的多少,均应生成 HCO_3^-;D 项方程式是正确的。

3. D　【解析】无色溶液,排除 C 项;水电离出来的 H^+ 和 OH^- 浓度的乘积为 1×10^{-24},说明水的电离受到抑制,溶液可能显酸性也可能显碱性,A 项 HCO_3^- 在酸性和碱性条件下均不共存,错误;B 项酸性条件下 NO_3^- 会氧化 I^- 而不共存,碱性条件下 NH_4^+ 不共存,错误;D 项 SiO_3^{2-}、SO_3^{2-} 酸性条件下不共存,但碱性条件下共存,故可能共存,正确。

4. D　【解析】溶液显碱性则无 NH_4^+、Al^{3+},根据电荷守恒必然有 K^+;酸化无沉淀,说明无 SiO_3^{2-};加盐酸沉淀先增多后减少,说明有 AlO_2^-,先反应生成氢氧化铝,后氢氧化铝溶于酸;加酸生成气体,说明有 CO_3^{2-};加入 0.001 mol HCl生成 1.39 mol AgCl 沉淀,说明有 Cl^-。

5. A　【解析】溶液显弱酸性说明含 NH_4^+;加氯水和淀粉无现象,说明无 I^-、S^{2-};根据电荷守恒,一定有 SO_4^{2-},则无 Ba^{2+},故只有 Na^+ 无法检验。

6. D　【解析】A 项不符合电荷守恒和原子守恒,错误;B 项 $NaHCO_3$ 需写成 HCO_3^- 形式,错误;C 项生成的 $Al(OH)_3$ 不溶于氨水,错误;D 项正确。

第 3 节　氧化还原反应

独立思考一:氧化还原反应的重要概念

A 级

1. 电子　化合价　氧化还原　非氧化还原　有无元素化合价的升降

2. 置换　复分解　分解

3. 升高　失　还原　氧化　氧化　氧化　失去　降低　得　氧化　还原　还原　还原　得到

4.(1)①F_2、Cl_2、Br_2、O_2、F^-、Cl^-、Br^-

②浓硫酸、硝酸、$KMnO_4(H^+)$、KClO、$KClO_3$、$K_2Cr_2O_7$　SO_2、NO_2(浓)或 NO(稀)、Mn^{2+}、Cl^-、Cl^-、Cr^{3+}

③H_2O_2、Na_2O_2　H_2O、O^{2-}

④Pb^{4+}、Ag^+、Fe^{3+}、Cu^{2+}　Pb^{2+}、Ag、Fe^{2+}、Cu

(2)②C、H_2　CO 或 CO_2、H_2O

③CO、NO、SO_2、SO_3^{2-}、FeO、$Fe(OH)_2$　CO_2、NO_2、SO_4^{2-}、SO_4^{2-}、Fe^{3+}、Fe^{3+}

④S^{2-}、I^-　S、I_2

⑤Fe^{2+}、Cu^+、Sn^{2+}　Fe^{3+}、Cu^{2+}、Sn^{4+}

B 级

1. ACDFH　GH　EF　AD　I

2. Fe_2O_3　CO　C　Fe　Fe_2O_3　CO　CO_2　Fe

独立思考二:电子转移的表示方法

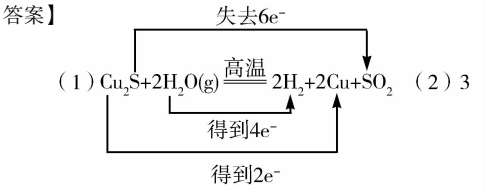
A 级

1. 得失电子　反应　生成　2. 反应　失　反应　得

B 级

【解析】反应的化学方程式为 $Cu_2S+2H_2O(g)\overset{高温}{=\!=\!=}2H_2+2Cu+SO_2$,在该反应中铜元素化合价由 +1 降为 0,被还原,氢元素化合价由 +1 降为 0 价,被还原;硫元素由 −2 价升高为 +4 价,被氧化。生成 1 mol H_2 时,该反应转移 3 mol e^-。

【答案】



独立思考三:氧化还原反应规律

A 级

1.(1)氧化性:氧化剂 > 氧化产物;还原性:还原剂 > 还原产物。

(2)对同一周期金属元素而言,从左到右其金属活泼性依次减弱,如 Na、Mg、Al 金属性依次减弱,其还原性也依次减弱。对同一周期非金属元素而言,从左到右其非金属活泼性依次增强,如 C、N、O、F 非金属性依次增强,其单质氧化性也依次增强。对同主族的金属元素和非金属元素可按上述方法分析。

(3)①根据金属活动顺序表进行判断

$$\xrightarrow[\text{金属的活动性逐渐减弱(还原性逐渐减弱)}]{K,Ca,Na,Mg,Al,Zn,Fe,Sn,Pb,(H),Cu,Hg,Ag,Pt,Au}$$

$$\xrightarrow[\text{氧化性逐渐增强}]{K^+,Ca^{2+},Na^+,Mg^{2+},Al^{3+},Zn^{2+},Fe^{2+},Sn^{2+},Pb^{2+},(H^+),Cu^{2+},Hg^{2+},Ag^+}$$

②根据非金属活动顺序进行判断

$$\xrightarrow[\text{氧化性逐渐减弱}]{F,O,Cl,Br,I,S}\qquad\xrightarrow[\text{还原性逐渐增强}]{F^-,Cl^-,Br^-,I^-,S^{2-}}$$

(4)①与同一物质反应,一般越易进行,则其氧化性或还原性就越强。如 Na 与冷水剧烈反应,Mg 与热水反应,Al 与水加热反应也不明显,所以还原性:Na > Mg > Al;非金属单质 F_2、Cl_2、Br_2、I_2 与 H_2 反应,F_2 与 H_2 暗处剧烈反应并爆炸,Cl_2 与 H_2 光照剧烈反应并爆炸,Br_2 与 H_2 加热到 500 ℃才能发生反应,I_2 与 H_2 在不断加热的条件下才缓慢发生反应,且为可逆反应,故氧化性:$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$。

②当不同的氧化剂作用于同一还原剂时,如果氧化产物价态相同,可根据反应条件的高低进行判断:一般条件越低,氧化剂的氧化性越强;同种

还原剂作用于不同氧化剂时，反应越剧烈，其氧化性越强。如：$2Fe+3Cl_2 \xlongequal{点燃} 2FeCl_3$，$Fe+S \xlongequal{\triangle} FeS$，氧化性：$Cl_2>S$；$MnO_2+4HCl(浓) \xlongequal{\triangle} MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$，$2KMnO_4+16HCl(浓)=2KCl+2MnCl_2+5Cl_2\uparrow+8H_2O$，由上述反应条件的不同，可判断氧化性：$KMnO_4>MnO_2$。

(5)与同种物质反应产物价态越高性质越强。

如：$2Fe+3Cl_2 \xlongequal{点燃} 2FeCl_3$，$3Fe+2O_2 \xlongequal{点燃} Fe_3O_4$，$Fe+S \xlongequal{\triangle} FeS$。可判断氧化性：$Cl_2>O_2>S$。

(6)根据原电池的正负极来判断：在原电池中，做负极的金属的还原性一般比做正极的金属的还原性强。

根据电解池中溶液里阴、阳离子在两极放电顺序来判断。如：Cl^-失去电子的能力强于OH^-，还原性：$Cl^->OH^-$。

(7)能量变化越多性质越强。

2. 还原性　氧化性

3. (1) +1　+2　+3　-4、+4、+2　-3、+3、+5　-2、+4、+6　-1、+1、+3、+5、+7

(2)氧化　还原　氧化　还原

4. 氧化剂得电子总数等于还原剂失电子总数。

B 级

1. A　【解析】由于还原性$I^->Fe^{2+}$，Cl_2应先氧化I^-，故 A 不可能发生，B 可能发生；由于氧化性$Fe^{3+}>I_2$，D 可能发生；又因为氧化性$Co_2O_3>Cl_2$，故 C 也可能发生。

2. B　【解析】还原性：$Fe^{2+}>Br^-$，$x=0.4a$时，Cl_2不能完全氧化Fe^{2+}，只发生反应$2Fe^{2+}+Cl_2=2Fe^{3+}+2Cl^-$，A 正确；当$x=0.6a$时，$Cl_2$将$Fe^{2+}$完全氧化后，又能氧化$Br^-$，故 B 错误；$x=a$时，$Cl_2$氧化$Fe^{2+}$后又能氧化的$Br^-$，C 正确；$x=1.5a$时，$Cl_2$将$Fe^{2+}$、$Br^-$完全氧化，D 正确。

3. A　【解析】2 mol Zn 与稀硝酸反应转移 4 mol e^-，1 mol HNO_3 被还原为N_2O转移 4 mol e^-，故被还原的硝酸为 1 mol，未被还原的HNO_3为 4 mol，两者比为 1∶4。

独立思考四：氧化还原反应方程式的配平

B 级

AC　【解析】本题直接根据质量守恒定律可以求解，但繁琐易错，可将质量守恒与电子得失守恒结合求解。本题分两种情况讨论：

(1)M 中的氮元素全部由被还原得来。根据质量守恒定律得$a=4$(Zn 守恒)，被还原的氮的原子数为$10-4\times2=2$个。设 M 中 N 的化合价为$+n$，由电子得失守恒有$4\times2=2\times(5-n)$，解得$n=1$，即 M 为N_2O。

(2)M 中的氮元素部分由被还原(如NH_4NO_3)得来。$a=4$(Zn 守恒)，此时被还原的氮原子只有 1 个，且还原后其化合价为 -3。反应中 Zn 失电子情况为$4\times2e^-=8e^-$，N 得电子情况为$[5-(-3)]e^-\times1=8e^-$，二者相等，故NH_4NO_3符合题意。

【自我测评】

1. CD　【解析】反应$Br_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HBr$中，水既非氧化剂又非还原剂。A 中水既非氧化剂又非还原剂；B 中水既非氧化剂又非还原剂；C 中水为还原剂；D 中水为氧化剂。

2. A　【解析】高铁酸钾(K_2FeO_4)中 Fe 的化合价是 +6，具有强氧化性，其还原产物Fe^{3+}水解生成氢氧化铁胶体，能吸附水中杂质。

3. A　【解析】根据氧化还原反应规律：②中H_2O生成H_2，氢元素化合价降低，所以 Q 生成 X 氯元素化合价升高，则氯元素化合价：X > Q。③中歧化反应，Y 中氯元素化合价介于 G 和 Q 之间，结合①中，G 生成 NaCl 氯元素化合价一定是降低，则 G 生成 Q 氯元素化合价升高，故氯元素化合价：Q > Y > G。④中歧化反应，Z 中氯元素化合价介于 X 和 Q 之间，结合②知氯元素化合价：X > Z > Q。综上可得：X > Z > Q > Y > G。

4. C　【解析】反应过程中 HCl 不断被消耗，水不断生成，盐酸浓度逐渐变小，稀盐酸不能与MnO_2反应，所以虽然MnO_2过量但盐酸反应不完，生成氯气体积小于 2.24 L(标准状况)。

5. D　【解析】由于置换反应既可有金属间的置换、又可在非金属之间置换，因此 X、Y、Z 既可以是金属、也可以是非金属。对于这两种情况，说法①②都可以是正确的；它们对应的离子，如果这些元素金属性(非金属)性越强，则对应的离子的氧化性(还原性)越弱，因此③④的说法也可以是正确的。

第 3 章　金属及其化合物

第 1 节　钠及其重要化合物

【自主学习】

独立思考一：钠

A 级

1. 银白色　小　大　低于　质软

2. (1)①镊子　煤油　滤纸　玻璃片　小刀　银白　变暗　$4Na+O_2=2Na_2O$　放回试剂瓶

熔成小球　淡黄　$2Na+O_2 \xlongequal{点燃} Na_2O_2$

②$2Na+Cl_2 \xlongequal{点燃} 2NaCl$　黄　白

③$2Na+S=Na_2S$　爆炸

(2)$2Na+2H_2O=2Na^++2OH^-+H_2\uparrow$

现象	浮	游	熔	嘶	红
原因	密度小于水	生成氢气	放热，熔点低	生成氢气	生成氢氧化钠

(3)酸　水　$2Na+2H^+=2Na^++H_2\uparrow$

(4)$Ti+4NaCl$

水　盐　$2Na+2H_2O+Cu^{2+}=Cu(OH)_2\downarrow+2Na^++H_2\uparrow$

(5)$2Na+2C_2H_5OH \longrightarrow 2C_2H_5ONa+H_2\uparrow$

3. 氯化钠　$2NaCl(熔融)=Cl_2\uparrow+2Na$

B 级

1. 钠是活泼的金属，能与H_2O、CO_2反应　沙子

2. Na_2O　NaOH　潮解　Na_2CO_3

3. c > a > b　钠与上述三种物质反应的实质都是钠与H^+间的置换反应，H^+浓度的大小决定了反应速率的快慢，由三种物质电离H^+的能力可知H^+浓度的大小顺序为 c > a > b，因而反应速率为 c > a > b

独立思考二：氧化钠和过氧化钠

A 级

化学式	Na_2O	Na_2O_2
颜色、状态	白色固体	淡黄色固体
氧的化合价	-2	-1 价(过氧根离子O_2^{2-})
电子式	$Na^+[:\ddot{O}:]^{2-}Na^+$	$Na^+[:\ddot{O}:\ddot{O}:]^{2-}Na^+$
阴、阳离子个数比	1∶2	1∶2
物质类别	碱性氧化物	过氧化物(不是碱性氧化物)
与水反应	$Na_2O+H_2O=2NaOH$	$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2\uparrow$
与CO_2反应	$Na_2O+CO_2=Na_2CO_3$	$2Na_2O_2+2CO_2=2Na_2CO_3+O_2$
与盐酸反应	$Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$	$2Na_2O_2+4HCl=4NaCl+2H_2O+O_2\uparrow$
转化关系	$2Na_2O+O_2 \xlongequal{\triangle} 2Na_2O_2$	
用途	用于少量Na_2O_2的制取	强氧化剂、漂白剂、供氧剂

B 级

1. C　【解析】设N_2、O_2、CO_2的物质的量均为a mol，同温、同压下体积比等于物质的量之比，体积变为原混合气体体积的$\frac{8}{9}$，则物质的量也变为原混合气体物质的量的$\frac{8}{9}$，所以物质的量减少$\frac{a}{3}$ mol。利用差量法：

$$\begin{array}{cccc} 2Na_2O_2+2CO_2=2Na_2CO_3+O_2 & & & \Delta V \\ 2 & & 1 & 1 \\ 2a/3 & & a/3 & a/3 \end{array}$$

所以，反应结束时N_2为a mol，O_2为$(a+a/3)=\frac{4a}{3}$ mol，CO_2为$\frac{a}{3}$ mol，所以三者物质的量之比为 3∶4∶1。

2. D　【解析】从反应前后的质量变化可知，该物质燃烧消耗的氧气的量和燃烧产物与过氧化钠反应生成的氧气的量相等；所以总的结果来看是该物质被完全吸收，该物质的化学式必须满足关系：$(CO)_m(H_2)_n$。

3. A 【解析】根据碳元素守恒，最多生成 Na_2CO_3 的物质的量为 2mol，所以只有 A 选项正确。

独立思考三：碳酸钠与碳酸氢钠

A 级

名称		碳酸钠(Na_2CO_3)	碳酸氢钠($NaHCO_3$)
俗名		苏打、纯碱	小苏打
物理性质	颜色、状态	通常以 $Na_2CO\cdot 10H_2O$ 存在，为无色晶体，易风化失水为白色粉末 Na_2CO_3	无色晶体
	水溶性	碱	小　碱
化学性质	稳定性	稳定　风化失水	$2NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$
	与 H^+ 反应	$CO_3^{2-} + H^+ = HCO_3^-$ $HCO_3^- + H^+ = H_2O + CO_2\uparrow$	$HCO_3^- + H^+ = H_2O + CO_2\uparrow$
	与碱反应[$Ca(OH)_2$]	不反应　$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$	$Ca^{2+} + OH^- + HCO_3^- = CaCO_3\downarrow + H_2O$ $Ca^{2+} + 2OH^- + 2HCO_3^- = CaCO_3\downarrow + CO_3^{2-} + 2H_2O$
	与盐反应 $CaCl_2$	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$	不反应
	与盐反应 硫酸铝	$2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$	$3HCO_3^- + Al^{3+} = Al(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$
主要用途		玻璃、造纸、制皂、洗涤	发酵、医药、灭火器
相互转化		$Na_2CO_3 \xrightarrow[①固(加热)，②液(NaOH)]{①CO_2+H_2O，②少量盐酸} NaHCO_3$	

B 级

1. 有沉淀析出，原因是 $NaHCO_3$ 的溶解度小于 Na_2CO_3 的溶解度，而且反应消耗溶剂水，生成的 $NaHCO_3$ 质量大于原溶液中 Na_2CO_3 溶解的质量。

2. 【解析】沉淀池发生的反应为 $NH_3 + CO_2 + H_2O + NaCl = NaHCO_3(s) + NH_4Cl$，分离沉淀后的母液中还含有 NaCl，为了提高原料的利用率，NaCl 再送入沉淀池循环利用。煅烧炉中发生的反应为 $2NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$，分解产生的 CO_2 再送入沉淀池中循环利用。

【答案】(1)由于 CO_2 在 NaCl 溶液中的溶解度很小，先通入 NH_3 使食盐水呈碱性，能够吸收大量 CO_2 气体，产生高浓度的 HCO_3^-，最终析出 $NaHCO_3$ 晶体

(2)食盐水，CO_2

(3)$NH_3 + CO_2 + H_2O + NaCl = NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$

$2NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$

3. (1)将 50 mL 2 mol·L^{-1} NaOH 溶液等分成两份，在一份 NaOH 溶液中通入过量的 CO_2 气体，再将两溶液混合，即得 50 mL 1 mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液

(2)$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$、$NaHCO_3 + NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$

4. B

独立思考四：碱金属

A 级

1.

相似性	递变性(由 Li→Cs)
均为 1 个电子	增大　增大
金属　+1	增强
银白　较小　较低	增大　降低
还原	增强　剧烈

2. (1)钾　钠　(2)煤油　锂　石蜡

(3)离子　H^-　-1　强还原　$NaH + H_2O = NaOH + H_2$

(4)大　小

3. (1)火焰　物理　元素　(2)黄　紫　蓝色钴玻璃　砖红　绿

(3)灼烧至无　待测物　火焰颜色　盐酸　灼烧至无

(4)钠元素与钾元素

B 级

D 【解析】金属铷的化学性质与钾、钠等金属的化学性质相似，但比钾、钠更活泼，因此铷跟水、氧气等物质反应的剧烈程度大于钾跟这些物质反应的剧烈程度，更大于钠跟这些物质反应的剧烈程度。原因是铷原子的最外层只有 1 个电子，且原子半径大于钾原子半径，因此铷原子比钾原子更易失去最外层上的 1 个电子。铷离子的最外电子层为 8 个电子的稳定结构。

【自我测评】

1. C 【解析】采用元素守恒法。$n(HCl) = 0.08\ L \times 0.50\ mol\cdot L^{-1} = 0.04\ mol$，$n(Na^+) = n(Cl^-) = 0.04\ mol$。

所以 $n(O) = \dfrac{1.5\ g - 0.04\ mol \times 23\ g\cdot mol^{-1}}{16\ g\cdot mol^{-1}} = \dfrac{0.58}{16}\ mol$，$\dfrac{n(Na)}{n(O)} = \dfrac{0.04\ mol}{\frac{0.58}{16}\ mol} = \dfrac{32}{29}$，即 $1 < \dfrac{n(Na)}{n(O)} < 2$。

应为 Na_2O 和 Na_2O_2 的混合物。

2. B 【解析】(1)甲、丁相比。甲：$Na \rightarrow NaOH$，消耗 H_2O，溶剂减少；丁：NaOH 无反应，溶剂不变。

故 NaOH 的质量分数：甲 > 丁。

(2)乙、丙相比。

乙：$2Na_2O \xrightarrow{H_2O} 4NaOH$

丙：$2Na_2O_2 \xrightarrow{H_2O} 4NaOH + O_2$

} NaOH 相等，消耗 H_2O 相等，溶剂相等，故乙、丙溶液完全等同。

(3)乙、丙与甲相比。

甲：Na；乙：Na_2O；丙：Na_2O_2。当它们物质的量相等时，Na(甲)所得 NaOH 是乙、丙(Na_2O、Na_2O_2)所得物质的量的$\frac{1}{2}$，它们所消耗的水相等，故溶剂相等，因此甲的质量分数比乙、丙小。

3. D 【解析】A 项，$CaCO_3$ 与 CO_2、H_2O 反应生成的 $Ca(HCO_3)_2$ 与 $NaHCO_3$ 不反应。B 项，向 Na_2CO_3 溶液中滴加等物质的量的 HCl 时，发生反应：$CO_3^{2-} + H^+ = HCO_3^-$，不生成 CO_2。C 项，等质量的 $NaHCO_3$ 和 Na_2CO_3 分别与足量盐酸反应时，$NaHCO_3$ 产生的 CO_2 多。D 项，向饱和 Na_2CO_3 溶液中通入 CO_2 时发生反应：$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$，反应中消耗 H_2O，且生成的 $NaHCO_3$ 溶解度小、质量多，故 $NaHCO_3$ 会结晶析出。

4. A 【解析】①中发生反应：$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$，$3NaOH + FeCl_3 = Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl$；②中发生反应：$Al^{3+} + 4OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$；③中发生反应：$Ca(OH)_2 + 2NaHCO_3 = CaCO_3\downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O$；④中发生反应：$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$，$2NaOH + FeCl_2 = Fe(OH)_2\downarrow + 2NaCl$。综上分析满足既有气体生成，最终又有沉淀生成的是①④。

5. A 【解析】纯碱与盐酸反应时，操作顺序不同发生的反应也不同。

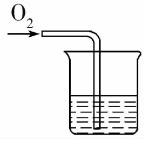
操作①：纯碱滴入盐酸中，发生反应 $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$，生成的 CO_2 与盐酸用量有关，$n(CO_2) = \dfrac{1}{2}n(HCl) = \dfrac{1}{2} \times 0.100\ L \times 1.25\ mol\cdot L^{-1} = 0.062\ 5\ mol$。操作②：盐酸滴入纯碱中，发生反应 $Na_2CO_3 + HCl = NaCl + NaHCO_3$(1)和 $NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$(2)。则反应(1)消耗盐酸 $0.100\ L \times 1.00\ mol\cdot L^{-1} = 0.100\ mol$，

生成 0.100 mol $NaHCO_3$，过量盐酸(0.025 0 mol)与 $NaHCO_3$ 反应生成 0.025 0 mol CO_2，所以 $n(CO_2)_① : n(CO_2)_② = 0.062\ 5 : 0.025\ 0 = 5 : 2$。

6. C 【解析】在 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 中，加热能分解的只有 $NaHCO_3$，A 项成立；B 项得到的固体产物是 NaCl、Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 转化为 NaCl 时

的固体质量变化不同，B 项成立；同理，Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 转化为 $BaCO_3$ 时的固体质量变化也不同，D 项成立；C 项中碱石灰可以同时吸收 CO_2 和水蒸气，错误。

7.【答案】(1)①溶液的红色退去　②在滴有酚酞试液的水中加入足量过氧化钠，待反应完成后向溶液中加入少量二氧化锰粉末，有气体放出，证明过氧化钠与水反应时有 H_2O_2 生成



(2)向滴有酚酞试液的氢氧化钠溶液中通入氧气，若红色退去，证明甲同学的推测正确；反之，则不正确。实验装置图如图所示(可用广口瓶等其他仪器代替烧杯，合理即可)

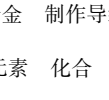
第 2 节　铝及其重要化合物

【自主学习】

独立思考一：铝

A 级

1. 银白　小　小　较高　铝合金　制作导线

2. 3　ⅢA　 

氧元素　化合

3. (1)致密氧化膜　剧烈燃烧，发出白光

$2Al + 3Cl_2 \xrightarrow{点燃} 2AlCl_3$　$4Al + 3O_2 \xrightarrow{点燃} 2Al_2O_3$

$2Al + 3S \xrightarrow{\triangle} Al_2S_3$(制备 Al_2S_3 的方法)

(2)发生钝化　H_2　$2Al + 6H^+ = 2Al^{3+} + 3H_2\uparrow$

(3)水　强碱　$\overset{6e^-}{\overbrace{2Al + 2NaOH + 6H_2O}} = 2NaAlO_2 + 3H_2\uparrow + 4H_2O$ 可简写为 $2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2\uparrow$

(4)铝粉　Al_2O_3 和其他金属　铝粉和金属氧化物的混合物　Fe_2O_3、V_2O_5、Cr_2O_3、MnO_2 等　$2Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{高温} 2Fe + Al_2O_3$　焊接钢轨，冶炼难熔金属 V、Cr 等

B 级

1. 不能。Al^{3+} 和 S^{2-} 在水溶液中发生双水解反应：$2Al^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$。

2. A　【解析】根据铝与盐酸和铝与氢氧化钠溶液反应的化学方程式判断。若在含等物质的量的 HCl 和 NaOH 溶液中加入足量的铝粉，则产生的氢气体积比为 1∶3；若在含足量的 HCl 和 NaOH 溶液中分别加入等量的铝粉，则产生的氢气体积比为 1∶1。而题中实际为 1∶2，说明铝粉的量相对盐酸是过量的，而对 NaOH 是不足的。与前者反应的铝粉是 2.7 g，而与后者反应的铝粉应为 5.4 g

3. C　【解析】9 g 铝粉可以提供 1 mol 电子，则氧化物中的金属元素每得到 1 mol电子对应的质量就应该是 18 g。三价 Fe 得到 1 mol 电子对应的质量约为 18.7g，四价 Mn 得到 1 mol 电子对应的质量约为 13.8 g，故①项正确。五价 V 得到1 mol电子对应的质量为 10.2 g，三价 Cr 得到 1 mol 电子对应的质量约为 17.3 g，②③两项即使 9 g 铝粉全部反应，所得金属单质的质量也不到 18 g，故都错误。Fe_3O_4 中的铁元素得到 1 mol 电子对应的质量为 21 g，二价 Fe 得到 1 mol 电子对应的质量为 28 g，当氧化物不足铝粉未完全反应时，第④组也成立，所以 C 项正确。

独立思考二：铝的重要化合物

A 级

1. (1)白　不　很高　做冶炼铝的原料，做耐火材料

(2)两　$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$

$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$

$2Al_2O_3$(熔融)$\xrightarrow{电解} 4Al + 3O_2\uparrow$

2. (1)白　胶　不　吸附

(2)①$Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$

$Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$

$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^+ + AlO_2^- + H_2O$

②$2Al(OH)_3 \xrightarrow{\triangle} Al_2O_3 + 3H_2O$

(3)①$Al^{3+} + 3NH_3\cdot H_2O = Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$

②$AlO_2^- + CO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3\downarrow + HCO_3^-$

3. $KAl(SO_4)_2 = K^+ + Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$　酸　$Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$　净水剂

4. (1)$Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3\downarrow$

(2)$Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$

(3)$Al^{3+} + 4OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$

(4)$AlO_2^- + 4H^+ = Al^{3+} + 2H_2O$

(5)$AlO_2^- + H^+ + H_2O = Al(OH)_3\downarrow$

(6)$Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$

B 级

1. 每制取 1 mol $Al(OH)_3$，方法一消耗 H^+ 和 OH^- 各 3 mol；方法二消耗 H^+ 和 OH^- 各 1 mol；方法三耗 H^+ 和 OH^- 各 3/4 mol。故方法三最节省原料。

2. (1)Al、Al_2O_3、$Al(OH)_3$；

(2)弱酸酸式盐(如 $NaHCO_3$、KHS、$KHSO_3$ 等)；

(3)弱酸铵盐〔如$(NH_4)_2CO_3$、NH_4HCO_3、CH_3COONH_4、$(NH_4)_2S$ 等〕；

(4)蛋白质。

3. D　【解析】沉淀物可以肯定是 $Al(OH)_3$，而溶液中的铝元素可能有两种存在形式。

(1)若 $AlCl_3$ 过量，而 NaOH 的量不足，溶液中的铝元素应是以 Al^{3+} 形式存在。

$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$

1 mol　3 mol　1 mol

依据题意知溶液中还有 1 mol $AlCl_3$，$c(AlCl_3)$∶$c(NaOH) = (1+1)∶3 = 2∶3$。

(2)若 $AlCl_3$ 量不足，NaOH 过量，溶液中的铝元素以 AlO_2^- 形式存在。

$AlCl_3 \sim 3NaOH \sim Al(OH)_3$

1 mol　3 mol　1 mol

依题意溶解了 0.5 mol $Al(OH)_3$，设此时又消耗了 NaOH 的物质的量为 $n(NaOH)$。

$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$

1　1　1

0.5 mol　$n(NaOH)$　0.5 mol

$n(NaOH) = 0.5$ mol，$c(AlCl_3)$∶$c(NaOH) = 1∶(3+0.5) = 2∶7$。

【自我测评】

1. D

2. B　【解析】假定 $V(NaOH)$ 的单位为 L，浓度为 1 mol/L，则使 Mg^{2+}、Al^{3+} 沉淀需要 NaOH 4 mol，使 $Al(OH)_3$ 溶解需要 NaOH 1 mol；由方程式 $NaOH + Al(OH)_3 = NaAlO_2 + 2H_2O$，可知有 1 mol $Al(OH)_3$，即 1 mol Al^{3+}；$Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3\downarrow$，使 Al^{3+} 沉淀用去 NaOH 3 mol，使 Mg^{2+} 沉淀用去 NaOH 1 mol；由 $Mg^{2+} + 2OH^- = Mg(OH)_2\downarrow$ 知，含有 Mg^{2+} 0.5 mol，即 Mg、Al 的物质的量分别为 0.5 mol、1 mol，镁、铝的质量比为(24 g/mol×0.5 mol)∶(27 g/mol×1 mol) = 4∶9，答案为 B。

3. D

4. B

5. C　【解析】A 项错误，离子方程式应为 $Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$；B 项错误，a～b 段，$Al^{3+}$ 不断与氢氧化钠溶液反应而逐渐减少；D 项错误，c～d 段的后半部分，溶液的 pH 已大于 7，说明已有 $NaAlO_2$ 生成，即 $Al(OH)_3$ 在 d 点之前已开始溶解。

6. D　【解析】A 项中所得 $NaAlO_2$ 中混有过量的 NaOH；B 项中会有部分 $Al(OH)_3$ 分解产生 Al_2O_3；C 项中 $AlCl_3$ 溶液蒸干时会生成 $Al(OH)_3$；D 项产生 $Al(OH)_3$ 沉淀后，过滤、洗涤、灼烧得到分解产物 Al_2O_3。故 D 项正确。

7.【答案】(1)Al　$NaAlO_2$

(2)做耐高温材料；制取铝单质

(3)①$2Al + 2OH^- + 2H_2O = 2AlO_2^- + 3H_2\uparrow$

②$AlO_2^- + CO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3\downarrow + HCO_3^-$

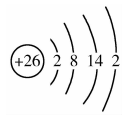
③$Al^{3+} + 3AlO_2^- + 6H_2O = 4Al(OH)_3\downarrow$

第3节　铁及其重要化合物

【自主学习】

独立思考一:铁

A级

1.4　Ⅷ　  　2.银白色　较高　强　磁铁

3.(1)①$2Fe+3Cl_2 \xrightarrow{点燃} 2FeCl_3$　红棕色烟

②$3Fe+2O_2 \xrightarrow{点燃} Fe_3O_4$　剧烈燃烧　火星四射　黑色固体物质

③$2Fe+3Br_2 = 2FeBr_3$　$Fe+I_2 \xrightarrow{\triangle} FeI_2$　$Fe+S \xrightarrow{\triangle} FeS$(黑色固体)

(2)燃烧或发出爆鸣声　$3Fe+4H_2O(g) \xrightarrow{高温} Fe_3O_4+4H_2$

(3)①$Fe+2H^+ = Fe^{2+}+H_2\uparrow$

②a. $Fe+4HNO_3(稀) = Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+2H_2O$

b. $3Fe+8HNO_3(稀) = 3Fe(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$

(4)①$Fe+Cu^{2+} = Cu+Fe^{2+}$　$Fe+2Ag^+ = 2Ag+Fe^{2+}$　②$2Fe^{3+}+Fe = 3Fe^{2+}$

B级

1.常温下铁在浓硫酸、浓硝酸中钝化的实质是强氧化性的酸使铁的表面生成一层致密的氧化膜,阻止了内部金属与酸继续反应。故在常温时可用铁制容器贮存或运输浓硫酸、浓硝酸。钝化是化学变化。

2.C　【解析】铁与非金属单质反应产物的价态由非金属的氧化性决定,与量的多少无关。与 Cl_2 反应生成高价,与硫反应生成低价,与氧气反应,条件不同产物不同。

3.【解析】*AB* 段硝酸过量,发生反应 $Fe+4HNO_3(稀) = Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+2H_2O$;

BC 段发生反应 $2Fe^{3+}+Fe = 3Fe^{2+}$,*C* 以后没有物质能与铁反应。

【答案】(1)①　(2)④　(3)③

独立思考二:铁的重要化合物

A级

1.

FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4
	铁红	磁性氧化铁
+2	+3	+2、+3
黑色粉末	红棕色粉末	黑色晶体
碱性氧化物	碱性氧化物	特殊氧化物
均不溶于水		
$FeO+2H^+ = Fe^{2+}+H_2O$	$Fe_2O_3+6H^+ = 2Fe^{3+}+3H_2O$	$Fe_3O_4+8H^+ = 2Fe^{3+}+Fe^{2+}+4H_2O$
在空气中氧化为 Fe_3O_4	在空气中稳定	在空气中稳定
$3FeO+10H^++NO_3^- = 3Fe^{3+}+NO\uparrow+5H_2O$	$Fe_2O_3+6H^+ = 2Fe^{3+}+3H_2O$	$3Fe_3O_4+28H^++NO_3^- = 9Fe^{3+}+NO\uparrow+14H_2O$

2.

氢氧化亚铁—$Fe(OH)_2$	氢氧化铁—$Fe(OH)_3$
白色固体	红褐色固体
难溶于水	
$Fe(OH)_2+2H^+ = Fe^{2+}+2H_2O$	$Fe(OH)_3+3H^+ = Fe^{3+}+3H_2O$
$3Fe(OH)_2+10HNO_3 = 3Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+8H_2O$	$Fe(OH)_3+3H^+ = Fe^{3+}+3H_2O$
氧气　白色→灰绿色→红褐色 $4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O = 4Fe(OH)_3$	$2Fe(OH)_3 \xrightarrow{\triangle} Fe_2O_3+3H_2O$
①煮沸蒸馏水,赶走溶解的氧气;②煮沸 NaOH 溶液,赶走溶解的氧气;③配制 $FeSO_4$ 溶液,加少量的还原铁粉;④用长滴管将 NaOH 溶液送入 $FeSO_4$ 溶液液面以下:$Fe^{2+}+2OH^- = Fe(OH)_2\downarrow$	将 NaOH 溶液滴入 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液中 $Fe^{3+}+3OH^- = Fe(OH)_3\downarrow$

B级

1.【答案】(1)稀 H_2SO_4 和铁屑　(2)NaOH 溶液　(3)检验试管Ⅱ出口处排出的 H_2 的纯度,当排出的 H_2 已经纯净时再夹紧止水夹　(4)试管Ⅰ中反应生成的 H_2 充满了试管Ⅰ和试管Ⅱ,故外界 O_2 不易进入

2.C　【解析】所得溶液中加入 KSCN 溶液无血红色出现,说明产物均为+2价铁,即铁元素全部以 $FeCl_2$ 的形式存在。根据元素守恒得,$n(Fe)=1/2n(HCl)=0.05$ mol,用足量的 CO 在高温下全部还原得铁的质量为 $56\ g\cdot mol^{-1}\times 0.05\ mol^{-1}=2.8$ g。

3.D　【解析】可用平均组成法来求解。在混合物中铁原子和氧原子的物质的量之比为(21/56):(8/16)=3:4,则混合物的平均组成为 Fe_3O_4。故 Fe_3O_4 不必考虑,FeO 和 Fe_2O_3 混合后应符合 Fe_3O_4 的组成比,所以在混合物中它们的物质的量之比是1:1。故答案应选 D。

独立思考三:"铁三角"转化关系

A级

(1)①$2Fe^{2+}+Cl_2 = 2Fe^{3+}+2Cl^-$(在亚铁盐溶液中通入氯气,溶液由浅绿色变为棕黄色)

②$4Fe^{2+}+O_2+4H^+ = 4Fe^{3+}+2H_2O$(亚铁盐溶液在空气中容易变质,如绿矾露置于空气中发生反应:$12FeSO_4+3O_2 = 4Fe_2(SO_4)_3+2Fe_2O_3$)

③$3Fe^{2+}+NO_3^-+4H^+ = 3Fe^{3+}+2H_2O+NO\uparrow$

④$5Fe^{2+}+MnO_4^-+8H^+ = 5Fe^{3+}+4H_2O+Mn^{2+}$(如在 $FeCl_2$ 溶液中滴加酸性 $KMnO_4$ 溶液,溶液由浅绿色变棕黄色,在酸性 $KMnO_4$ 溶液中滴加 $FeCl_2$ 溶液,溶液由紫红色变棕黄色)

⑤$2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+ = 2Fe^{3+}+2H_2O$

(2)①$2Fe^{3+}+S^{2-} = 2Fe^{2+}+S$(如在 $FeCl_3$ 溶液中滴加适量的 Na_2S 溶液,溶液变浑浊,滤去沉淀则滤液为浅绿色;若加入过量的 Na_2S 溶液,则又有黑色沉淀 FeS 生成,向 Fe^{3+} 溶液中通入 H_2S 气体的离子方程式为 $2Fe^{3+}+H_2S = 2Fe^{2+}+2H^++S\downarrow$)

②$2Fe^{3+}+SO_3^{2-}+H_2O = 2Fe^{2+}+SO_4^{2-}+2H^+$

③$2Fe^{3+}+Fe = 3Fe^{2+}$(在 $FeSO_4$ 溶液中加铁的原因是防止 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+})

④$2Fe^{3+}+Cu = 2Fe^{2+}+Cu^{2+}$(电路板的制作是利用 $FeCl_3$ 溶液与裸露的铜反应)

⑤$2Fe^{3+}+2I^- = 2Fe^{2+}+I_2$

B级

1.(1)加过量铁粉,过滤　(2)加氯水或 H_2O_2　(3)加过量铁粉,过滤　(4)加过量强碱溶液,过滤　(5)加过量强碱溶液,过滤

2.【解析】(1)铁能与 $FeCl_3$、$CuCl_2$ 反应,所以铁粉有剩余,证明二者反应完了,溶液中只有 $FeCl_2$。根据元素守恒,$n(FeCl_2)=1/2n(Cl^-)=[3n(FeCl_3)+2n(FeCl_2)+2n(CuCl_2)]\div 2=0.35$ mol;0.1 mol Fe^{3+} 反应消耗 0.05 mol Fe,质量减轻 2.8 g,0.1 mol Cu^{2+} 反应消耗 0.1 mol Fe,质量增重 0.8 g,所以整体减轻 2 g。

(2)铜能与 $FeCl_3$ 反应,所以一定没有 $FeCl_3$;虽然有铜生成,但无法判断 Cu^{2+} 是否反应完了,所以 $n(Cu^{2+})$ 的取值范围为 $n(Cu^{2+})<0.1$ mol;根据有铜生成可判断一定有 Fe^{2+} 生成,所以 $n(Fe^{2+})$ 最小值为只跟 Fe^{3+} 反应的情况(达不到此极限),$n(Fe^{2+})$ 最大值为 Cu^{2+} 和 Fe^{3+} 都反应完的情况,分别求算可得:0.25 mol $<n(Fe^{2+})\leqslant$ 0.35mol,Fe^{3+} 与 Fe 反应,铁元素质量增加 2.8 g,Cu^{2+} 与 Fe 即使完全反应质量最多减轻 0.8 g,所以溶液质量一定增加。

(3)无固体沉淀物存在,说明 Cu^{2+} 没反应,物质的量依然为 0.1 mol;只有 Fe^{3+} 反应了,但不一定反应完,所以溶液中一定有 Fe^{2+}、Cu^{2+},可能有 Fe^{3+},$n(Fe^{3+})<0.1$ mol,一定有 Fe^{2+},0.1 mol $<n(Fe^{2+})\leqslant$ 0.25 mol。

【答案】(1)①Fe^{2+}　0.35　Fe^{3+}、Cu^{2+}　②Fe　Cu　少　2.0 g

(2)①Fe^{2+}　0.25 mol $<n(Fe^{2+})\leqslant$ 0.35 mol　②Cu^{2+}　$n(Cu^{2+})<$ 0.1 mol　③Fe^{3+}　④增加　(3)Fe^{2+}　Cu^{2+}　Cu^{2+}　0.1　Fe^{3+}　(Fe^{2+})　$n(Fe^{3+})<0.1$ mol[0.1 mol $<n(Fe^{2+})\leqslant$ 0.25 mol]

【自我测评】

1.C　【解析】A 项铝热剂是难熔金属氧化物和铝组成的混合物,不一定是

由 Fe_2O_3 和铝组成；B 项检验 Fe_2O_3 的操作步骤为：样品→粉碎→加盐酸溶解→滴加 KSCN 溶液；D 项明矾含有结晶水，但是纯净物；在还原 Fe_2O_3 时，1 mol H_2 失去 2 mol 电子，1 mol Al 失去 3 mol 电子，1 mol CO 失去 2 mol 电子，根据得失电子守恒即可判断 C 正确。

2. B 【解析】依题意可知生成的溶液为 $Fe(NO_3)_2$，则铁元素的物质的量是溶液中硝酸根离子物质的量的一半；生成的溶液中硝酸根离子的物质的量为 $0.12\ L\times4\ mol/L-\frac{1.344\ L}{22.4\ L/mol}=0.42\ mol$，则混合粉末中共含铁 0.21 mol。

3. B 【解析】依题意，混合物加入 3 mol/L 盐酸 100 mL，恰好完全溶解，说明生成了氯化铁和氯化铜，氯离子的物质的量为0.3 mol；利用“价态替换”，即这些金属离子与氧原子结合，则需氧原子 0.15 mol，即 m g 金属氧化物中含有0.15 mol氧原子，故金属共有$(m-2.4)$g。

4. D 【解析】加入 Fe 粉的过程中发生的反应依次为：

$Fe+4HNO_3(稀)=\!=\!=Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+2H_2O$①

$Fe+2Fe^{3+}=\!=\!=3Fe^{2+}$② $Fe+Cu^{2+}=\!=\!=Fe^{2+}+Cu$③

铁粉加至 1 mol 前是与 HNO_3 反应，由反应①知原溶液中 HNO_3 为 4 mol（生成 1 mol Fe^{3+}）。铁粉从 1 mol 到 2 mol 时是与 Fe^{3+} 反应，消耗 2 mol Fe^{3+}，则原有的 $Fe(NO_3)_3$ 为 1 mol。铁粉从 2 mol 到 3 mol 时，由反应③得其中 1 mol Fe 消耗 Cu^{2+} 1 mol，所以 $Fe(NO_3)_3$、$Cu(NO_3)_2$、HNO_3 物质的量浓度之比为 1∶1∶4。

5.【答案】(1)$2Fe^{3+}+Cu=\!=\!=2Fe^{2+}+Cu^{2+}$ (2)铜 Cu 和 Fe 加盐酸反应后过滤

(3)$FeCl_2+Ca(OH)_2=\!=\!=Fe(OH)_2\downarrow+CaCl_2$ $4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O=\!=\!=4Fe(OH)_3$

(4)$c(Fe^{3+})=4.0\times10^{-38}\div(10^{-9})^3=4.0\times10^{-11}\ mol\cdot L^{-1}$

6.【解析】(1)由题意知 $n(Cl^-)=n(OH^-)$，首先根据盐酸的量求出 $n(OH^-)$，继而求出 $n(Cl^-)$，然后结合 $FeCl_x$ 的质量求出 $n(Fe)$，根据氯化物中 $n(Fe)∶n(Cl)$ 可求出 x 值。(2)设混合样品中 $FeCl_2$、$FeCl_3$ 的物质的量分别为 x、y，则有 $(x+y)∶(2x+3y)=1∶2.1$，$x=9y$，因此样品中 $FeCl_3$ 的物质的量分数为 $\frac{y}{x+y}=\frac{y}{9y+y}=0.1$。实验室中制备 $FeCl_2$ 可用铁粉与盐酸反应，而制备 $FeCl_3$ 可用 Fe 与 Cl_2 反应得到。(3)Fe^{3+} 具有氧化性，可将 I^- 氧化为 I_2：$2Fe^{3+}+2I^-=\!=\!=2Fe^{2+}+I_2$。(4)KClO 作为氧化剂，还原产物为 KCl；$Fe(OH)_3\longrightarrow FeO_4^{2-}$，失 $3e^-$，$ClO^-\longrightarrow Cl^-$，得 $2e^-$，根据得失电子守恒及电荷守恒可写出其反应的离子方程式为 $2Fe(OH)_3+3ClO^-+4OH^-=\!=\!=2FeO_4^{2-}+5H_2O+3Cl^-$。在 K_2FeO_4-Zn 碱性电池中，正极得电子被还原，其电极反应式为 $FeO_4^{2-}+3e^-+4H_2O=\!=\!=Fe(OH)_3+5OH^-$，负极 Zn 被氧化，其电极反应式为 $Zn-2e^-+2OH^-=\!=\!=Zn(OH)_2$，将两极得失电子数守恒后合并可得总反应式：$2FeO_4^{2-}+8H_2O+3Zn=\!=\!=2Fe(OH)_3+3Zn(OH)_2+4OH^-$。

【答案】(1)$n(Cl)=0.0250\ L\times0.40\ mol\cdot L^{-1}=0.010\ mol$

$m(Fe)=0.54\ g-0.010\ mol\times35.5\ g\cdot mol^{-1}\approx0.19\ g$

$n(Fe)=0.19\ g/56\ g\cdot mol^{-1}\approx0.003\ 4\ mol$

$n(Fe)∶n(Cl)=0.003\ 4∶0.010\approx1∶3$，$x=3$

(2)0.10 盐酸 氯气

(3)$2Fe^{3+}+2I^-=\!=\!=2Fe^{2+}+I_2$（或 $2Fe^{3+}+3I^-=\!=\!=2Fe^{2+}+I_3^-$）

(4)$2Fe(OH)_3+3ClO^-+4OH^-=\!=\!=2FeO_4^{2-}+5H_2O+3Cl^-$

$FeO_4^{2-}+3e^-+4H_2O=\!=\!=Fe(OH)_3+5OH^-$

$2FeO_4^{2-}+8H_2O+3Zn=\!=\!=2Fe(OH)_3+3Zn(OH)_2+4OH^-$

第 4 节 用途广泛的金属材料

【自主学习】

独立思考一：铜及其化合物

A 级

1.(1)紫红 导热 导电

(2)

化学方程式
$2Cu+O_2+CO_2+H_2O=\!=\!=Cu_2(OH)_2CO_3$ 绿色 $2Cu+O_2\xlongequal{\triangle}2CuO$ 黑色
$Cu+Cl_2\xlongequal{点燃}CuCl_2$ 棕黄
$2Cu+S\xlongequal{\triangle}Cu_2S$
$Cu+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$
$Cu+4HNO_3(浓)=\!=\!=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$
$3Cu+8HNO_3(稀)=\!=\!=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$
$Cu+2AgNO_3=\!=\!=Cu(NO_3)_2+2Ag$
$Cu+2FeCl_3=\!=\!=CuCl_2+2FeCl_2$

2.

氧化铜	氧化亚铜
黑色	砖红色
$CuO+2H^+=\!=\!=Cu^{2+}+H_2O$	$Cu_2O+2H^+=\!=\!=Cu^{2+}+Cu+H_2O$
$CuO+H_2\xlongequal{\triangle}Cu+H_2O$	$Cu_2O+H_2\xlongequal{\triangle}2Cu+H_2O$
$4CuO\xlongequal{高温}2Cu_2O+O_2\uparrow$	

3.(1)蓝 不 (2)弱碱 酸

4.(1)蓝 蓝矾、胆矾 $CuSO_4\cdot5H_2O\xlongequal{\triangle}CuSO_4+5H_2O\uparrow$ 白 检验水的存在

(2)碱式碳酸铜 铜绿 $Cu_2(OH)_2CO_3\xlongequal{\triangle}2CuO+CO_2\uparrow+H_2O$

(3)与蛋白质作用，使蛋白质变性失去生理活性

B 级

1. 方案(1)：产生污染性气体，且消耗硫酸较多。

方案(2)：消耗能量较多，且步骤复杂。

方案(3)：不产生污染性气体，原料利用率高，节约能源。

因而方案(3)更经济合理。

2. D 【解析】稀盐酸可以同 $Cu(OH)_2$、$CuCO_3$ 反应，而且稀盐酸不能与 Cu 反应，所以稀盐酸可以除铜器表面的铜绿[$Cu_2(OH)_2CO_3$]，Ⅰ、Ⅱ有因果关系，A 错误；铜表面不能形成致密氧化膜，铜和浓硫酸在一定温度下能发生反应，所以不能用铜制容器盛装浓硫酸，B 错误；硫酸铜与氨水生成$Cu(OH)_2$，$Cu(OH)_2$ 受热分解生成黑色 CuO，Ⅰ、Ⅱ均正确，但没有因果关系，C 错误；蓝色硫酸铜晶体受热转化为白色硫酸铜粉末有新物质生成，属于化学变化，$CuSO_4$ 可用做消毒剂，但与前者没有因果关系，D 正确。

独立思考二：合金的概念及其重要应用

A 级

1.(1)两种或两种以上的金属(或金属与非金属) 金属特性

(2) 优于 ①低 ②大

2. 纯金属 它们的合金 黑色金属 有色金属

(1)①铁、铬、锰以及它们的合金 ②最大 最广 低碳钢 中碳钢 高碳钢 合金钢 (2)青铜

B 级

1. B 【解析】金不能与硝酸反应，而银、铜、锌都能与硝酸反应，故用硝酸检验时，若甲的猜想正确，则不能溶解；若乙的猜想正确，则部分溶解，若丙的猜想正确；则全部溶解。

2. C 【解析】合金是不同种金属在熔化状态下形成的一种熔合物，那么形成合金的金属就必须能在同一温度下融化。C 项 Na 的沸点低于 Fe 的熔点，不能共同融化，所以形不成合金。

独立思考三、金属矿物的开发和利用

A 级

1. 金 铂 化合物 正 2. 得 还原

4.(1)弱 不易 容易 较差

(2)①$C+2ZnO\xlongequal{\triangle}2Zn+CO_2\uparrow$，$C+2CuO\xlongequal{\triangle}2Cu+CO_2\uparrow$

②$3CO+Fe_2O_3\xlongequal{\triangle}2Fe+3CO_2$，$CO+CuO\xlongequal{\triangle}Cu+CO_2$

③$3H_2+WO_3\xlongequal{\triangle}W+3H_2O$，$4H_2+Fe_3O_4\xlongequal{\triangle}3Fe+4H_2O$

④$2Al+Cr_2O_3\xlongequal{高温}Al_2O_3+2Cr$，$10Al+3V_2O_5\xlongequal{高温}6V+5Al_2O_3$

(3)$2Al_2O_3(熔融)\xlongequal[冰晶石]{电解}4Al+3O_2\uparrow$，$MgCl_2(熔融)\xlongequal{电解}Mg+Cl_2\uparrow$，

$2NaCl(熔融)\xlongequal{电解}2Na+Cl_2\uparrow$

B 级

1. 不能。因为 $AlCl_3$ 是共价化合物,熔融时无法电离出自由移动的离子,不导电;而 MgO 虽是离子化合物,但其熔点太高,熔融会消耗大量电能,成本较高。

2. 铝的金属活动性比铁、铜强,难于冶炼,古代人们的技术条件达不到,不能冶炼铝,故铝的发现和大量使用比铁、铜晚得多。

【自我测评】

1. C 【解析】A 项四氧化三铁不是碱性氧化物;B 项铜放置在空气中会生成碱式碳酸铜;C 项三种盐溶液直接蒸干将得到各自的氧化物,故正确;D 项铁和铝无法在阴极上析出,因为 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 没有 H^+ 易放电。

2. C 【解析】越活泼的金属越难冶炼,应用越晚。

3. D 【解析】根据沉淀最终能转化为铜蓝,可以判断 CuS 比 PbS 的溶解度更小,A 项错;根据 CuS 中硫元素的化合价为 -2 可得知其具有还原性,可以被氧化,B 项错;ZnS 是难溶物质,写离子方程式时不能拆分为 Zn^{2+} 和 S^{2-},C 项错;$CuSO_4$ 与 ZnS 的反应属于复分解反应,D 项正确。

4. C 【解析】A 项生铁中含有碳,铁碳和电解质溶液构成原电池,易发生吸氧腐蚀;B 项锡铁和电解质溶液构成原电池,易发生电化腐蚀;C 项镀件应为阴极;D 项锌铁和电解质溶液构成原电池,锌做负极被腐蚀,保护了铁。

5. 【解析】(1)此题的 G 为题眼,因 G 为砖红色沉淀,显然是 Cu_2O,则 F 为铜的化合物;再结合“单质 C 可与 E 的浓溶液发生反应生成 B 和 F”,而 B 与 O_2 反应生成 D,D 溶于水生成 E,,可得出 B 为 SO_2,D 为 SO_3,E 为 H_2SO_4,C 为 Cu(由“A 为某金属矿的主要成分”的信息可以得到证实),故 F 为 $CuSO_4$。

(2)该问考查的是铜电解精炼的知识,在铜的电解精炼中,应用粗铜做阳极,精铜做阴极,$CuSO_4$ 溶液为电解质溶液。

(3)反应②的化学方程式是 $Cu+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$。

【答案】(1)SO_2 浓硫酸 Cu_2O (2)粗铜 精铜 $CuSO_4$ 溶液

(3)$Cu+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$

6. 【解析】(1)本题的碱式碳酸铜与氢气反应看似一个很难的信息,其实只要把它理解为 $CuCO_3$ 和 $Cu(OH)_2$ 受热分解后产物 CuO 再与氢气反应,第①问便可以解决。对于②要能分析出测定反应后 CO_2 和 H_2O 的质量,由反应物可知氢气中还有氯化氢和水蒸气,因此氢气发生器后仪器的选择是除氯化氢和水蒸气;氢气与氧化铜反应后,首先用浓硫酸吸收水,然后用碱石灰吸收 CO_2,为防止空气干扰,所以最后接 l。③$n(CO_2)=0.1\ mol$、$n(Cu)=0.2\ mol$、$n(H_2O)=0.4\ mol$,所以结晶水的质量为 $23.9\ g-m(CuCO_3)-m[Cu(OH)_2]=23.9\ g-0.1\ mol\times123.5\ g\cdot mol^{-1}-(0.2\ mol-0.1\ mol)\times97.5\ g\cdot mol^{-1}=1.8\ g$。

(2)其实在分析(1)①方程式书写时便得到了碱式碳酸铜热分解的化学方程式。

【答案】(1)①$xCuCO_3\cdot yCu(OH)_2\cdot zH_2O+(x+y)H_2\xlongequal{\triangle}(x+y)Cu+xCO_2+(x+2y+z)H_2O$

②k j g f(或h i) d e(或e d) h i(或g f) b c(或c b)

③1.8 $CuCO_3\cdot Cu(OH)_2\cdot H_2O$

(2)可行。根据反应 $xCuCO_3\cdot yCu(OH)_2\cdot zH_2O\xlongequal{\triangle}(x+y)CuO+xCO_2\uparrow+(y+z)H_2O$,依据碱式碳酸铜、CuO、$CO_2$ 和 H_2O 的质量(或其中任意三个量),即可计算出其组成。

第 4 章 非金属及其化合物

第 1 节 无机非金属材料的主角——硅

【自主学习】

独立思考一:碳、硅的单质

A 级

单质	晶体类型
金刚石	原子晶体
石墨	混合型晶体(过渡型晶体)
活性炭	
C_{60}	分子晶体
晶体硅	原子晶体

B 级

1. 在自然界中,碳元素有两种存在形态:游离态和化合态。而硅元素只存在化合态。

原因:硅是亲氧元素,容易跟氧元素结合形成二氧化硅或进一步转化为硅酸盐。

2. A 【解析】题中已明确该物质中碳原子和硅原子间形成共价键,也就是说,二者已不再是原来独立存在的分子了,而且有固定的组成[$n(C):n(Si)=1:1$],因此它是化合物,C 正确,A 不正确。形成的 $Si_{60}C_{60}$ 分子间不存在化学键,而是依靠范德华力结合成分子晶体,D 正确。其相对分子质量 $M_r=(12+28)\times60=2\ 400$,故 B 正确。应注意的是,如果在 C_{60} 分子中放入一个或几个 He,碳原子与球内稳定的氦分子不能成键,仍为独立的两种分子,此时二者形成混合物而不是化合物。

独立思考二:碳单质和硅单质的化学性质

A 级

1.

还原性
$2C+O_2(不足)\xlongequal{点燃}2CO$
$C+O_2(足量)\xlongequal{点燃}CO_2$
$C+2Cl_2\xlongequal{点燃}CCl_4$
$C+2S\xlongequal{\triangle}CS_2$
$C+2CuO\xlongequal{\triangle}CO_2+2Cu$
$3C+2Fe_2O_3\xlongequal{\triangle}3CO_2+4Fe$
$C+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow+2H_2O$
$C+4HNO_3(浓)\xlongequal{\triangle}CO_2\uparrow+4NO_2\uparrow+2H_2O$
$2C+SiO_2\xlongequal{高温}2CO+Si$
$C+CO_2\xlongequal{高温}2CO$
$C+H_2O\xlongequal{高温}CO+H_2$

2.

还原性
$Si+2F_2=SiF_4\uparrow$
$Si+4HF=SiF_4\uparrow+2H_2\uparrow$
$Si+2NaOH+2H_2O=Na_2SiO_3+2H_2\uparrow$
$Si+O_2\xlongequal{\triangle}SiO_2$
$Si+2Cl_2\xlongequal{\triangle}SiCl_4$
$SiO_2+2C\xlongequal{高温}Si+2CO\uparrow$ $Si+2Cl_2\xlongequal{\triangle}SiCl_4$ $SiCl_4+2H_2\xlongequal{\triangle}Si+4HCl$

B 级

1. C 【解析】C_{50}、C_{70}、C_{120}、C_{540} 等都是 C 的不同单质,它们应互称为同素异形体,故应选 C。

2. D 【解析】同位素的研究对象是原子,A 选项错误;0.12 g 石墨烯的物质的量为 0.01 mol,所含碳原子个数为 $0.01N_A$,B 选项错误;有机物一般含有碳、氢元素,C 选项错误;由题图可知,石墨烯中碳原子间均以共价键结合,D 选项正确。

3. D 【解析】A 项,硅是固体,从安全角度考虑,不必考虑泄露的问题,便于运输、贮存,说法正确;B 项,硅元素在自然界中的含量居第二位,来源丰富,说法也正确;C 项,硅燃烧生成的二氧化硅是固体,说法也正确;D 项,理论上,制备硅不需要催化剂,说法错误。

独立思考三:碳、硅的重要化合物

A 级

1.

难
$2CO+O_2\xlongequal{点燃}2CO_2$
$3CO+Fe_2O_3\xlongequal{\triangle}3CO_2+2Fe$
$CO+CuO\xlongequal{\triangle}Cu+CO_2$

2.

分子 $O=C=O$　$:\ddot{O}::\ddot{O}:$	原子　4　4
可	不
$CO_2+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3$	不反应
不反应	$SiO_2+4HF=\!=\!=SiF_4\uparrow+2H_2O$
$CO_2+2NaOH=\!=\!=Na_2CO_3+H_2O$	$SiO_2+2NaOH=\!=\!=Na_2SiO_3+H_2O$
$CO_2+Na_2CO_3+H_2O=\!=\!=2NaHCO_3$	$Na_2CO_3+SiO_2\xlongequal{高温}Na_2SiO_3+CO_2\uparrow$
$CO_2+Na_2O=\!=\!=Na_2CO_3$	$CaO+SiO_2\xlongequal{高温}CaSiO_3$
$CO_2+C\xlongequal{高温}2CO$	$2C+SiO_2\xlongequal{高温}2CO+Si$
$2Mg+CO_2\xlongequal{点燃}C+2MgO$	
	光导纤维

B 级

1. 不同意。因为 SiO_2 只与氢氟酸反应，并且生成的物质也不是盐，与其他的酸不反应，SiO_2 是一种酸性氧化物。

2. D　【解析】水泥的主要成分是 $3CaO\cdot SiO_2$、$2CaO\cdot SiO_2$ 和 $3CaO\cdot Al_2O_3$。

独立思考四：硅酸盐与无机非金属材料

A 级

1. (1)难　弱　(2)$SiO_3^{2-}+2H^+=\!=\!=H_2SiO_3$

2. (1)水玻璃　(2)$Na_2SiO_3+CO_2+H_2O=\!=\!=Na_2CO_3+H_2SiO_3\downarrow$
(3)$K_2O\cdot 3Al_2O_3\cdot 6SiO_2\cdot 2H_2O$　(4)较高

3.

玻璃	水泥	陶瓷
纯碱、石灰石	石灰石	黏土
$Na_2CO_3+SiO_2\xlongequal{高温}Na_2SiO_3+CO_2\uparrow$ $CaCO_3+SiO_2\xlongequal{高温}CaSiO_3+CO_2\uparrow$		
Na_2SiO_3　$CaSiO_3$		

B 级

1. 不能。该反应为高温下的非离子反应，它之所以能发生是因为 CO_2 气体离开了反应体系，其中并无 H_2CO_3 和 H_2SiO_3 两种物质，更谈不上二者酸性的比较。

2. 不能。玻璃中含 SiO_2，SiO_2 与 NaOH 反应生成具有黏合性的 Na_2SiO_3，使瓶口和瓶塞粘在一起，不易分开。

独立思考五：碳族元素

A 级

碳族元素				
C	Si	Ge	Sn	Pb
碳	硅	锗	锡	铅
+6　2　4	+14　2　8　4			

1. 4　ⅣA　+4　−4　+2、0

2. 增大　增强　减弱　减弱　减弱　>　>

B 级

1. ⅣA 族(碳族)　碳

2. $Cu+CO_2$　$PbCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

【自我测评】

1. C　【解析】制玻璃以纯碱、石英石、石英为原料；石英钟表以纯净的石英为原料；光导纤维的主要成分是 SiO_2。

2. C　【解析】SiO_2 不溶于水，也不与 H_2O 反应，所以 C 项不正确。

3. A　【解析】SiO_2、Al_2O_3 难溶于水且与烧碱反应生成 Na_2SiO_3、$NaAlO_2$，易溶于水；少量 Na_2SiO_3 与盐酸反应生成 H_2SiO_3 白色胶状沉淀，而少量 $NaAlO_2$ 与盐酸反应不能生成 $Al(OH)_3$ 沉淀，故选 A。

4. B　【解析】由于 Si_3N_4 晶体为原子晶体，熔点高，故 A 项错；在 Si_3N_4 中，Si 元素的化合价为 +4，N 元素的化合价为 −3，故 B 项正确；由于碳元素的化合价升高，C 是还原剂，N 元素的化合价降低，N_2 是氧化剂，故 C 项错；在反应中，每生成 1 mol Si_3N_4，2 mol N_2 得到 12 mol 电子，故 D 项错。

5. 【解析】根据“A 为地壳中含量仅次于氧的非金属元素的单质”可确定 A 是硅单质，由 B→C 和 B→D + H_2O 可知 B 为酸性氧化物，再联系硅单质可由 SiO_2 和 C 在高温条件下反应制取，所以 B 为 SiO_2，继而可确定其他物质。

【答案】(1) +14　2　8　4　+4　(2)SiO_2　$SiO_2+2C\xlongequal{高温}Si+2CO$

(3)$CaSiO_3$　Na_2SiO_3

6. 【解析】(1)①H_2 还原 $SiHCl_3$ 可制备高纯硅。②根据原子守恒可写出 $SiHCl_3$ 与水反应的化学方程式，$SiHCl_3+3H_2O=\!=\!=H_2SiO_3+H_2\uparrow+3HCl$；$H_2$ 还原 $SiHCl_3$ 过程中若混入 O_2，高温下，H_2 遇 O_2 会发生爆炸。
(2)水泥为硅酸盐，不含 SiC，A 错；Si_3N_4 为原子晶体，硬度大、熔点高，性质稳定，B 正确；光导纤维的材料为 SiO_2，C 正确；普通玻璃的主要成分为 Na_2SiO_3、$CaSiO_3$ 和 SiO_2，它是以石英砂(SiO_2)、石灰石($CaCO_3$)和纯碱(Na_2CO_3)为主要原料反应制成的，$Na_2CO_3+SiO_2\xlongequal{高温}Na_2SiO_3+CO_2$；$CaCO_3+SiO_2\xlongequal{高温}CaSiO_3+CO_2$，无固定熔点，D 错误；常温下，Si 只能与唯一一种酸氢氟酸反应，不与盐酸反应，E 错。
(3)SiO_3^{2-} 与 NH_4^+ 发生双水解反应，$SiO_3^{2-}+2NH_4^+=\!=\!=2NH_3\uparrow+H_2SiO_3\downarrow$。

【答案】(1)①$SiHCl_3+H_2\xlongequal{1\ 357\ K}Si+3HCl$　②$SiHCl_3+3H_2O=\!=\!=H_2SiO_3+H_2\uparrow+3HCl$　高温下，H_2 遇 O_2 发生爆炸　(2)BC　(3)生成白色絮状沉淀，有刺激性气味的气体生成

第 2 节　富集在海水中的元素——氯

【自主学习】

独立思考一：氯气的结构、性质及用途

A 级

分子结构	$:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:$　Cl—Cl		
物理性质	黄绿　刺激性		
化学性质	与金属反应	与 Na	$2Na+Cl_2\xlongequal{点燃}2NaCl$
		与 Cu	$Cu+Cl_2\xlongequal{点燃}CuCl_2$(现象：棕黄色的烟)
		与 Fe	$2Fe+3Cl_2\xlongequal{点燃}2FeCl_3$(现象：棕红色的烟)
	与非金属反应	与 H_2	$H_2+Cl_2\xlongequal{点燃}2HCl$ 安静燃烧，发出苍白色的火焰，瓶口有白雾
			$H_2+Cl_2\xlongequal{光照}2HCl$(光照爆炸)
		与 P	$2P+3Cl_2\xlongequal{点燃}2PCl_3$(液)　$PCl_3+Cl_2\xlongequal{点燃}PCl_5$(固)
			白色烟雾
	与水反应	与 H_2O	$Cl_2+H_2O=\!=\!=HCl+HClO$
	与碱反应	与 NaOH	$Cl_2+2NaOH=\!=\!=NaCl+NaClO+H_2O$
		与 $Ca(OH)_2$	$2Cl_2+2Ca(OH)_2=\!=\!=CaCl_2+Ca(ClO)_2+2H_2O$
	卤素间的置换反应	与 NaBr	$Cl_2+2NaBr=\!=\!=2NaCl+Br_2$
		与 NaI	$Cl_2+2NaI=\!=\!=2NaCl+I_2$
	与还原性物质的反应	与 SO_2	$Cl_2+SO_2+2H_2O=\!=\!=2HCl+H_2SO_4$
		与 Na_2SO_3	$Cl_2+Na_2SO_3+H_2O=\!=\!=2HCl+Na_2SO_4$
	与有机物的反应	与 CH_4	$CH_4+Cl_2\xrightarrow{光照}CH_3Cl+HCl$
		与乙烯	$CH_2=\!=\!=CH_2+Cl_2\longrightarrow CH_2Cl—CH_2Cl$

B 级

1. $2Fe+3Cl_2 \xrightarrow{点燃} 2FeCl_3$，$2Fe+3Br_2 \xrightarrow{} 2FeBr_3$，$Fe+I_2 \xrightarrow{\triangle} FeI_2$

$Cu+Cl_2 \xrightarrow{点燃} CuCl_2$，$Cu+Br_2 \xrightarrow{\triangle} CuBr_2$，$2Cu+I_2 \xrightarrow{\triangle} 2CuI$

F_2、Cl_2、Br_2 可以把变价金属氧化到金属的高价态；I_2 只能把变价金属氧化到金属的低价态。

2. 该反应中没有化合价的变化，不是氧化还原反应。Cl_2 和水的反应有化合价的升降，是氧化还原反应。$IBr+H_2O=HBr+HIO$。

独立思考二：氯水的性质

A 级

1.

参加反应的微粒	表现性质	实验现象	离子方程式或解释
Cl^-	沉淀反应	白色沉淀	$Cl^-+Ag^+=AgCl\downarrow$
H^+	酸性	有气泡产生	$2H^++CO_3^{2-}=CO_2\uparrow+H_2O$
HClO	强氧化性	布条颜色退去	发生氧化还原反应
Cl_2	强氧化性	溶液变棕黄色	$2Fe^{2+}+Cl_2=2Fe^{3+}+2Cl^-$
Cl_2、H_2O	强氧化性	黄绿色退去	$SO_2+Cl_2+2H_2O=4H^++2Cl^-+SO_4^{2-}$
HClO、H^+	①弱酸性 ②强氧化性	石蕊试液先变红后退色	$Cl_2+H_2O=H^++Cl^-+HClO$ 漂白、杀菌、消毒
Cl_2、H^+	①酸性 ②强氧化性	镁粉逐渐消失，有气体产生	$Mg+Cl_2=Mg^{2+}+2Cl^-$ $Mg+2H^+=Mg^{2+}+H_2\uparrow$

2.

液氯	新制氯水	久置氯水
纯净物	混合物	混合物
黄绿色	浅黄绿色	无色
Cl_2	H_2O、Cl_2、HClO、H^+、Cl^-、ClO^-、OH^-	H_2O、H^+、Cl^-、OH^-
氧化性	氧化性、酸性、漂白性	酸性

3.

次氯酸			
	结构	H—O—Cl　H:$\ddot{O}$:$\ddot{Cl}$:	
	性质	一元弱酸	$Ca(ClO)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3\downarrow+2HClO$
		易分解	$2HClO \xrightarrow{光照} 2HCl+O_2\uparrow$
		强氧化性	$SO_2+HClO+H_2O=H_2SO_4+HCl$
		漂白性	使有色布条退色

B 级

1. 发生双水解反应。

$3ClO^-+Fe^{3+}+3H_2O=Fe(OH)_3\downarrow+3HClO$

$3ClO^-+Al^{3+}+3H_2O=Al(OH)_3\downarrow+3HClO$

2. $5ClO^-+2Fe^{2+}+5H_2O=2Fe(OH)_3\downarrow+4HClO+Cl^-$

$ClO^-+SO_3^{2-}=Cl^-+SO_4^{2-}$

独立思考三：漂白粉

A 级

漂白粉		
	制备原理	$2Cl_2+2Ca(OH)_2=CaCl_2+Ca(ClO)_2+2H_2O$
	成分	$CaCl_2$ 和 $Ca(ClO)_2$，有效成分 $Ca(ClO)_2$
	性质	易水解呈碱性，强氧化性，漂白性
	漂白原理	$Ca(ClO)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3\downarrow+2HClO$
	失效原理	$Ca(ClO)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3\downarrow+2HClO$；$2HClO \xrightarrow{光照} 2HCl+O_2\uparrow$

B 级

漂白粉进入水中发生反应：$Ca(ClO)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3\downarrow+2HClO$，生成具有强氧化性的 HClO，起到漂白作用；而明矾进入水中发生反应：$Al^{3+}+3H_2O=Al(OH)_3$（胶体）$+3H^+$，$Al(OH)_3$（胶体）表面积较大，具有强吸附性，可以吸附水中的杂质，起到净水作用。

独立思考四：氯气的实验室制法

A 级

1. MnO_2+4HCl（浓）$\xrightarrow{\triangle} MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

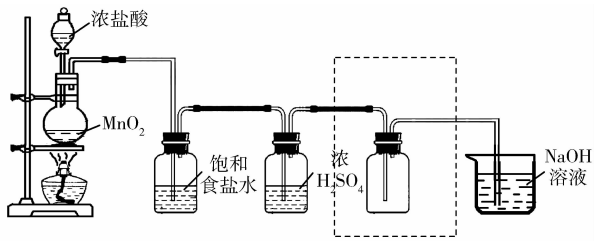
$KMnO_4+16HCl$（浓）$=2MnCl_2+2KCl+5Cl_2\uparrow+8H_2O$

2.

A	分液漏斗、圆底烧瓶、酒精灯
F、D	F 除去 Cl_2 中的 HCl，D 除去 Cl_2 中的 H_2O
B、C	干燥的 Cl_2 没有漂白性
E	$Cl_2+2NaOH=NaCl+NaClO+H_2O$

B 级

1.



2. (1)将湿润的 KI－淀粉试纸靠近盛 Cl_2 的集气瓶口，若观察到试纸立即变蓝，则证明已集满。

(2)将湿润的蓝色石蕊试纸靠近盛 Cl_2 的集气瓶口，观察到试纸先变红后退色，则证明已集满。

(3)实验室制取 Cl_2 时，常常根据氯气的颜色判断是否收集满。

3. 电解饱和食盐水制 Cl_2，反应方程式：$2NaCl+2H_2O \xrightarrow{通电} 2NaOH+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$。

独立思考五：卤素离子的检验方法

A 级

1. 淡黄色沉淀，说明含 Br^-　白色沉淀，说明含 Cl^-　黄色沉淀，说明含 I^-

2. Br^-　I^-　$Cl_2+2Br^-=2Cl^-+Br_2$　$Cl_2+2I^-=2Cl^-+I_2$

B 级

C　【解析】氯酸钾和四氯化碳中没有 Cl^-。

独立思考六：卤族元素

F	Cl	Br	I	At
9	17	35	53	85
+9 2 7	+17 2 8 7	+35 2 8 18 7		
7　得　正　−1、+1、+3、+5、+7　HX　HXO_4				
增大　减弱　增强　减弱　减弱　减弱				

独立思考七：卤素单质

F_2	Cl_2	Br_2	I_2
浅黄绿色	黄绿色	深红棕色	紫黑色
气态	气态	液态	固态
低	易液化	易挥发（唯一液态非金属），保存时要加水液封	易升华
除碘外均有刺激性气味			

【自我测评】

1. C 【解析】解答本题的关键是理解氯气的多重性质。

2. A 【解析】本题考查元素化合物的知识,较容易。常温下铁与铝在浓硫酸中发生钝化,阻止内部的铁或铝与浓硫酸反应,A 项错误。

3. A 【解析】C 和 SiO_2 高温下反应应该生成 Si 和 CO,B 项错误;CuO 不溶于水,与水不发生反应,C 项错误;$CaSO_3$ 还原性较强,HClO 氧化性较强,二者发生氧化还原反应,D 项错误。

4. BD 【解析】Fe 和 Cl_2 反应的产物与量无关,只能生成 $FeCl_3$;$NH_3 \cdot H_2O$ 和 $AlCl_3$ 反应的产物与量无关,只能生成 $Al(OH)_3$。

5. B 【解析】$2H^+ + ClO^- + Cl^- = Cl_2\uparrow + H_2O$,B 项正确;A、C、D 项中都没有 H^+,均不能生成 Cl_2。

6. (1)漂白粉的有效成分是 $Ca(ClO)_2$,与浓盐酸反应的化学方程式为 $Ca(ClO)_2 + 4HCl = CaCl_2 + 2Cl_2\uparrow + 2H_2O$。

(2)题目要求设计最简单的实验达到实验目的,可选 A 为发生装置、C、D 为测量气体体积装置。

(3)在读取量筒的刻度数时,应注意:①C、D 两仪器内的液面应齐平;②视线与凹液面最低点应齐平;③装置内气体应恢复至室温。

(4)不影响,同温、同压下,同量的 Cl_2 和空气所排出的液体体积相等。

(5)装置漏气、e 接 f 会造成无法收集到气体,浓盐酸已变成稀盐酸、漂白粉已全变质会造成气体无法制得。

【答案】(1)$Ca(ClO)_2 + 4HCl = CaCl_2 + 2Cl_2\uparrow + 2H_2O$

(2)a 接 e,d 接 f

(3)①C、D 两仪器内的液面应齐平;②视线与凹液面最低点应齐平;③装置内气体应恢复至室温

(4)不影响,同温、同压下,同量的 Cl_2 和空气所排出的液体体积相等

(5)B

第 3 节 硫及其重要化合物

【自主学习】

独立思考一:硫单质

A 级

化合态	硫酸盐	
俗名	硫磺	
颜色、状态	淡黄色的固体	
溶解性	不溶于水,微溶于酒精,易溶于 CS_2	
氧化性	S 与 Fe	$Fe + S \xrightarrow{\triangle} FeS$
	S 与 Cu	$Cu + S \xrightarrow{\triangle} Cu_2S$
	低	
	S 与 H_2	$H_2 + S \xrightarrow{\triangle} H_2S$
还原性	S 与 O_2	$S + O_2 \xrightarrow{点燃} SO_2$
		现象:淡蓝色 蓝紫色
歧化反应	S 与 NaOH	$3S + 6NaOH \xrightarrow{\triangle} 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$
制硫酸	$S + O_2 \xrightarrow{点燃} SO_2$;$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{V_2O_5}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$;$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$	
制黑火药	$2KNO_3 + S + 3C = K_2S + N_2\uparrow + 3CO_2\uparrow$	

B 级

1. 物理方法:用 CS_2 洗,因为 S 易溶于 CS_2;

化学方法:用 NaOH 溶液洗,$3S + 6NaOH \xrightarrow{\triangle} 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$。另从该反应中也可以看出,$S^{2-}$ 和 SO_3^{2-} 在碱性环境下可以共存,二者在酸性环境下不能共存,发生的反应为 $2S^{2-} + SO_3^{2-} + 6H^+ = 3S\downarrow + 3H_2O$。

独立思考二:二氧化硫

A 级

二氧化硫	物理性质		刺激性 易	
	结构		SO_2 V 形 极性	
	化学性质	酸性氧化物的通性	与石蕊试液	变红,但不退色
			与 H_2O	$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$
			与 NaOH	$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$
			与 CaO	$SO_2 + CaO = CaSO_3$;$2CaSO_3 + O_2 \xrightarrow{\triangle} 2CaSO_4$
			逐渐通入少量澄清石灰水	$SO_2 + Ca(OH)_2 = CaSO_3\downarrow + H_2O$ $CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$
			与 Na_2CO_3	$SO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SO_3 + CO_2$
		还原性	与 $KMnO_4$(H^+)	紫红色退去,$5SO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$
			与卤水(Cl_2、Br_2、I_2)	退色,$SO_2 + X_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HX$(X 为 Cl、Br、I)
			与 O_2	$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{V_2O_5}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$
			与 H_2O_2	$SO_2 + H_2O_2 = H_2SO_4$
		氧化性	与 H_2S	$SO_2 + 2H_2S = 3S\downarrow + 2H_2O$
			SO_3^{2-} 与 S^{2-}(H^+)	$2S^{2-} + SO_3^{2-} + 6H^+ = 3S\downarrow + 3H_2O$
		漂白性	与品红溶液	品红溶液退色,加热又恢复红色
	制法	实验室	$Na_2SO_3(s) + H_2SO_4(浓) = Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$	
		工业中	$4FeS_2 + 11O_2 \xrightarrow{煅烧} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$(煅烧黄铁矿)或 $S + O_2 \xrightarrow{点燃} SO_2$	
	污染	酸雨	$SO_2 \xrightarrow{H_2O} H_2SO_3 \xrightarrow{O_2} H_2SO_4$	

B 级

1. C 【解析】①表现了 SO_2 的漂白性,是化合反应;②③⑤表现了 SO_2 的还原性,均发生了氧化还原反应而使溶液退色;④表现了 SO_2 酸性氧化物的性质。

2. D 【解析】SO_2 通入 $Fe(NO_3)_3$ 溶液中,溶液由棕黄色变成浅绿色,是因为 SO_2 被 Fe^{3+} 氧化为 SO_4^{2-},同时 Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+},Fe^{2+} 在酸性环境中又被 NO_3^- 氧化为 Fe^{3+},同时 NO_3^- 被还原。

独立思考三:硫酸

A 级

1. (1)$NaCl(s) + H_2SO_4 \xrightarrow{微热} NaHSO_4 + HCl\uparrow$

$NaNO_3(s) + H_2SO_4 \xrightarrow{微热} NaHSO_4 + HNO_3\uparrow$

(2)将浓硫酸沿烧杯壁缓缓倒入水中,并用玻璃棒不断搅拌。

2. (1)

试液变红
$H_2SO_4 + CaO = CaSO_4 + H_2O$
$H_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4\downarrow + 2H_2O$
$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

(2)①浓硫酸是酸性干燥剂,故不能用来干燥碱性气体 NH_3;浓硫酸具有强的氧化性,故不能用来干燥具有还原性的气体,如 HBr、H_2S、HI。反应方程式如下:

$H_2S + H_2SO_4(浓) = S\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

$2HI + H_2SO_4(浓) = I_2\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

②表现为浓硫酸的吸水性,发生反应为 $CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{浓硫酸} CuSO_4 + 5H_2O$。

(3)$12C + 11H_2O$

(4)①钝化 $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\triangle} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

②$C + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\triangle} CO_2\uparrow + 2SO_2\uparrow + 2H_2O$

③$2HX + H_2SO_4(浓) = X_2 + SO_2\uparrow + 2H_2O$　$H_2S + H_2SO_4(浓) = S\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

3. 第一步：$4FeS_2 + 11O_2 \xlongequal{煅烧} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$（煅烧黄铁矿）或 $S + O_2 \xlongequal{点燃} SO_2$

第二步：$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{V_2O_5}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$

第三步：$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$（用98.3%的浓硫酸吸收）

B级

1.（1）SO_4^{2-} 的检验：被检液 $\xrightarrow{\text{加足量盐酸酸化}}$ 取清液 $\xrightarrow{\text{滴加 } BaCl_2 \text{ 溶液}}$ 有无白色沉淀（判断有无 SO_4^{2-}）。

注：盐酸的作用是排除 Ag^+、SO_3^{2-}、CO_3^{2-} 的干扰，$BaCl_2$ 不能用 $Ba(NO_3)_2$ 代替，否则会生成具有强氧化性的 HNO_3。

（2）SO_3^{2-} 的检验：取适量的被检液于试管中，加入 $BaCl_2$ 溶液，过滤出白色沉淀，在沉淀中加入盐酸，若产生无色、有刺激性气味且使品红溶液退色的气体，说明有 SO_3^{2-}。

发生的反应为 $SO_3^{2-} + 2H^+ = SO_2\uparrow + H_2O$。

2. A　【解析】浓硫酸与蔗糖反应的实验称之为“黑色面包”实验，所涉及的反应有 $C_{12}H_{22}O_{11} \xlongequal{浓硫酸} 12C + 11H_2O$，$C + H_2SO_4(浓) \xlongequal{\triangle} CO_2\uparrow + SO_2\uparrow + H_2O$。

3. D　【解析】本题考查铜和浓硫酸的反应。上下移动铜丝可以控制铜与浓硫酸的接触，从而可以控制反应生成 SO_2 的量，A项正确；SO_2 可使品红溶液退色，因此②中品红溶液可以验证 SO_2 的生成，B项正确；SO_2 有毒，能与NaOH溶液反应，因此③中NaOH溶液可以吸收多余的 SO_2，C项正确；为确认 $CuSO_4$ 生成，应该是冷却后将①中的液体慢慢倒入盛有少量水的另一支度管里，观察溶液的颜色，因为试管①中仍有较多的浓硫酸没有反应，在其中加水是很危险的，D项错误。

独立思考四：硫化氢

1. 臭鸡蛋

2.（1）通性　（2）氧化　还原　单质硫

$2H_2S + O_2 \xlongequal{点燃} 2S\downarrow + 2H_2O$（$O_2$ 不足）；

$2H_2S + 3O_2 \xlongequal{点燃} 2SO_2 + 2H_2O$（$O_2$ 过量）

$H_2S + 2Fe^{3+} = S\downarrow + 2Fe^{2+} + 2H^+$

（3）$H_2S + CuSO_4 = CuS\downarrow + H_2SO_4$

独立思考五：三氧化硫

1. 固　液

2.（1）$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$　（2）$SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$

六、氧族元素

O	S	Se	Te	Po
氧	硫	硒	碲	钋
ⅥA　6　−2　0　+4　+6				
减弱　减弱　减弱　>　>　>				
正　Na_2O_2　H_2O_2　FeS_2				

独立思考七：重要的硫酸盐

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$　$FeSO_4 \cdot 7H_2O$　$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$　$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$　$2CaSO_4 \cdot H_2O$　$BaSO_4$

【自我测评】

1. D　【解析】①②④中若是 CO_2 气体也同样符合；③中能使品红溶液退色的也可能是 Cl_2 等其他具有强氧化性的气体。

2. C　【解析】使溶液pH减小，即产生酸性物质，②和④中均产生了HCl。①和③均生成了单质硫和水。

3. B　【解析】S的氧化性并不强，只能将变价金属氧化到它的低价态，故Fe与S直接化合只能生成FeS。

4. B　【解析】亚硫酸是比氢硫酸更强的酸，故A错；*ab* 段反应是 $SO_2 + 2H_2S = 3S\downarrow + 2H_2O$；根据计算可得原 H_2S 溶液的物质的量浓度为0.1 mol/L，故C错；*b* 点对应的溶液导电性最弱，故D错。

5. A　【解析】SO_2 与 $BaCl_2$ 溶液不反应。

6.【答案】（1）蒸馏烧瓶　$Na_2SO_3 + H_2SO_4(浓) = Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

（2）溶液由紫红色变为无色　无色溶液出现淡黄色浑浊　还原性　氧化性　$5SO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$

（3）品红溶液退色后，关闭分液漏斗的活塞，点燃酒精灯加热，溶液恢复红色

（4）NaOH（其他合理答案均可）

第4节　氮及其重要化合物

【自主学习】

独立思考一：氮气

A级

化合　$NaNO_3$　游离　N_2				
物理性质	不　排水			
结构	N_2　$:N\vdots\vdots N:$　$N\equiv N$　保护气			
化学性质	氧化性	N_2 与 H_2	$N_2 + 3H_2 \underset{催化剂}{\overset{高温、高压}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$	
		N_2 与 Mg	$3Mg + N_2 \xlongequal{点燃} Mg_3N_2$	
			$Mg^{2+}[:\ddot{N}:]^{3-}Mg^{2+}[:\ddot{N}:]^{3-}Mg^{2+}$ $Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_3\downarrow + 2NH_3\uparrow$	
	还原性	N_2 与 O_2	$N_2 + O_2 \xlongequal{放电} 2NO$（雷雨发庄稼）	
用途	合成氨，制硝酸，做填充气、保护气、制冷剂			
制备	工业上	分离液态空气		
	实验室	$NH_4Cl + NaNO_2 = NaCl + N_2\uparrow + 2H_2O$ $2NH_3 + 3CuO \xlongequal{\triangle} 3Cu + N_2 + 3H_2O$		
氮的固定	游离化合	方法	自然	高能固氮
				生物固氮
			人工	合成氨
				仿生固氮

B级

A　【解析】氮的固定是指将游离态的氮即 N_2 转化为化合态氮即含氮化合物。

独立思考二：氮的氧化物

A级

1. 笑气　HNO_2　HNO_3

2.

NO	NO_2
无色	红棕色
有毒	有毒
难溶	易溶
排水法	排空气法
$2NO + O_2 = 2NO_2$	
	$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$
$3Cu + 8HNO_3(稀) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$	$Cu + 4HNO_3(浓) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$

B级

1. D　【扩展】0.036

【解析】盛满 NO_2 的大试管倒扣在盛水的水槽里，发生反应：$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$。设大试管的体积为3 L，则得到的 HNO_3 的物质的量为 $\frac{2}{22.4}$ mol，溶液充满大试管的2/3为2 L，故得到的 HNO_3 溶液的浓度

为$\frac{1}{22.4}$mol/L,即约为0.045 mol/L。扩展题中,将NO_2和O_2以4:1的体积比(标准状况)混合,倒置于足量水中后发生反应:$4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$。设烧瓶体积为5 L,则得到的HNO_3的物质的量为$\frac{4}{22.4}$mol,溶液充满大试管为5 L,故得到的HNO_3溶液的浓度为$\frac{4}{5}\times\frac{1}{22.4}$ mol/L,即约为0.036 mol/L。

2.【解析】NO或NO_2与O_2混合气体与水反应的计算关系式可由下列化学方程式推导出来。

$2NO+O_2=2NO_2$①　$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$②

由②×2+①得:$4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$③　由①×3+②×2得:$4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$④

③④两式就是做此类题经常用到的关系式。

若剩余的5 mL为O_2,则参加反应的NO_2和O_2的总体积为50 mL−5 mL=45 mL,则原混合气体里NO_2的体积为45 mL×4/5=36 mL;O_2的体积为50 mL−36 mL=14 mL。即NO_2与O_2的体积比为36:14=18:7。

若剩余的5 mL为NO,由②式得过量的NO_2的体积为15 mL,则参加反应的NO_2和O_2的总体积为50 mL−15 mL=35 mL,则原混合气体里O_2的体积为35 mL×1/5=7 mL;NO_2的体积为50 mL−7 mL=43 mL。即NO_2与O_2的体积为43:7。

【答案】18:7　43:7

独立思考三:氨气和铵盐

A级

1.

物理性质	刺激性　轻　易　向下排空气		
结构	NH_3　三角锥形　极性		
化学性质	唯一碱性气体(具有碱的通性)	与H_2O	$NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$
		与HCl	$NH_3+HCl=NH_4Cl$ 产生白烟　可用来检验NH_3的存在
		与CH_3COOH	$NH_3+CH_3COOH=CH_3COONH_4$
		与CO_2和H_2O	$NH_3+CO_2+H_2O=NH_4HCO_3$
	还原性	与O_2(Pt做催化剂)	$4NH_3+5O_2\xrightarrow[\triangle]{Pt}4NO+6H_2O$
		与O_2(点燃)	$4NH_3+3O_2\xrightarrow{点燃}2N_2+6H_2O$
		与Cl_2(点燃)(NH_3不足)	$2NH_3+3Cl_2\xrightarrow{点燃}N_2+6HCl$
		与Cl_2(点燃)(NH_3过量)	$8NH_3+3Cl_2\xrightarrow{点燃}N_2+6NH_4Cl$
		与CuO(加热)	$2NH_3+3CuO\xrightarrow{\triangle}3Cu+N_2+3H_2O$
制法	工业上	$N_2+3H_2\xrightleftharpoons[催化剂]{高温、高压}2NH_3$	
	实验室	常规制法	$Ca(OH)_2+2NH_4Cl\xrightarrow{\triangle}CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O$
		快速制法	$NH_3\cdot H_2O\xrightarrow{\triangle}NH_3\uparrow+H_2O$或在浓氨水中加NaOH或CaO

(1)②$2NH_4Cl+Ca(OH)_2\xrightarrow{\triangle}CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O$　④下　⑤碱石灰　NaOH　CaO

⑥a.红色石蕊　蓝　b.浓盐酸　白烟　⑦a.水　稀硫酸

(2)①a.$NH_3\cdot H_2O\xrightarrow{\triangle}NH_3\uparrow+H_2O$　②碱性　CaO

2.(1)易　(2)$NH_3\uparrow+H_2O+CO_2\uparrow$　$NH_3\uparrow+HCl\uparrow$

$NH_4^++OH^-=NH_3\cdot H_2O$　$NH_4^++OH^-\xrightarrow{\triangle}NH_3\uparrow+H_2O$

(3)碱　红色石蕊　蓝　浓盐酸　白烟

B级

1.②③⑤　【解析】液氨是液态的氨气,属于纯净物,与氨水不同,氨水属于混合物,故②错。氨水中含有多种微粒,但含量最多的是$NH_3\cdot H_2O$,进行物质的量浓度计算时,溶质是NH_3,故③错。氨水能导电,但其导电的实质是$NH_3\cdot H_2O$电离产生离子,因此$NH_3\cdot H_2O$是电解质,而氨和氨水(混合物)不是电解质,故⑤错。

2.B　【解析】钾盐、钠盐、铵盐、硝酸盐都是易溶于水的盐,故铵盐溶液中都存在大量的NH_4^+,A正确;NH_3在铂存在下与O_2反应只能生成NO,故B错;凡是铵盐都能与苛性钠共热生成NH_3,这是铵盐的通性,故C正确;碳酸氢铵受热分解产生的气体为CO_2、H_2O、NH_3,经碱石灰干燥后可得到纯净的NH_3,故D正确。

独立思考四:硝酸

A级

1.易　白雾　刺激性

2.(1)①红　红色　退色

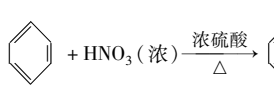
②$HNO_3+NaOH=NaNO_3+H_2O$　$HNO_3+NH_3=NH_4NO_3$

③$CaO+2HNO_3=Ca(NO_3)_2+H_2O$　④$Na_2CO_3+2HNO_3=2NaNO_3+H_2O+CO_2\uparrow$　⑤H_2

(2)$4HNO_3\xrightarrow{光照或\triangle}4NO_2\uparrow+O_2\uparrow+2H_2O$　容易　浓硝酸溶有分解产生的NO_2气体　棕　细口　冷暗

(3)①$Cu+4HNO_3(浓)=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$　铜片逐渐溶解,产生红棕色气体,溶液变蓝色

$3Cu+8HNO_3(稀)=3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$　铜片逐渐溶解,产生无色气体,该气体遇到空气变为红棕色,溶液变蓝色　钝化　②$C+4HNO_3(浓)\xrightarrow{\triangle}CO_2\uparrow+4NO_2\uparrow+2H_2O$　$3FeO+10HNO_3(稀)=3Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+5H_2O$

(4)①  　②黄

3.$4NH_3+5O_2\xrightarrow[\triangle]{催化剂}4NO+6H_2O$;$2NO+O_2=2NO_2$;$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$

5.红棕

B级

1.A　【解析】O_2为氧化剂,Cu为还原剂,HNO_3相当于仅仅发生了复分解反应,$n(Cu)=2n(O_2)=0.15$ mol,$n(NaOH)=2n(Cu)=0.3$ mol,$V(NaOH)=\frac{0.3\text{ mol}}{5\text{ mol}\cdot L^{-1}}=0.06$ L=60 mL,故选A。

2.A　【解析】气体的总物质的量为$\frac{1.12\text{ L}}{22.4\text{ L}\cdot mol^{-1}}=0.05$ mol,1.92 g铜的物质的量为0.03 mol。设NO的物质的量为n_1,则NO_2为$0.05-n_1$。根据得失电子守恒得:$3n_1+(0.05\text{ mol}-n_1)\times1=0.03\text{ mol}\times2$,解得$n_1=0.005$ mol,$V(NO)=0.005\text{ mol}\times22.4\text{ L/mol}=0.112\text{ L}=112$ mL。

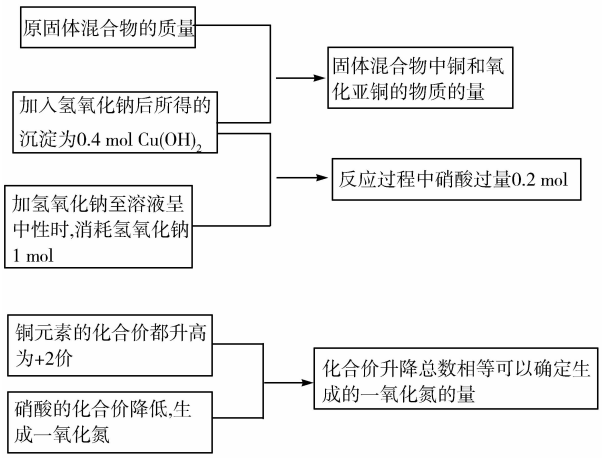
【自我测评】

1.C　【解析】如果机械地运用Cu与HNO_3反应的方程式,依据Cu或NO_2的量求消耗硝酸的物质的量,就会得出A或B的错误答案。实际上,随着Cu与硝酸的反应,HNO_3浓度逐渐降低,反应产生的气体将由NO_2逐渐变为NO,1.12 L气体为NO_2和NO的混合物。参加反应的HNO_3中的氮原子分布在产物$Cu(NO_3)_2$、NO_2和NO中,根据氮原子守恒得:$\frac{1.92\text{ g}\times2}{64\text{ g}\cdot mol^{-1}}+\frac{1.12\text{ L}\times1}{22.4\text{ L}\cdot mol^{-1}}=0.11$ mol。

2.B　【解析】从整个反应来看,$Cu\rightarrow Cu^{2+}$;$HNO_3\rightarrow NO$、$NO_2\rightarrow HNO_3$,$O_2\rightarrow H_2O$,氮元素的化合价在整个反应前后没有变化,则Cu失去电子的物质的量等于氧气得到电子的物质的量。所以O_2在标准状况下的体积为$\frac{\frac{1.92\text{ g}}{64\text{ g/mol}}\times2}{4}\times22.4\text{ L/mol}\times10^3\text{ mL/L}=336$ mL。

3.B　【解析】本题通过NH_3的制取实验,意在考查同学们实验分析与实验评价的能力。①装置在管口处又生成NH_4Cl,无法制得NH_3,A项错误;选用装置③,使用浓氨水与CaO或NaOH作用,可制取NH_3,B项正确;②作为NH_3的吸收装置,漏斗插入水中,不能防止倒吸,C项错误;利用④收集NH_3时,收集气体不纯,D项错误。

4. B 【解析】解答本题时可以按照以下流程：



根据题意得到的金属离子的沉淀为 0.4 mol $Cu(OH)_2$，根据元素守恒可以确定原混合物中有铜 0.2 mol，有氧化亚铜 0.1 mol；将溶液变成中性时消耗 NaOH 1 mol，沉淀铜离子只消耗了 0.8 mol，因此反应过程中硝酸过量0.2 mol；由于固体混合物与硝酸的反应为氧化还原反应，该反应过程中铜元素的化合价均升高为 +2，硝酸中氮元素的化合价由 +5 降低为 +2，因此生成的一氧化氮的物质的量为 0.2 mol，根据氮元素守恒可以判断原溶液中硝酸的物质的量为 1.2 mol，浓度为 2.4 mol/L。

5.【解析】(1)制取气体或许多验证气体性质的实验，实验前都需要检验装置的气密性；

(2)由题意知实验开始是铜与浓硝酸反应，产生红棕色 NO_2，加水后是铜与稀硝酸反应，产生无色的 NO；

(3)绿色化学理念是原料利用率高，不产生污染，分析三个方案可看出，甲方案用硝酸最多，产生有毒气体 NO_2；乙方案产生有毒气体 NO；丙方案硝酸用量最少，且不产生有毒气体；

(4)若证明 $KMnO_4$、Cl_2、Br_2 的氧化性，利用 $KMnO_4$ 和浓盐酸反应产生 Cl_2，将 Cl_2 通入 KBr 溶液中，根据反应及现象可得出结论。但此装置没有尾气吸收装置，多余的 Cl_2 会污染空气。

【答案】(1)检查装置气密性

(2)$Cu + 4HNO_3(浓) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$　反应变慢，气体颜色变淡

(3)丙　硝酸消耗量少，无污染

(4)向 d 中加入 KBr 溶液，c 中加入固体 $KMnO_4$，由 a 向 c 中加入浓盐酸　c 中有黄绿色气体产生，d 中溶液变为棕黄色　没有尾气吸收装置

6.【解析】(1)①该反应需加热进行，故需要仪器 F，固体混合物的反应装置为 I，G 是干燥装置，因氨气的密度比空气的小，应该用向下排气法收集，可选取 E 装置，因氨气极易溶于水，使用装置 C 可防止倒吸。②生石灰与氯化铵的反应与 $Ca(OH)_2$ 与氯化铵的反应相类似：$CaO + 2NH_4Cl \xlongequal{\triangle} CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + H_2O$。(2)②氨气催化氧化反应的生成物有 NO 和 H_2O，在氧气存在的情况下会生成 HNO_3，通入 NH_3 的速率过快，有些未反应的 NH_3 与 HNO_3 反应生成 NH_4NO_3。(3)制取碳酸氢铵的反应方程式为 $NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$，甲、乙同学方案的差异在于是先通入二氧化碳，还是先通入氨气。因氨气在水中的溶解度较大，先通氨气反应后能够产生更多的碳酸氢铵，故乙方案较合理。

【答案】(1)①I、F、G、E、C　②$CaO + 2NH_4Cl \xlongequal{\triangle} CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + H_2O$

(2)①$4NH_3 + 5O_2 \xlongequal[\triangle]{催化剂} 4NO + 6H_2O$　②NH_4NO_3

(3)①乙同学方案合理。因为二氧化碳在水中溶解度较小，先通入二氧化碳，再通入氨气，生成的产物量少，且易生成碳酸铵；氨气在水中溶解度很大，先通入氨气，再通入二氧化碳，生成的产物量多，且易生成碳酸氢铵

②取少量产物放入试管中，加入浓 NaOH 溶液，加热，在试管口放置湿润的红色石蕊试纸，若试纸变蓝，则证明产物中有 NH_4^+

第 5 节　海水资源的开发利用　环境保护与绿色化学

【自主学习】

独立思考一：海水中的化学元素

大于 1 mg　小于 1 mg　碘　电池

独立思考三：海水资源的综合利用

A 级

(一)1. 饱和食盐水　烧碱　H_2　Cl_2

2. $2NaCl + 2H_2O \xlongequal{通电} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$

4. $H_2 + Cl_2 \xlongequal{点燃} 2HCl$　$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$

【思考】所选的试剂有 Na_2CO_3 溶液、NaOH 溶液、$BaCl_2$ 溶液、盐酸。其中一种方法：将粗食盐水过滤后，在滤液中加入过量的 NaOH 溶液，过滤；在滤液中加入过量的 $BaCl_2$ 溶液，过滤；在滤液中加入过量的 Na_2CO_3 溶液，过滤；在滤液中加入盐酸调节溶液的 pH 至中性。

(二)1.(1)①CaO　$Ca(OH)_2$　②石灰乳　$Mg(OH)_2$　盐酸　$MgCl_2$　③结晶　熔融　Mg

(2)①$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2\downarrow + CaCl_2$　②$Mg(OH)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O$　③$MgCl_2(熔融) \xlongequal{通电} Mg + Cl_2\uparrow$

2.(1)银白色　镁合金

(2)①$2Mg + O_2 \xlongequal{点燃} 2MgO$　$3Mg + N_2 \xlongequal{点燃} Mg_3N_2$　$Mg + Cl_2 \xlongequal{点燃} MgCl_2$

②$Mg + 2H^+ = Mg^{2+} + H_2\uparrow$　$Mg + 2H_2SO_4(浓) = MgSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

③$2Mg + CO_2 \xlongequal{点燃} 2MgO + C$

(三)1.①浓缩　②氯气　溴单质　③热空气或水蒸气　二氧化硫　④氯气

2.①$2NaBr + Cl_2 = Br_2 + 2NaCl$　②$Br_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$　③$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$

B 级

1. 海带 —晒干灼烧→ 海带灰 —浸泡→ 海带灰悬浊液 —①→ 残渣 / 含碘离子溶液 —适量 Cl_2 氧化②→ 含碘的水溶液 —③→ 含碘的有机溶液 —后期处理→ 晶态碘

2.【解析】(1)由于海水中 Br^- 的含量低，步骤Ⅰ中获得游离态的溴后，步骤Ⅱ中又将其转化为化合态的溴，其目的是富集溴元素。(2)步骤Ⅱ中用热空气吹出 Br_2，主要是利用了溴的挥发性。(3)利用得失电子守恒、电荷守恒和质量守恒配平该离子方程式。(4)溴与二氧化硫水溶液反应的化学方程式为 $SO_2 + Br_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HBr$。(5)乙醇能与水互溶，不能用做萃取剂。(6)①电解饱和食盐水，阳极为 Cl^- 放电，电极反应式为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$。②若采用无隔膜的电解槽，则阴极产生的 NaOH 与阳极产生的 Cl_2 反应得到 NaClO。

【答案】(1)富集溴元素　(2)C　(3)3　3　1　5　3

(4)$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$　(5)BD

(6)①$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　②NaClO

【自我测评】

1. D 【解析】CO_2 不属于大气污染物，A 错；酸雨的 pH < 5.6，B 错。

2. B 【解析】本题属于考查化学与社会问题中的节能减排、保护环境、资源利用等相关问题。加快化石燃料的开采与使用，只会加剧碳排放。推广清洁能源，将会有助于改善大气的状况。易降解的生物农药，有助于改善我国的食品不安全状况，有利于保护环境；随着农用化学物质源源不断地、大量地向农田中输入，造成有害化学物质通过土壤和水体在生物体内富集，并且通过食物链进入到农作物和畜禽体内，导致食物污染，最终损害人体健康。田间焚烧秸秆污染环境，浪费资源，已成为影响人们日常生活的公害。

3. C 【解析】A、B 两项中消除硫酸厂的尾气 SO_2、硝酸厂尾气的氮氧化物，均符合“绿色化学”的含义；D 项制取 $CuSO_4$ 时不产生大气污染物且

节约原料也符合要求;只有 C 项会产生大气污染物 SO_2,故选 C。

4. A 【解析】海水中得到 NaCl 以后,以 NaCl 为原料电解饱和食盐水可制取 NaOH、Cl_2 和 H_2,并以它们为原料生产一系列化工产品,称为氯碱工业。化学方程式:$2NaCl + 2H_2O \xlongequal{电解} 2NaOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$,$2NaCl$(熔融)$\xlongequal{电解} 2Na + Cl_2\uparrow$;$NaCl + CO_2 + NH_3 + H_2O = NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$,$2NaHCO_3 \xlongequal{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$;$Cl_2 + H_2 \xlongequal{点燃} 2HCl$;$Cl_2$ 与石灰乳反应:$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(ClO)_2 + 2H_2O$。

5. A 【解析】A 项中,生石灰过量,沉淀表面吸附有 Ca^{2+},利用碳酸钠溶液检验 Ca^{2+} 的存在,从而能够判断沉淀是否洗涤干净,正确;整个过程没有发生置换反应,B 错误;在氯化氢气流中加热晶体是为了防止 Mg^{2+} 发生水解,C 错误;电解氯化镁水溶液不会得到镁单质,D 错误。

6. 【答案】(2)$Cl_2 + 2Br^- = Br_2 + 2Cl^-$ 将 Br_2 吹出

(3)$3Br_2 + 3Na_2CO_3 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3CO_2\uparrow$

(4)$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$ 1.6 g

(5)0.07

【解题关键】

(1)理解海水提溴的流程图,明确各步的化学反应原理;

(2)找出已知量的溴与未知量的碳酸钙的相当量关系。

【解析】通过反应 $Cl_2 + 2Br^- = Br_2 + 2Cl^-$ 置换出溴单质后,一般用热空气或水蒸气将 Br_2 吹出;根据各步反应,可确定如下关系:$Br_2 \sim CO_2 \sim CaCO_3$,根据 $CaCO_3$ 的质量可求出原 24 L 海水中 Br_2 的质量为 160 g/mol × 1 g ÷ 100 g/mol = 1.6 g,则海水中溴的浓度为 1.6 g ÷ 24 L = 0.07 g/L。

第 5 章 物质结构 元素周期律

第 1 节 原子结构 原子核外电子排布

【自主学习】

独立思考一:原子的构成

A 级

1.

Z	正
	1
A − Z	不
	1
Z	负

(1)核电核数 质子数 核外电子数

(2)质子数 中子数

(3)质子数 质子数 中子数 核外电子数

2.(2)在空间某点出现的概率 概率

B 级

1. C 【解析】^{37}Cl 的中子数为 20,^{39}K 的中子数为 20;原子序数为 114 的元素位于第 7 周期Ⅳ A 族,与 Pb 处于同主族,最外层电子数相等。H_3O^+ 的质子数和电子数分别为 11、10,OH^- 的质子数和电子数分别为 9、10;O_2^{2-} 的质子数为 16、电子数为 18,S^{2-} 的质子数为 16、电子数为 18。

独立思考二:三素(元素、核素、同位素)

1.

元素	质子
核素	质子数 中子数
同位素	质子数 中子数

(1)化学性质

(2)纯净物

(3)3∶1

3.(1)1/12 (2)35.5

独立思考三:四同(同素异形体、同位素、同分异构体、同系物)

A 级

同位素	同素异形体	同系物	同分异构体
原子	单质	有机化合物	无机、有机化合物
①质子 ②中子	①同一	①同一 ②相似 ③CH_2	①分子 ②结构

B 级

1. C 【解析】A 项,常温下,4.48 L $^{35}Cl_2$ 的物质的量不是 0.2 mol,所含中子数不是 $7.2N_A$;B 项,^{37}Cl、^{35}Cl 互为同位素,但 $^{35}Cl_2$ 与 $^{37}Cl_2$ 不是同分异构体;C 项,氯气中的氯元素处于中间价态,通常情况下,氯气做氧化剂,但氯气也具有还原性;D 项,$^{37}Cl_2$ 的摩尔质量是 74 g·mol^{-1}。

2. C 【解析】次氯酸的电子式为 H:$\ddot{O}$:$\ddot{Cl}$:,A 项错误;同位素的研究对象是原子,B 项错误;同素异形体的研究对象是单质,D 项错误。

独立思考四:核外电子排布

A 级

1. K L M N O P Q

2.(1)能量最低 能量 (2)①$2n^2$ ②8 2 ③18 32

3. (+19) 2 8 8 1 (+17) 2 8 8

4.

H_2、He、H^-、Li^+
CH_4、NH_3、H_2O、HF、NH_4^+、OH^-、H_3O^+、F^-、O^{2-}、Na^+、Mg^{2+}、Al^{3+}、Ne
SiH_4、PH_3、H_2S、HCl、H_2O_2、K^+、Ca^{2+}、Cl^-、S^{2-}、F_2、N_2H_4、C_2H_6、CH_3OH、CH_3CH_3
CO、N_2、Si、C_2H_2、HCN、CN^-
CO_2、N_2O

B 级

【解析】L 层电子数是 K 层电子数的 3 倍,即 L 层有 6 个电子,故 X 为氧元素;核外电子层数等于原子序数的元素只有氢,故 Y 为氢元素;Z 元素的 K、L 层分别有 2 个和 8 个电子,则 M 层上有 6 个电子,故 Z 为硫元素;常温下为气态双原子分子,且原子间以叁键结合的只有 N_2,故 W 为氮元素。(2)中能说明氧比硫非金属性强的事实有很多,其中较为直观的是 O_2 置换 H_2S 中的 S。(4)中 H、O 形成原子个数比为 1∶1 的化合物是 H_2O_2,N、H 形成的化合物分子中电子数也为 18 的分子只能是 N_2H_4。

【答案】(1) (+7) 2 5 (2)O(或氧) $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S\downarrow$

(3)NH_4HSO_4 (4)$N_2H_4 + 2H_2O_2 = N_2 + 4H_2O$

【自我测评】

1. C 【解析】同位素原子的核外电子排布相同,化学性质相同,C 项正确;衰变放出两个质子后变成质子数为 24 的另外一种元素的原子,D 项错误。

2. D 【解析】

选项	具体分析	结 论
A	Al^{3+} 与 Ca^{2+} 的核外电子排布不相同	不符合题意
B	磷元素形成的离子半径大于负二价硫离子的半径	不符合题意
C	Ar 与 Ca^{2+} 的核外电子排布相同	不符合题意
D	K^+ 与 Ca^{2+} 的核外电子排布相同,且其半径小于负二价硫离子的半径	正确

3. D 【解析】

选项	具体分析	结论
A	同系物是指结构相似,分子组成上相差若干个 CH_2 的一系列物质,乙酸和丙二酸中氧原子个数不一样,所以一定不是同系物	错误
B	不同元素的原子构成的分子间也可以含有非极性键,如乙烷中的碳碳键,过氧化氢中的氧氧键	错误
C	核素是具有一定质子数和中子数的原子,二者中子数不同,所以是不同核素	错误
D	ⅣA(用 X 表示)与ⅦA(用 Y 表示)形成的化合物为 XY_4,X 形成四个键,加上原来的 4 个电子,最外层共 8 个电子,每个 Y 形成一个键,加上原来的 7 个电子,共 8 个电子	正确

4. B 【解析】因四种离子的电子层结构相同，所以质子数 a、b、c、d 的大小关系应为 $a>b>d>c$；所以氢化物的稳定性应为 $HZ>H_2Y$；原子半径大小关系应为 X > W。故选 B。

5. C 【解析】选项 A，^3He 的相对原子质量为 3，O_2 的相对分子质量为 32，因体积和密度都相同，则加入的气体的质量相等，故 $n(^3He)>n(O_2)$，则 $p(^3He)>p(O_2)$；选项 B，^3He 的近似相对原子质量为 3；选项 C，^3He 与 ^4He 互为同位素而不是同素异形体；选项 D，质量相同的 ^3He 与 HD 具有相同的中子数。

6.【解析】由题意知 Y 是 O 元素，M 是 S 元素，N 是 Cl 元素，X 是 H 元素，Z 是 Na 元素。(1)Na 与 Cl 形成的化合物是 NaCl，其电子式为 $Na^+[:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}}:]^-$。(2)H 与 O 形成的 10 电子分子是 H_2O，形成的 18 电子分子是 H_2O_2，二者之间的转化为 $2H_2O_2 \xlongequal{MnO_2} 2H_2O+O_2\uparrow$。(3)由题图可知是 SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3，即 $2SO_2+O_2 \underset{\triangle}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$。(4)A 能抑制水的电离，且三种元素的原子个数比为 1∶1∶1，则 A 是 NaOH；B 能促进水的电离，则是能水解的盐，且组成元素的原子个数比也为 1∶1∶1，则是 NaClO 或 NaHS。

【答案】(1)$Na^+[:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}}:]^-$ (2)$2H_2O_2 \xlongequal{MnO_2} 2H_2O+O_2\uparrow$

(3)$2SO_2+O_2 \underset{\triangle}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$ (4)NaOH NaClO 或 NaHS

第 2 节 元素周期表 元素周期律

【自主学习】

独立思考一：元素周期律

A 级

1. 原子序数

2. 核外电子排布

3.

同周期元素(左→右)	同主族元素(上→下)
逐渐增大	逐渐增大
相同	逐渐增大
逐渐增大	相同
逐渐减小(稀有气体除外)	逐渐增大
减小 减小 大于	增大
增大 最外层电子数 -8	等于
减弱 增强	减弱 增强
增强 减弱	减弱 增强
逐渐增大，F 的电负性最大	逐渐减小
逐渐增大(ⅡA、ⅤA 特殊)	逐渐减小
减弱 增强	减弱 增强
增强	减弱

B 级

1. C

2. C 【解析】题中所涉及元素在周期表中的位置如图所示。A 项，原子半径 As > P > Cl，A 错误；B 项，氧化性 Cl > Br > As，热稳定性：HCl > HBr > AsH_3，B 项错误；C 项，氧化性 Cl > S > (P) > As，对应阴离子的还原性 $As^{3-}>S^{2-}>Cl^-$，C 项正确；D 项，氧化性 S > P > As，其最高价氧化物对应水化物的酸性 $H_2SO_4>H_3PO_4>H_3AsO_4$，D 项错误。

P	S	Cl
As		Br

独立思考二：元素周期表

A 级

1. 核电荷数 质子数 核外电子数

2. (1)原子序数

(2)电子层 =

(3)最外层电子数相同 =

3. (1)

序号	1	2	3	4	5	6	7
元素种数	2	8	8	18	18	32	32
0 族元素原子序数	2	10	18	36	54	86	

(2)

主族	列序	1	2	13	14	15	16	17
	族序号	ⅠA	ⅡA	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA
副族	列序	3	4	5	6	7	11	12
	族序号	ⅢB	ⅣB	ⅤB	ⅥB	ⅦB	ⅠB	ⅡB
ⅧB族		8、9、10						
0 族		18						

B 级

1. A 【解析】由题意可知四种元素在周期表中的位置为

		W
X	Y	Z

。根据同周期元素原子半径从左到右逐渐减小，同主族元素原子半径从上到下逐渐增大可知，A 正确。若 W 为氧元素，X 为钠元素，形成的氧化物过氧化钠中含有共价键氧氧键，B 错误。如果 W 为碳元素，Z 为硅元素，则甲烷的沸点小于硅烷的沸点，C 错误。W 与 Y 的原子序数相差 5，则 W 可能为氮元素，Y 为镁元素，二者形成化合物的化学式为 Y_3W_2。

2. A 【解析】解答本题时应根据元素在周期表中的位置推测相应元素，结合同周期、同主族元素性质的递变进行有关推断。X、Y、Z、W、Q 分别为 N、O、Al、S、Cl。A 项，X(N)的最高正价为 +5，Z(Al)的最高正价为 +3，X(N)、Z(Al)的最高正价之和为 8，A 项正确；B 项，原子半径 $r_{Z(Al)}>r_{X(N)}$，B 项错误；C 项，Y^{2-} 为 O^{2-}，Z^{3+} 为 Al^{3+}，它们的核外电子数和电子层数均相同，C 项错误；D 项，元素 W 的最高价氧化物对应的水化物为 H_2SO_4，其酸性比 Q 的最高价氧化物对应的水化物($HClO_4$)弱，D 项错误。

独立思考三：元素周期表和元素周期律的应用

A 级

1. (1)金属 非金属 (2)金属 非金属

2. (2)①> > ②易 不 难

B 级

1. B 【解析】该合成过程只涉及原子的核外电子变化，A 错误；由元素周期表的排布规律可知，117 号元素位于元素周期表的第 7 周期ⅦA 族，且是金属元素，B 正确，C 错误；根据元素周期律可知该元素的性质应该很稳定，D 错误。

2. B 【解析】A 项，该原子的中子数为 269 - 110 = 159，故 A 错；由该元素的原子序数为 110，根据推断元素在周期表中位置的方法，推知它位于第 7 周期Ⅷ族，属于副族元素，故它肯定是金属元素，C、D 错，B 正确。

【自我测评】

1. D 【解析】根据元素所处的位置，可猜测 T、Q、W 为第 3 周期的元素，其中 T 所处的周期序数与族序数相等，则 T 为 Al，Q 为 Si，W 为 S，R 为 N。非金属性越强，最高价对应水化物的酸性和气态氢化物的稳定性就越强。N 的非金属性比 Si 的强，所以 NH_3 比 SiH_4 稳定，A 选项正确；S 的非金属性比 Si 的强，所以 H_2SO_4 比 H_2SiO_3 的酸性强，B 选项正确；同一周期随着原子序数的递增，原子半径逐渐减小，所以原子半径：Al > Si > P，同一主族随着原子序数的递增，原子半径逐渐增大，所以原子半径：P > N，即 Al > Si > P > N，C 选项正确；若是弱酸的铝盐溶液，由于铝离子水解显酸性，弱酸根离子水解显碱性，所以无法确定最终溶液显什么性，D 选项错误。这道题主要是元素“位、构、性”三者关系的综合考查，比较全面考查同学们有关元素推断的知识。

2. B 【解析】由于 3 种元素的核外电子数之和等于 Ca^{2+} 的核外电子数，又由于 X、Z 得到一个电子就可以形成稀有气体的稳定结构，结合选项推断出 X 是 H、Y 是 O、Z 是 F。则原子半径应该是 Y > Z > X；Z 与 Y 形成的是 HF 中含有氢键，故在同族元素中沸点最高；CaO_2 与水反应时 CaO_2 既做氧化剂又做还原剂；CaO_2 中阴阳离子的个数比是 1∶1。

3. C 【解析】依题意可得四种元素在周期表中的相对位置为 $\begin{array}{cc|c} & & A \\ \hline D & B & C \end{array}$，由此可判断 C 项正确。

4. B 【解析】X 是元素周期表中原子半径最小的元素，所以为 H；Y 为ⅣA 族元素，C 或 Si；Z 的核电荷数是 Y 的 2 倍，所以 Y 为 C，Z 为 Mg；W 为 S，所以 R 为 Cl。H 与 S 形成共价键，Mg 和 S 形成离子键，故 B 不正确。

5. C 【解析】J 元素最低负化合价的绝对值与其原子最外层电子数相等，说明 J 的最低化合价与最高化合价绝对值相等，则 J 最外层电子数为 4；根据 J、R 都为短周期元素可知 J 为 C 元素，则 R 应为 S 元素。M 是地壳中含量最多的金属元素，应为 Al 元素；而 T 的原子序数大于 R 的，且为短周期主族元素，应为 Cl 元素。A 项，J 为 C 元素，和 H 元素为有机物的主要组成元素，有机物种类繁多，故 A 正确；B 项，$AlCl_3$ 为共价化合物，熔融状态下不导电，故 B 正确；C 项，同周期元素中，从左到右元素的非金属性逐渐增强，则对应的氢化物的稳定性逐渐增强，故 T 对应的氢化物更稳定，故 C 错误；D 项，T 的非金属性最强，最高化合价为 +7 价，其最高价氧化物对应的水化物中酸性最强的是 $HClO_4$，故 D 正确。

6. 【解析】本题中 A 与 C 形成的化合物常温下为液态，且 A 的原子序数在六者中最小，可猜想 A 为 H，C 为 O，据此再结合题中其他条件可推出 B 为 N、D 为 Na、E 为 S、F 为 Cl。

(1)S、Cl 在同一周期，根据元素周期律，元素非金属性越强，其氢化物也越稳定，故 HCl 的稳定性大于 H_2S 的。

(2)硫原子最外层有 6 个电子，氯原子最外层有 7 个电子，2 个 S 和 2 个 Cl 形成 S_2Cl_2。

(3)Na_2O_2 具有强氧化性，Na_2S 具有还原性，二者在溶液中发生氧化还原反应，生成 S、NaOH，反应的离子方程式为 $Na_2O_2 + S^{2-} + 2H_2O = S\downarrow + 2Na^+ + 4OH^-$。

(4)根据反应：$Cu + 2H_2SO_4(浓) \xlongequal{\triangle} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$，可知 1 mol Cu 参加反应时有 1 mol H_2SO_4 被还原，故被还原的 H_2S0_4 的物质的量为 $a/64$ mol。

【答案】(1)HCl H_2S (2)S_2Cl_2

(3)$Na_2O_2 + S^{2-} + 2H_2O = S\downarrow + 2Na^+ + 4OH^-$

(4)$a/64$ mol

第 3 节 化学键

【自主学习】

独立思考一：化学键

A 级

1.

相互作用	键型		成键微粒	微粒间作用	形成条件	物质类别
化学键	离子键		阴、阳离子	静电作用	活泼金属与活泼非金属之间	强碱、盐、活泼金属氧化物
	共价键	极性	不同非金属原子	共用电子对	非金属与非金属之间	酸、非金属氧化物
		非极性	同种非金属原子			
	金属键		金属阳离子和自由电子	静电作用	金属内部	金属单质
分子间作用力	范德华 分子 熔沸点					
	氢键 N O F 熔沸点 溶解度					

2.

化合物	化学键与物质类别间关系	举例
离子化合物	离子 共价	NaCl、NaOH
共价化合物	共价 离子	HCl、H_2O

物质	化学键与物质类别间关系	举例
	可能只含离子键	NaCl
	可能只含极性键	NH_3、CO_2
	可能只含非极性键	O_2、N_2、S_8、P_4、C_{60}
	可能不含任何化学键	稀有气体单质
	可能既含离子键又含极性键	NaOH、NH_4Cl
	可能既含离子键又含非极性键	Na_2O_2、CaC_2、FeS_2
	可能既含离子键又含极性键还含非极性键	CH_3COONa、CH_3CH_2ONa

B 级

1. 不一定。例如食盐(NaCl)熔化变成自由移动的 Na^+ 和 Cl^-，HCl 溶于水电离成 H^+ 和 Cl^- 等，就没有发生化学变化。

2. (1)由活泼金属元素原子与活泼非金属元素原子形成的化学键不一定都是离子键，如 $AlCl_3$ 中 Al—Cl 键为共价键。

(2)非金属元素的两个原子之间一定形成共价键，但多个原子间也可形成离子键，如 NH_4Cl 等。

3. 加热熔融，测其导电性，如果导电则为离子化合物，否则为共价化合物。

独立思考二：电子式

A 级

1. $H\cdot$ $\cdot Mg\cdot$ $\cdot Al\cdot$ $\cdot\dot{C}\cdot$ $\cdot\dot{N}:$ $:\dot{O}\cdot$ $:\dot{F}:$ $:\dot{A}r:$

2. $H:H$ $:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:$ $:\ddot{O}::\ddot{O}:$ $:N\vdots\vdots N:$

3. $H:\ddot{Cl}:$ $H:\ddot{O}:H$ $H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H$ $H:\overset{H}{\underset{H}{\dot{C}}}:H$

$H:\ddot{O}:\ddot{O}:H$ $H:\overset{H}{\underset{H}{\dot{C}}}::\overset{H}{\underset{H}{\dot{C}}}:H$ $H:C\vdots\vdots C:H$ $H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H$

$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$ $H:\ddot{O}:\ddot{Cl}:$ $:\underset{:\ddot{Cl}:}{\overset{:\ddot{Cl}:}{\ddot{Cl}:C:\ddot{Cl}}}:$

4. Na^+ Mg^{2+} Al^{3+} Ca^{2+}

$[H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H]^+$ $[H:\ddot{\underset{H}{O}}:H]^+$ $[:\ddot{Cl}:]^-$ $[:\ddot{O}:]^{2-}$

$[:\ddot{O}:\ddot{O}:]^{2-}$ $[:\ddot{N}:]^{3-}$ $[:C\vdots\vdots C:]^{2-}$ $[:\ddot{O}:H]^-$

5. $Na^+[:\ddot{Cl}:]^-$ $Mg^{2+}[:\ddot{O}:]^{2-}$ $Mg^{2+}[:\ddot{N}:]^{3-}$ $Mg^{2+}[:\ddot{N}:]^{3-}$ Mg^{2+}

$Na^+[:\ddot{O}:H]^-$

$Na^+[:\ddot{O}:]^{2-}Na^+$ $Na^+[:\ddot{O}:\ddot{O}:]^{2-}Na^+$ $[H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H]^+$ $[:\ddot{Cl}:]^-$ $[:\ddot{Cl}:]^-Mg^{2+}[:\ddot{Cl}:]^-$

6. ①$:\ddot{Cl}\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \longrightarrow :\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:$

②$H\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \longrightarrow H:\ddot{Cl}:$

③$\cdot Mg\cdot + 2:\ddot{Cl}\cdot \longrightarrow [:\ddot{Cl}:]^-Mg^{2+}[:\ddot{Cl}:]^-$

④$\cdot\ddot{N}\cdot + 4H\cdot + :\ddot{Cl}\cdot \longrightarrow [H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H]^+[:\ddot{Cl}:]^-$

B 级

1. A 【解析】判断分子中各原子是否达到 8 电子稳定结构，主要方法有两种：

(1)经验规律法。凡符合最外层电子数 + |化合价| = 8 的皆为 8 电子稳定结构。

(2)试写结构法。判断某化合物中的某元素最外层是否达到 8 电子稳

定结构,应从其结构式或电子式结合原子最外层电子数进行判断,如:①H_2O,氧原子最外层有6个电子,H_2O中每个氧原子又与2个氢原子形成2个共价键,所以H_2O中的氧原子最外层有8个电子;但H_2O中的氢原子最外层有2个电子;②N_2,氮原子最外层有5个电子,N与N之间形成3个共价键,所以N_2中的氮原子最外层达到8电子稳定结构。

2. C

3. 略

【自我测评】

1. D 【解析】凡是含有离子键的化合物一定是离子化合物,故共价化合物中一定没有离子键,但离子化合物中可能含有共价键,如NaOH、Na_2O_2等;含金属元素的化合物有可能是共价化合物,如$AlCl_3$;由非金属元素组成的化合物可能是离子化合物,如NH_4Cl;由分子组成的物质中不一定有共价键存在,如稀有气体,综合上述分析只有D正确。

2. B 【解析】冰→水→水蒸气之间的转化是物理变化,克服的主要作用力是水分子之间的氢键;水蒸气→氢气和氧气的转化是化学变化,克服的主要作用力是水分子中的H—O键。

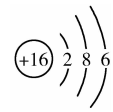
3. D 【解析】NO_2是共价化合物,N与O原子序数相差1,A不正确;X与Y原子序数相差8,则XY_2为SO_2,SO_2为共价化合物,B不正确;X与Y原子序数相差5,如$MgCl_2$是离子化合物但溶于水,C不正确;X与Y原子序数相差6时,XY_2为SiO_2,可溶于强碱溶液,故D正确。

4. C 【解析】A项错误,正确的分子式为$C_3H_3N_3O_3$;B项错误,该分子中只有极性键,即C—N、C═N、C—O和H—O键;C项正确,因为该分子中只有共价键;D项错误,因为氨不是碱,二氧化碳不是酸,且三聚氰酸不是盐,不符合中和反应的定义。

5.【解析】由A原子的电子层数与它的核外电子总数相等和AE分子中含18个电子,可知A为H,E为Cl。A、C同主族,B和C的最外层电子数之和与E的最外层电子数相同,则B的最外层电子数为6,为O,D为S,则C为Na。

(3)水分子中因含有氢键,其沸点高于H_2S。

(4)B、C、E按原子个数比1∶1∶1构成的盐是NaClO,因为$ClO^- + H_2O \rightleftharpoons HClO + OH^-$,故pH>7。

【答案】(1)H_2 

(2)$Na^+[:\ddot{\underset{..}{O}}:H]^-$ 离子键、共价键

(3)水分子之间存在氢键 (4)$ClO^- + H_2O \rightleftharpoons HClO + OH^-$ $2NaClO \xlongequal{光照} 2NaCl + O_2\uparrow$

6.【解析】原子序数依次增大的短周期元素a、b、c、d和e中,a的最外层电子数为其周期数的两倍,b和d的A_2B型氢化物均为V形分子,c的+1价离子比e的-1价离子少8个电子,可推出a为C、b为O、c为Na、d为S、e为Cl。由这些元素形成的双原子分子为CO、O_2、Cl_2;由这些元素形成的三原子分子中直线形的为CO_2、CS_2,非直线形的分子是ClO_2、SO_2、O_3、SCl_2等。这些元素的单质或由它们形成的AB型化合物中,其晶体类型属于原子晶体的是金刚石,离子晶体的是NaCl,金属晶体是Na,分子晶体的是SO_2、Cl_2或CO;元素a和b形成的一种化合物即CO_2与c和b形成的一种化合物即Na_2O_2发生的反应常用于防毒面具中,该反应的化学方程式为$2Na_2O_2 + 2CO_2 \xlongequal{} 2Na_2CO_3 + O_2$。

【答案】(1)C Na (2)CO、O_2、Cl_2

(3)CO_2、CS_2 ClO_2、SO_2、O_3、SCl_2

(4)金刚石 NaCl Na S(或O_2、Cl_2、CO)

(5)$2Na_2O_2 + 2CO_2 \xlongequal{} 2Na_2CO_3 + O_2$

第6章 化学反应与能量转化

【自主学习】

独立思考一:反应热、焓变

A级

1.【思考】化学反应均伴随着能量的变化,铝热反应放热,而$Ba(OH)_2\cdot 8H_2O$与NH_4Cl的反应吸热。我们用吸热和放热来定性地描述一个化学反应所伴随的能量变化,用化学反应的反应热、焓变来定量地描述一个化学反应所伴随的能量变化。

(1)温度 释放 吸收 热效应 反应热

(2)Q 降低 < 升高 > $kJ\cdot mol^{-1}$ $J\cdot mol^{-1}$

(3)①$E_1 > E_2$ $E_1 < E_2$ $Q = E_1 - E_2$

生成物总能量 反应物总能量

(4)常见的放热反应:

①活泼金属与水或酸的反应;②酸碱中和反应;③燃烧反应;④多数化合反应;⑤铝热反应。

常见的吸热反应:

①多数分解反应;②$2NH_4Cl(s) + Ba(OH)_2\cdot 8H_2O(s) \xlongequal{} BaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 10H_2O$;

③$C(s) + H_2O(g) \xlongequal{高温} CO + H_2$;④$CO_2 + C \xlongequal{高温} 2CO$。

2. (1)能量 H $kJ\cdot mol^{-1}$ $J\cdot mol^{-1}$

(2)< 放热 > 吸热

①等压条件 化学能全部 热能 Q_P

②生成物 反应物 ③反应物 生成物

B级

1. 反应是吸热还是放热与反应的自发性无关,有些吸热反应也可自发进行,如$Ba(OH)_2\cdot 8H_2O$与NH_4Cl的反应;有些放热反应需要加热才能进行,如燃料的燃烧反应。

2. 同温同压下,反应的焓变只与反应物的总能量和生成物的总能量有关,与反应条件无关。

3. 物质的键能不等于该物质所具有的能量。物质所具有的能量越高,物质内部的键能越小,物质越不稳定;反之亦然。

4. $-1\ 638\ kJ\cdot mol^{-1}$

独立思考二:热化学方程式

A级

1. 物质 焓变

2. $H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \xlongequal{} H_2O(l)$ $\Delta H = -285.8\ kJ\cdot mol^{-1}$

B级

1. (1)g l s aq

(2)相对应 (3)不同 (4)加倍 符号 不变 183 -366

2. $B_2H_6(g) + 3O_2(g) \xlongequal{} B_2O_3(s) + 3H_2O(l)$ $\Delta H = -2\ 165\ kJ/mol$

独立思考三:中和反应反应热的测定

A级

1. 1 mol

2. $H^+(aq) + OH^-(aq) \xlongequal{} H_2O(l)$ $\Delta H = -57.3\ kJ/mol$

3. 量热计的组成与作用:
- 温度计;作用:测量反应前后溶液的温度
- 搅拌棒;作用:使反应充分进行,体系的温度均匀
- 外筒(填充碎泡沫塑料);作用:保温
- 内筒;作用:反应容器

【思考】(1)保温作用。(2)防止热量挥发。(3)不能,因为铜丝导热。(4)保证反应完全。

4. 起始 终止

B级

1. 三组化学反应的实质均为$H^+(aq) + OH^-(aq) \xlongequal{} H_2O(l)$,三组实验中所用溶液的体积相同,溶液中$H^+$和$OH^-$的浓度也相同,反应均在室温下进行,因此三个反应的反应热也是相同的。

2. 酸碱的浓溶液在稀释时会放热,使中和热的数值偏大;将稀盐酸换成稀CH_3COOH溶液,因为CH_3COOH为弱酸,电离时要吸热,使中和热的数值偏小。

独立思考四:盖斯定律

A级

1. 一步完成还是分步完成 始态 终态

3. (1)这几个化学反应的焓变相加减

(2)加和 $\Delta H_1 + \Delta H_2$

B级

B 【解析】CO气体还原足量FeO固体得到固体Fe和CO_2气体的反应

为 $FeO(s)+CO(g)\xlongequal{}Fe(s)+CO_2(g)$，根据盖斯定律，该反应可以通过①×1/2－②×1/2－③×1/3 得到，其反应热 $\Delta H=(-24.8\times1/2+15.73\times1/2-640.4\times1/3)\ kJ/mol\approx-218\ kJ/mol$。则 14 g CO 气体还原足量 FeO 固体得到固体 Fe 和 CO_2 气体时对应的 ΔH 为 －109 kJ/mol。

独立思考五：能源

1.（1）煤　石油　天然气　（2）不可再生

2.（2）可以再生

【自我测评】

1. ④⑤⑥⑦　③⑧　【解析】①液态水汽化、⑨硝酸铵溶于水、⑩干冰气化，均属于吸热过程，没有发生化学反应。②浓硫酸稀释属于放热过程。

2. B　【解析】燃烧热是指 1 mol 可燃物完全燃烧生成稳定的氧化物所放出的能量。根据题中已知条件可知，1 mol CO 完全燃烧，放出热量应为 283 kJ，故 A 错；CO 的燃烧热应为 283 kJ/mol，故 D 错；CO(g) 与 Na_2O_2(s) 反应放出 509 kJ 热量时，电子转移数应为 $2\times6.02\times10^{23}$，故 C 错。

3. A　【解析】同一物质在不同的状态下其自身所具有的能量不同，一般情况下：$H(g)>H(l)>H(s)$；对于同一个化学反应，ΔH 与反应方程式中各物质化学式前的化学计量数成对应关系，系数扩大或缩小多少倍，ΔH 也随之扩大或缩小多少倍；ΔH 的比较要带着符号一同比较，例如 A 中，两个反应均为放热反应，故 ΔH 均为负值，又因前者生成的是 $H_2O(g)$，故前者放出的热量小于后者，ΔH 的数值小，ΔH 反而大。

4. D　【解析】醋酸为弱电解质，其在水中的电离过程需要吸热，故醋酸与 NaOH 溶液反应时放出的热量有一部分用于醋酸的电离，放出的热量在数值上小于 57.3 kJ·mol^{-1}；浓硫酸在溶于水的过程中要放热，故浓硫酸与 NaOH 溶液反应时放出的热量大于 57.3 kJ·mol^{-1}；稀硝酸与 NaOH 溶液反应放出的热量等于 57.3 kJ·mol^{-1}；焓变连同符号一同比较，故 D 正确。

5. D　【解析】燃烧热的定义为 25 ℃、101 kPa 时，1 mol 可燃物完全燃烧生成稳定氧化物时放出的热量。液态水为稳定氧化物形式，故 A 错；B 项，根据热化学方程式的含义，与 $N_2(g)+3H_2(g)\overset{\text{高温、高压}}{\underset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}}2NH_3(g)$ 对应的热量是 1 mol 氮气完全反应时的热量，但此反应为可逆反应，虽然投入0.5 mol的氮气，但最终参加反应的氮气一定小于 0.5 mol。所以 ΔH 小于 －38.6 kJ/mol，B 错；C 项，氢原子转化为氢分子，形成化学键放出能量，说明2 mol 氢原子的能量大于 1 mol 氢分子的能量，C 错；D 项的反应是典型的吸热反应，在常温下不能自发进行，D 正确。

6.【解析】（2）NH_3 与 NaClO 反应中 N 的化合价升高；Cl 的化合价降低，得到 －1 价的氯化钠；

（3）根据盖斯定律推导得 $\Delta H=\Delta H_2\times2-\Delta H_1$；（4）负极发生氧化反应，注意碱性条件。

【答案】（1）5

（2）$2NH_3+NaClO\xlongequal{}N_2H_4+NaCl+H_2O$

（3）$2N_2H_4(l)+N_2O_4(l)\xlongequal{}3N_2(g)+4H_2O(g)$

$\Delta H=-1\ 048.9\ kJ\cdot mol^{-1}$

（4）$N_2H_4+4OH^--4e^-\xlongequal{}4H_2O+N_2\uparrow$

第 7 章　化学反应速率和化学平衡

第 1 节　化学反应速率和化学平衡

【自主学习】

独立思考一：化学反应速率

A 级

1. 化学反应进行快慢程度　2. 减少　增加

3. $v=\frac{\Delta c}{\Delta t}$　$mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$　$mol\cdot L^{-1}\cdot s^{-1}$

4.（1）平均速率　正　（2）$m:n:p:q$　不同　相同　（3）常数

B 级

1. D　【解析】把四个选项都化为以 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$ 为单位 A_2 的速率，可得 B、C、D 项的速率数值分别为 0.27、0.3、0.6，故选 D。

2. C

独立思考二、影响化学反应速率的因素

A 级

1.（1）①能够发生化学反应　②较高能量（能量超过活化能）　有效碰撞　③活化能　ΔH

（2）

项目 / 条件改变	活化能	单位体积内分子总数	单位体积内		有效碰撞次数	化学反应速率
			活化分子数	活化分子百分数		
增大浓度	不变	增加	增加	不变	增加	增大
增大压强	不变	增加	增加	不变	增加	增大
升高温度	不变	不变	增加	增加	增加	增大
加催化剂	减小	不变	增加	增加	增加	增大

2.（1）性质

（2）①越大　常数　无　$S_2O_3^{2-}+2H^+\xlongequal{}S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$　短

②浓度　a. 增大　增大　加快　增大　不变　不变　b. 减小　减小　c. 增大　增大　加快　无关

③越快　2～4　④加快　相同

B 级

1. 不正确。催化剂参与了化学反应，只是消耗和生成的量相同，所以质量不变。催化剂能加快反应速率的原理就在于改变了反应历程，降低了活化能。

2. BC　【解析】催化剂能改变化学反应速率的原因是它能改变反应机理，在化学反应过程中，催化剂参与反应，经过一系列变化之后，催化剂又恢复到原来的状态；尽管催化剂能改变化学反应速率，但对于不能起反应的物质，是不能使其反应的；在电解水中加入少量 NaOH，可增大水中离子浓度，加快电荷移动速率，NaOH 并没有改变反应机理，故不是催化剂；另外，有些反应是不需要催化剂的，如燃烧、中和反应等。

3. AC　【解析】A 选项 C 为固体，改变它的量不影响反应速率；C 选项中充入 N_2 使体系压强增大，但容器的容积不变，参加反应的各气体浓度不变，故反应速率不变；D 选项中保持恒压，充入 N_2 使容器体积增大，参加反应的各气体浓度减小，反应速率减小。

【自我测评】

1. C　【解析】化学反应速率是用来衡量化学反应进行快慢的，通常用单位时间内某一种反应物或生成物的物质的量浓度的变化值来表示，$V=\frac{\Delta c}{\Delta t}$。

2. C　【解析】随着反应的进行，反应物浓度减小，反应速率减慢，所以需要时间延长。

3. A　【解析】本题考查温度对化学反应速率的影响。对可逆反应而言，当温度升高时，无论正反应是吸热反应还是放热反应，化学反应速率都将增大，只不过增大的程度不一致。

4.【解析】（1）该反应的化学方程式是 $2KClO_3+6NaHSO_3\xlongequal{}3Na_2SO_4+2KCl+3H_2SO_4$，开始时，随着反应的进行，不断有强酸 H_2SO_4 生成，$c(H^+)$ 不断增大，反应速率也随之增大。

（2）随着时间的延长，$KClO_3$ 和 $NaHSO_3$ 被消耗而愈来愈少，浓度愈来愈小，因此反应速率下降。

【答案】（1）随着反应的进行，不断有强酸 H_2SO_4 生成，$c(H^+)$ 不断增大，反应速率也随之增大　（2）反应物浓度愈来愈小

5.【解析】（1）由图示可知 X、Y、Z 三种物质物质的量的变化量分别为

$\Delta n(X)=1.0\ mol-0.7\ mol=0.3\ mol$；

$\Delta n(Y)=1.0\ mol-0.9\ mol=0.1\ mol$；

$\Delta n(Z)=0.2\ mol-0\ mol=0.2\ mol$。

故化学方程式中 X、Y、Z 三种物质的化学计量数之比为 0.3 mol∶0.1 mol∶0.2 mol＝3∶1∶2。

因此，反应的化学方程式为 $3X+Y\rightleftharpoons2Z$。

（2）Z 物质在 2 min 内的平均反应速率，可通过先求出 Z 物质的物质的量浓度的变化量，再根据反应速率的计算式（$\Delta c/\Delta t$）求解。综合列式为：

$$v(Z)=\frac{\Delta c}{\Delta t}=\frac{\Delta n/V}{\Delta t}=\frac{0.2\ mol/2\ L}{2\ min}=0.05\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}。$$

X 的转化率 $=\frac{1.0-0.7}{1.0}\times100\%=30\%$。

【答案】(1)$3X+Y\rightleftharpoons2Z$　(2) 0.05 mol·L^{-1}·min^{-1}　30%

6.【解析】(1)上述实验中发生反应的化学方程式有 $Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$ 和 $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\uparrow$。

(2)由于生成了铜,因此在溶液中构成了 Zn-Cu 原电池,这样便加快了氢气产生的速率。

(3)根据金属活动性顺序表,能与 Zn 发生置换反应的只有 Ag_2SO_4。

(4)要加快上述实验中气体产生的速率,还可采取的措施有升高反应温度、适当增加硫酸的浓度、增大锌粒的表面积等。

(5)①因为生成相同体积的气体,而金属 Zn 是过量的,则 4 mol·L^{-1}硫酸的体积应相同,所以 $V_1=V_2=V_3=V_4=V_5=30$ mL。又由实验 F 可知,溶液的总体积为 $V_5+20=30+20=50$ mL,因此 $V_6=50$ mL-10 mL-30 mL$=10$ mL;$V_9=50$ mL-2.5 mL-30 mL$=17.5$ mL。

②由于 A 中未加入饱和 $CuSO_4$ 溶液,则实验 A 中的金属呈灰黑色;而 E 中加入了 10 mL 的饱和 $CuSO_4$ 溶液,与金属 Zn 发生了反应生成了单质 Cu 并沉积在 Zn 的表面,故实验 E 中的金属呈暗红色。

③当加入少量 $CuSO_4$ 溶液时,由于构成了 Zn-Cu 原电池,因而生成氢气的速率会大大提高。当加入一定量的$CuSO_4$后,生成的单质铜会沉积在 Zn 的表面降低了 Zn 与溶液接触的表面积,使得氢气生成速率反而下降。

【答案】(1)$Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$ 和 $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\uparrow$

(2)$CuSO_4$ 与 Zn 反应产生的铜与 Zn 形成微电池,加快了氢气产生的速率

(3)Ag_2SO_4

(4)升高反应温度,适当增加硫酸的浓度或增加锌粒的表面积(答两个即可)

(5)①30　10　17.5　②灰黑色　暗红色　③当加入一定量的 $CuSO_4$ 后,生成的单质铜会沉积在 Zn 的表面降低了 Zn 与溶液接触的表面积

第 2 节　化学平衡状态　化学平衡的移动

【自主学习】

独立思考一:化学平衡状态

A 级

1. 同一条件　正　逆

2. (1)可逆　相等　组成

(2)①最大　最大　为 0　为 0　②减小　减小　增大　增大　③相等　保持不变

(3)①可逆反应　②等于　③动态平衡　$v_{正}=v_{逆}\neq0$　④保持不变　⑤发生移动

(4)①达到平衡　达到平衡　达到平衡　②达到平衡　达到平衡　不一定达到平衡　不一定达到平衡　③达到平衡　不一定达到平衡　④达到平衡　不一定达到平衡　⑤达到平衡　⑥不一定达到平衡　达到平衡　不一定达到平衡　⑦达到平衡

B 级

1. 不是可逆反应,可逆反应是在同一条件下向正逆两个方向进行的反应。不能完全转化,可逆反应中任何物质的转化率均达不到 100%。

2. A　【解析】极限法:全转化为反应物得到一个极限值,全转化为生成物得到另一个极限值,范围在两个极限值之间,因反应可逆而取不到两个极限值。因此 $0<c(X_2)<0.2$ mol·L^{-1},$0<c(Y_2)<0.4$ mol·L^{-1},$0<c(Z)<0.4$ mol·L^{-1}。

3. ②⑥⑨　⑦⑧⑨⑩　⑦⑧⑩

【解析】①②④是速率标志,只有 $v(正):v(逆)=$ 化学计量数比,才能标志平衡。①应为 $2v(H_2)_{正}=v(HI)_{逆}$,标志平衡。②H—H 键断裂为正反应,H—I 键断裂为逆反应。④没有正逆,任意时刻均满足。⑤达平衡时各组分浓度不再改变,但不一定等于化学计量数比,所以⑤不能标志平衡,⑥能标志平衡。$H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons2HI(g)$ 是反应前后化学计量数和相等的反应,任意时刻压强相等,气体质量又不变,所以⑦⑧不能标志平衡。达平衡时组成不再改变,颜色也不再改变,所以颜色不变一定标志平衡,⑨正确。⑩反应前后化学计量数和相等,任意时刻体积不变,密度不变。

对于反应 $2NO_2(g)\rightleftharpoons N_2O_4(g)$,反应前后化学计量数和不相等,所以⑦⑧⑩均可标志平衡。达平衡时组成不再改变,颜色不再改变,所以颜色不变一定标志平衡,⑨正确。体积不变,质量也不变,所以密度任意时刻都相同,不能标志平衡。

对于反应 $H_2(g)+I_2(s)\rightleftharpoons2HI(g)$,反应前后化学计量数和不相等,所以⑦⑧⑩均可标志平衡。达平衡时组成不再改变,但是 H_2 和 HI 均无色,所以颜色不变不能标志平衡,⑨错误。⑪因为碘为固体,体积不变,气体质量不同时刻在改变,所以密度不变时一定达到平衡状态。

独立思考二:化学平衡的移动

A 级

1. 温度　压强　浓度　改变　新的平衡状态　原平衡状态　新平衡状态

3. (1)>　(2)=　(3)<

4. (1)正反应　逆反应　气体体积减小　气体体积增大　平衡不移动　吸热　放热

(2)不　(3)减弱这种改变　介于 $p\sim2p$ 之间

B 级

1.

	新平衡与原平衡比		改变瞬间二者关系	移动方向	N_2 转化率
	$v_{正}$	$v_{逆}$			
缩小容积(即加压)	增大	增大	$v_{正}>v_{逆}$	正向	增大
升温	增大	增大	$v_{正}<v_{逆}$	逆向	减小
定容充入 N_2(N_2 浓度增大)	增大	增大	$v_{正}>v_{逆}$	正向	减小
定容充入惰性气体(浓度均不变)	不变	不变	$v_{正}=v_{逆}$	不移动	不变
定压充入惰性气体(相当于扩大容积减压)	减小	减小	$v_{正}<v_{逆}$	逆向	减小
分离出 NH_3(降低 NH_3 浓度)	减小	减小	$v_{正}>v_{逆}$	正向	增大
使用(正)催化剂	增大	增大	$v_{正}=v_{逆}$	不移动	不变

2. ③⑤⑧⑨⑩　【解析】勒夏特列原理即平衡移动原理。①中采用常压的原因是 SO_2 在常压下转化率已经很高,没必要采用高压,与勒夏特列原理无关;②催化剂不能使平衡移动,加入催化剂有利于反应是为了加快反应速率,与勒夏特列原理无关;③高压有利于平衡正向移动,能用平衡移动原理解释;④500 ℃左右催化剂活性最高,反应速率最快,与勒夏特列原理无关;⑤存在平衡:$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons HCl+HClO$,光照发生反应:$2HClO\xrightarrow{光照}2HCl+O_2\uparrow$,可使平衡向正反应方向移动,$Cl_2$ 浓度减小,颜色变浅,符合上述原理;⑥存在平衡:$H_2+I_2(g)\rightleftharpoons2HI$,加压平衡不移动,不能用平衡移动原理解释,加压颜色变深是由于 I_2 的浓度增大;⑦$2FeCl_3+Fe=3FeCl_2$,不是可逆反应,不存在平衡;⑧酯的水解反应是可逆反应:酯+水$\rightleftharpoons$酸+醇,在强碱存在的条件下,碱可以中和水解生成的酸,使水解平衡向右移动;⑨氨水中存在平衡:$NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$,所以加入氢氧化钠后平衡左移,有利于产生氨气;⑩$SO_2$ 和 O_2 反应生成 SO_3 的反应是气体体积减小的反应,所以加压条件下平衡向右移动,有利于 SO_3 生成。

独立思考三:化学平衡的图像

A 级

1. (1)快　高　有　大

2. (1)>　增大　正反应　吸热　②<　增大　正反应　>　③a

(2)①减小　逆反应　放热　增大　正反应　>　②增大　正反应　吸热　增大　正反应　>

(3)3　1　2、4

B 级

1. C　【解析】T 相同时(上面 2 条曲线),p 越大反应速率 v 越快,达到化学平衡的时间 t 越短,故 $p_1>p_2$;若从纵坐标 $n(Z)$ 来分析,$p_2\rightarrow p_1$ $n(Z)$ 增大,平衡向正反应方向移动,对照反应特征(气体体积减小)可知 $p_1>p_2$。同理,压强相同时(下面 2 条曲线),温度越高反应速率越快,达到化学平衡的时间越短,故 $T_1>T_2$;或从 $n(Z)$ 来分析,$T_2\rightarrow T_1$ $n(Z)$ 减小,平衡向逆反应方向移动(正向放热则逆向吸热),说明 $T_1>T_2$。

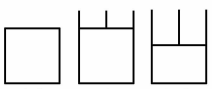
2. B 【解析】根据勒夏特列原理，增大 p，$v_{正}$、$v_{逆}$都增大，但气体分子数多的一边增大的幅度大，平衡向气体体积缩小的方向移动。由图示可知，$v_{正}$ 斜率大，即随 p 增大 $v_{正}$ 增大得多，B 选项符合图示。

3. CD 【解析】正反应放热则逆反应吸热，观察曲线可知，T 升高化学平衡向逆反应方向移动，气体的$\overline{M}$减小。由平均摩尔质量定义$\overline{M}=\frac{m_{总}}{n_{总}}$可判断：$T$ 升高，A 和 B 都是固体时，只有 1 种气体 C，$\overline{M}$不变；A 和 B 是气体时，气体的 $m_{总}$ 不变，$n_{总}$ 变大，$\overline{M}$减小，符合题意，但不是绝对唯一的；当 B 为固体，A 为气体时，气体的 $n_{总}$ 不变，但 $m_{总}$ 减小，同样导致$\overline{M}$减小，故正确答案为 C、D。

【自我测评】

1. A 【解析】由题意知该反应是一个放热的可逆反应，升高温度平衡向吸热反应方向移动，依据平衡常数的表达式 $K=\frac{c^2(H^+)}{c(Cr_2O_7^{2-})\cdot c^2(Pb^{2+})}$可知，$K$ 应该减小，A 正确；pH 增大，溶液碱性增强，会中和溶液中的 H^+，降低生成物浓度，平衡向正反应方向移动，$Cr_2O_7^{2-}$ 的转化率会增大，B 不正确；温度升高，正、逆反应速率都增大，C 错误；增大反应物 Pb^{2+} 的浓度，平衡向正反应方向移动，$Cr_2O_7^{2-}$ 的物质的量会减小，D 不正确。

2. B 【解析】根据题意，甲、乙两容器可设为如图所示装置，$2SO_2+O_2\rightleftharpoons 2SO_3$ 是一反应前后气体总物质的量减少的反应。甲容器保持体积不变，压强变小；乙容器保持压强不变，体积减小，达到平衡状态时转化为状态丙。假设乙中的活塞不移动，由于甲、乙两个容器的体积、温度相同，达到平衡时甲、乙两容器中存在的平衡是等效平衡，其中 SO_2 的转化率也相等。对于乙和丙两个状态，乙中压强小于丙中压强，因此丙中 SO_2 转化率大于乙中 SO_2 转化率。由此可以判断出丙中 SO_2 的转化率也大于甲中 SO_2 的转化率。



3. B 【解析】本题考查了平衡移动原理的应用。A 项，加入催化剂只能改变反应速率，不会使平衡移动。B 项，由图(1)知随着温度的升高，M 的体积分数降低，说明正反应吸热，所以温度升高平衡正向移动，Q 的体积分数增加。C 项，对比(1)(2)可以看出相同温度时，压强增大 M 的体积分数增大，所以正反应是气体体积增大的反应，增大压强 Q 的体积分数减小。

4. 【解析】(1)①A 项不能表示正、逆反应速率相等；B 项反应进行则压强增大；C 项恒容，反应进行则密度增大；D 项反应物是固体，NH_3 的体积分数始终为 2/3。

②需将 25 ℃的总浓度转化为 NH_3 和 CO_2 的浓度；K 可不带单位。

③加压，平衡逆向移动；④据题表中数据知，升温，平衡正向移动，$\Delta H>0$；固体分解为气体，$\Delta S>0$。

(2)⑤$v=\frac{\Delta c}{t}=\frac{2.2\ mol\cdot L^{-1}-1.9\ mol\cdot L^{-1}}{6\ min}=0.05\ mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$。

⑥图中标▲与标●的曲线相比能确认。

【答案】(1)①BC ②$K=c^2(NH_3)\cdot c(CO_2)=(2c/3)^2\cdot(c/3)\approx 1.6\times 10^{-8}(mol\cdot L^{-1})^3$

③增加 ④> >

(2)⑤0.05 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$

⑥25 ℃反应物的起始浓度较小，但 0～6 min 的平均反应速率(曲线的斜率)仍比 15 ℃大

5. 【解析】由图像知在第Ⅰ阶段达到平衡时 A、B、C 的浓度变化量分别是 1.0、3.0 和 2.0，所以反应的化学方程式中，$a:b:c=1:3:2$；由图像可以计算出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ阶段 A 的平均反应速率的数值分别为 1/20 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$、0.38/15 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$ 和 0.12/15 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$，$v_Ⅰ(A)$、$v_Ⅱ(A)$、$v_Ⅲ(A)$从大到小排列次序为 $v_Ⅰ(A)>v_Ⅱ(A)>v_Ⅲ(A)$；同理可以计算出 B 的平衡转化率 $\alpha_Ⅰ(B)$、$\alpha_Ⅱ(B)$、$\alpha_Ⅲ(B)$分别为 0.5、0.38 和 0.19；由第一次平衡到第二次平衡是 C 的浓度瞬间降低到 0，即移走产物 C，平衡向正反应方向移动；第Ⅱ阶段和第Ⅲ阶段相比，反应物浓度降低，生成物浓度增大，平衡向正反应方向移动，因为反应放热，所以是降低了温度。

【答案】(1)1∶3∶2 (2)$v_Ⅰ(A)>v_Ⅱ(A)>v_Ⅲ(A)$ (3)$\alpha_Ⅲ(B)$ 19%(或 0.19) (4)正反应方向 从反应体系中移出产物 C (5)> 此反应为放热反应，降低温度，平衡向正反应方向移动

第 3 节 化学平衡常数 化学反应进行的方向

【自主学习】

独立思考一：化学平衡常数

A 级

1. 化学平衡状态 浓度幂之积 浓度幂之积 K

2. $\frac{c^p(C)\cdot c^q(D)}{c^m(A)\cdot c^n(B)}$

3. (1)越大 越大

4. (1)温度 (2)改变 改变

5. (1)浓度商 正反应 > 平衡 = 逆反应 < (2)>0 <0

(3)$cC(g)\rightleftharpoons aA(g)+bB(g)$

B 级

1. 正逆反应的化学平衡常数不一样，互为倒数关系。

2. C 【解析】依平衡常数的表达式可知 A 正确；升高温度 K 减小，平衡左移，正反应为放热反应，B 正确；5 min 后 CO、H_2O、CO_2、H_2 的浓度分别为 0.6 $mol\cdot L^{-1}$、0.6 $mol\cdot L^{-1}$、0.4 $mol\cdot L^{-1}$、0.4 $mol\cdot L^{-1}$，$\frac{c(CO_2)\cdot c(H_2)}{c(CO)\cdot c(H_2O)}=\frac{(0.4\ mol\cdot L^{-1})^2}{(0.6\ mol\cdot L^{-1})^2}<1$，平衡向右移动，C 错误；$\frac{c(CO_2)\cdot c(H_2)}{c(CO)\cdot c(H_2O)}=\frac{3}{5}$，D 正确。

独立思考二：化学反应进行的方向

A 级

2. (1)高能 低能 做功 释放 (2)有序 无序

3. (1)降低 < 有

(2)①混乱(或有序)程度 S > > ②熵的变化 生成物 反应物 ΔS ③增大 增 >

(3)②$\Delta H-T\Delta S$ ③能自发进行 达到平衡状态 不能自发进行

焓变反应的自发性与温度的关系
任何温度都能自发进行
较低温度下能自发进行
高温下能自发进行
任何温度都不能自发进行

B 级

1. 不对。放热过程有自发进行的倾向性，但并不一定都能自发进行，如碳的燃烧等；吸热过程没有自发进行的倾向性，但并不一定都不能自发进行，如水的蒸发等。

2. 不一定，化学反应方向的判据指出的仅仅是在一定条件下化学反应自发进行的趋势，并不能说明在该条件下反应一定能实际发生，还要考虑化学反应的快慢问题。温度一定时，放热则 $\Delta H<0$，熵增加则 $\Delta S>0$，$\Delta G=\Delta H-T\Delta S<0$，所以一定能自发进行。

3. B 【解析】A 项不能自发进行，说明该反应 $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$ 不小于零，因为该反应 $\Delta S>0$，所以 $\Delta H>0$，A 错；B 项铁比铜活泼，镀层受损后，形成原电池铁做负极，更易腐蚀，正确；C 项合成氨为放热反应，升高温度，反应速率加快，氢气转化率变小(平衡逆向移动)，错误；D 项水的离子积常数随温度升高而增大，说明水的电离是吸热反应。

独立思考三：等效平衡

A 级

1. 正反应 逆反应 中间某一时刻 同一个平衡状态 物质的量分数(或体积分数)

(3)物质的量分数(或体积分数)

B 级

1. 【解析】

	$2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$		
原始物质的量/mol	2	1	0
起始物质的量/mol	a	b	c
等效起始的量/mol	$a+c$	$b+c/2$	0

$a+c=2$ mol ①，$b+c/2=1$ mol ②。

(1)把 $a=0$，$b=0$ 代入①②得：$c=2$ mol.

(2)把 $a=0.5$ mol 代入①②得:$c=1.5$ mol,$b=0.25$ mol。

【答案】(1)2 mol (2)0.25 mol 1.5 mol (3)$a+c=2$ mol $2b+c=2$ mol

2.【解析】反应前后气体体积不变,所以只要和原投料组成比相同就可以。最后一问设 HBr 有 x mol 得:$(n+x/2)/(m+x/2)=1/2$,解得 $x=2m-4n$;

所以相当于加入了 H_2 $n+x/2=(m-n)$ mol,即生成 $(m-n)a$ 的 HBr。

【答案】(1)$0.5a$ (2)0 0.5 (3)$(2m-4n)$ $(m-n)a$

3. BD 【解析】本题属于基本理论中化学平衡、反应的能量变化、体系压强、反应物转化率综合的一个问题,也是简单等效平衡原理具体应用的一个问题。甲容器反应物投入量 1 mol N_2、3 mol H_2 与乙容器反应物投入量 2 mol NH_3 在保持恒温、恒容情况下是两个简单等效平衡,平衡时 NH_3 的浓度 $c_1=c_2$、$p_1=p_2$、$\alpha_1+\alpha_2=1$、$a+b$ 能量总变化相当于 1 mol N_2、3 mol H_2 完全转化成 2 mol NH_3 的能量,即不论是吸热反应还是放热反应,$a+b$ 在数值上都等于 92.4。

甲容器反应物投入量 1 mol N_2、3 mol H_2 与丙容器反应物投入量 4 mol NH_3,若恒温丙容器容积是甲容器 2 倍,则甲容器与丙容器也是等效平衡,然而现在是温度、容积相同的 3 个密闭容器,我们可以假设把丙容器容积压缩成与甲容器容积相同,则丙容器中的平衡正向移动,因此 $2c_1<c_3$、$2p_2>p_3$、$\alpha_1+\alpha_3<1$,所以答案为 B、D。

【自我测评】

1. C 【解析】A 项正确,X 的转化率 $=\frac{0.4}{0.5}\times100\%=80\%$;B 项,从表中数据可推出其反应比例为 0.4∶0.5∶0.4∶0.6=4∶5∶4∶6,正确;C 项,因方程式右边化学计量数和大,所以增大压强时平衡逆向移动,错误。

2. C 【解析】实验①中 5 min 内 $v(N)=v(M)=1.0\times10^{-3}$ mol/(L·min),A 项错误;实验②中平衡时 X、Y、M、N 的浓度分别为 0.002 mol/L、0.032 mol/L、0.008 mol/L 和 0.008 mol/L,求得 $K=1.0$,B 项错误;实验③中反应掉的 X 为 a mol,则平衡时 X、Y、M、N 的物质的量分别为(单位为 mol,略去)$(0.20-a)$、$(0.30-a)$、a 和 a,则根据化学平衡常数 $K=1.0$ 可求得 $a=0.12$,即 X 的转化率为 60%,C 项正确;根据实验①和②可求出 700℃和 800℃的平衡常数,从而可确定该反应为放热反应,实验③中 $a=0.12$,实验③到④为升温过程,升温平衡向左移动,X 的转化率降低(小于 60%),即 $b<0.060$,D 项错误。

3.【解析】(1)①化学反应:$N_2+3H_2\rightleftharpoons2NH_3$ 在定温、定压下进行,要使平衡状态与原平衡状态等效,只要起始时 $\frac{V(N_2)}{V(H_2)}=\frac{2}{6}$ 就可以达到。已知起始时各物质的体积分别为 1 体积 N_2、b 体积 H_2 和 2 体积 NH_3。根据"等价转换"法,将 2 体积 NH_3 通过反应的化学计量数之比换算成 N_2 和 H_2 的体积,则相当于起始时有(1+1)体积 N_2 和$(b+3)$体积 H_2,它们的比值为 $\frac{1+1}{b+3}=\frac{2}{6}$,解得 $b=3$。

因反应前混合气体为 8 体积,反应后混合气体为 7 体积,体积差为 1 体积,由差量法可解出平衡时为 1 体积 NH_3;而在起始时,$a=1$,$c=2$,$b=3$,则总体积为 6 体积,比平衡状态时小,为达到同一平衡状态,体积必须增大,所以平衡逆向移动。

②若需让反应逆向进行,由上述①所求出的平衡时 NH_3 的体积为 1 可知,c 的体积必须大于 1,最大值则为 2 体积 N_2 和 6 体积 H_2 完全反应时产生的 NH_3 的体积,即为 4 体积,则 $1<c\leqslant4$。

(2)由 6.5<7 可知,上述平衡应向气体体积缩小的方向移动,亦即向放热反应方向移动,所以采取降温措施。

【答案】(1)①3 逆 ②$1<c\leqslant4$ (2)降温 题给反应的正反应是气体体积减小的放热反应,故降温可使平衡正向移动

4.【解析】本题主要考查化学反应方程式的书写、反应热及有关平衡常数的计算,侧重考查同学们观察、分析图像的能力及化学计算的能力。(1)实验室常用 MnO_2 与浓盐酸在加热条件下制取 Cl_2:MnO_2+4HCl(浓)$\xrightarrow{\triangle}MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$。(2)$CH_4$ 与 CO_2 在高温下反应:$CH_4(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons2CO(g)+2H_2(g)$,$\Delta H$=反应物的燃烧热$-2\times$产物的燃烧热$=-890.3\ kJ\cdot mol^{-1}+2\times283.0\ kJ\cdot mol^{-1}+2\times285.8\ kJ\cdot mol^{-1}=247.3\ kJ\cdot mol^{-1}$,因此生成 1 m^3(标准状况)CO 所需能量:$\frac{1\ 000\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}\times\frac{1}{2}\times247.3\ kJ\cdot mol^{-1}\approx5\ 517\ kJ=5.52\times10^3\ kJ$。(3)$CHCl_3$ 中的碳元素为+2 价,$COCl_2$ 中的碳元素为+4 价,反应过程中 $CHCl_3$ 与 H_2O_2 的物质的量相等,因此可写化学方程式:$CHCl_3+H_2O_2\rightleftharpoons HCl+H_2O+COCl_2$。(4)①8 min 时,$Cl_2$、CO、$COCl_2$ 的平衡浓度分别为 $0.11\ mol\cdot L^{-1}$、$0.085\ mol\cdot L^{-1}$、$0.04\ mol\cdot L^{-1}$,$K=\frac{c(Cl_2)\cdot c(CO)}{c(COCl_2)}=\frac{0.11\ mol\cdot L^{-1}\times0.085\ mol\cdot L^{-1}}{0.04\ mol\cdot L^{-1}}=0.234\ mol\cdot L^{-1}$。②2 min 时,$K=\frac{c(Cl_2)\cdot c(CO)}{c(COCl_2)}=\frac{0.095\ mol\cdot L^{-1}\times0.070\ mol\cdot L^{-1}}{0.055\ mol\cdot L^{-1}}\approx0.130\ mol\cdot L^{-1}$,由 2 min 到 8 min,$K$ 增大,平衡右移,说明 $T(2)<T(8)$。③12 min 时,Cl_2、CO 的平衡浓度分别为 $0.12\ mol\cdot L^{-1}$、$0.06\ mol\cdot L^{-1}$,根据 $K=\frac{c(Cl_2)\cdot c(CO)}{c(COCl_2)}=\frac{0.12\ mol\cdot L^{-1}\times0.06\ mol\cdot L^{-1}}{c(COCl_2)}=0.234\ mol\cdot L^{-1}$,可求 $c(COCl_2)\approx0.031\ mol\cdot L^{-1}$。④由图像可看出,2~3 min、12~13 min,反应均处于平衡状态,CO 的平均反应速率为 0,而 5~6 min 时反应正在向右进行,CO 的平均反应速率不为 0,因此有 $v(5\sim6)>v(2\sim3)=v(12\sim13)$。⑤同样分析图像中曲线的斜率可看出,单位时间内 5~6 min 时浓度改变大于 15~16 min。注意④⑤两问在解答时,关键从 $v=\Delta c/\Delta t$ 入手分析速率的大小。

【答案】(1)MnO_2+4HCl(浓)$\xrightarrow{\triangle}MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

(2)5.52×10^3 kJ (3)$CHCl_3+H_2O_2\rightleftharpoons HCl+H_2O+COCl_2$

(4)①$0.234\ mol\cdot L^{-1}$ ②< ③0.031

④$v(5\sim6)>v(2\sim3)=v(12\sim13)$

⑤> 在相同温度下,该反应的反应物浓度越高,反应速率越大

第 8 章 水溶液中的离子平衡

第 1 节 弱电解质的电离

【自主学习】

独立思考一:强、弱电解质

A 级

1. 电解质 非电解质 强电解质 弱电解质

强电解质	弱电解质
完全电离	部分电离
不可逆	可逆
离子	分子、离子
强酸、强碱、大部分盐、活泼金属氧化物	弱酸、弱碱和水
强酸是共价化合物,强碱、大部分盐和活泼金属氧化物是离子化合物	共价化合物
$=$	$\rightleftharpoons$ 分步 分步 一步

B 级

1. 不一定。导电能力强弱要看溶液中离子浓度大小,离子浓度大的,导电性强,若强电解质溶液浓度很小,则其离子浓度很小,而弱电解质溶液浓度很大,其离子浓度也较大,则弱电解质溶液的导电能力强。

2. ②⑤⑥

独立思考二:弱电解质的电离平衡

A 级

1. 电离成离子 离子结合成分子

2. 动态平衡,速率不为 0 $v_{(电离)}=v_{(结合)}$ 浓度一定 发生移动

3. (1)弱电解质本身的性质

(2)吸热 右 右 左 右

(3)$CH_3COOH\rightleftharpoons CH_3COO^-+H^+$

移动方向	$c(H^+)$	$n(H^+)$	$c(CH_3COO^-)$	$c(OH^-)$	$\frac{c(H^+)}{c(CH_3COOH)}$	导电能力	电离程度
向右	减小	增大	减小	增大	增大	减弱	增大
向右	增大	增大	增大	减小	减小	增强	减小
向右	增大	增大	增大	减小	增大	增强	增大
向右	减小	减少	增大	增大	减小	增强	增大
向左	增大	增大	减少	减少	增大	增强	减小
向左	减小	减少	增大	增大	减小	增强	减小
向右	减小	减少	增大	增大	减小	增强	增大
向右	减小	减少	增大	增大	减小	增强	增大

4. (1)$\frac{c(H^+)c(A^-)}{c(HA)}$　$\frac{c(B^+)c(OH^-)}{c(BOH)}$

(2)①温度　增大　②≫　≫　第一　③大　强

B 级

1.

浓度均为 0.01 mol·L^{-1}的强酸 HA 与弱酸 HB	pH 均为 2 的强酸 HA 与弱酸 HB
$2=pH_{HA}<pH_{HB}$	0.01 mol·L^{-1} $=c(HA)<c(HB)$
HA > HB	HA = HB
HA = HB	HA < HB
HA = HB	HA < HB
$c(A^-)>c(B^-)$	$c(A^-)=c(B^-)$
不变　变大	不变　变大
$3=pH_{HA}<pH_{HB}$	$3=pH_{HA}>pH_{HB}>2$
HA > HB	HA = HB
HA < HB	HA = HB

2. D　【解析】A 项,醋酸中加醋酸钠会使电离平衡左移,pH 增大,盐酸中加醋酸钠会反应生成醋酸分子,氢离子浓度减小,pH 增大;B 项,②中 OH^- 物质的量与③中 H^+ 物质的量相等,但醋酸是弱酸,中和后会继续电离,所以二者混合后 $c(H^+)>c(OH^-)$;C 项,氨水与氢氧化钠溶液显碱性,醋酸与盐酸显酸性,而氨水与醋酸是弱电解质,越稀越电离,所以稀释后氨水中的 OH^- 多于氢氧化钠,醋酸中的 H^+ 多于盐酸,即 pH:①>②>④>③;D 项,若等体积混合溶液显碱性,所以若要呈中性盐酸体积应大于氨水体积。

3. D　【解析】选项 A,电解质的电离过程是一个吸热过程,因此温度升高电离程度增大,K 增大。选项 B,在 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中加入少量冰醋酸,电离平衡向右移动,溶液中 $c(CH_3COO^-)$ 增大,K_2 不变,$c(H^+)/c(CH_3COOH)=K_2/c(CH_3COO^-)$,因此 $c(H^+)/c(CH_3COOH)$ 值将减小。选项 C,由于 HPO_4^{2-} 的电离常数小于 HCO_3^- 的电离常数,也小于 CH_3COOH 的电离常数,因此正确的关系为 pH(Na_3PO_4) > pH(Na_2CO_3) > pH(CH_3COONa)。选项 D,根据 H_3PO_4 的三级电离常数知,可能发生反应:$H_2PO_4^- + PO_4^{3-} \rightleftharpoons 2HPO_4^{2-}$,因此 PO_4^{3-}、HPO_4^{2-} 和 $H_2PO_4^-$ 在溶液中不能大量共存。

【自我测评】

1. ③④⑥

2. C　【解析】分析图像可知,X、Y 两酸稀释 10 倍,X 的 pH 增大 1,则 X 为强酸,Y 的 pH 增大小于 1,则 Y 为弱酸。当 pH 都为 2 时,$c(X)<c(Y)$,所以体积相同的 pH = 2 的 X、Y 两酸被 NaOH 滴定至 pH = 7 时,Y 消耗 NaOH 多。

3. A　【解析】从稀释倍数与 pH 变化可以看出,ROH 是一种强碱,MOH 是一种弱碱,则稀释前 $c(ROH)<10c(MOH)$。

4. 【解析】冰醋酸即为纯醋酸,无水时不能电离,所以开始加水时电离程度瞬间增大,但很短时间后就变为有限浓度醋酸中加水,虽然电离程度不断增大,但稀释程度大于醋酸电离程度的增加,所以后面 $c(H^+)$ 减小。

【答案】(1)醋酸是共价化合物,无水不能电离　(2)$b>a>c$　(3)c

(4)①加入醋酸钠　②加入氢氧化钠　③加活泼金属,如 Zn

5. 【答案】(1)b > a > c　(2)b > a = c　(3)c > a > b(或 c > a = 2b)

(4)c > a = b　(5)a = b = c　a = b > c　(6)c > a = b

6. 【解析】实验一:(1)还缺少配置溶液所需的容器:250 mL 容量瓶和定容仪器:胶头滴管。

(2)首先分析 NaOH 的体积,第 3 次数据显然误差较大,舍去。另外三次所用 NaOH 平均体积为 20.00 mL,代入计算可知醋酸的浓度为 0.200 0 mol·L^{-1}。

实验二:(1)孤立地看每次测量值,H^+ 浓度远小于醋酸的浓度,说明醋酸不完全电离;联系起来看,浓度为 0.100 0 mol·L^{-1}、0.010 0 mol·L^{-1}及 0.001 0 mol·L^{-1}的醋酸,pH 变化值小于 1。

(2)以 0.100 0 mol·L^{-1}、0.010 0 mol·L^{-1}醋酸为例,设 0.100 0 mol·L^{-1}醋酸的体积为 1 L,将其稀释至 0.010 0 mol/L,体积变为 10 L,两溶液中 H^+ 的物质的量分别为 $10^{-2.88}$ mol、$10^{-3.38}$ mol,可见溶液变稀,电离出的 H^+ 的物质的量增大,故说明醋酸的电离程度增大。

实验三:探究温度对醋酸的电离程度的影响,应控制其他条件相同,只有温度存在差异的醋酸溶液 H^+ 浓度有差异,能够对溶液中 H^+ 浓度区分度较好的仪器是 pH 计。

【答案】实验一:(1)胶头滴管　250 mL 容量瓶　(2)0.200 0 mol·L^{-1}

实验二:(1)0.010 0 mol·L^{-1}醋酸的 pH 大于 2 或醋酸稀释 10 倍时,pH 的变化值小于 1　(2)增大

实验三:用 pH 计(或 pH 试纸)测定相同浓度的醋酸在几种不同温度时的 pH

第 2 节　水的电离和溶液的酸碱性

【自主学习】

独立思考一:水的电离

A 级

1. 极弱的　$H_3O^+ + OH^-$　$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

2. (1)$c(H^+)\cdot c(OH^-)$　1×10^{-14}　酸　水　水　碱

(2)①吸热　增大　②电解质　温度

3.

影响结果(促进或抑制)	电离程度	$c(H^+)$	$c(OH^-)$	K_w
抑制	减小	增大	减小	不变
抑制	减小	减小	增大	不变
促进	增大	增大	减小	不变
促进	增大	增大	增大	增大
促进	增大	减小	增大	不变

B 级

1. $NH_3 + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + NH_2^-$

$CH_3COOH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOH_2^+ + CH_3COO^-$

2. AD　【解析】常温下,若加入物质对水的电离平衡不产生影响,则由水电离出的 $c(H^+)=1\times10^{-7}$ mol·L^{-1},现由水电离出 $c(H^+)<1\times10^{-7}$ mol·L^{-1},则加入的物质对水的电离产生了抑制作用。A、D 项的溶液分别是酸和碱溶液,均对水的电离产生抑制作用;B 项由于 NH_4^+ 水解而对水的电离产生促进作用;C 项对水的电离无影响。

独立思考二:溶液的酸碱性与 pH

A 级

1. (1) >　(2) =　(3) <

2. (1) $-\lg c(H^+)$　(2)0 ~ 14　(3)小　大

(4) ①

石蕊	酚酞	甲基橙
5 ~ 8	8 ~ 10	3.1 ~ 4.4
红　紫　蓝	无色 粉红 红	红　橙　黄

②把一小块 pH 试纸放在玻璃片(或表面皿)上,用蘸有待测液的玻璃棒点在试纸的中央,试纸变色后与标准比色卡比较来确定溶液的 pH　不能　稀释

3. <　=　>

4. (1)①【思考 1】$c(OH^-)=0.001$ mol/L,所以 $c(H^+)=K_W/c(OH^-)=1$

$\times 10^{-12}/0.001 = 1\times10^{-9}$ mol/L。pH $= -\lg c(H^+) = 9$。

②【思考2】$c(OH^-) = \frac{0.1\ \text{mol/L}\times1 + 1\times10^{-5}\ \text{mol/L}}{2} \approx 0.05$ mol/L,

$c(H^+) = K_W/c(OH^-) = 1\times10^{-14}/0.05 = 2\times10^{-13}$ mol/L

pH $= -\lg c(H^+) = 13 - \lg 2 = 12.7$。

③【思考3】混合后溶液显酸性,先算 $c(H^+)$。

$c(H^+) = \frac{0.06\ \text{mol/L}\times2 - 0.1\ \text{mol/L}}{2} = 0.01$ mol/L,pH $= -\lg c(H^+) = 2$。

(2)OH^- H^+ H^+ OH^-

【思考4】pH = 2 的盐酸中,OH^- 完全由水电离,$c(OH^-) = 1\times10^{-12}$ mol/L;

所以,水电离的 $c(H^+)$ = 水电离的 $c(OH^-) = 1\times10^{-12}$ mol/L。

pH = 12 的 NaOH 溶液中,H^+ 完全由水电离,$c(H^+) = 1\times10^{-12}$ mol/L;

所以,水电离的 $c(H^+)$ = 水电离的 $c(OH^-) = 1\times10^{-12}$ mol/L。

pH = 5 的氯化铵溶液中,OH^- 被 NH_4^+ 结合,H^+ 未被结合,先算 $c(H^+) = 1\times10^{-5}$ mol/L;

所以,水电离的 $c(H^+)$ = 水电离的 $c(OH^-) = 1\times10^{-5}$ mol/L。

(3)

pH = a 强酸	pH = a 弱酸	pH = b 强碱	pH = b 弱碱
pH = $a+n$	pH < $a+n$	pH = $b-n$	pH > $b-n$
pH 无限接近于7,但酸的 pH 不能 >7,碱的 pH 不能 <7			

【思考5】=5 <5 =8 >8 接近于7

B 级

1. B 【解析】pH = 10 时,$c(H^+) = 1\times10^{-10}$ mol·L^{-1},$c(OH^-) = 1\times10^{-4}$ mol·L^{-1},即:$\frac{10^{-2}\text{mol}\cdot L^{-1}\cdot V(NaOH) - 10^{-3}\text{mol}\cdot L^{-1}\times V(H_2SO_4)}{V(NaOH)+V(H_2SO_4)} = 1\times10^{-4}$ mol·L^{-1},可得 $\frac{V(H_2SO_4)}{V(NaOH)} = \frac{9}{1}$。

2. B 【解析】因为 $pH_1 = 9$,所以 $c_1(OH^-) = 10^{-5}$ mol·L^{-1};因为 $pH_2 = 10$,所以 $c_2(OH^-) = 10^{-4}$ mol·L^{-1}。根据题意得:$c_1(NH_3\cdot H_2O)\cdot V_1 = c_2(NH_3\cdot H_2O)\cdot V_2$,则 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_2(NH_3\cdot H_2O)}{c_1(NH_3\cdot H_2O)} > 10$,即 $V_1 > 10V_2$。

3. D 【解析】本题主要考查溶液中水的电离,某温度下蒸馏水的 pH = 6,所以 $K_W = 1.0\times10^{-12}$,大于 25 ℃时的 $K_W = 1.0\times10^{-14}$,所以温度高于 25 ℃,A 正确;$c(H^+)_{水} = c(OH^-)_{水} = \frac{K_W}{c(H^+)} = \frac{1.0\times10^{-12}(\text{mol/L})^2}{1.0\times10^{-2}\ \text{mol/L}} = 1.0\times10^{-10}$ mol/L,故 B 正确;$NaHSO_4$ 能完全电离出氢离子,相当于一元强酸,抑制水的电离,C 正确;注意 K_W 变为 1.0×10^{-12},所以应加入等体积 pH = 10 的 NaOH 溶液,可使该溶液恰好呈中性,所以 D 错。

独立思考三:酸碱中和滴定

A 级

1. 酸碱中和 酸 碱 碱 酸 $\frac{c(HCl)\cdot V(HCl)}{V(NaOH)}$

(1)标准液的体积 (2)滴定终点

2. (1)酸式 碱式 锥形瓶

(2)标准 待测 指示

(3)①酸式 腐蚀橡胶管 ②碱式 腐蚀玻璃 活塞

3. (1)①查漏 润洗

(2)①控制滴定管的活塞 ②摇动锥形瓶 ③锥形瓶内溶液的颜色变化

(3)最后一滴 半分钟 不恢复

(4)2~3 $\frac{c(HCl)\cdot V(HCl)}{V(NaOH)}$

4. (1)$\frac{c(\text{标准})\cdot V(\text{标准})}{V(\text{待测})}$ V(标准)

(2)

V(标准)	c(待测)
变大	偏高
变小	偏低
变大	偏高
不变	无影响
变小	偏低
变大	偏高
变小	偏低
变大	偏高
变大	偏高
变小	偏低
变大	偏高

B 级

1.

强酸滴强碱	强碱滴强酸	强酸滴弱碱	弱碱滴强酸	强碱滴弱酸	弱酸滴强碱
甲基橙	酚酞	甲基橙	甲基橙	酚酞	酚酞
黄色变橙色	无色变粉色	黄色变橙色	红色变橙色	无色变粉色	红色变无色

2. 由于滴定管的“0”刻度在滴定管的上方,滴定管下端是没有刻度的,故剩余液体体积大于 15.00 mL。

3. 滴定管不润洗相当于对所盛装溶液的稀释,锥形瓶不需润洗,润洗后相当于所盛装溶液的物质的量增大。

【自我测评】

1. D 【解析】若是稀醋酸溶液稀释则 $c(H^+)$ 减小,pH 增大,$b > a$,故 A 错误;酚酞的变色范围是 pH = 8.0~10.0(无色→红色),使红色退去的 pH 不一定小于7,可能在7~8之间,故 B 错误;常温下酸的 pH 不可能大于7,只能无限接近于7,C 错误;D 项,直接代入计算可得正确。也可用更一般的式子:设强酸 pH = a,体积为 V_1;强碱的 pH = b,体积为 V_2,则有 $10^{-a}V_1 = 10^{-(14-b)}V_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 10^{a+b-14}$,现在 $V_1/V_2 = 10^{-2}$,又知 $a = 1$,所以 $b = 11$。

2. B 【解析】本题考查图像分析和原理的对应能力。A 项酸碱中和滴定过程中,会出现 pH 的突跃问题,该图像中没有体现出来;②中反应是放热反应,故随着温度的升高,其平衡常数逐渐减小,对于同一个可逆反应,其正、逆反应的平衡常数互为倒数,B 项正确;C 项 Mn^{2+} 是该反应的催化剂,图像曲线应该先凹再凸,前半部分不应该是直线,不正确;D 项反应为放热反应,而图像则表示该反应是吸热反应,二者不相符。

3. D 【解析】根据溶液中[H^+]与[OH^-]的相对大小来决定溶液的酸碱性,从 pH 和 AG 的定义寻找两者的关系式。

A 项,溶液呈中性,$c(H^+) = c(OH^-)$,$AG = \lg\frac{c(H^+)}{c(OH^-)} = \lg 1 = 0$;B 项,溶液呈酸性,$c(H^+) > c(OH^-)$,$AG > \lg 1 = 0$;C 项,溶液呈碱性,$c(H^+) < c(OH^-)$,$AG < \lg 1 = 0$;D 项,25 ℃时,pH + pOH = p$K_W$ = 14,$AG = \lg c(H^+) - \lg c(OH^-) = -pH + 14 - pH = 14 - 2pH = 2(7 - pH)$。

4. B 【解析】K_W 只与温度有关,温度相同时,K_W 相同;温度越高,K_W 越大,A 项错误。从 A 点到 D 点,溶液中 $c(H^+)$ 增大,可采取温度不变在水中加入少量酸的措施。从 A 点到 C 点,溶液中 $c(H^+)$、$c(OH^-)$ 同时增大,K_W 增大,应采用升温的方法,C 项错误。B 点 $K_W = 10^{-12}$,若处在 B 点时,将 pH = 2 的硫酸与 pH = 10 的 KOH 溶液等体积混合,溶液显中性。

5. 【解析】(1)向溶液中加入酸或碱均能抑制水的电离,且溶液中 H^+ 或 OH^- 的浓度越大,由水电离出的 H^+ 浓度越小;盐的水解能促进水的电离,即由水电离出 $c(H^+)$ 从大到小的顺序为④②③①。(2)二者完全反应生成 NaCl 和 $NH_3\cdot H_2O$,$NH_3\cdot H_2O$ 电离使溶液呈碱性,即 $c(Na^+) = c(Cl^-) > c(OH^-) > c(NH_4^+) > c(H^+)$。(3)温度升高时 K_W 增大,T ℃时,$K_W > 1\times10^{-14}$,即 T ℃ > 25 ℃;NaOH 溶液中,$n(OH^-) = 0.01a$ mol,H_2SO_4 中 $n(H^+) = 0.1b$ mol,根据混合后溶液 pH = 10,得 $10^{-3} = \frac{0.01a - 0.1b}{a+b}$,解得 $a:b = 101:9$。(4)两溶液完全中和,则溶液中 $n(H^+)$

$=n(OH^-)$，即$10^{-x}a=10^{y-14}b$，整理得$\frac{a}{b}=10^{x+y-14}$。①若$x+y=14$时，$a/b=1$；②若$x+y=13$，则$a/b=0.1$；③若$x+y>14$，则$a/b=10^{x+y-14}$；④两溶液完全中和，则有$\frac{a}{b}=10^{x+y-14}$，即$\lg(a/b)=x+y-14$，解得$x+y=14+\lg(a/b)$。

【答案】(1)④②③①

(2)$c(Na^-)=c(Cl^-)>c(OH^-)>c(NH_4^+)>c(H^+)$

(3)> 101:9

(4)①1 ②0.1 ③$10^{x+y-14}$ ④$x+y=14+\lg(a/b)$

6.(1)①偏高 ②无影响 ③B ④无 粉红(或浅红) (2)18.83%

第3节 盐类的水解

【自主学习】

独立思考一:盐类的水解

A级

1.水电离出的H^+结合 弱酸 水电离出的OH^-结合 弱碱 水的电离平衡 增大

2.(1)酸碱中和反应 吸 (2)很小

3.易溶于水 弱酸阴离子或弱碱阳离子

4.中性 酸性 碱性 中性 碱性 酸性 碱性

5.(1)弱 (2)大 (3)大

(4)$Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$

移动方向	$n(H^+)$	pH	Fe^{3+}水解程度	现象
向右	增大	减小	增大	
向右	增大	增大	增大	
向左	增大	减小	减小	
向左	减小	增大		溶液颜色由棕黄色变为浅绿色
向右	减小	增大	增大	有红褐色沉淀生成，有无色无味气体放出

B级

1.向Na_2CO_3溶液中滴入酚酞试液，溶液显红色；若再向该溶液中滴入过量氯化钙溶液，产生白色沉淀，且溶液的红色退去。这可以说明Na_2CO_3溶液呈碱性是由CO_3^{2-}引起的。

2.纯碱溶液中存在CO_3^{2-}的水解平衡：$CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$，温度升高，水解平衡右移，$c(OH^-)$增大，去污能力增强。$FeCl_3$溶液中存在$Fe^{3+}$的水解平衡：$Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$，加入盐酸，$c(H^+)$增大，可抑制$Fe^{3+}$的水解。

独立思考二:盐类水解方程式的书写

A级

1.HCO_3^-、CO_3^{2-}、HSO_3^-、SO_3^{2-}、HS^-、S^{2-}、AlO_2^-、SiO_3^{2-} HCO_3^-、CO_3^{2-}、AlO_2^-、SiO_3^{2-} AlO_2^-、SiO_3^{2-}

2.(1)$\rightleftharpoons$ 不标 $NH_4^++H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O+H^+$ $CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$ $HCO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$ $Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$ $CH_3COO^-+NH_4^++H_2O\rightleftharpoons CH_3COOH+NH_3\cdot H_2O$

(2)$=\!=\!=$ 标 $Al^{3+}+3HCO_3^-=\!=\!=Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

B级

②⑤ 【解析】①应为$\rightleftharpoons$；③是电离方程式；④应分步水解；⑥若是$FeCl_3$水解，不应注上胶体，要是制备胶体，应加热、用“$=\!=\!=$”；⑦是化学反应；⑧应该用“$=\!=\!=$”，写沉淀和气体符号。

独立思考三:盐类水解的应用

A级

1.【思考1】Na_2CO_3溶液 100 ℃ 1 mol·L^{-1} Na_2CO_3溶液

【思考2】⑤⑥②③④①

2.(1)【思考3】$d<a<b<c$

(2)①方程式：$NH_4Cl=\!=\!=NH_4^++Cl^-$ $NH_4^++H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O+H^+$ $H_2O\rightleftharpoons OH^-+H^+$

离子浓度：$c(Cl^-)>c(NH_4^+)>c(H^+)>c(NH_3\cdot H_2O)>c(OH^-)$

电荷守恒：$c(NH_4^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(Cl^-)$

物料守恒：$c(NH_4^+)+c(NH_3\cdot H_2O)=c(Cl^-)$

②方程式：$Na_2CO_3=\!=\!=2Na^++CO_3^{2-}$ $CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$ $HCO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$ $H_2O\rightleftharpoons OH^-+H^+$

离子浓度：$c(Na^+)>c(CO_3^{2-})>c(OH^-)>c(HCO_3^-)>c(H_2CO_3)>c(H^+)$

电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=2c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)+c(OH^-)$

物料守恒：$c(Na^+)=2c(CO_3^{2-})+2c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)$

质子守恒：$c(OH^-)=c(H^+)+c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)$

③方程式：$NaHSO_4=\!=\!=Na^++SO_4^{2-}+H^+$ $H_2O\rightleftharpoons OH^-+H^+$

离子浓度：$c(H^+)>c(Na^+)=c(SO_4^{2-})>c(OH^-)$

电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=2c(SO_4^{2-})+c(OH^-)$

物料守恒：$c(Na^+)=c(SO_4^{2-})$

④方程式：$NaHCO_3=\!=\!=Na^++HCO_3^-$ $HCO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$ $HCO_3^-\rightleftharpoons CO_3^{2-}+H^+$ $H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$

离子浓度：$c(Na^+)>c(HCO_3^-)>c(OH^-)>c(H_2CO_3)>c(H^+)>c(CO_3^{2-})$

电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=2c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)+c(OH^-)$

物料守恒：$c(Na^+)=c(CO_3^{2-})+c(HCO_3^-)+c(H_2CO_3)$

⑤方程式：$NaHSO_3=\!=\!=Na^++HSO_3^-$ $HSO_3^-\rightleftharpoons SO_3^{2-}+H^+$ $HSO_3^-+H_2O\rightleftharpoons H_2SO_3+OH^-$ $H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$

离子浓度：$c(Na^+)>c(HSO_3^-)>c(H^+)>c(SO_3^{2-})>c(OH^-)>c(H_2SO_3)$

电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=2c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)+c(OH^-)$

物料守恒：$c(Na^+)=c(SO_3^{2-})+c(HSO_3^-)+c(H_2SO_3)$

⑥反应后溶液组成为0.1 mol·L^{-1} CH_3COOH和0.1 mol·L^{-1} CH_3COONa

方程式：$CH_3COOH\rightleftharpoons CH_3COO^-+H^+$(多) $CH_3COO^-+H_2O\rightleftharpoons CH_3COOH+OH^-$(少)

离子浓度：$c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(CH_3COOH)>c(H^+)>c(OH^-)$

电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$

物料守恒：$c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)=2c(Na^+)$

3.(1)$Al^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Al(OH)_3+3H^+$

(2)$CO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$，油污在碱性条件下水解为可溶于水的物质。

(3)$Al^{3+}+3HCO_3^-=\!=\!=Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

(4)$NH_4^++H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O+H^+$

(5)①草木灰与磷肥混用会生成$Ca_3(PO_4)_2$沉淀 ②草木灰与铵态氮肥混用会生成NH_3

4.(1)NaOH HCl (2)不能

(3)制备Al_2S_3只能在空气中加热铝粉和硫，Al_2S_3遇水会发生强烈双水解而不存在。制无水$AlCl_3$、$MgCl_2$需要在HCl气流中加热蒸发。加热$AlCl_3$溶液会生成$Al(OH)_3$，加热$Al_2(SO_4)_3$溶液会生成$Al_2(SO_4)_3$，加热$NaAlO_2$溶液会生成$NaAlO_2$。

5.加入CuO或$Cu(OH)_2$或$CuCO_3$或$Cu_2(OH)_2CO_3$，能促进Fe^{3+}的水解除去Fe^{3+}，且不引入新的杂质。

B级

1.B 【解析】 电离平衡和水解平衡除了遵循勒夏特列原理之外，还有自身的特点。本题解题的关键在于外界条件对CH_3COO^-水解平衡移动的影响。酸性越强越能促进CH_3COO^-水解，水解程度越大，$c(CH_3COO^-)$越小，$c(CH_3COOH)$越大。显然外界环境酸性①>③>④>②，即CH_3COO^-水解程度①>③>④>②。A项应为②>④>③>①，C项应为①>③>④>②，D项应为①>③>④>②。

2.D 【解析】点①溶液中的溶质为0.001 mol CH_3COOH和0.001 mol CH_3COONa，据物料守恒：$c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)=2c(Na^+)$，据电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$，整理后得

$c(CH_3COOH)+2c(H^+)=c(CH_3COO^-)+2c(OH^-)$；点②溶液的 pH=7，据电荷守恒有 $c(Na^+)+c(H^+)=c(CH_3COO^-)+c(OH^-)$，又 $c(H^+)=c(OH^-)$，则 $c(Na^+)=c(CH_3COO^-)$；点③溶液中的溶质为 0.002 mol CH_3COONa，离子浓度大小关系为 $c(Na^+)>c(CH_3COO^-)>c(OH^-)>c(H^+)$。

3. BD 【解析】A 项，在 0.1 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液中，HCO_3^- 在溶液中存在水解与电离两个过程，而溶液呈碱性，说明水解过程大于电离过程，$c(H_2CO_3)>c(CO_3^{2-})$。B 项，$c(OH^-)-c(H^+)=c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)$，把 $c(H^+)$ 移项到等式另一边，即是质子守恒关系式。C 项，向 0.2 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液中加入等体积 0.1 mol·L^{-1} NaOH 溶液后，所得溶液为 0.05 mol·L^{-1} Na_2CO_3 和 0.05 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 混合溶液，CO_3^{2-} 水解程度大于 HCO_3^-，所以 $c(HCO_3^-)>c(CO_3^{2-})$，而 OH^- 包括两步水解和水的电离产物，因此 $c(OH^-)>c(H^+)$。D 项，常温下 CH_3COONa 和 CH_3COOH 混合溶液，包括 CH_3COO^- 水解和 CH_3COOH 电离两个过程，即然 pH=7，根据电荷守恒式，不难得出 $c(Na^+)=c(CH_3COO^-)$，$c(H^+)=c(OH^-)$。又 CH_3COOH 的电离程度大于 CH_3COO^- 的水解程度，则 $c(CH_3COO^-)>c(CH_3COOH)$。

【自我测评】

1. D 【解析】①MnO_4^- 显紫红色；③溶液可能是强酸性或强碱性，HCO_3^- 都不能共存；⑤Fe^{3+} 与 SCN^-、HCO_3^- 不能大量共存；⑥Fe^{2+}、I^- 在酸性条件下不能与 NO_3^- 共存。

2. AB 【解析】A 项，可先假设等物质的量混合，则显酸性，进而得到继续加氢氧化钠即为选项中的结果。B 项，常温下，0.1 mol/L 某一元酸 HA 的 pH=3，则该一元酸是弱酸。根据电荷守恒有 $c(H^+)=c(A^-)+c(OH^-)$，将等式两边同乘以 $c(H^+)$ 得，$c^2(H^+)=c(H^+)\cdot c(A^-)+c(H^+)\cdot c(OH^-)=c(H^+)\cdot c(A^-)+K_W$，正确。C 项，根据物料守恒可判知 KHC_2O_4 溶液中 $c(K^+)=c(H_2C_2O_4)+c(HC_2O_4^-)+c(C_2O_4^{2-})$，C 错。D 项应为 $c(CH_3COO^-)>c(Na^+)>c(CH_3COOH)>c(H^+)>c(OH^-)$。

3. D 【解析】盐类水解的实质是促进水的电离，Na_2CO_3 为强碱弱酸盐，能水解，促进水的电离，而选项 A 中“由水电离出来的 $c(H^+)=1.0\times10^{-12}$ mol·L^{-1}”，抑制了水的电离，A 项错误。pH=2 的 CH_3COOH 溶液与 pH=12 的 NaOH 溶液等体积混合后，所得溶液呈酸性，选项 B 错误。$NaNO_3$ 为强酸强碱盐，不水解，故没有影响；$FeCl_2$ 为强酸弱碱盐，水解后溶液呈酸性，抑制 $AlCl_3$ 的水解，使 $c(Al^{3+})$ 增大；Na_2SO_3 为强碱弱酸盐，水解后溶液呈碱性，促进 $AlCl_3$ 的水解，使 $c(Al^{3+})$ 减小，选项 C 错误。根据电荷守恒得 $c(H^+)+c(Na^+)=c(OH^-)+c(CH_3COO^-)$①，根据物料守恒得 $2c(Na^+)=c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)$②，结合①与②，可得 $c(CH_3COO^-)+2c(OH^-)=2c(H^+)+c(CH_3COOH)$，故选项 D 正确。

4. 【解析】(1)由已知的四种离子可知，当溶液中只存在一种溶质时为 NH_4Cl；NH_4Cl 为强酸弱碱盐，水解呈酸性，离子浓度关系为①。(2)四种离子的关系符合③时，溶液呈碱性，说明碱过量，则溶液中存在的溶质为 NH_4Cl 和 $NH_3\cdot H_2O$；当四种离子的关系符合④时，溶液呈强酸性，盐酸过量，溶液中存在 NH_4Cl 和 HCl。(3)NH_4Cl 为强酸弱碱盐，稀释促进其水解，盐酸为强酸，在溶液中全部电离，pH 相同的 NH_4Cl 溶液和 HCl 溶液稀释相同的倍数时，盐酸的 pH 大于 NH_4Cl，因为加水稀释其 pH 均增大，B 项符合；(4)体积相等的稀盐酸和氨水混合，且恰好呈中性，则原溶液中氨水浓度大于盐酸的浓度。

【答案】(1)NH_4Cl ① (2)NH_4Cl 和 $NH_3\cdot H_2O$ NH_4Cl 和 HCl (3)B (4)小于 大于

5. B 【解析】二者反应恰好生成 Na_2CO_3，溶液中离子浓度大小关系为 $c(Na^+)>c(CO_3^{2-})>c(OH^-)>c(HCO_3^-)>c(H^+)$，A 项错误；二者反应后得到等物质的量浓度的 NaCl、CH_3COONa 和 CH_3COOH 的混合溶液，且 CH_3COOH 的电离程度大于 CH_3COO^- 的水解程度，B 项正确；所得溶液呈碱性，则 $c(H^+)<c(OH^-)$、$c(Cl^-)<c(NH_4^+)$，即 $c(Cl^-)+c(H^+)<c(NH_4^+)+c(OH^-)$，C 项错误；二者恰好反应生成 CH_3COONa，根据电荷守恒和物料守恒可得 $c(OH^-)=c(H^+)+c(CH_3COOH)$，D 项错误。

第 4 节 难溶电解质的溶解平衡

【自主学习】

独立思考一：沉淀溶解平衡和溶度积常数

A 级

1. H_2O、H^+、OH^-、Ag^+、Cl^-、NO_3^- 脱离 AgCl 的表面而溶于水中 回到 AgCl 的表面而析出沉淀 溶解和生成 (1)> (2)= (3)<

2. 饱和溶液 溶解 生成沉淀

3. = ≠ 不变 溶解平衡

4. ①表示沉淀溶解平衡 ②表示电离平衡，AgCl 是强电解质用“=”
③表示电离平衡，CH_3COOH 是弱电解质用“⇌”

5. 沉淀溶解 浓度 $c^m(A^{n+})\cdot c^n(B^{m-})$ $c^m(A^{n+})\cdot c^n(B^{m-})$ > = < $<1\times10^{-5}$ mol·L^{-1}

6. (1)溶解能力 越强 > > (2)难溶 微溶 可溶 易溶

7. (1)本身的性质 (2)①溶解 不变 ②吸热 溶解 增大 ③溶解 不变

B 级

1.

平衡移动	$n(Ca^{2+})$	$c(Ca^{2+})$	pH	K_{sp}	溶解度
向右	增大	不变	不变	不变	不变
向左	减小	减小	减小	减小	减小
不移动	不变	不变	不变	不变	不变
向左	减小	不变	不变	不变	不变
向左	减小	减小	增大	不变	减小

2. 【解析】(1)根据两种物质的 K_{sp}，求出生成各自的沉淀所需 $c(Ag^+)$，比较两者 $c(Ag^+)$，谁需 $c(Ag^+)$ 小谁先沉淀。

沉淀 Cl^-：$c(Ag^+)=\dfrac{K_{sp}(AgCl)}{c(Cl^-)}=\dfrac{1.8\times10^{-10}}{0.01}$ mol/L $=1.8\times10^{-8}$ mol/L。

沉淀 CrO_4^{2-}：$c(Ag^+)=\sqrt{\dfrac{K_{sp}(Ag_2CrO_4)}{c(CrO_4^{2-})}}=\sqrt{\dfrac{1.9\times10^{-12}}{0.001}}$ mol/L $=4.36\times10^{-5}$ mol/L。

故先生成 AgCl 沉淀。

(2)因 $c^2(Ag^+)\cdot c(CrO_4^{2-})=1.9\times10^{-12}$，即 $c^2(Ag^+)\times0.001=1.9\times10^{-12}$，所以 $c(Ag^+)=4.36\times10^{-5}$ mol/L；因 $c(Ag^+)\cdot c(Cl^-)=1.8\times10^{-10}$，即 $4.36\times10^{-5}\cdot c(Cl^-)=1.8\times10^{-10}$，所以 $c(Cl^-)=4.13\times10^{-16}$ mol/L。

【答案】 (1)Cl^- 先沉淀 (2)4.13×10^{-6}

3. BC 【解析】K_{sp} 只与温度有关，A 错。由 $K_{sp}=c(Sr^{2+})\cdot c(SO_4^{2-})$，即 $\lg K_{sp}=\lg c(Sr^{2+})+\lg c(SO_4^{2-})$，当温度一定时，题图中纵坐标加横坐标的和不变；在相同条件下，若 $\lg c(SO_4^{2-})$ 相等，纵坐标最大者其 $\lg K_{sp}$ 最大，即 $c(Sr^{2+})\cdot c(SO_4^{2-})$ 最大，由图像可知，313 K 时 K_{sp} 最大，B 正确。a 点在 283 K 的下方，属于不饱和溶液，C 正确。283 K 下的 $SrSO_4$ 饱和溶液升温到 363 K 后会有晶体析出，还是属于饱和溶液，D 错。

独立思考二：沉淀溶解平衡的应用

A 级

1. (1)$Fe^{3+}+3NH_3\cdot H_2O=\!=\!=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4^+$
(2)$H_2S+Cu^{2+}=\!=\!=CuS\downarrow+2H^+$

2. (1)电解质 离子 移动
(2)①强碱 NaOH $H_2SiO_3(s)+2NaOH=\!=\!=Na_2SiO_3+2H_2O$ 强酸或较强酸 盐酸 $CaCO_3+2H^+=\!=\!=Ca^{2+}+H_2O+CO_2\uparrow$ 强酸或较弱酸或强酸弱碱盐 $Mg(OH)_2+2NH_4^+=\!=\!=Mg^{2+}+2NH_3\cdot H_2O$
②氧化性酸 $3CuS+8HNO_3(稀)=\!=\!=3Cu(NO_3)_2+3S\downarrow+2NO\uparrow+4H_2O$
③氨水 $AgCl+2NH_3\cdot H_2O=\!=\!=[Ag(NH_3)_2]^++Cl^-+2H_2O$

3. (1)沉淀溶解平衡
(2)①更小 ②越大 AgCl AgBr AgI Ag_2S
(3)①Ca^{2+}、Mg^{2+} $CaCO_3$、$Mg(OH)_2$、少量 $CaSO_4$ $CaSO_4$ $CaCO_3$

$CaSO_4(s) \rightleftharpoons SO_4^{2-} + Ca^{2+}$ $\quad$ $CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$

$+$ $\quad$ $+$

CO_3^{2-} $\quad$ $2HCl = 2Cl^- + 2H^+$

$\Downarrow$ $\quad$ $\Downarrow$

$CaCO_3(s)$ $\quad$ $H_2CO_3 = H_2O + CO_2\uparrow$

②$Cu^{2+} + ZnS \rightleftharpoons CuS + Zn^{2+}$

B 级

1. C 【解析】在相同温度下，$K_{sp}(AgCl) > K_{sp}(AgI)$，AgCl 的溶解度大于 AgI 的溶解度，而且 AgCl 可以转化为 AgI，故 A、B 不正确；由 $K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$ 可求得 AgCl 溶液中 $c(Ag^+) = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}}$ mol·L^{-1}，代入 $K_{sp}(AgI) = 1.0 \times 10^{-16}$ 中即可求得 $c(I^-) = \frac{1}{\sqrt{1.8}} \times 10^{-11}$ mol·L^{-1}，故 C 正确；D 选项的三种溶液中 $c(Cl^-)$ 或 $c(Ag^+)$ 由小到大的顺序是①<②<③，故 AgCl 在这三种溶液中的溶解度由大到小的顺序为①>②>③，故 D 错误。

2. B 【解析】Ag_2SO_4 溶液刚好为 100 mL 的饱和溶液，因为 $c(Ag^+) = 0.034$ mol/L，所以 $c(SO_4^{2-}) = 0.017$ mol/L；当加入 100 ml 0.020 mol/L Na_2SO_4 溶液后，V(溶液) = 200 mL，$c(Ag^+) = 0.017$ mol/L，$c(SO_4^{2-}) = \frac{0.017 + 0.02}{2} = 0.0185$ mol/L，$Q_c = c^2(Ag^+) \cdot c(SO_4^{2-}) = 0.017^2 \times 0.0185 \approx 5.35 \times 10^{-6} < K_{sp}$，故溶液未达饱和，沉淀溶解平衡正向移动。

【自我测评】

1. AC 【解析】$K_{sp} = c(Ca^{2+}) \cdot c(CO_3^{2-})$，由数据计算可知 A 项不正确；$c$ 点 $Q_c > K_{sp}$，所以平衡向生成沉淀的方向移动，B 项正确；加入蒸馏水后 d 点各离子浓度都减小，不可能保持 Ca^{2+} 浓度不变到 a 点，C 项错误；K_{sp} 只与温度有关，D 项正确。

2. C 【解析】$c(Cr^{3+}) = 0.1$ mol/L，$n(Cr^{3+}) = 0.1$ mol/L × 0.05 L = 0.005 mol

$Cr^{3+} + \quad 4OH^- = CrO_2^- + 2H_2O$

0.005 mol $\quad$ 0.02 mol

$n(OH^-)_{余} = 1 \times 0.05$ mol $- 0.02$ mol $= 0.03$ mol；$c(OH^-) = \frac{0.03 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.3$ mol/L。

$c(H^+) = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.3 \text{ mol/L}} \approx 3.3 \times 10^{-14}$ mol/L，即 pH = 13.5，此时溶液中主要是 CrO_2^-。

3. C 【解析】由于 $Mg(OH)_2$ 和 $MgCO_3$ 中阴、阳离子个数比不同，所以不能直接根据 K_{sp} 的大小比较溶解能力的强弱，A、B 均不正确；$MgCO_3$ 电离出的 CO_3^{2-} 能发生水解，使水中 OH^- 浓度增大，对 $Mg(OH)_2$ 沉淀溶解平衡而言，$Q_c > K_{sp}$，则生成 $Mg(OH)_2$ 沉淀，D 不正确，C 正确。

4. A 【解析】(1)步骤①，从题给的条件，可知 $n(NaOH) = 0.001$ mol[即 $n(OH^-) = 0.001$ mol]。依据离子反应“先中和、后沉淀、再其他”的反应规律，当 1.0 L 模拟海水中加入 0.001 mol NaOH 时，OH^- 恰好与 HCO_3^- 完全反应：$OH^- + HCO_3^- = CO_3^{2-} + H_2O$，生成 0.001 mol CO_3^{2-}。由于 $K_{sp}(CaCO_3) \ll K_{sp}(MgCO_3)$，生成的 CO_3^{2-} 与水中的 Ca^{2+} 反应生成 $CaCO_3$ 沉淀：$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$。所以沉淀物 X 为 $CaCO_3$，A 选项正确。

(2)由于 CO_3^{2-} 只有 0.001 mol，反应生成 $CaCO_3$ 所消耗的 Ca^{2+} 也只有 0.001 mol，滤液中还剩余 $c(Ca^{2+}) = 0.010$ mol·L^{-1}。滤液 M 中同时存在着 Ca^{2+} 和 Mg^{2+}，选项 B 错误。

(3)步骤②，当滤液 M 中加入 NaOH 固体调至 pH = 11(即 pOH = 3)时，此时滤液中 $c(OH^-) = 1 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}。则 $Q[Ca(OH)_2] = c(Ca^{2+}) \times (10^{-3})^2 = 0.010 \times (10^{-3})^2 = 10^{-8} < K_{sp}[Ca(OH)_2]$，无 $Ca(OH)_2$ 生成。$Q[Mg(OH)_2] = c(Mg^{2+}) \times (10^{-3})^2 = 0.050 \times (10^{-3})^2 = 5 \times 10^{-8} > K_{sp}[Mg(OH)_2]$，有 $Mg(OH)_2$ 沉淀生成。又由于 $K_{sp}[Mg(OH)_2] = c(Mg^{2+}) \times (10^{-3})^2 = 5.61 \times 10^{-12}$，$c(Mg^{2+}) = 5.61 \times 10^{-6} < 10^{-5}$，无剩余，滤液 N 中不存在 Mg^{2+}。C 选项错误。

(4)步骤②中若改为加入 4.2 g NaOH 固体，则 $n(NaOH) = 0.105$ mol，与 0.05 mol Mg^{2+} 反应：$Mg^{2+} + 2OH^- = Mg(OH)_2\downarrow$，生成 0.05 mol $Mg(OH)_2$，剩余 0.005 mol OH^-。由于 $Q[Ca(OH)_2] = c(Ca^{2+}) \times [c(OH^-)]^2 = 0.010 \times (0.005)^2 = 2.5 \times 10^{-7} < K_{sp}[Ca(OH)_2]$，所以无 $Ca(OH)_2$ 沉淀析出，沉淀物 Y 为 $Mg(OH)_2$ 沉淀，D 选项错误。

5. 【解析】由反应 $Pb^{2+}(aq) + 2R{-}H(s) = R_2Pb(s) + 2H^+(aq)$、$H^+ + OH^- = H_2O$，可以得出关系式：$Pb^{2+}(aq) \sim 2H^+(aq) \sim 2OH^-(aq)$。由 $c(H^+) \cdot V(H^+) = c(OH^-) \cdot V(OH^-)$ 可求出，$c(H^+) = 0.002$ mol·L^{-1}，从而得出 $c(Pb^{2+}) = 0.001$，$c(I^-) = 0.002$ mol·L^{-1}，$K_{sp} = c(Pb^{2+}) \cdot c^2(I^-) = 4 \times 10^{-9}$。

【答案】$K_{sp} = 4 \times 10^{-9}$

6. 【解析】(1)使 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 可采用的氧化剂是 H_2O_2，然后再加入 CuO 或 $Cu(OH)_2$ 调整至溶液 pH = 4，若使用其他试剂，会引入杂质离子。

(2)$Cu(OH)_2$ 开始沉淀时溶液中 $[c(OH^-)]^2 \times 3.0 = 3.0 \times 10^{-20}$，$c(OH^-) = 1.0 \times 10^{-10}$ mol·L^{-1}，溶液的 pH 为 4；Fe^{3+} 完全沉淀时 $[c(OH^-)]^3 \times 1 \times 10^{-5} = 8.0 \times 10^{-38}$，$c(OH^-) = 2.0 \times 10^{-11}$ mol·L^{-1}，溶液的 pH 为 3.3；即当 Fe^{3+} 完全沉淀时 $Cu(OH)_2$ 还未开始沉淀，方案可行。

【答案】(1)B $\quad$ CD $\quad$ (2)4 $\quad$ 3.3 $\quad$ 可行

第 9 章 电化学基础

第 1 节 原电池 化学电源

【自主学习】

一、原电池

【独立思考 A】

1. 化学 $\quad$ 电

2. (1)活泼性不同 $\quad$ (2)电解质溶液

(3)闭合回路 $\quad$ (4)氧化还原反应

3. (1)

材料	得失电子	反应类型	质量变化
活泼金属	失电子	氧化反应	质量减轻
不活泼金属或非金属	得电子	还原反应	质量增加或不变

(2)负 $\quad$ 正 $\quad$ (3)正 $\quad$ 负 $\quad$ 正 $\quad$ 负

(4)$Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$ $\quad$ $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$ $\quad$ $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

B 级

1. B 【解析】①中原理为金属与酸反应，Mg 比 Al 更活泼，所以 Mg 做负极；②中原理为金属与 NaOH 溶液反应，Mg 不能与 NaOH 溶液反应而 Al 能；所以 Al 做负极，Mg 做正极，电极反应式为 $6H_2O + 6e^- = 6OH^- + 3H_2\uparrow$；③中原理为金属与浓硝酸反应，铁常温下钝化，所以铜做负极；④中原理为金属的吸氧腐蚀，铁比铜活泼，所以铁做负极，铜做正极，电解质溶液呈中性，所以正极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$。

2. ②总反应：$2Al + 2H_2O + 2OH^- = 2AlO_2^- + 3H_2\uparrow$

负极反应：$Al + 4OH^- - 3e^- = AlO_2^- + 2H_2O$

正极反应：$2H_2O + 2e^- = 2OH^- + H_2\uparrow$

③总反应：$Cu + 4H^+ + 2NO_3^- = Cu^{2+} + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$

负极反应：$Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

正极反应：$4H^+ + 2NO_3^- + 2e^- = 2NO_2\uparrow + 2H_2O$

3. 碳棒或比 Cu 不活泼的金属 $\quad$ Cu $\quad$ $FeCl_3$ 溶液

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$ $\quad$ $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

独立思考二：化学电源

A 级

1. (1)负 $\quad$ 正 $\quad$ 氯化铵和氯化锌

$Zn - 2e^- = Zn^{2+}$ $\quad$ $2MnO_2 + 2NH_4^+ + 2e^- = Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$

(2)$Zn - 2e^- + 2OH^- = Zn(OH)_2$ $\quad$ $2MnO_2 + 2H_2O + 2e^- = 2MnO(OH) + 2OH^-$

2. $Zn + 2OH^- - 2e^- = ZnO + H_2O$ $\quad$ $Ag_2O + H_2O + 2e^- = 2Ag + 2OH^-$

3. PbO_2 $\quad$ Pb $\quad$ H_2SO_4

(1)原电 $\quad$ $Pb - 2e^- + SO_4^{2-} = PbSO_4$

$PbO_2 + 2e^- + 4H^+ + SO_4^{2-} = PbSO_4 + 2H_2O$

(2)电解 $\quad$ $PbSO_4 + 2e^- = Pb + SO_4^{2-}$

$PbSO_4 + 2H_2O - 2e^- = PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-}$

$2PbSO_4 + 2H_2O \xlongequal{通电} Pb + PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-}$

4.(1)燃料　O_2

(4)$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$　$CH_4 + 2O_2 + 2OH^- = CO_3^{2-} + 3H_2O$

①$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$　②$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

③$O_2 + 4e^- = 2O^{2-}$　④$O_2 + 2CO_2 + 4e^- = 2CO_3^{2-}$

①$CH_4 + 2H_2O - 8e^- = CO_2 + 8H^+$

②$CH_4 + 10OH^- - 8e^- = CO_3^{2-} + 7H_2O$

③$CH_4 + 4O^{2-} - 8e^- = CO_2 + 2H_2O$

④$CH_4 + 4CO_3^{2-} - 8e^- = 5CO_2 + 2H_2O$

5.$4Al + 3O_2 + 6H_2O = 4Al(OH)_3$　$Al - 3e^- = Al^{3+}$

$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

B 级

1.B　【解析】由电池总反应可知 Ag 失去电子被氧化得 AgCl,即 Ag 做负极,产物 AgCl 是氧化产物,A、D 都不正确;在原电池中阳离子在正极得电子发生还原反应,所以阳离子向电池的正极移动,C 错误;化合物 $Na_2Mn_5O_{10}$ 中 Mn 的化合价是 $+\frac{18}{5}$,所以每生成 1 mol $Na_2Mn_5O_{10}$ 转移电子的物质的量为 $(4-\frac{18}{5})$ mol $\times 5 = 2$ mol,因此选项 B 正确。

2.【解析】从题图中可以看出电极 Pt(a)的原料是 CH_3OH 和 H_2O,反应后产物为 CO_2 和 H^+,CH_3OH 中碳元素化合价为 -2,升高到 CO_2 中 +4 价,说明 Pt(a)电极上 CH_3OH 失去电子,电极 Pt(a)是负极,则电极 Pt(b)是正极;Pt(b)电极的原料是 O_2 和 H^+,反应后的产物为 H_2O,氧元素化合价由 0 降低到 -2,发生还原反应;因为电解质溶液是稀 H_2SO_4,可以写出电池总反应为 $2CH_3OH + 3O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$,再写出较为简单的正极反应:$3O_2 + 12e^- + 12H^+ = 6H_2O$,用总反应减去正极反应即可得到负极的电极反应为 $2CH_3OH + 2H_2O - 12e^- = 2CO_2\uparrow + 12H^+$。

【答案】(1)负　$CH_3OH + H_2O - 6e^- = CO_2\uparrow + 6H^+$　还原　$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$

(2)$2CH_3OH + 3O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$　(3)$\frac{1}{3}$

独立思考三:原电池原理的应用

A 级

1.少量 $CuSO_4$ 溶液　2.负　正　3.正　锌块　锌

B 级

1.B　【解析】A 项,锌过量,继续加酸产生氢气量会增加;B 项,锌置换出铜,构成锌铜原电池,反应速率加快,又因为锌过量,所以产生氢气的量不会减少;C 项,盐酸被稀释,速率会减慢;D 项,盐酸被氢氧化钠中和,产生氢气量减少,速率减慢。

2.C　【解析】原电池中做负极的金属的活泼性大于做正极的金属的活泼性。以稀硫酸为电解质溶液,两金属相连时,通常较活泼金属失电子,质量减轻,在较不活泼的金属表面形成气泡。

【自我测评】

1.B　【解析】结合电池总反应:$2Zn + O_2 + 4NaOH = 2Na_2ZnO_2 + 2H_2O$,可以判断出电池负极为 Zn,B 项电极反应式正确;电池工作时,电子通过外电路从负极流向正极,且电解液的 pH 变小。电池中每消耗 65 g Zn 吸收 0.5 mol O_2,但是由于题中没有给出状态,所以体积无法判断。

2.D　【解析】此电池放电时的正极反应式为 $xS + 2e^- = S_x^{2-}$;充电时电池的负极应与电源的负极相连;钠易与水反应,不能用水溶液做电解质溶液。

3.D　【解析】A 项,在电池内部 H^+ 应移向正极;B 项,正极反应式为 $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$;C 项,乙醇被氧化,应在负极反应,电子经外电路流向正极。

4.C　【解析】A 项,操作Ⅰ加入盐酸,发生反应 $AsO_4^{3-} + 2I^- + 2H^+ = AsO_3^{3-} + I_2 + H_2O$,$C_1$ 极上碘离子生成碘单质,被氧化,是负极,错误;C 项,C_2 是正极,AsO_4^{3-} 得电子,正确;操作Ⅱ向 B 烧杯中逐滴加入 40% NaOH 溶液,反应逆向进行,B 烧杯中 AsO_3^{3-} 转化为 AsO_4^{3-},A 烧杯中 I_2 转化为 I^-,D 项错误;盐桥中 K^+ 向 A 烧杯中移动,中和 A 中负电荷,B 选项错误。

5.【解析】书写热化学方程式时,需要标出反应物和生成物的状态,反应的热效应。在书写电极反应式时,需要考虑电解质溶液的性质,要保证电极产物在电解质溶液中能稳定存在。

【答案】(1)$N_2H_4(l) + O_2(g) = N_2(g) + 2H_2O(l)$　$\Delta H = -624$ kJ·mol^{-1}

(2)$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$　$N_2H_4 + 4OH^- - 4e^- = 4H_2O + N_2\uparrow$

(3)①$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$　②112

(4)$ClO^- + 2NH_3 = N_2H_4 + Cl^- + H_2O$

第 2 节　电解池　金属的电化学腐蚀与防护

【自主学习】

独立思考一:电解池

A 级

1.电　化学

2.(1)电源

(2)电解质溶液　熔融盐

(3)闭合回路

3.(1)电源正极　失电子　氧化反应　电源负极　得电子　还原反应

阳极　氧化　$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　阴极　还原　$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

(2)①负极　阴极　阳极　正极　②阴极　阳极

(3)①Ag　②Cu^{2+}、H^+、Cl^-、OH^-

③阳　$Ag^+ > Fe^{3+} > Cu^{2+} > H^+$(酸)$ > Fe^{2+} > Zn^{2+} > H^+$(水)$ > Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+ > Ca^{2+} > K^+$

活泼电极　阴　$S^{2-} > I^- > Br^- > Cl^- > OH^-$ > 含氧酸根离子

④原子　电荷

4.

电极方程式	被电解的物质	溶液 pH 变化的原因,结果	电解质溶液复原
$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$ $4H^+ + 4e^- = 2H_2\uparrow$	水	增大　减小	H_2O
$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$ $4H^+ + 4e^- = 2H_2\uparrow$	水	增大　增大	H_2O
$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$ $4H^+ + 4e^- = 2H_2\uparrow$	水	增大　不变或若为水解的盐略变化	H_2O
$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$ $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$	酸	H^+　减小　增大	通入 HCl 气体
$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$ $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	盐		加 $CuCl_2$
$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$ $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$	水和盐	H^+　减小　增大	通入 HCl 气体
$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$ $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	水和盐	OH^-　增大　减小	CuO　$CuCO_3$

B 级

1.一定有化学反应发生,因为在电解池的两极发生了氧化还原反应,有电子转移,生成了新物质,所以一定有化学反应发生。

2.D　【解析】当闭合开关 K 时,电极 X 附近溶液先变红,说明该极为阴极,氢离子得电子生成氢气的同时生成氢氧根离子,则电极 A 为负极,S_2^{2-} 发生失电子反应,B、C 项错误;阳离子移向正极,故 K^+ 从左到右通过离子交换膜,A 项错误;根据电子守恒,D 项正确。

3.B　【解析】根据题目给出的正极反应式(得电子的反应)和原电池的电极材料 Li - Al/FeS,可以判断放电时(原电池)负极的电极反应式为 $Li - e^- = Li^+$(失电子的反应),因此在负极材料中 Li 的化合价为 0,A、C 错。电池的正、负极反应式相加得电池的总反应式,B 项正确。D 项的电极反应式是阳极失电子的反应。

独立思考二:电解原理的应用

A 级

1.(1)$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$

(2) $2Cl^- + 2H_2O \xlongequal{电解} 2OH^- + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$　阳　阴

(3)烧碱　氯气　氢气

2.(1)阴　阳　(2)$AgNO_3$ 溶液等含镀层金属阳离子的盐溶液

(3)$Ag - e^- = Ag^+$　$Ag^+ + e^- = Ag$　(4)阳　阴　不变

3.(1)阳　阴　Zn、Fe、Ni、Ag、Pt、Au　Zn、Fe、Ni　Ag、Pt、Au　阳　阳极泥　减轻　增加　不

(2)含 Cu^{2+} 的盐溶液　基本不变,略有减小

(3)$Cu - 2e^- = Cu^{2+}$　$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

4.(1)$2NaCl(熔融) \xlongequal{电解} 2Na + Cl_2\uparrow$

$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　$2Na^+ + 2e^- = 2Na$

(2)$2Al_2O_3(熔融) \xlongequal{电解} 4Al + 3O_2\uparrow$

$6O^{2-} - 12e^- = 3O_2\uparrow$　$4Al^{3+} + 12e^- = 4Al$

(3)$MgCl_2(熔融) \xlongequal{电解} Mg + Cl_2\uparrow$

$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$　$Mg^{2+} + 2e^- = Mg$

B 级

1. 用湿润的淀粉 - KI 试纸检验,若变蓝,说明有 Cl_2 生成。防止 H_2 和 Cl_2 混合爆炸,防止 Cl_2 与溶液中的 NaOH 反应。

2.【解析】(1)由题图可看出,阴极生成的阴离子向阳极移动,而阳离子在阴极得电子。结合题目信息阴极得到的产物是 Ti,故阴极电极反应可能为 $TiO_2 + 4e^- = Ti + 2O^{2-}$;迁移到阳极的 O^{2-} 失去电子生成 O_2,但在高温下与石墨发生反应生成 CO 或 CO_2 或 CO 和 CO_2 的混合气。

(2)若阳极通入氢气,氢气优先失去电子,与阴极迁移过来的 O^{2-} 结合生成水。

【答案】(1)$TiO_2 + 4e^- = Ti + 2O^{2-}$　CO 或 CO_2 或 CO 和 CO_2 或 CO、CO_2 和 O_2 的混合气(只回答出一种情况即可)　(2)水

独立思考三:金属的腐蚀和防护

A 级

1. 失去电子　金属阳离子　氧化反应

2.(1)非金属单质　电解质溶液　无　有微弱　氧化　氧化　电化学

(2)

		析氢腐蚀	吸氧腐蚀
条件		水膜酸性较强(pH≤4.3)	水膜酸性很弱或呈中性、碱性
电极反应	负极	$Fe - 2e^- = Fe^{2+}$	
	正极	$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$
总反应式		$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2\uparrow$	$2Fe + O_2 + 2H_2O = 2Fe(OH)_2$
联系		吸氧腐蚀	

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$,$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 \cdot xH_2O$(铁锈) $+ (3-x)H_2O$

4.(1)①原电池　a. 负　b. 正　②电解　a. 阴　b. 阳

(2)制成合金、不锈钢

B 级

1. 电化学腐蚀过程中有电流产生,而化学腐蚀过程中无电流产生。

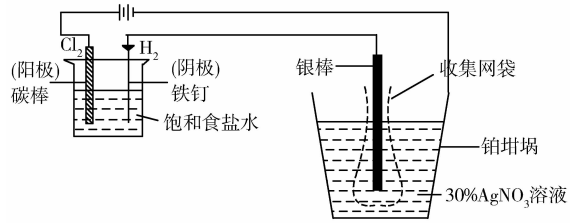
延伸:影响金属腐蚀的因素包括金属的本性和介质两个方面。就金属本性来说,金属越活泼,就越容易失去电子而被腐蚀。介质对金属腐蚀的影响也很大,如果金属在潮湿的空气中,接触腐蚀性气体或电解质溶液,都容易被腐蚀。

2. B　【解析】NaCl 溶液滴到一块光亮清洁的铁板表面上,一段时间后在液滴覆盖的圆周中心区(a)被腐蚀变暗,实际上是发生了吸氧腐蚀,这时,负极电极反应为 $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$(发生氧化反应);正极电极反应为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$(发生还原反应)。在液滴外沿,由于 $Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2$,$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$ 形成了棕色铁锈环(b)。若改用嵌有一铜螺丝钉的铁板,在铜铁接触处滴加 NaCl 溶液,由于 Fe 的活动性比铜强,Fe 仍为负极,负极发生的电极反应为 $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$。又根据在原电池中,阳离子移向正极,阴离子移向负极的规律,Cl^- 应由 b 区向 a 区迁移,液滴下的 Fe 因发生氧化反应而被腐蚀。所以 A、C、D 选项均错误,B 选项正确。

3. B　【解析】a 为中性环境,发生吸氧腐蚀,氧气被消耗,气体压强减小;b 中溶液酸性较强,发生析氢腐蚀,有氢气放出,气体压强增大,所以红墨水柱两边的液面变为左高右低,故 B 项错。

【自我测评】

1. D　【解析】电量计中的银棒应与电源的正极相连,银棒做阳极;要将银电量计与电解食盐水的电解池串联,才能做到通过的电量相同,故该银电量计中的银棒应与待测电解池的阴极相连(如图所示),D 选项错。



2. D　【解析】由反应 $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$ 可知,反应开始时甲中 Fe^{3+} 发生还原反应,乙中 I^- 发生氧化反应;电流计读数为零,说明单位时间内由甲流向乙的电子数与由乙流向甲的电子数相等,生成 Fe^{3+} 的物质的量与消耗的 Fe^{3+} 相等,则反应达到了平衡状态,此时在甲中溶入 $FeCl_2$ 固体,则平衡向逆反应方向移动,乙中 I_2 发生还原反应,则乙中石墨电极为正极。

3. D　【解析】根据电解方程式 $2CuSO_4 + 2H_2O \xlongequal{电解} 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2\uparrow$ 和 $2H_2O \xlongequal{电解} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$,若加入 0.1 mol $Cu(OH)_2$ 能使溶液恢复到电解前的浓度和 pH,则电解过程中相当于析出 0.1 mol Cu、0.1 mol O_2 和 0.1 mol H_2,故电解过程中转移电子的物质的量为 0.1 mol × 4 = 0.4 mol。

4.【解析】本题考查以钒为材料的化学原理题,涉及化学反应速率和电化学知识。

(1)由 S 守恒可得,SO_2 的起始浓度为 $(a+b)$ mol/L。SO_2 的速率为单位时间内 SO_2 浓度的变化,即 b/t mol/(L·min)。SO_2 可以用碱性的氨水吸收。

(2)①左槽中溶液由黄变蓝即为 VO_2^+ 生成 VO^{2+},V 的化合价从 +5 降低为 +4,V 得一个电子,氧原子数减少,从图中知,其中 H^+ 发生了移动,参与反应,由此写出电极反应式。②作为原电池,左槽得电子,而右槽失电子。充电时作为电解池处理,右槽中则为得电子,对应化合价降低,即为 V^{3+} 生成 V^{2+},颜色由绿变为紫。③由电极反应式知,H^+ 参与了反应。溶液中离子的定向移动可形成电流。$n = N/N_A = 3.01 \times 10^{23} / 6.02 \times 10^{23} = 0.5$ mol。

【答案】(1)①$a+b$　b/t　②氨水

(2)①$VO_2^+ + 2H^+ + e^- = VO^{2+} + H_2O$　②绿　紫

③参与正极反应　通过交换膜定向移动使电流通过溶液　0.5 mol

【规律总结】电化学试题的分析一般是从化合价着手,对于原电池,化合价升高的做负极,化合价降低的做正极,两极方程式相加即可得总反应。对于电解池,化合价升高的做阳极,降低的做阴极。两者之间的关系是:正极反应式颠倒即为阳极反应式,负极反应式颠倒即为阴极反应式。

5.【解析】本题要注意电化学中常用的方法——电子得失守恒的应用。(1)因为 Cu 电极增重,说明溶液中的阳离子在此极析出,所以 Cu 极为阴极,Ag 极为阳极,则与 Ag 极相连的 Y 极为电源正极,X 极为电源负极。(2)电解 KCl 溶液时,阴极上 $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$,溶液 pH 增大。电解 $CuSO_4$ 和 K_2SO_4 溶液时,阳极反应为 $4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2\uparrow$,溶液 pH 减小。电解 $AgNO_3$ 溶液实质是电镀,溶液浓度不变,故 pH 不变。(3)C 中铜电极增加 2.16 g Ag,则通过的电子 $n(e^-) = \frac{2.16\text{ g}}{108\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.02$ mol,因为是串联电解池,每个电解池中通过的电子均为 0.02 mol,B 中阳极反应为 $4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2\uparrow$,放出 O_2 为 $\frac{0.02\text{ mol}}{4} = 0.005$ mol,阴极放出 H_2 的物质的量为 0.01 mol -

0.005 mol = 0.005 mol，根据 H_2 的物质的量推知 H^+ 得电子 2×0.005 mol = 0.01 mol，则 Cu^{2+} 得电子为 0.02 mol − 0.01 mol = 0.01 mol，则 $CuSO_4$ 的浓度为 $\frac{0.01\ mol}{2\times0.2\ L}=0.025\ mol\cdot L^{-1}$。

(4)A 中阴极 $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$，$H^+$ 减少 0.02 mol，$c(OH^-)=\frac{0.02\ mol}{0.2\ L}=0.1\ mol\cdot L^{-1}$，pH = 13。

【答案】(1)负极　(2)增大　减小　不变　(3)0.025 mol·L^{-1}　(4)13

6.【解析】(1)用 KSCN 检验出 Fe^{3+} 的现象是溶液呈红色。(2)Cl^- 在阳极的放电反应为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2$，Fe^{2+} 被 Cl_2 氧化成 Fe^{3+}，Cl_2 被还原为 Cl^-；$Cl_2 + 2Fe^{2+} = 2Cl^- + 2Fe^{3+}$。(3)$Fe^{2+}$ 放电生成 Fe^{3+}，说明 Fe^{2+} 具有还原性。(4)①由题意，NaCl 溶液中 Cl^- 浓度应与 pH = 1 的 0.1 mol/L 的 $FeCl_2$ 溶液中 Cl^- 浓度相同，所以 NaCl 溶液的浓度为 0.2 mol/L。②用湿润的淀粉 KI 试纸检验 Cl_2，若试纸变蓝则证明有 Cl_2 生成。③比较实验条件和结果可得出结论：通过控制电压，证实了产生 Fe^{3+} 的两种原因都成立；通过控制电压，验证了 Fe^{2+} 先于 Cl^- 放电。

【答案】(1)溶液变红

(2)$2Cl^- - 2e^- = Cl_2$、$Cl_2 + 2Fe^{2+} = 2Cl^- + 2Fe^{3+}$

(3)还原

(4)①0.2　②取少量阳极附近的溶液，滴在淀粉 KI 试纸上，试纸变蓝　③通过控制电压，证实了产生 Fe^{3+} 的两种原因都成立；通过控制电压，验证了 Fe^{2+} 先于 Cl^- 放电

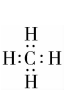
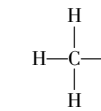
第 10 章　有机化合物

第 1 节　甲烷、乙烯、苯　煤、石油、天然气的综合利用

【自主学习】

独立思考一：甲烷

A 级

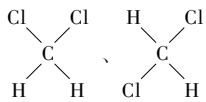
1.(2)CH_4　  　  　(3)正四面体　2. 难

3. 强酸　强碱　强氧化剂　$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{点燃} CO_2 + 2H_2O$　$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3Cl + HCl$、$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_2Cl_2 + HCl$　$CHCl_3$、CCl_4　CH_3Cl　CH_2Cl_2、$CHCl_3$、CCl_4

4.(1)C_nH_{2n+2}　(2)单键　氢

(3)① CH_4　CH_3CH_3　$CH_3CH_2CH_3$　$CH_3CH(CH_3)CH_3$　$CH_3CH_2CH_2CH_3$　②增大　③小　增大　④难　(5)①甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸　辛烷　十八烷　②正戊烷　异戊烷　新戊烷

B 级

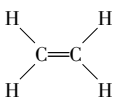
1. 可假设 CH_4 分子为平面正方形，则 CH_3Cl、$CHCl_3$、CCl_4 均没有同分异构体，而 CH_2Cl_2 有  两种结构，事实上 CH_2Cl_2 不存在同分异构体，故可证明 CH_4 是正四面体形的结构。

2.(1)不是只生成 CH_3Cl，四种取代物 CH_3Cl、CH_2Cl_2、$CHCl_3$、CCl_4 均能生成。

(2)不能利用 CH_4 的取代反应制取纯净的 CH_3Cl，CH_4 与 Cl_2 的取代反应生成的是混合物。

独立思考二：乙烯

A 级

1. C_2H_4　  　 　$CH_2=CH_2$

2. 无色　气体　难溶于水

3. $C_2H_4 + 3O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2 + 2H_2O$

$CH_2=CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2BrCH_2Br$

$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3CH_3$

$CH_2=CH_2 + HCl \xrightarrow[\triangle]{催化剂} CH_3CH_2Cl$

$nCH_2=CH_2 \xrightarrow{引发剂} \{CH_2-CH_2\}_n$

4.(1)石油化工　(3)调节　催熟

5.(1)碳碳双键　不饱和　(2)$C_nH_{2n}(n\geq2)$

(3)乙烯　加成反应　氧化反应　加聚反应　能

B 级

1. 因为 $CH_2=CH_2$ 被酸性 $KMnO_4$ 氧化成 CO_2，又引入新的杂质。

2. 不能，只能写成 $CH_2=CH_2$。

3. ⑥　②④　①③　⑤

独立思考三：苯

A 级

1. C_6H_6　 　 　平面正六边　120°　介于单键和双键之间

2.

颜色	状态	气味	毒性	溶解性	密度	熔、沸点
无色	液体	有特殊气味	有毒	不溶于水	比水小	低

3.(1)$2C_6H_6 + 15O_2 \xrightarrow{点燃} 12CO_2 + 6H_2O$

(2) $+ Br-Br \xrightarrow{FeBr_3}$ $+ HBr$

溴苯

$+ HO-NO_2 \xrightarrow[\triangle]{浓硫酸}$ $+ H_2O$

硝基苯

(3) $+ 3H_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂}$

环己烷

B 级

1. 苯乙烯中所有原子可能在同一平面上，而苯乙烷中所有原子不可能在同一平面上，因为苯乙烷中存在甲基，甲基中所有原子不可能在同一平面上。

2. 可用邻位二取代物没有同分异构体来证明。

独立思考四：煤、石油、天然气的综合利用

A 级

1. 有机物　无机物　复杂混合物　碳　氢　氧　氮　硫

(1)①隔绝空气加强热　物理、化学　②a. 焦炉气　b. 煤焦油　c. 焦炭　d. 水溶液

(2)有机物　可燃性气体　$C + H_2O(g) \xrightarrow{高温} CO + H_2$

(3)①直接　②间接

2.(1)甲烷　清洁

(2)$CH_4 + H_2O \xrightarrow[催化剂]{高温} CO + 3H_2$

3.(1)碳氢化合物　碳　氢

5.(1)塑料、合成橡胶和合成纤维

(2)$nCH_2=CH_2 \xrightarrow{引发剂} \{CH_2-CH_2\}_n$

$CH_2=CH_2$　$-CH_2-CH_2-$　n

B 级

1.(1)从下到上，从左到右　检验装置的气密性　导气、冷凝气体　(2)裂化生成了 5 个碳原子数以上的烃　(3)裂化生成了碳原子数小于 5 的烯烃　(4)不能　裂化产物中有烯烃，易与溴发生加成反应　(5)$C_{20}H_{42} \xrightarrow[\triangle]{Al_2O_3} C_{10}H_{22} + C_{10}H_{20}$　(6)可提高石油产品中轻质燃油特别是汽油的产量和质量

【自我测评】

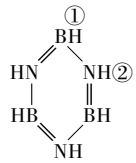
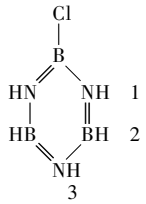
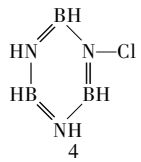
1. D

2. B　【解析】1 体积某气态烃只能与 1 体积氯气发生加成反应，生成氯代烷，说明该烃分子中含有一个碳碳双键；1 mol 该氯代烷可与 6 mol Cl_2

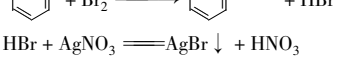
发生完全的取代反应，说明该氯代烷分子中含有 6 个氢原子，选项 B 符合。

3. C 【解析】除去苯环还有丁基，丁基有 4 种。

4. C 【解析】本题考查化石燃料的利用，意在考查同学们的有机化学知识。石油裂化的目的是获得更多的液态轻质汽油，A 项错误；石油分馏属于物理变化，B 项错误；煤制煤气是化学变化，D 项错误；答案为 C。

5. C 【解析】可按先定后动法进行有序思维而确定：硼氮苯是平面六边形，分子中有 2 类氢原子，如图  。首先让氯取代硼原子上的一个氢原子（图中①），让另一个氯原子改变位置，就有邻、间、对三种（见图中 1、2、3 位置），  。如果两个氯原子都取代氮原子上的氢原子，又产生一种（图中 4 位置），  ，因此共 4 种。

6.【答案】 (1)$2Fe+3Br_2=2FeBr_3$



$HBr+AgNO_3=AgBr\downarrow+HNO_3$

(2)导气（导出 HBr）兼冷凝（冷凝苯和溴蒸气）

(3)打开分液漏斗上端的塞子，旋转分液漏斗活塞，使溴和苯的混合液滴到铁粉上　托起软橡胶袋使 Fe 粉沿导管落入溴和苯的混合液中

(4)溴和苯的蒸气逸出，污染环境

(5)吸收反应中随 HBr 气体逸出的溴蒸气和苯蒸气　CCl_4 由无色变橙色　易被气体压入试管中

(6)随 HBr 逸出的溴蒸气和苯蒸气不能回流到反应器中，原料利用率低　由于导管插入 $AgNO_3$ 溶液中而容易产生倒吸

第 2 节　乙醇　乙酸　基本营养物质　合成高分子

【自主学习】

独立思考一：乙醇

A 级

1. C_2H_6O　CH_3CH_2OH　C_2H_5OH　—OH

2. (1)无色　液态　小　任意比

(2)$2CH_3CH_2OH+2Na\longrightarrow 2CH_3CH_2ONa+H_2\uparrow$

$2CH_3CH_2OH+O_2\xrightarrow[\triangle]{Cu\text{ 或 }Ag}2CH_3CHO+2H_2O$

$CH_3CH_2OH+3O_2\xrightarrow{点燃}2CO_2+3H_2O$

B 级

1. 不能，因为 Na 与乙醇也发生反应。实验室常用无水 $CuSO_4$ 来检验乙醇中是否含水。

2. 用工业乙醇和生石灰混合蒸馏可制得无水乙醇。

独立思考二：乙酸

A 级

1. $C_2H_4O_2$　CH_3COOH　—COOH

2. (1)醋酸　无色　液态　固态　互溶

(2)$CH_3COOH\rightleftharpoons CH_3COO^-+H^+$（使指示剂变色）　$Mg+2CH_3COOH\longrightarrow(CH_3COO)_2Mg+H_2\uparrow$　$2CH_3COOH+CaO\longrightarrow(CH_3COO)_2Ca+H_2O$　$CH_3COOH+NaOH\longrightarrow CH_3COONa+H_2O$

$CH_3COOH+CH_3CH_2OH\underset{\triangle}{\overset{浓\ H_2SO_4}{\rightleftharpoons}}CH_3COOCH_2CH_3+H_2O$

B 级

1. 酸脱羟基，醇脱氢。催化剂和吸水剂。

2. 只有乙酸中含有 ^{18}O

独立思考四：糖类

A 级

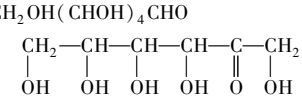
1. C、H、O

2.

化学式	$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
常见物质	葡萄糖、果糖	蔗糖、麦芽糖	淀粉、纤维素

3. (1)①$CH_2OH—CHOH—CHOH—CHOH—CHOH—CHO$

$CH_2OH(CHOH)_4CHO$



②a. $CH_2OH(CHOH)_4CHO+2Cu(OH)_2\xrightarrow{\triangle}CH_2OH(CHOH)_4COOH+Cu_2O\downarrow+2H_2O$

b. $CH_2OH(CHOH)_4CHO+2Ag(NH_3)_2OH\xrightarrow{\triangle}CH_2OH(CHOH)_4COONH_4+H_2O+2Ag\downarrow+3NH_3$

③$C_6H_{12}O_6\xrightarrow{催化剂}2CH_3CH_2OH+2CO_2\uparrow$

(2)② $\underset{蔗糖}{C_{12}H_{22}O_{11}}+H_2O\xrightarrow{催化剂}\underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6}+\underset{果糖}{C_6H_{12}O_6}$

$\underset{麦芽糖}{C_{12}H_{22}O_{11}}+H_2O\xrightarrow{催化剂}2\underset{葡萄糖}{C_6H_{12}O_6}$

4. (1)能量　(2)葡萄糖　(3)淀粉　(4)纤维素

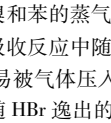
B 级

B

独立思考五：油脂

A 级

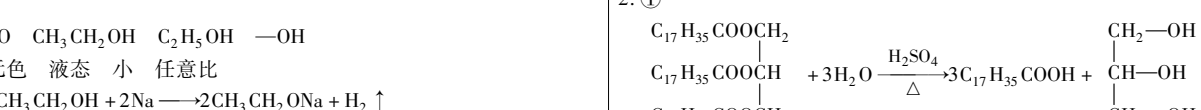
1. (2)



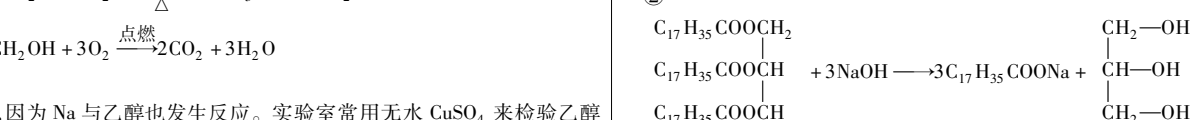
(3)

	碳链不饱和程度	常温下状态	举 例
油	高	液态	植物油
脂肪	低	固态	动物脂肪

2. ①



②



B 级

1. 油脂的相对分子质量虽然较大，但仍属于小分子化合物。天然油脂属于混合物，因此没有固定的熔点。

2. 热的纯碱溶液因水解显较强的碱性，可促使炊具上的油污水解变为可以溶于水的高级脂肪酸钠盐和甘油。

独立思考六：蛋白质

A 级

2. (1)α－氨基酸　(2)①黄　②烧焦羽毛

(3)无机轻金属　铵　(4)重金属

B级

C

独立思考七:合成高分子

2. $n CH_2=CH_2 \xrightarrow{\text{引发剂}} \{CH_2-CH_2\}_n$　$CH_2=CH_2$　$-CH_2-CH_2-$　n

【自我测评】

1. A　【解析】A项,戊烷存在正戊烷、异戊烷和新戊烷3种异构体;B项,戊醇可看成戊烷的3种异构体中的1个H被—OH取代得到的产物,有8种醇类异构体,另外戊醇还有多种醚类异构体;C项,戊烯的烯类同分异构体主链可以含5个碳原子或4个碳原子,再结合双链位置可得出5种异构体,另外戊烯还存在环戊烷这种同分异构体;D项,乙酸乙酯的异构体中,甲酸酯有2种,丙酸酯有1种,羧酸有2种,另外还有羟基醛、酮等多种异构体。

2. D　【解析】

选项	具体分析	结论
A	天然植物油是混合物,没有恒定的熔沸点	错误
B	蔗糖分子中没有醛基,不是还原型二糖	错误
C	互为同分异构体的二肽水解后得到的氨基酸类型有可能相同,如甘氨酸和丙氨酸能形成2种肽键	错误
D	乙醛和氯乙烯中有双键,可以发生聚合反应,而乙二醇可以和含多个羧基的羧酸发生聚合反应	正确

3. D　【解析】乙醇能够和乙酸发生酯化反应,其本质是一种取代反应,A选项错误;丁烷有 $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ 和 $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ 两种结构,B选项错误;氨基酸的通式可以表示为 $R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$,属于小分子化合物,C选项错误;乙烯能够使溴的四氯化碳溶液退色,而甲烷不能,D选项正确。

4. C　【解析】A项,苯不能使酸性高锰酸钾溶液退色,但是油脂中的油属于不饱和的高级脂肪酸的甘油酯,故它能使酸性高锰酸钾溶液退色,A错误;B项,前者属于取代反应,后者属于加成反应,B错误;D项,虽然二者都能与钠反应生成氢气,但它们的分子中所含官能团不同,前者含有羟基,后者含有羧基,D错误。

5. C　【解析】由于乙酸和乙醇都容易挥发,所以得到的乙酸乙酯中一定混有乙酸和乙醇杂质;酯化反应用浓硫酸做催化剂加快反应速率,同时浓硫酸还可以吸收产生的水,使平衡正向移动,提高反应物的转化率;由于乙酸乙酯密度比水小,所以上层是含有乙酸、乙醇的乙酸乙酯溶液层,中层是石蕊溶液层,下层是显碱性的饱和碳酸钠溶液层,从上到下液体分层的颜色依次是红、紫、蓝。

6.【答案】(1)在一个30 mL的大试管中注入3 mL乙醇,再分别缓缓加入2 mL浓硫酸、3 mL乙酸(乙醇和浓硫酸的加入顺序不可互换),边加边振荡试管使之混合均匀

(2)反应物乙醇、乙酸的沸点较低,若用大火加热,反应物随产物蒸出而大量损失,而且温度过高可能发生更多的副反应

(3)在浅红色碳酸钠溶液液面上有无色油状液体生成,可闻到香味,振荡后碳酸钠溶液红色变浅,油层变薄　碳酸钠、乙醇　B

(4)增加了温度计,有利于控制发生装置的温度;增加了分液漏斗,有利于及时补充反应混合物以提高乙酸乙酯的产量;增加了冷凝装置,有利于收集产物

第11章　化学实验基础

第1节　化学实验的常用仪器和基本操作

【自主学习】

独立思考一:常见化学实验仪器及使用方法

A级

1.(1)1/2　1/3　下/溶液　玻璃棒　接近干燥　坩埚钳　石棉网/固体　坩埚钳　泥三角

(2)石棉网　1/2　玻璃棒/蒸馏　石棉网　1/2/　石棉网　干燥　润洗

2. 量程　支管口　液体　0.1/刻度　查漏　玻璃棒　相切/查漏　蒸馏水　润洗　0.01　氧化/0.1/烧杯　游码归零　先大后小　左　右　0.1/进　出　室温　相平

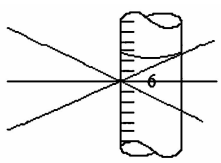
3.(1)贴　低　靠　(2)溶液　/(1)查漏

(2)下口　上口　/(2)大　小　/(2)下　上　/(2)长　短

4. 棕　橡胶　玻璃/垂直/块　差　随开随用、随关随停/水　铺一层细沙　长　短　短　长/2/3　1/3　外焰　灯盖/玻璃棒

B级

1.【解析】采用量筒在测量未知液体体积时,眼睛的目标是量筒内液面的最低点,故仰视会造成所读数据偏小;俯视会造成所读数据偏大。采用量筒在量取一定体积溶液时,眼睛的目标是量筒上所要量取的体积数值,如图所示,故仰视会造成所量取的体积偏大;俯视会造成所量取的体积偏小。两者的区别是眼睛的目标不同,所造成的误差不相同。



2.(1)游码归零　(2)查漏　(3)查漏　(4)查漏

3. C　【解析】托盘天平只能称量到0.1 g,故A错;量取7.5 mL稀盐酸采用10 mL量筒即可,故B错;$KMnO_4$ 溶液具有强的氧化性,应选择酸式滴定管,故D错。

独立思考二:化学实验的基本操作

A级

1.(1)1~2　底部　(2)药匙　纸槽　镊子　(3)玻璃棒

2.(1)空气　煤油　石蜡　水　(2)密封

(3)棕　(4)水　(5)橡胶　玻璃　塑料

3. 蓝色　红色　pH　淀粉

(1)表面皿　玻璃片　(2)玻璃棒　湿润

4.(1)凝聚成滴　成股流下

(2)碱液　CS_2 或NaOH溶液　酒精　稀硝酸　盐酸

5. 外　6. 浓硫酸　水　玻璃棒

7. 塞紧橡皮塞,关闭分液漏斗的活塞,将导气管末端伸入盛水的烧杯中;用手捂热,烧杯中有气泡产生;松开手冷却后,导气管末端形成一段水柱,且保持一段时间不下降

8.(1)静置,向上层清液中继续滴加沉淀剂(如钡盐),若无沉淀产生,则说明沉淀已完全

(2)向漏斗中加蒸馏水至淹没沉淀,等水自然流下,重复操作2~3次。

(3)取适量最后一次洗涤液于试管中,若为 Cl^- 附着,则滴加 $AgNO_3$ 溶液,若不产生白色沉淀,则证明沉淀已洗涤干净

9. 冷却　蒸发　重结晶

B级

1. B

2. C　【解析】放在试管内的液体,不加热时不超过试管容积的1/2,加热时不超过1/3。

独立思考三:化学实验安全

A级

2.(1) 安全瓶　防倒吸　(2)纯度　①预热　②水　细沙

(3)沸石或碎瓷片　(4)不　不　不　倒放　尾气处理

3.

意外事故	处理方法
浓硫酸洒在皮肤上	立即用抹布或滤纸擦拭,再用大量水冲洗,然后用3%~5%的 $NaHCO_3$ 溶液冲洗
浓碱洒在皮肤上	立即用大量水冲洗,再涂上硼酸溶液
溴、酚洒在皮肤上	用酒精洗涤
水银洒在桌面上	进行回收或撒上硫粉
误服重金属盐	立即服食鸡蛋清或生牛奶
酒精着火	用湿抹布、石棉或沙子盖灭,火势较大时,可用灭火器扑灭

B 级

C 【解析】汞蒸气有剧毒，为防止其挥发，进行液封。同时汞可以和硫在常温下发生化合反应生成硫化汞，故 A 项正确。C 选项中，应该先配好乙酸和浓硫酸的混酸，当然是要将浓硫酸加入乙酸中，再把混酸与乙醇混合。

【自我测评】

1. D 【解析】本题主要考查物质的贮存问题，正确贮存物质一般从以下几个方面分析：①易挥发或易与空气（H_2O 、CO_2、O_2）反应的物质，应进行密封保存；②见光易分解的物质应贮存在棕色瓶中；③所保存物质不与保存物质的试剂瓶发生反应。本题中的 A、B、C 选项均不符合要求：白磷会溶解在二硫化碳溶剂中；水玻璃会使玻璃瓶与塞子黏结，不易打开瓶塞；钠能与酒精反应。
2. C 【解析】托盘天平使用的注意事项：托盘天平只能用于粗略的称量，能称准到 0.1 g，而不能称准到 0.01 g；称量前先调零；左物右码；潮湿的或具有腐蚀性的药品，必须放在玻璃器皿里称量，其他固体药品可放在纸片上称量。
3. B
4. B 【解析】解答本题应从镁及其化合物的性质出发，结合实验基本操作完成。很多活泼金属或不活泼金属都可以与稀硫酸反应放出氢气，要进行活泼性比较，必须有可对比的金属，故 A 不正确；NaOH 和 $MgSO_4$ 发生复分解反应生成 $Mg(OH)_2$ 沉淀，故 B 正确；向过滤器中加物质时，必须用玻璃棒引流，C 不正确；加热蒸干 $MgCl_2$ 溶液，因 $MgCl_2$ 易水解，最终得到 $Mg(OH)_2$，故 D 不正确。
5. C
6. D 【解析】pH 试纸不能湿润，A 错；配成 100 mL 溶液，需将 20 mL 溶液稀释成 100 mL，并且稀释浓硫酸时，应将浓硫酸倒入水中，故 B 错；题图（1）中收集氨气的装置不能密封，故 C 错。

第 2 节　物质的检验、分离和提纯

【自主学习】

独立思考一：物质的检验

A 级

1.

离子	实验现象	离子方程式
H^+	红	
Na^+	黄	
K^+	紫	
Fe^{2+}	①白　灰绿　红褐 ②不变　血红	①$Fe^{2+}+2OH^-=Fe(OH)_2\downarrow$ $4Fe(OH)_2+2H_2O+O_2=4Fe(OH)_3$ ②$2Fe^{2+}+Cl_2=2Fe^{3+}+2Cl^-$ $Fe^{3+}+3SCN^-=Fe(SCN)_3$
Fe^{3+}	①红褐　②血红	①$Fe^{3+}+3OH^-=Fe(OH)_3\downarrow$ ②$Fe^{3+}+3SCN^-=Fe(SCN)_3$
Cu^{2+}	蓝	$Cu^{2+}+2OH^-=Cu(OH)_2\downarrow$
NH_4^+	无　刺激　红　蓝	$NH_4^++OH^-\xrightarrow{\triangle}NH_3\uparrow+H_2O$
Al^{3+}	白　溶解	$Al^{3+}+3OH^-=Al(OH)_3\downarrow$ $Al(OH)_3+OH^-=AlO_2^-+2H_2O$

2.

离子	检验试剂	实验现象	离子方程式
OH^-		①红　②蓝	
Cl^-	$AgNO_3$，稀 HNO_3	白	$Ag^++Cl^-=AgCl\downarrow$
Br^-		淡黄	
I^-		黄	
SO_4^{2-}	稀盐酸，$BaCl_2$	稀盐酸　$BaCl_2$	$Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$
SO_3^{2-}	$BaCl_2$，稀盐酸，品红溶液	$BaCl_2$　稀盐酸 品红	$Ba^{2+}+SO_3^{2-}=BaSO_3\downarrow$ $BaSO_3+2H^+=SO_2\uparrow+Ba^{2+}+H_2O$
CO_3^{2-}	$BaCl_2$，稀盐酸，澄清石灰水	$BaCl_2$　稀盐酸 澄清石灰水	

3. 复燃　淡蓝色　小液滴　纯度　蓝　蓝　白烟　退色　红　浑浊　SO_2　无　无　红棕

4.

有机物	检验方法或试剂	现象
乙烯	溴水或酸性 $KMnO_4$ 溶液	退色
乙炔	溴水或酸性 $KMnO_4$ 溶液	退色
甲苯	酸性 $KMnO_4$ 溶液	退色
苯酚	①浓溴水　②$FeCl_3$	
乙醛	①银氨　②新制氢氧化铜	①银镜　②红
淀粉	碘水	变蓝
蛋白质		黄
氯乙烷	NaOH 溶液，加热；稀 HNO_3，$AgNO_3$ 溶液	分层消失，白色沉淀
葡萄糖	①银氨　②新制氢氧化铜	

B 级

1. B 【解析】A 项可能受到 Ag^+ 影响生成 AgCl 沉淀；C 项能够使品红溶液退色的气体不一定就是 SO_2，还可能是其他气体如氯气；D 项能发生银镜反应的官能团为醛基，而醛基还可能存在于甲酸或甲酸某酯、甲酸盐中。
2. C 【解析】NO_2 易溶于水，生成无色的溶液并产生无色的气体，该无色气体遇空气又变成红棕色；且在 NO_2 中存在 $NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 的平衡，温度改变，气体的颜色会发生改变。Br_2 蒸气的颜色不受温度的影响，在水中溶解度不大但易溶于有机溶剂。

独立思考二：常见物质的分离与提纯

A 级

1. 蒸发　固　液　②余热　大　升华　过滤　①贴　低　靠　②洗涤　萃取　分液　①查漏　④上口　下口　蒸馏　沸点　渗析　半透膜　盐析　洗气　冰水
2. （2）铜网　（3）$AgNO_3$　（4）盐酸　（5）过量的 NaOH　（6）CuO、$Cu(OH)_2$、$CuCO_3$ 或 $Cu_2(OH)_2CO_3$

B 级

1. 灼热的铜网　NaOH 溶液　饱和 $NaHCO_3$ 溶液　饱和 NaHS 溶液　饱和 $NaHSO_3$ 溶液　饱和食盐水　饱和 $NaHCO_3$ 溶液或者酸性高锰酸钾溶液　NaOH 溶液（过量）　CO_2　Cl_2　Fe　蒸馏水　NaOH 稀溶液　NaOH 溶液　饱和 Na_2CO_3 溶液　新制 CaO
2. A 【解析】此题考查了物质的提纯知识。HNO_3 溶液中混有 H_2SO_4 时，加入氯化钡使得硝酸中又混入了 HCl 杂质，应加入硝酸钡溶液过滤，A 错；SO_2 有还原性，可被 $KMnO_4$ 氧化为硫酸除去，B 对；硝酸钾的溶解度随温度升高变大，但食盐的溶解度随温度变化较小，一般用结晶或重结晶法分离，C 对；乙酸具有酸性，能和氧化钙反应，但乙醇不能，故加足量氧化钙蒸馏可以分离两者，D 对。

【自我测评】

1. C 【解析】Al^{3+} 和 Mg^{2+} 与氨水反应都只生成沉淀，不溶解，无法鉴别，故 A 错；SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 与 $Ba(NO_3)_2$ 反应都生成白色沉淀，无法鉴别，故 B 错；1－溴丙烷有三种等效氢，其核磁共振谱有三个峰，而 2－溴丙烷有两种等效氢，其核磁共振谱有两个峰，故可鉴别，C 正确；碳碳双键、醛基都能被 $KMnO_4$ 酸性溶液氧化，$KMnO_4$ 溶液都退色，故无法鉴别。
2. B 【解析】向上层水溶液中加入稀 HNO_3 和 $AgNO_3$ 溶液，若产生淡黄色沉淀，则说明生成了 AgBr，即 CH_3CH_2Br 在碱性条件下发生了水解反应，A 项正确；$Fe(NO_3)_2$ 溶液中加入稀硫酸后，相当于溶液中存在 HNO_3，能将 Fe^{2+} 氧化生成 Fe^{3+}，B 项错误；CCl_4 层呈紫色，说明溶有单质 I_2，C 项正确；将 $FeCl_3$ 溶液加入 $Mg(OH)_2$ 悬浊液中白色沉淀变成红褐色，说明 $Mg(OH)_2$ 转化成了 $Fe(OH)_3$，D 项正确。
3. A 【解析】①Na_2SO_4 与其他物质反应都无沉淀；KOH 与 $AlCl_3$ 互滴，现象不同：一是先沉淀后溶解；一是开始无沉淀，之后产生沉淀且不再消失。②$Ba(OH)_2$ 和 $NaHCO_3$ 以及 H_2SO_4 反应都有沉淀生成，所以很容易找出 $Ba(OH)_2$，关键是 $NaHCO_3$ 与 H_2SO_4 的区别，二者互滴的现象差异不大，不易区分，区别的方法是 $Ba(OH)_2$ 与一种物质生成沉淀后，用

其沉淀与另一物质反应，若有气体放出，则原沉淀为 $BaCO_3$，若无气体放出，则原沉淀为 $BaSO_4$。③中 $NaHSO_4$ 相当于一元强酸，三种物质中，利用 H^+ 与 AlO_2^- 互滴现象不同，只能鉴别出 $NaAlO_2$。④中由于 Ca^{2+} 和 Ba^{2+} 均能与 CO_3^{2-} 生成沉淀，三种物质中只能鉴别出 Na_2CO_3。

4. B 【解析】NO_2 是红棕色的气体，N_2 不会被反应掉，题中是无色的混合气体且反应后几乎无气体剩余，故肯定无 NO_2 和 N_2。

5.【答案】(1)BDE (2)过滤 蒸馏

(3)$2I^- + MnO_2 + 4H^+ = Mn^{2+} + I_2 + 2H_2O$

(4)苯与水互不相溶；碘在苯中的溶解度比在水中大

(5)取少量提取碘后的水溶液于试管中，加入几滴淀粉试液，观察是否出现蓝色，如果变蓝，说明还有单质碘

6.【答案】(1)NH_4^+ 血红 盐酸

(2)①坩埚 电子天平 ②Fe_2O_3 1.600 ③$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

(3)铝热剂 $2Al + Fe_2O_3 \xlongequal{\triangle} 2Fe + Al_2O_3$ 冶炼某些难熔金属

第3节 物质的制备

【自主学习】

独立思考一：实验室制备气体

A 级

(一)1.(1)下 上 (2)左 右 2. 固体 液体 3. 气密性

(二)1. 原理

2. 圆底 分液 NH_3 CO_2 Cl_2 下 将导气管从水中取出 伸入液面以下 碎瓷片

(三)3. 关闭分液漏斗的活塞，将导管一端浸入水中，用双手捂住(或用酒精灯加热)烧瓶或试管，借助手的热量使容器内的空气膨胀，容器内的空气从导管口形成气泡冒出，把手(或酒精灯)拿开，过一会，水沿导管上升，形成一小段水柱，说明装置不漏气

4. 加紧导气的橡皮管，从漏斗注入一定量的水，使漏斗内的水面高于容器内的水面，停止加水后，漏斗中液面与容器中的液面差保持不变，说明装置不漏气

(四)1.

装置类型	气体	收集方法	反应原理	注意事项
固+固(△)	O_2	向上排空气法或排水法	$2KClO_3 \xrightarrow[\triangle]{MnO_2} 2KCl + 3O_2\uparrow$	①棉花 ②对流
	NH_3	向下排空气法	$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xlongequal{\triangle} CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$	
固+液	CO_2	向上排空气法	$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$	①$CuSO_4$ ②$CaSO_4$ 微溶 ③饱和食盐水
	SO_2	向上排空气法	$Na_2SO_3 + H_2SO_4(浓) = Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$	
	NO_2	向上排空气法	$Cu + 4HNO_3(浓) = Cu(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + 2H_2O$	
	H_2	排水法或向下排空气法	$Zn + H_2SO_4(稀) = ZnSO_4 + H_2\uparrow$	
	NO	排水法	$3Cu + 8HNO_3(稀) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$	
	Cl_2	排饱和食盐水或向上排空气法	$2KMnO_4 + 16HCl(浓) = 2MnCl_2 + 2KCl + 5Cl_2\uparrow + 8H_2O$ $KClO_3 + 6HCl(浓) = KCl + 3Cl_2\uparrow + 3H_2O$	
固+液(△)	SO_2	向上排空气法	$Cu + 2H_2SO_4(浓) \xlongequal{\triangle} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$	①NaOH ②氧化 NO_2
	Cl_2	排饱和食盐水或向上排空气法	$MnO_2 + 4HCl(浓) \xlongequal{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$	
	乙烯	排水法	$CH_3CH_2OH \xrightarrow[170\,℃]{浓硫酸} C_2H_2 = CH_2\uparrow + H_2O$	

2.(1)$2H_2O_2 \xlongequal{MnO_2} 2H_2O + O_2\uparrow$ $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$

(2)$NH_3 \cdot H_2O \xlongequal[\triangle]{CaO} NH_3\uparrow + H_2O$ (3)向浓硫酸中滴加浓盐酸

(4)$2KMnO_4 + 16HCl(浓) = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2\uparrow + 8H_2O$

(五)1. ①HCl 水气

3. 快 完全 (1)①水 ②碱性 ③酸性 ④干燥剂 (2)②新的杂质

4.(1)①浓硫酸 五氧化二磷 CO_2、SO_2、NO_2、HCl、H_2、Cl_2、O_2、CH_4

②生石灰 碱石灰 NH_3、H_2、O_2、CH_4 ③氯化钙 O_2、H_2、CH_4

⑤$CaCl_2 \cdot 8NH_3$

5. 长 短 大口 小口 除杂 干燥 NaOH $CuSO_4$ 或 NaOH

(六)1.(1)向上(或下)排空气 (2)水(液) (3)饱和食盐水 饱和 $NaHCO_3$

2.

典型气体	H_2、O_2、NO、CO、CH_4、$CH_2=CH_2$、$CH\equiv CH$	Cl_2、HCl、CO_2、SO_2、H_2S	H_2、NH_3、CH_4

(七)1. a. NaOH H_2S c. HCl、HBr、NH_3 d. H_2、CO

(八)相平

B 级

1. D 【解析】制纯碱，可用 CO_2 和烧碱，而 CO_2 可由盐酸与大理石反应制得；制氯化铜，可用铜与氯气反应，氯气可由电解盐酸制得；制氢气，可用电解水的方法；但制发烟硝酸，需要浓硫酸与硝酸盐反应，而题中未提供浓硫酸，由题给试剂也不能制出浓硫酸，故无法实现。

2.【解析】由于所给制备装置中，没有温度计无法控制反应温度，不能确定是否有 C_2H_4 产生，也就不能得到干燥纯净的 C_2H_4；所给装置虽然加热时可以产生 Cl_2，但在 c 装置中用 NaOH 溶液除 HCl 的同时，Cl_2 也被吸收。饱和 NH_4Cl 溶液与消石灰作用产生 NH_3，但在通过 c 装置时被水吸收，最后也得不到 NH_3。铜与稀硝酸作用产生 NO 气体，部分被装置中的氧气氧化为 NO_2，但在通过 c 装置中的水时发生反应：$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$，又得到 NO，经 P_2O_5 干燥得到纯净的 NO。

【答案】(1)NO (2)①C_2H_4 装置中没有温度计，无法控制反应温度 ②Cl_2 反应生成的 Cl_2 被 c 中的 NaOH 溶液吸收了 ③NH_3 反应生成的 NH_3 被 c 中的 H_2O 吸收了

独立思考二：几种重要无机物的制备

A 级

$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_3 \cdot H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$ $FeCl_3 + 3H_2O \xlongequal{\triangle} Fe(OH)_3$(胶体)$+ 3HCl$ $FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$ 煮沸过的 液面以下

$Ag^+ + NH_3 \cdot H_2O = AgOH + NH_4^+$，$AgOH + 2NH_3 \cdot H_2O = [Ag(NH_3)_2]^+ + OH^- + 2H_2O$ 2% 的 $AgNO_3$ 2% 氨水

B 级

1.【解析】中学化学实验中有 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 分解失水的实验，而此题从另一角度制 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 晶体，解题的关键是掌握常用试剂的相互反应规律，并具有一些实验操作的经验。问题(1)的回答，很容易认为是为了控制反应物用量，而实际上是因为该反应放热，要防止硝酸的挥发和分解。问题(3)中 NO 吸收剂的选择，因为硝酸和氯化钠无法吸收，碘水氧化性不够，只有选择酸性高锰酸钾溶液。

【答案】(1)防止 HNO_3 挥发

(2)缓冲瓶，防止 D 中溶液倒吸到反应装置 B 中

(3)$3NaClO + 2NO + 2NaOH = 3NaCl + 2NaNO_3 + H_2O$ C

(4)加入的浓硝酸不过量(或定量加入浓硝酸)

(5)防止 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 脱水(或防止溶液局部过热)

2.【答案】(1)$4HCl(浓) + MnO_2 \xlongequal{\triangle} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$

(2)B 中的反应进行一段时间后，看到黄绿色气体充满装置后，开始加热 D

(3)$2Fe + 3Cl_2 \xlongequal{\triangle} 2FeCl_3$

(4)导管易被产品堵塞；尾气排入空气，易造成环境污染

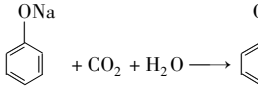
(5)产品易潮解 在瓶 E 和 F 之间连接装有干燥剂的装置(其他既能防止产品潮解又能防止尾气污染环境的合理答案均可)

【自我测评】

1. CD 【解析】解题时应用选项中的四种气体分别进行题中所述实验，如将 B 选项中的 CO 进行实验：CO、O_2 都不与 NaOH 溶液反应，O_2 与 Cu 反应生成 CuO，CuO 又与 CO 反应，生成 CO_2，尾气为 CO_2。同理 D 选项的 N_2 进行实验，尾气为 N_2。

2. D 【解析】由①可知，碱石灰吸收的是 CO_2 或 H_2O，或二者的混合物；②中CuO 被还原为 Cu，还原剂为 CO 或 H_2，或二者的混合物；但由③可知，反应②生成了 H_2O，故原混合气体中一定有 H_2；由反应④可知，反应②又生成了 CO_2，故原混合气体中一定有 CO。

3. C 【解析】实验室里制备气体要操作简单，容易分离，经济实惠，切实可行。甲烷在高温下才能分解成 H_2 和 C，实验室里难办到。赤热的炭和水蒸气反应生成 CO 和 H_2，既难反应，又难分离，难以在实验里实现。可用锌和稀硫酸反应、电解稀硫酸的方法制取氢气。

4.【答案】(1)出现浑浊  (2)紫红色退去 $CaC_2+2H_2O\longrightarrow Ca(OH)_2+C_2H_2\uparrow$

(3)出现浑浊,最后消失 $Ag^++NH_3\cdot H_2O\xlongequal{}AgOH+NH_4^+$;$AgOH+2NH_3\cdot H_2O\xlongequal{}[Ag(NH_3)_2]^++OH^-+2H_2O$

(4)防止液体倒吸

5.【解析】本题要求组装一个随开随用、随关随停的 CO_2 发生装置,即利用启普发生器的原理来制备 CO_2 气体。仔细观察所给仪器,可用球形干燥管来代替启普发生器的球形漏斗,烧杯代替反应容器,应选用的仪器是 a、c、d、e。大理石与稀硫酸反应生成了微溶于水的 $CaSO_4$,阻碍了反应的进行,因而不能同时选用这两种药品;又因为块状 Na_2CO_3 晶体溶于水,不能用启普发生器来制备 CO_2;只能将浓硝酸加水稀释为稀硝酸,再与 $CaCO_3$ 反应制备 CO_2。应选用的药品是浓硝酸、水、块状大理石。

【答案】(1)a、c、d、e (2)浓硝酸、水、块状大理石

6.【解析】"该气体具有刺激性气味,并能使湿润的红色石蕊试纸变蓝"是解答此题的突破口,此气体只能是 NH_3,结合题意 F 就是 N_2。因此,从限定的反应物中,只能设法从氨水中获取 NH_3。然后结合发生装置特点(固、液、不加热)及其他实验现象,便可推断其他物质。

【答案】(1)浓氨水 氧化钙 氨气 氧化铜 水 氮气

(2)$CaO+NH_3\cdot H_2O\xlongequal{}NH_3\uparrow+Ca(OH)_2$ $2NH_3+3CuO\xlongequal{\triangle}3Cu+N_2\uparrow+3H_2O$ $CuSO_4+5H_2O\xlongequal{}CuSO_4\cdot 5H_2O$

$3Mg+N_2\xlongequal{\triangle}Mg_3N_2$ $Mg_3N_2+6H_2O\xlongequal{}3Mg(OH)_2\downarrow+2NH_3\uparrow$

第 4 节 化学实验方案的设计与评价

【自主学习】

独立思考一:化学实验方案的设计

B 级

1.【解析】本题以教材中 Cl_2 的实验室制法为基础,综合考查实验方案的设计,包括化学反应原理、仪器的连接、性质实验探究等多方面内容。

(1)c 方案中需要电解装置,a 方案中需要酒精灯加热。

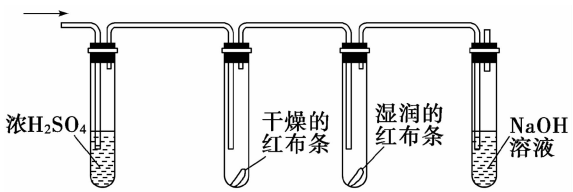
(2)利用排饱和食盐水法收集 Cl_2。

(3)Cl_2 本身无漂白性,与水反应生成的 HClO 才有漂白性,所以先用浓硫酸干燥 Cl_2,证明干燥的 Cl_2 无漂白性,然后再证明湿润的 Cl_2 有漂白性,然后用氢氧化钠溶液吸收多余的氯气。

【答案】(1)ac a 酒精灯

(2)$6HCl(浓)+KClO_3\xlongequal{}KCl+3Cl_2\uparrow+3H_2O$ E→D

(3)



2.【解析】本题主要考查实验设计与评价能力,背景知识为氧化还原反应,意在考查同学们的实验设计能力、分析与解决问题的能力。(1)SO_2 与过量 NaOH 反应的产物为 Na_2SO_3 与 H_2O;(2)在题给反应中,硫元素的化合价升高,所以 Na_2SO_3 为还原剂;(3)SO_3^{2-} 具有较强的还原性,而 ClO^- 具有极强的氧化性,ClO^- 与 SO_3^{2-} 是不能共存的,所以假设 3 为只存在 ClO^-。实验设计只要求证实酸化后的溶液是具有氧化性,还是具有还原性,还是既不具有氧化性,也不具有还原性,若加入 KI-淀粉溶液出现蓝色,证明存在 ClO^-,若加入酸性 $KMnO_4$ 溶液时,溶液退色,证明存在 SO_3^{2-},若两种现象均无,则假设 2 成立。

【答案】(1)$Na_2SO_3+H_2O$ (2)Na_2SO_3 (3)①只存在 ClO^-

②

向 A 试管中滴加 1~2 滴 0.01 mol·L^{-1}酸性 $KMnO_4$ 溶液	若溶液退色,则假设 1 成立; 若溶液不退色,则假设 2 或 3 成立
向 B 试管中滴加 1~2 滴 KI-淀粉溶液	若溶液变蓝色,则假设 3 成立; 若溶液不变蓝色,结合步骤 2,则假设 2 成立

3.【解析】(1)制气装置不能在封闭体系中进行,否则易引起爆炸,因此尾气吸收装置乙中的广口瓶不能加瓶塞。(2)根据品红溶液可推测发生装置中生成了 SO_2 气体,因此可选用 Cu 与浓硫酸反应或 C 与浓硫酸反应。(3)检验硫酸亚铁盐固体是否变质即检验样品中有无 Fe^{3+},检验 Fe^{3+} 最灵敏的试剂是 KSCN 溶液。

【答案】(1)装置乙中的广口瓶不应加瓶塞 (2)$Cu+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$(或 $C+2H_2SO_4(浓)\xlongequal{\triangle}CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow+2H_2O$,其他合理答案也可) NaOH 溶液

(3)往一支试管中加入少量固体样品,加水溶解,再加几滴 KSCN 溶液若溶液变为血红色,说明该固体已变质;若溶液未变为血红色,说明该固体没有变质

独立思考二:实验方案的评价

B 级

1.【解析】(1)本题应按题中告诉的反应物的用量之比写出相应的离子方程式。(2)由操作 a 后进行的洗涤操作可知 a 为过滤。(3)如果要求不严格的话,可观察洗涤液的颜色,如果要求较严格的话,则应该在滤液中加入适当的试剂,观察现象。如果冷却后过滤,甲酸铜会大量析出,混在 $Cu_2(OH)_2CO_3$ 中,所以要趁热过滤。(4)用无水乙醇洗涤晶体可除去甲酸并减少甲酸铜晶体的损失。

【答案】(1)$2Cu^{2+}+4HCO_3^-\xlongequal{\triangle}Cu_2(OH)_2CO_3\downarrow+3CO_2\uparrow+H_2O$

(2)过滤 玻璃棒、漏斗、烧杯

(3)取最后滤出的洗涤液少许,滴入 NaOH 溶液,无明显现象 防止甲酸铜结晶而损失

(4)除去甲酸并减少甲酸铜晶体的损失

2.【解析】(1)NO 与 O_2 反应,不能用排气法收集;排水法收集则应遵循"短管进长管出"的原则,故选 c。

(2)题目所给量气装置只有 D。

(3)由关系式 $Zn\sim H_2$ 可知:$m(Zn)=\frac{65\ V}{22.4}$ g,则 $w(Zn)=m(Zn)/m_1=\frac{65\ V}{22.4\ m_1}$。

(4)由 $m=\rho V$,$V=Sh$ 可推知答案。

(5)用恒压分液漏斗时,部分气体会扩散到橡胶管及分液漏斗上部;若改用普通分液漏斗,则不存在此种情况,故改用普通分液漏斗后测得 H_2 的体积偏大,则测量结果将偏大。

(6)$m(Zn)=m_1-m_2$,则 $w(Zn)=\frac{m_1-m_2}{m_1}$。

(7)方案丙中产生 H_2 的量较小,测量误差较大,故方案丙劣于方案乙。

【答案】 (1)c (2)D (3)$\frac{65\ V}{22.4\ m_1}$(或$\frac{2.9\ V}{m_1}$等其他合理答案)

(4)金属锌的密度(或其他合理答案)

(5)偏大 (6)$\frac{m_1-m_2}{m_1}$(或其他合理答案) (7)劣于

【自我测评】

1. B 【解析】A 项,乙醇与水互溶,不能做萃取剂,错误;B 项,石蕊试纸变蓝,则气体肯定显碱性,正确。C 项,若原溶液中含有 SO_3^{2-},生成 $BaSO_3$,再加入盐酸,盐酸中的 H^+ 与溶液的 NO_3^- 结合,相当于 HNO_3,则可以氧化 $BaSO_3$ 生成 $BaSO_4$,沉淀不溶解,故错误;D 项,加热时 $FeCl_3$ 会水解,错误。

2. B 【解析】向 NaOH 溶液中滴加 $FeCl_3$ 饱和溶液会产生 $Fe(OH)_3$ 沉淀,不会产生胶体,要制备 $Fe(OH)_3$ 胶体,应向沸水中滴加饱和 $FeCl_3$ 溶液,因此 A 不正确;配制 $SnCl_2$ 溶液时,由于 Sn^{2+} 易水解,因此应将 $SnCl_2$ 先溶解在浓盐酸中,再加水稀释到所需的浓度,C 不正确;检测尿糖必须用新制 $Cu(OH)_2$ 悬浊液,而不能用 $Cu(OH)_2$ 粉末,D 不正确。

3. B 【解析】A 中因为硫酸过量,所以铁没有剩余,生成的 Fe^{2+} 容易被氧化成 Fe^{3+},制备的硫酸亚铁不纯,A 不正确;B 中生成的气体是二氧化碳,可以说明乙二酸的酸性比碳酸强,B 正确;C 中因为过量的 NaOH 会和氢氧化铝反应,所以不是最佳方案,C 不正确;D 中如果原溶液中含有 Fe^{3+} 不含 Fe^{2+},依次加入氯水和硫氰化钾溶液,溶液也变红,不能说明

原溶液中含有 Fe^{2+}。

4. B 【解析】CO_2 可与 NaOH 溶液反应,浓硫酸可吸收水分,A 项正确;NaOH 溶液也可以与 NH_4Cl 反应,且可能会引入 NaOH 杂质,B 项错误;Cl_2 在饱和食盐水中溶解度很小而 HCl 的溶解度很大,浓硫酸可吸收水分,C 项正确;$NaHCO_3$ 灼烧分解成 Na_2CO_3,D 项正确。

5.【解析】(1)第①步是 $Cr_2O_7^{2-}$ 与 Fe^{2+} 发生氧化还原反应,方程式为:$Cr_2O_7^{2-}+6Fe^{2+}+14H^+=\!=\!=2Cr^{3+}+6Fe^{3+}+7H_2O$;

(2)测定溶液 pH 的方法:用玻璃棒蘸取待测溶液点在 pH 试纸的中心位置,然后对照标准比色卡,读出对应颜色的数据;

(3)从最终所得磁性材料的化学式可知,滤渣中主要有 $Cr(OH)_3$、$Fe(OH)_2$、$Fe(OH)_3$;

(4)1 L 废水中的 $n(Cr_2O_7^{2-})=5.00\times10^{-3}$ mol,根据关系式:$Cr_2O_7^{2-}\sim4Cr_{0.5}Fe_{1.5}FeO_4\sim10FeSO_4\cdot7H_2O$,所以理论上 $n(FeSO_4\cdot7H_2O)=0.05$ mol,$m(FeSO_4\cdot7H_2O)=0.05\ mol\times278\ g\cdot mol^{-1}=13.9$ g。

【答案】(1)$Cr_2O_7^{2-}+6Fe^{2+}+14H^+=\!=\!=2Cr^{3+}+6Fe^{3+}+7H_2O$

(2)将一小块 pH 试纸放在表面皿上,用玻璃棒蘸取少量待测液点在 pH 试纸上,再与标准比色卡对照

(3)$Fe(OH)_3$、$Fe(OH)_2$

(4)13.9

6.【答案】(1)3 mol/L 稀硝酸、浓硝酸、氢氧化钠溶液

(2)通入 CO_2 一段时间,关闭弹簧夹,将装置⑤中导管末端伸入倒置的烧瓶内

(3)$Cu+4HNO_3(浓)=\!=\!=Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$

(4)将 NO_2 转化为 NO $3NO_2+H_2O=\!=\!=2HNO_3+NO$

(5)装置③中液面上方气体仍为无色,装置④中液面上方气体由无色变为红棕色

(6)acd

选修 有机化学基础

第 1 章 认识有机化合物

【自主学习】

独立思考一:有机化合物的分类

A 级

1.(1)烃 烃的衍生物 (2)链状 环状 (3)原子或原子团

官能团的结构	官能团的名称	举例
		CH_4 甲烷、CH_3-CH_3 乙烷
	碳碳双键	$CH_2=CH_2$ 乙烯
—C≡C—	碳碳叁键	CH≡CH 乙炔
		甲苯
—X	卤素原子	CH_3-CH_2-Br 溴乙烷
—OH	(醇)羟基	CH_3-CH_2-OH 乙醇
—OH	(酚)羟基	苯酚
	醛基	乙醛
	酮羰基	丙酮
	羧基	乙酸
	酯基	乙酸乙酯

B 级

1. 具有同一官能团的物质不一定是同一类有机物。如:

(1)CH_3-OH 和 虽都含有—OH,但二者属不同类型的有机物。

(2)含有醛基的有机物,有的属于醛类,有的属于酯类,有的属于糖类等。

2.【答案】(1)$C_{16}H_{16}O_5$ 碳碳双键、碳碳叁键、醇羟基、羧基、酯基

(2)12 2

(3)C—H、C—O (4)4 4 (5)120° 180°

独立思考二:有机化合物的结构特点

A 级

1. 四 单键 双键 叁键 碳链 碳环

2.(1)分子式 结构

(2)碳链异构 位置异构 官能团异构

3.(1)①最长 (2)长 短 整 散

B 级

1.(1)同分异构体的分子式相同,相对分子质量相同,但相对分子质量相同的化合物不一定是同分异构体,如 CH_3CH_2OH 与 HCOOH 不属于同分异构体。

(2)同分异构体的最简式相同,但最简式相同的化合物不一定是同分异构体,如 C_2H_2 与 C_6H_6,HCHO 与 CH_3COOH 不是同分异构体。

(3)同分异构体不仅存在于有机物和有机物之间,也存在于有机物和无机物之间,如尿素[$CO(NH_2)_2$,有机物]和氰酸铵(NH_4CNO,无机物)互为同分异构体。

2. C 【解析】有机物只所以种类繁多,是因为碳原子的成键特点。碳原子之间能以单键、双键或叁键等形式结合;每个碳原子能与氢原子或其他原子形成四个共价键;多个碳原子间可以形成碳链或碳环,碳链和碳环也能相互结合等。

3.(1)$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

位置由心到边⇐
(2) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$
(3) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-CH_3$

排列对邻到间⇐
(4) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_2CH_3$
(5) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

主链由长到短 ↓

独立思考三:有机化合物的命名

A 级

1. 原子 原子团 氢原子 烷烃基

(1)$-CH_3$ $-CH_2-CH_3$ $-CH_2-CH_2-CH_3$ $-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

(2)① $-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ② $-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$

③ $-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ ④ $-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$

2.(1)甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸 己烷 (2)十七烷

(3)正 异 新 正戊烷 异戊烷 新戊烷

3.(1)①支链 (2)①近 ②简单 ③最小 (3), –

4. 3 – 甲基 – 1 – 丁炔

B 级

1. B 【解析】此题考查了有机物的命名知识。有机物命名时,应遵循支链位次和最小原则,故应命名为 1,2,4 - 三甲苯,A 错;C 项命名应为 2 - 丁醇;炔类物质命名时,应从离叁键近的一端编号,故应命名为 3 - 甲基 - 1 - 丁炔,D 错。

2. (1)× (2)× (3)× (4)× (5)√ (6)×

独立思考四:研究有机物的一般步骤和方法

A 级

1. 实验式 分子式 结构式

2. (1)沸点 溶解度 溶解度

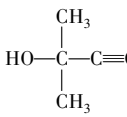
(2)①苯 CCl_4 乙醚 ②互不相溶 溶解度

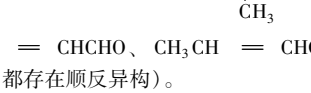
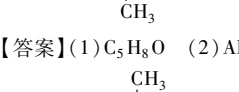
3. (1)H_2O CO_2 (2)质谱 最大

4. (1)官能团 (2)①化学键 官能团 ②氢原子 数目

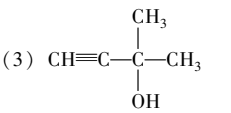
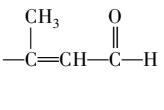
B 级

1. 【解析】(1)16.8 g 有机物 A 中,$m(C)=44.0\times\frac{12}{44}=12(g)$,$m(H)=14.4\times\frac{2}{18}=1.6(g)$,则 $m(O)=16.8-12-1.6=3.2(g)$,故 A 中 $n(C):n(H):n(O)=\frac{12}{12}:\frac{1.6}{1}:\frac{3.2}{16}=5:8:1$,则其最简式为 C_5H_8O,又其相对分子质量为 84,则其分子式为 C_5H_8O。(2)A 分子中含有—C≡C—键,能与 H_2、Br_2 发生加成反应,能与酸性 $KMnO_4$ 溶液发生氧化反应;含有羟基,能与 Na 发生置换反应。(3)根据 A 的核磁共振氢谱上有三个峰,峰面积之比为 6:1:1,说明 A 中有三种类型的氢原子,个数比为 6:1:1,再结合 A 中含有 O—H 键和位于分子端的—C≡C—键,则其结构简式为

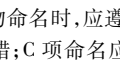


(4)根据 1 mol B 可与 1 mol Br_2 加成,可以推断 B 中含有 1 个碳碳双键,再结合 B 没有顺反异构体,则其结构式为  ,注意不能为 $CH_3CH_2CH=CHCHO$、$CH_3CH=CHCH_2CHO$ 或  (都存在顺反异构)。

【答案】(1)C_5H_8O (2)ABCD

(3)  (4) 

【自我测评】

1. D 【解析】选择含  的最长碳链为主链;确定甲基位置时应该使双键位置最小,即从离双键最近的一端开始编号。

2. D 【解析】甲基丙烯酸(分子式为 $C_4H_6O_2$)和甲酸丙酯(分子式为 $C_4H_8O_2$)的分子式不同,故不互为同分异构体。

3. B 【解析】$150\times50\%/16=4.7$,氧原子数最多为 4,则可知该有机物的相对分子质量为 $4\times16/50\%=128$;除去氧原子的质量,剩余基团的相对分子质量为 $128-64=64$,$64/12=5.3$,由此可知分子中碳原子数最多为 5。

4. D 【解析】红外光谱给出的是化学键和官能团,从图上看出,已给出 C—H、O—H 和 C—O 三种化学键,A 项正确;核磁共振氢谱图中,峰的个数即代表氢的种类,故 B 项正确;峰的面积表示氢的数目比,在没有交待化学式的情况下,是无法得知其氢原子总数的,C 项正确。$CH_3—O—CH_3$ 中不含有 O—H 键,另外其氢谱图应只有一个峰,因为分子中两个甲基上氢的类别是相同的,故 D 项错误。

5. 【解析】先固定有机物分子的中心 和链端—CH_3 和—Br,再插中间的—CH_2—。共有 6 种插法。

【答案】(1)6 (2)5

6. 【解析】若化合物 A、B、C 和 D 的分子中只含有一个氧原子,则 $M_r=\frac{16}{23.5\%}=68$,又化合物 A、B、C 和 D 均是一取代芳香化合物,显然不符合题意,故该化合物分子中含有一个氧原子不可能。若化合物的分子中含有两个氧原子,则 $M_r=\frac{16}{23.5\%}\times2=136<150$,符合题意。由题目给定的信息可知 A 为苯甲酸甲酯、B 为甲酸苯甲酯、D 为苯乙酸。则 E 为苯甲酸、G 为苯甲醇、I 为苯酚。

【答案】(1)136 $C_8H_8O_2$

(2)HCOOH $C_6H_5CH_2OOCH$ C_6H_5OH

(3)水解反应(或取代反应) 中和反应

(4)取 3 个试管,分别将少许 E、G、I 加入试管中,各加 2 mL 水,再各加几滴溴水,产生白色沉淀的试管中的化合物为 I(苯酚);另取 2 个试管,分别将 E 和 G 加入试管中,各加适量 $NaHCO_3$ 溶液,加热,有无色无味气体放出的试管中的化合物为 E(苯甲酸)(其他合理答案均可)

第 2 章 烃和卤代烃

【自主学习】

独立思考一:烃的概述

1.

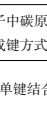
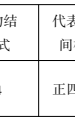
碳 氢									
分类				不饱和度	通式	分子中碳原子成键方式	代表物	代表物结构简式	代表物空间构型
链烃	脂肪烃	饱和烃	烷烃	0	C_nH_{2n+2} $(n\geqslant1)$	全以单键结合	甲烷 CH_4	CH_4	正四面体
		不饱和烃	烯烃	1	C_nH_{2n} $(n\geqslant2)$	含有一个碳碳双键	乙烯 C_2H_4	$CH_2=CH_2$	平面形
			炔烃	2	C_nH_{2n-2} $(n\geqslant2)$	含有一个碳碳叁键	乙炔 C_2H_2	$CH_2=CH_2$	直线形
环烃	脂环烃	饱和烃	环烷烃	1	C_nH_{2n} $(n\geqslant3)$	全以单键结合,含有一个环	环己烷 C_6H_{12}		
		不饱和烃	环烯烃						
	芳香烃	不饱和烃	苯及其同系物	4	C_nH_{2n-6} $(n\geqslant6)$	特殊键结合,含有一个苯环	苯 C_6H_6		平面正六边形
			多环芳烃						

2. 逐渐升高 气

独立思考二:烷烃

A 级

1.

分子式	电子式	结构式	结构简式	空间结构	自然界中分布
CH_4			CH_4	正四面体	天然气、沼气、坑气的主要成分之一

2. (1)淡蓝色 $CH_4(g)+2O_2(g)\xrightarrow{点燃}CO_2(g)+2H_2O(l)$

$\Delta H=-890\ kJ/mol$

(2)原子或原子团 原子或原子团

$CH_4+Cl_2\xrightarrow{光照}CH_3Cl+HCl$ $CH_3Cl+Cl_2\xrightarrow{光照}CH_2Cl_2+HCl$

$CH_2Cl_2+Cl_2\xrightarrow{光照}CHCl_3+HCl$ $CHCl_3+Cl_2\xrightarrow{光照}CCl_4+HCl$

气 液 氯仿 四氯化碳 大

B 级

1. ③ > ④ > ⑤ > ① > ②

2. 二氯甲烷的分子结构只有一种

3. 逐渐消失　上升　无色油状液滴　生成白色沉淀

独立思考三：烯烃

1. C_2H_4　$H:\ddot{C}::\ddot{C}:H$　$H-C=C-H$　$CH_2=CH_2$

2. $C_2H_4+3O_2\xrightarrow{点燃}2CO_2+2H_2O$　$CH_2=CH_2\xrightarrow{酸性\ KMnO_4\ 溶液}CO_2+H_2O$　$CH_2=CH_2+H_2\xrightarrow{催化剂}CH_3-CH_3$　$CH_2=CH_2+Br-Br\longrightarrow$ CH_2Br-CH_2Br　$CH_2=CH_2+HBr\xrightarrow{催化剂}CH_3-CH_2Br$　$H_2C=CH_2+H_2O\xrightarrow{催化剂}CH_3-CH_2-OH$　$nCH_2=CH_2\xrightarrow{引发剂}\{CH_2-CH_2\}_n$

【注】不饱和键两端的原子　其他原子或原子团　饱和的　比较饱和

独立思考四：炔烃

1. C_2H_2　$H:C\vdots\vdots C:H$　$H-C\equiv C-H$　$CH\equiv CH$

2. $C_2H_2+5/2O_2\xrightarrow{点燃}2CO_2+H_2O$　退色　$CH\equiv CH+2H_2\xrightarrow{催化剂}CH_3-CH_3$　$CH\equiv CH+Br-Br\longrightarrow CHBr=CHBr$　$CH\equiv CH+HCl\xrightarrow{催化剂}CH_2=CHCl$　$HC\equiv CH+HCN\xrightarrow{催化剂}CH_2=CH-CN$　$nCH\equiv CH\xrightarrow{引发剂}\{HC=CH\}_n$

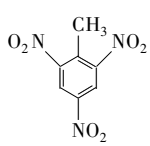
独立思考五：苯及其同系物

A 级

1. C_6H_6　 　平面正六边形

2. 液体　挥发　毒　不　小

3. $2C_6H_6+15O_2\xrightarrow{点燃}12CO_2+6H_2O$　不退色　 $+Br-Br\xrightarrow{Fe}$ $+HBr$　 $+HO-NO_2\xrightarrow[55\sim60\ ℃]{浓\ H_2SO_4}$ $+H_2O$　 $+HO-SO_3H\xrightleftharpoons{\triangle}$ $+H_2O$　 $+3H_2\xrightarrow[\triangle]{催化剂}$

4. $C_7H_8+9O_2\xrightarrow{点燃}7CO_2+4H_2O$　 $\xrightarrow{酸性\ KMnO_4\ 溶液}$ 　 $+3HO-NO_2\xrightarrow[\triangle]{浓\ H_2SO_4}$  $+3H_2O$　 $+3H_2\xrightarrow[\triangle]{催化剂}$

【注】增加氧原子　减少氢原子　增加氢原子　减少氧原子

B 级

1. 二者退色原理不相同。乙烯使酸性高锰酸钾溶液退色是发生了氧化还原反应，高锰酸钾将乙烯氧化成 CO_2，高锰酸钾被还原；乙烯使溴的四氯化碳溶液退色是与单质溴发生了加成反应。在鉴别烷烃和烯烃时二者均可以使用，但在除杂时不能用酸性高锰酸钾溶液，因为会引入 CO_2 杂质。

2. C　【解析】1 mol CH≡CH 与 2 mol HCl 加成后生成 $C_2H_4Cl_2$，分子中有 4 mol 氢原子，发生取代反应时需要 4 mol Cl_2。

3. 先滴加溴水，完全退色的是已烯；再滴加酸性高锰酸钾溶液，退色的是甲苯。

4. 证明苯分子中没有碳碳双键的方法常用的有两种：

①不能使溴水或酸性高锰酸钾溶液退色；②邻位取代物只有一种。

独立思考六：卤代烃

A 级

1. 卤素原子

2. (1)一氯甲烷、氯乙烷、氯乙烯

(2)①要高　②升高　(3)难溶　易溶　(4)大

3. NaOH 的水溶液，加热　NaOH 的醇溶液，加热　乙醇　乙烯　$CH_3CH_2Br+NaOH\xrightarrow[\triangle]{H_2O}CH_3CH_2OH+NaBr$　$CH_3CH_2Br+NaOH\xrightarrow[\triangle]{醇}CH_2=CH_2\uparrow+NaBr+H_2O$

【注】脱去小分子物质　双键或叁键

B 级

1. 实验步骤：a. 取少量样品；b. 加 NaOH 溶液；c. 加热；d. 冷却；e. 取上层清液向其中加入稀硝酸；f. 加 $AgNO_3$ 溶液。

①加热煮沸是为了加快水解反应的速率，因为不同的卤代烃水解难易程度不同。

②加入稀硝酸酸化，一是为了中和过量的 NaOH，防止 NaOH 与 $AgNO_3$ 反应对实验产生影响；二是检验生成的沉淀是否溶于稀硝酸。

2. 实验步骤：向大试管中注入 5 mL 溴乙烷和 15 mL 饱和氢氧化钠乙醇溶液，加热。若发现有气体放出，将该气体通入溴水且溴水退色，说明有乙烯生成，溴乙烷发生消去反应。

3. 与卤素原子相连的碳有邻位碳原子，且邻位碳原子上必须有氢原子。

【归类方法】

一、1. $C_xH_y+(x+y/4)O_2\xrightarrow{点燃}xCO_2+y/2H_2O$

2. ①氢元素的质量分数越大，即含氢量越高(y/x 的值越大)，耗氧量越多。

12 g $\begin{cases}C\rightarrow 1\ mol\rightarrow 需\ O_2\ 1\ mol\\ H\rightarrow 12\ mol\rightarrow 需\ O_2\ 3\ mol\end{cases}$

②设烃为 C_xH_y，则$(x+y/4)$的值越大，耗氧量越多。

③最简式(实验式)相同。

例 1. 假设该烃的分子式为 C_xH_y，根据其完全燃烧的化学方程式：

$C_xH_y+(x+y/4)O_2\xrightarrow{点燃}xCO_2+y/2\ H_2O(g)$

因为反应前后体积不变，则有 $x+y/2=1+x+y/4$，得 $y=4$，所以该烃分子中有 4 个氢原子；

又因为该烃完全燃烧，所以有 $x+y/4\leqslant 4$，将 $y=4$ 代入得 $x\leqslant 3$。

【规律方法】当 $t\geqslant 100$ ℃时，烃燃烧的生成物全部是气体，气体体积变化：$\Delta V=V_{前}-V_{后}=1-y/4$

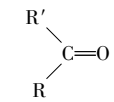
分三种情况：

(1)当 $y=4$ 时，$\Delta V=0$，反应前后气体体积不变；

(2)当 $y<4$ 时，$\Delta V>0$，气体体积减小；

(3)当 $y>4$ 时，$\Delta V<0$，气体体积增大。

烃在温度高于 100 ℃时完全燃烧，反应前后气体体积不变，如 CH_4、C_2H_4、C_3H_4、C_4H_4(正四面体)等，与碳原子数无关；反过来也可以根据燃烧前后体积不变来判断烃的分子组成。

二、CO_2、H_2O　RCOOH　 

$CH_3-COOH+CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

【自我测评】

1. B　【解析】据混合气体对氢气的密度可以求出其相对分子质量应为 $2\times 13=26$，则两种烃的相对分子质量都为 26，或一个大于 26，一个小于 26，所有烃中只有甲烷的相对分子质量小于 26，所以必有甲烷，溴水增重的量为吸收烯烃的量。

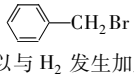
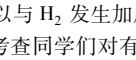
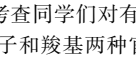
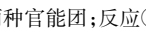
$m(混)=\dfrac{4.48\ L}{22.4\ L/mol}\times 26\ g/mol=5.2\ g$，$n(CH_4)=\dfrac{5.2\ g-2.8\ g}{16\ g/mol}=0.15\ mol$

$n(烯)=0.2\ mol-0.15\ mol=0.05\ mol$，$M(烯)=\dfrac{2.8\ g}{0.05\ mol}=56\ g/mol$。

据烯烃的通式 C_nH_{2n} 得：$12n+2n=56$，$n=4$，所以应为丁烯。

2. B　【解析】①由甲苯制甲基环己烷属于加成反应、由乙烷制溴乙烷属于

取代反应。②乙烯使溴水退色属于加成反应、乙炔使酸性高锰酸钾溶液退色属于氧化反应。③由乙烯制聚乙烯、由氯乙烯制聚氯乙烯均属于加聚反应。④由苯制硝基苯、由苯制溴苯均属于取代反应。

3. B 【解析】A 项,“—CH_2Br”中碳的位置相当于苯环上氢原子的位置,所以  中所有碳原子共平面;B 项,  水解生成的有机物为  ,不能与 NaOH 溶液反应;C 项,溴原子所在碳原子的邻位碳原子上没有氢原子,故  不能发生消去反应;D 项,该有机物中含有苯环结构,可以与 H_2 发生加成反应。

4. C 【解析】本题考查有机物的性质,意在考查同学们对有机物官能团的认识。反应①为氧化反应,产物含有溴原子和羧基两种官能团;反应②为取代反应,产物含有羟基和碳碳双键两种官能团;反应③为消去反应,产物只含碳碳双键一种官能团;反应④为加成反应,产物只含溴原子一种官能团。故 C 项正确。

5. B 【解析】本题重点考查有机化学的相关计算。根据反应:$C_2H_6 + 3.5O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2 + 3H_2O$ $\Delta V = 2.5$;$C_2H_2 + 2.5O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2 + H_2O$ $\Delta V = 1.5$;$C_3H_6 + 4.5O_2 \xrightarrow{点燃} 3CO_2 + 3H_2O$ $\Delta V = 2.5$。设混合烃中 C_2H_6 为 a mL,C_2H_2 为 b mL,C_3H_6 为 c mL,则有 $a+b+c=32$①;$2.5(a+c)+1.5b=72$②,解方程①②可得 $b=8$,故原混合烃中乙炔的体积分数为 25% 。

6.【解析】(1)由反应②中碳元素守恒可知,B 为含有 3 个碳原子的烯烃,故 B 为丙烯。

(2)由实验室制备乙烯的方法可知,用丙醇制备丙烯需要浓硫酸并加热,该反应的化学方程式可以表示为 $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\triangle]{浓硫酸} CH_3CH{=}CH_2\uparrow + H_2O$,由此可知该反应为消去反应。

(3)A 为一氯丙烷,而在核磁共振氢谱中有两组峰,且峰面积之比为 6∶1 的只有 2 - 氯丙烷。

(4)由已知反应③可知,B 在有机过氧化物中与 HBr 发生加成反应,且 Br 加在 1 号碳原子上。

(5)氯代烃在水溶液中不能电离出氯离子,需要在碱性条件下水解或在氢氧化钠的醇溶液中发生消去反应,才能使氯代烃中的氯转化为溶液中的 Cl^- 而用 $AgNO_3$ 溶液检验,但因为氯代烃在碱性条件下水解或在氢氧化钠的醇溶液中发生消去反应后的混合液呈碱性,必须加硝酸中和后才能检验。

【答案】(1)C_3H_6 100.8

(2)浓硫酸、加热 消去反应

(3) $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3$

(4)$CH_3CH{=}CH_2 + HBr \xrightarrow{R—O—O—R} CH_3CH_2CH_2Br$ (5)c

第 3 章 烃的含氧衍生物

【自主学习】

独立思考一:醇

A 级

(一)【思考 1】①②③④⑤⑥⑦ ⑧ ①②③⑥⑦ ④ ⑤ ①②③④⑤⑥⑦

1. 一个或几个氢原子 羟基 羟基

2. (1)一元醇 二元醇 多元醇

名称	俗名	色、味、态	毒性	水溶性
甲醇	木醇	无色、特殊气味、具有挥发性的液体	有毒	与水互溶
乙二醇	甘醇	无色、无臭、具有甜味的黏稠液体	无毒	与水互溶
丙三醇	甘油	无色、无臭、具有甜味的黏稠液体	无毒	与水互溶

(2)饱和醇 不饱和醇 $C_nH_{2n+1}OH(n\geqslant 1)$

【思考 2】(1)> > (2)> > (3)> >

3. 发现:①随着碳原子数的增多,饱和一元醇的沸点逐渐升高;

②饱和一元醇的沸点比与它相对分子质量相近的烷烃或烯烃的沸点高。

解释:①碳原子数越多,相对分子质量越大,分子间的作用力越强;

②因为一个醇分子中羟基上的氢原子可与另一个醇分子中羟基上的氧原子相互吸引形成氢键,增强了醇分子间的相互作用。

4. 与水任意比互溶 油状液体,可部分溶于水 固体,不溶于水 在水中的溶解度较大

饱和一元醇可以看成是水分子中的一个氢原子被烷基取代后的产物。当烷基较小时,醇分子与水分子形成氢键使醇与水互溶;随着分子中烷基的增大,醇的物理性质逐渐接近烷烃。

多元醇分子中的羟基较多,一方面增加了分子间形成氢键的几率,使多元醇的沸点升高;另一方面增加了醇与水分子间形成氢键的几率,使多元醇具有易溶于水的性质。

5.【思考 3】

①3 - 甲基 - 2 - 丁醇 ②4 - 甲基 - 3 - 己醇

(二)2. $CH_3—CH_2—OH \xrightarrow[170\ ℃]{浓硫酸} CH_2{=}CH_2\uparrow + H_2O$

$CH_3CH_2OH + HBr \longrightarrow CH_3CH_2Br + H_2O$

$CH_3CH_2—OH + CH_3CH_2—OH \xrightarrow[140\ ℃]{浓硫酸} CH_3CH_2—O—CH_3CH_2 + H_2O$

$CH_3CH_2OH + CH_3COOH \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} H_3C—\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}—O—C_2H_5 + H_2O$

$2C_2H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_2H_5ONa + H_2\uparrow$

$C_2H_6O + 3O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2 + 3H_2O\uparrow$

$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu} 2CH_3—\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}—H + 2H_2O$

B 级

1. (1)a—发生装置;b—防止倒吸;c—除杂;d—乙烯的性质实验;e—吸收挥发的溴蒸气。

(2)①温度计的水银球插入反应液中,但不能接触瓶底;②将浓硫酸缓慢加入乙醇中并不断搅拌;③反应液中加碎瓷片防止暴沸;④加热时要迅速升温并且稳定在 170 ℃。

2.【思考 4】②③④⑥

规律:醇分子中与羟基相连的碳原子相邻的碳原子(即 β - C)上必须有 H。

3.【思考 5】①②③④⑤⑦

规律:醇分子中与羟基相连的碳原子(即 α - C)上必须有 H。有两个 H,被氧化成醛;有一个 H,被氧化成酮。

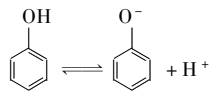
独立思考二:酚

A 级

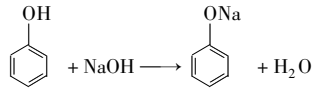
1.

俗名	色、态、味	毒性	溶解性
石炭酸	有特殊气味的无色晶体	有毒	常温下苯酚在水中的溶解度不大 温度高于 65 ℃时,能与水互溶

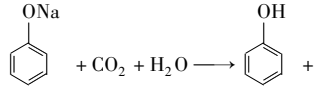
3. (1)受苯环的影响,苯酚分子中的氢氧键比醇分子中的氢氧键更容易断裂,能在水溶液中发生微弱电离:



因此,苯酚具有弱酸性,能与 NaOH 溶液反应,而醇却不能:



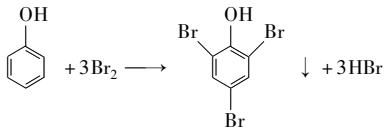
往苯酚钠的水溶液中通入 CO_2,溶液会变浑浊。因为苯酚的酸性比碳酸弱,反应生成溶解度较小的苯酚:



苯酚分子中的碳氧键因受苯环的影响而不易断裂,因此苯酚不能与氢卤酸反应生成卤苯。

(2)苯酚分子中的羟基使苯环容易发生取代反应。实验证明,连在苯环上的羟基对与其相邻和相对位置上的碳氢键的影响尤为明显。

将苯酚的稀溶液滴加到溴水中,可以看到溶液中有白色沉淀产生,生成2,4,6-三溴苯酚。



这个反应很灵敏,很稀的苯酚溶液就能与溴水反应产生白色沉淀。

(3)苯酚容易被氧化,暴露在空气中会因部分被氧化而呈粉红色。

能,苯酚具有强还原性。

【小结】

有机物	化学性质
	可以与金属钠发生置换反应,具有醇的通性
	苯环上的H可以发生取代反应
	羟基H受苯环的影响,具有弱酸性

B级

1. C 【解析】M的分子式为$C_9H_6O_4$,相对分子质量是178,故A错;1 mol M最多能与3 mol Br_2发生反应,除了和酚羟基邻位发生取代反应,还和碳碳双键发生加成反应,故B错;1 mol M与足量的NaOH溶液发生反应时,既有酚羟基的中和,又有酯的碱性水解,共需4 mol NaOH,故C正确;酚与$NaHCO_3$不反应,故D错。

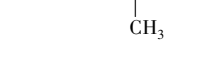
2. C 【解析】有机物A的分子中含有醇羟基、酚羟基、醛基、羧基,因此它同时具有醇、酚、醛、酸四类物质的化学特性。与钠反应时,酚羟基、羧基、醇羟基均能参加反应,1 mol A消耗3 mol Na;与NaOH反应的官能团是酚羟基、羧基,1 mol A消耗2 mol NaOH;与$NaHCO_3$反应的官能团只有羧基,1 mol A能与1 mol $NaHCO_3$反应。故消耗Na、NaOH、$NaHCO_3$三种物质的物质的量之比为3∶2∶1,答案为C。

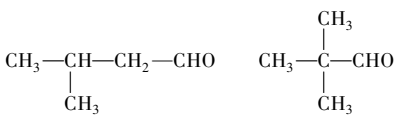
独立思考三:醛

A级

【思考1】①②④⑤⑦ ③⑥ ①②⑤ ③ ①②⑤ ③⑤

1. 烃基 醛基 $C_nH_{2n}O$

【思考2】$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CHO$ 



【思考3】2-甲基丁醛 3-甲基-2-丁酮

2.

名称	结构简式	状态	气味	溶解性
甲醛	HCHO	无色气体	强烈刺激性气味	易溶于水
乙醛		无色液体	刺激性气味	易溶于水
苯甲醛		无色液体	杏仁味	易溶于水
丙酮		无色液体	特殊气味	与水任意比互溶

3. (1)$CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Pt} CH_3CH_2OH$

(2)

$2CH_3CHO + O_2 \longrightarrow 2CH_3COOH$
工业制乙酸
$CH_3-CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$
产生光亮的银镜
检验醛基的存在
$CH_3-CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{\triangle} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$
产生砖红色沉淀
检验醛基的存在

B级

1. 能。$CH_3-CHO + Br_2 + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2HBr$;不能。

2. 1 mol饱和一元醛可以和2 mol银氨溶液反应生成2 mol Ag,现生成Ag的物质的量为$\frac{43.2\ g}{108\ g\cdot mol^{-1}}=0.4\ mol$,则醛为0.2 mol,该醛的摩尔质量为$\frac{3\ g}{0.2\ mol}=15\ g\cdot mol^{-1}$,此种情况不符合实际;但1 mol甲醛和银氨溶液反应得到4 mol Ag,即3 g甲醛可得到43.2 g(0.4 mol)Ag,符合题意。

即该醛为甲醛,结构简式为 。

独立思考四:羧酸

A级

【思考1】①②③⑥⑦⑧ ④⑤ ①②④⑥⑦⑧ ③⑤ ①②⑦ ④⑤⑥⑧

1. 烃基 氢原子 羧基 羧基 (—COOH) $C_nH_{2n}O_2(n\geqslant 1)$

【思考2】4-甲基戊酸 α-氨基丙酸(丙氨酸) α-羟基丙酸(乳酸)

【思考3】(1)> (2)> 【思考4】(1)> (2)>

3. (1)4 减小 (2)高 高 氢键

【思考5】

名称	甲酸	乙酸	苯甲酸	乙二酸
结构简式	HCOOH	CH_3COOH		HOOC—COOH
俗名	蚁酸	醋酸	安息香酸	草酸
色、态、味	刺激性气味的无色液体	刺激性气味的无色液体	白色针状晶体	无色透明晶体
溶解性	能与水、乙醇等互溶	能与水、乙醇等互溶	微溶于水,易溶于乙醇	能溶于水、乙醇

4. (1)$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ $2CH_3COONa + H_2\uparrow$ $(CH_3COO)_2Ca + H_2O$ $CH_3COONa + H_2O$ $2CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$

②$CH_3COOH + CH_3CH_2{}^{18}OH \underset{\triangle}{\overset{浓硫酸}{\rightleftharpoons}} CH_3CO^{18}OC_2H_5 + H_2O$

B级

1. D 【解析】两两组合形成的化合物有10种,其中—OH与—COOH组合形成的H_2CO_3为无机物,不合题意。只有苯酚、甲酸、乙酸、苯甲酸、OHC—COOH 5种有机物能与NaOH反应。

2. A 【解析】若$V_a=V_b\neq 0$,则分子中有—OH与—COOH,且两个基团的个数比为1∶1。

独立思考五:酯

A级

【思考6】①②③④⑥⑦⑧

1. 酯基( ) $C_nH_{2n}O_2(n\geqslant 2)$ 互为同分异构体

2. 小 难 用分液漏斗分液

3. $CH_3COOH + CH_3CH_2OH$ $CH_3COONa + CH_3CH_2OH$

4. (5)①催化 吸水 ③冷凝回流 接近 ⑤乙酸 乙醇 乙酸乙酯

B 级

1.(1)C　(2)B

【解析】这是一组形似神不似的问题。在(1)中,断键与成键不受限制,加入的 $H_2{}^{18}O$ 与 CO 反应,使 CO_2 中含 ^{18}O,又通过 CO_2 与 H_2 的反应使 CO 中也含 ^{18}O,所以含有氧的物质中均含有 ^{18}O;对于(2),看其断键和成键规律:$CH_3CO\overset{\text{浓硫酸}}{\underset{\triangle}{\rightleftharpoons}}CH_3COOCH_2CH_3+H_2O$,则加入 $H_2^{18}O$ 后,^{18}O 只进入 CH_3COOH 中,而不进入醇和酯中。

【自我测评】

1. B　【解析】苯环消耗 3 mol H_2,加上支链上碳碳双键消耗 1 mol H_2,共能与 4 mol H_2 发生加成反应,A 正确;胡椒酚属于酚类,能与 Br_2 反应,但酚羟基的对位已经被占据,故苯环上只有邻位能被取代,加上支链上与碳碳双键的加成,共能与 3 mol Br_2 反应,B 错误;在酸的催化下,等物质的量的胡椒酚与甲醛发生聚合反应生成线型高分子化合物,C 正确;胡椒酚的相对分子质量大于苯酚,两者都只有一个亲水性基团—OH,故胡椒酚的溶解度小于苯酚,D 正确。

2. A　【解析】遇 $FeCl_3$ 发生显色反应说明苯环上直接连有羟基,能发生银镜反应说明含有醛基或甲酸酯基,再结合分子式可确定只有 A 项符合要求。

3. C　【解析】混合物的平均分子质量为 60.8,则混合物中必须有一种物质的相对分子质量小于 60.8,另外一种大于 60.8,由此 A 和 B 选项均可排除;1 mol醛基能析出 2 mol Ag(甲醛除外),43.2 g Ag 的物质的量为 0.4 mol,则混合物中饱和一元醛的物质的量为 0.2 mol,酮的物质的量为 0.3 mol,由 $(30.4-72\times0.3)\div0.2=44$,故混合物中除了丁酮,还有乙醛。

【备注】熟记 1 mol 醛基能析出 2 mol Ag 或 1 mol Cu_2O,这样可以不用写出化学方程式就能进行快速计算。还有一个值得同学们注意的问题是,在书写醛与银氨溶液或新制氢氧化铜反应的离子方程式时,银氨溶液是不能拆分的,Ag 和 Cu_2O 为沉淀。

4. D　【解析】本题转化关系可表示为 A $\overset{\text{水解}}{\longrightarrow}$ B $\overset{\text{氧化}}{\longrightarrow}$ D,A $\overset{\text{水解}}{\longrightarrow}$ C $\overset{\text{氧化}}{\longrightarrow}$ D。可推知 A 为酯,B 为醇,C 为羧酸,且 B、C、D 分子中所含碳原子数相同,A 分子中所含碳原子数为 B 或 C 或 D 的 2 倍。从而可知,$M(B)+M(C)>M(A)$,$M(D)<M(B)<M(C)$,$M(B)+M(C)>2M(D)$。

5. A　【解析】乙醛的分子式为 C_2H_4O,乙酸乙酯的分子式为 $C_4H_8O_2$,它们的最简式都是 C_2H_4O,可见 $m(O):m(H)=4:1$,所以氧元素占总质量的 4/11。

【备注】对于这种类型的质量分数的计算题,首先写出题给物质的分子式,观察其最简式或者碳氢、碳氧、氢氧比例是否相同,然后根据比例关系求质量分数,而不是算出总物质的相对分子质量。

6.【解析】根据题意,A 分子中的碳原子数为 4,氢原子数为 6,则氧原子数为 2,即 A 的分子式为 $C_4H_6O_2$。由于 A 可以发生聚合反应,说明含有碳碳双键;在硫酸存在的条件下生成两种有机物,则为酯的水解,即 A 中含有酯基。根据不饱和度,没有其他官能团。由 A 的水解产物 C 和 D 的关系可判断 C 与 D 中的碳原子数相等,均为 2 个。则 A 的结构为 $CH_3COOCH=CH_2$,因此 A 在酸性条件下水解后得到 CH_3COOH 和 $CH_2=CHOH$,碳碳双键的碳原子上连羟基不稳定,转化为 CH_3CHO。A 通过聚合反应后得到的产物 B 为 $\left[\begin{matrix}CH-CH_2\\|\\OOCCH_3\end{matrix}\right]_n$,在酸性条件下水解,生成乙酸和 $\left[\begin{matrix}CH-CH_2\\|\\OH\end{matrix}\right]_n$。

【答案】(1)$C_4H_6O_2$

(2)$CH_3CHO+2Cu(OH)_2\overset{\triangle}{=\!=\!=}2CH_3COOH+Cu_2O\downarrow+2H_2O$

(3)$CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}OCH=CH_2$

(4)$\left[\begin{matrix}CH_2-CH\\|\\OOCCH_3\end{matrix}\right]_n+nH_2O\xrightarrow[\triangle]{\text{稀 }H_2SO_4}\left[\begin{matrix}CH_2-CH\\|\\OH\end{matrix}\right]_n+nCH_3COOH$

(5)$HCOCH=CHCH_3$　$HCOCH_2CH=CH_2$　$CH_2=CHCOCH_3$　$HCOC(CH_3)=CH_2$

(6)$HOCH_2-C\equiv C-CH_2OH$

第 4 章　生命中的基础有机化学物质　有机合成与推断

【自主学习】

独立思考一:糖类

A 级

【思考 1】①②③④⑤⑥　①②　③④　⑤⑥

1. 羟　水解　2. ①不能水解为更小糖分子　②2～10　2 mol　③n mol($n>10$)

3.

分子式或通式	物理性质	相互关系	有无醛基	有无还原性	能否水解及水解方程式
$C_6H_{12}O_6$	无色晶体易溶于水有甜味	同分异构体	有	有	不水解
$C_6H_{12}O_6$	无色晶体易溶于水最甜的糖		无	无	不水解
$C_{12}H_{22}O_{11}$	白色晶体易溶于水有甜味	同分异构体	有	有	$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O\xrightarrow{\text{酸或酶}}2C_6H_{12}O_6$ 麦芽糖　葡萄糖
$C_{12}H_{22}O_{11}$	白色晶体易溶于水有甜味		无	无	$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O\xrightarrow{\text{稀硫酸}}C_6H_{12}O_6+C_6H_{12}O_6$ 蔗糖　葡萄糖　果糖
$(C_6H_{10}O_5)_n$	白色粉末、无味,不溶于冷水,有糊化作用	n 值不同,均为混合物	无	无	$(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\xrightarrow{\text{酸或酶}}nC_6H_{12}O_6$ 淀粉　葡萄糖
$(C_6H_{10}O_5)_n$	白色具有纤维状结构、无味、不溶于水		无	无	$(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\xrightarrow[\triangle]{\text{浓硫酸}}nC_6H_{12}O_6$ 纤维素　葡萄糖

B 级

1. $CH_2OH(CHOH)_4CHO+2Ag(NH_3)_2OH\longrightarrow CH_2OH(CHOH)_4COONH_4+2Ag\downarrow+3NH_3+H_2O$

$CH_2OH(CHOH)_4CHO+2Cu(OH)_2\xrightarrow{\triangle}CH_2OH(CHOH)_4COOH+Cu_2O\downarrow+2H_2O$

$CH_2OH(CHOH)_4CHO+H_2\xrightarrow{\text{催化剂}}CH_2OH(CHOH)_4CH_2OH$

$C_6H_{12}O_6+6O_2\xrightarrow{\text{点燃}}6CO_2+6H_2O$

2.(1)$2(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\xrightarrow{\text{淀粉酶}}nC_{12}H_{22}O_{11}$　$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O$

淀粉　麦芽糖　麦芽糖

$\xrightarrow{\text{麦芽糖酶}}2C_6H_{12}O_6$　$C_6H_{12}O_6+6O_2\longrightarrow6CO_2+6H_2O$

葡萄糖

(2)$(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\xrightarrow{\text{酸或酶}}nC_6H_{12}O_6$　$C_6H_{12}O_6\xrightarrow{\text{酒化酶}}2C_2H_5OH+2CO_2$

淀粉　葡萄糖

(3)淀粉溶液遇碘水显蓝色。

3. 在水解后的溶液中加碘水,溶液不变蓝,则淀粉完全水解;

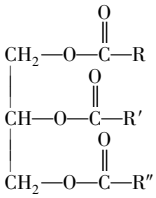
在水解后的溶液中先加氢氧化钠中和后再加银氨溶液,若无银镜反应,则淀粉没有水解;

在水解后的溶液中先加碘,溶液变蓝,再加氢氧化钠中和水解液后加银氨溶液,有银镜反应,则淀粉部分水解。

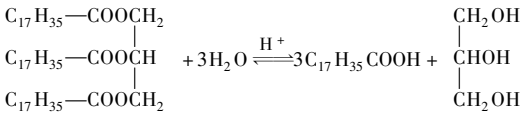
独立思考二:油脂

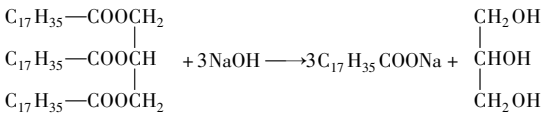
A 级

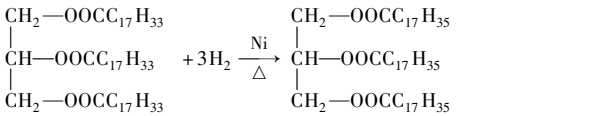
1. 油　脂肪　高级脂肪酸　甘油　酯　C、H、O

2. 甘油　高级脂肪酸　  　简单甘油酯　混合甘油酯　混合

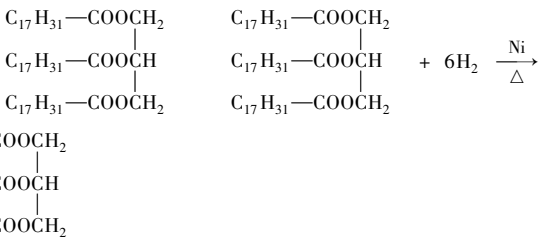
3. 小　难　易　无　无　无

4. (1) 

(2) 

(3) 

B 级

1. 【答案】 

2. C

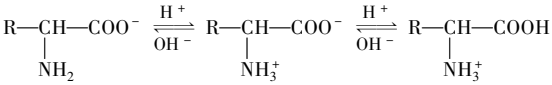
独立思考三：氨基酸、蛋白质

A 级

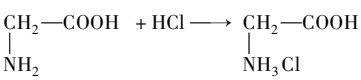
【思考 1】甘氨酸　丙氨酸　苯丙氨酸

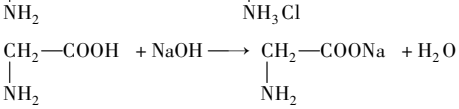
1. (1)氨基　氢原子　(2)氨基　羧基　α－氨基酸　(3)两性　两性离子　(4)羧基　氨基　　肽　二肽　三肽

2. (1)两性(既有氨基又有羧基)

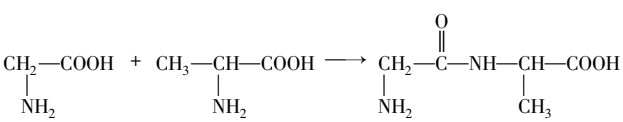


阴离子　两性离子　阳离子

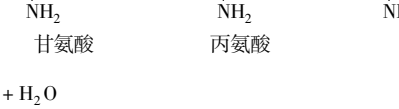




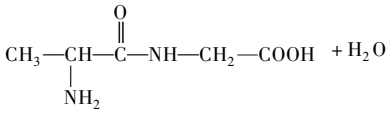
(2)缩合



甘氨酸　丙氨酸　甘－丙二肽



甘氨酸　丙氨酸



丙－甘二肽

3. α－氨基酸分子　肽键　大分子　α－氨基酸　羧基、氨基、肽键

4. (1)两性：含羧基和氨基；

(2)水解：肽键中的 C—N 键断裂，最终得到多种 α－氨基酸；

(3)盐析：蛋白质胶体遇到电解质溶液发生聚沉；

(4)变性：蛋白质在一定条件下失去生理活性；

(5)颜色：含苯环的蛋白质遇到浓 HNO_3 显黄色；

(6)灼烧：具有烧焦羽毛气味。

5. 蛋白质　(1)需要比较温和的条件；(2)具有高度的专一性；(3)效率非常高。

B 级

1.

	蛋白质的盐析	蛋白质的变性
含义	在蛋白质溶液中加入浓的无机盐溶液，会使其溶解度降低而析出	蛋白质在某些条件下聚沉，失去原有的生理活性
条件	碱金属、镁、铝等轻金属盐、铵盐的浓溶液	加热、紫外线、X－射线、强酸、强碱、强氧化剂、重金属盐、甲醛、酒精、苯酚等有机物
特点	可逆，蛋白质仍然保持原有的性质	不可逆，蛋白质失去原有的生理活性
实质	物理变化(溶解度降低)	化学变化(结构、性质改变)
用途	分离、提纯蛋白质	杀菌、消毒、缓解重金属盐中毒等

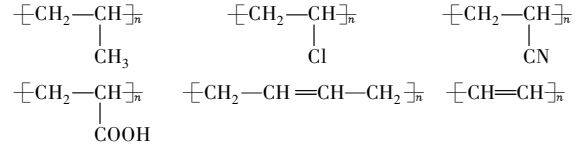
2. 利用半透膜分离蛋白质胶体和溶液。

独立思考四：合成有机高分子化合物

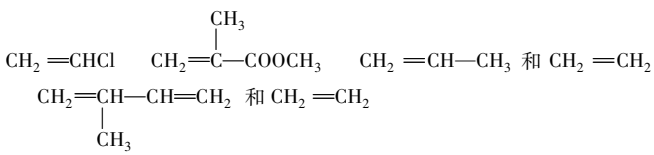
A 级

(一)1. 【思考 1】$CH_2=CH_2$　$-CH_2-CH_2-$　n

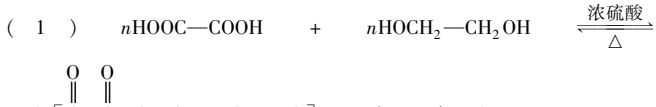
【思考 2】

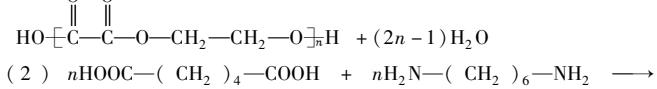


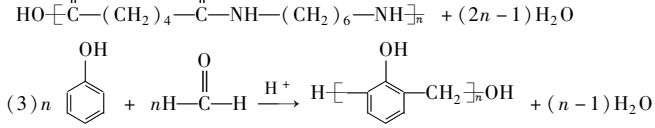
2. 【思考 3】

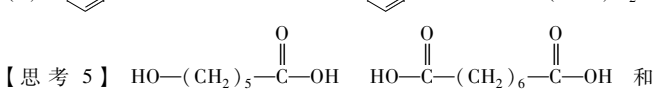


【思考 4】

(1) 

(2) 

(3) 

【思考 5】 

【思考 6】相同点：都属于聚合反应；

不同点:加聚反应符合原子经济;缩聚反应除生成高聚物外,还有小分子生成。

【知识点拨】(1)共价键　$10^4\sim10^6$　聚合物　高聚物

(2)天然高分子化合物和合成高分子化合物　线型高分子、支链型高分子和体型高分子　热塑性高分子和热固性高分子　塑料、橡胶、纤维、涂料、黏合剂与密封材料

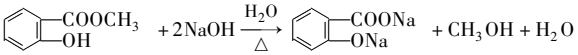
(二)有机合成

(4)官能团的引入

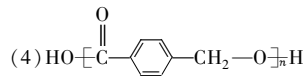
烯烃与水加成;醛酮加氢;卤代烃水解;酯的水解
烃与 X_2 取代;不饱和烃与 HX 或 X_2 加成;醇与 HX 取代
某些醇氧化;烯氧化;炔水化;糖类水解(生成葡萄糖)
醛氧化;苯的同系物被强氧化剂氧化;羧酸盐酸化;酯的酸性水解
酯化反应
某些醇或卤代烃的消去;炔烃加氢

B 级

【答案】(1) 醛基　取代反应

(2) 

(3)浓溴水或 $FeCl_3$ 溶液

(4) 

独立思考五:确定有机化合物

A 级

(一)1.

测定方法	测定步骤
在氧气流中燃烧	测二氧化碳和水的质量
在二氧化碳气流中反应	测氮气的体积
与 NaOH 溶液混合反应后,加入稀硝酸酸化,再加入 $AgNO_3$ 溶液	测卤化银的质量
1 - 其他元素质量分数的和	

(二)2.1　2　1　4　1　2

【知识点拨】

$$\Omega = n(C) + 1 - \frac{n(H) - n(N)}{2}$$　1　5

3.

试剂	判断依据
溴的四氯化碳溶液或酸性高锰酸钾溶液	红棕色溶液退色或紫色溶液退色
NaOH 溶液(加热)、稀硝酸、$AgNO_3$ 溶液	有沉淀生成
钠	有氢气放出
$FeCl_3$ 溶液或溴水	显色或有白色沉淀产生
银氨溶液(水浴)或新制氢氧化铜(加热)	有银镜生成或有砖红色沉淀产生
$NaHCO_3$ 溶液	有二氧化碳气体放出

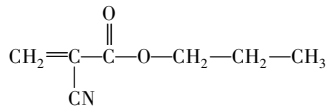
B 级

1. $n(C) = \frac{70.4\ g}{44\ g\cdot mol^{-1}} = 1.6\ mol$;$n(H) = \frac{19.8\ g}{18\ g\cdot mol^{-1}}\times 2 = 2.2\ mol$;$n(N) = \frac{2.24\ L}{22.4\ L\cdot mol^{-1}}\times 2 = 0.2\ mol$;$n(O) = \frac{30.6\ g - 1.6\times12\ g - 2.2\times1\ g - 0.2\times14\ g}{16} = 0.4\ mol$。实验式为 $C_8H_{11}NO_2$。

2. 设分子式为 $(C_8H_{11}NO_2)_n$,解得 $n=1$。故分子式为 $C_8H_{11}NO_2$。

3. (1)不饱和度 $= n(C) + 1 - [n(H) - n(N)]/2 = 4$。可能有苯环、碳碳双键、碳碳叁键或碳氧双键。

(2)①说明含有碳碳双键或碳碳叁键;②说明无—NO_2;③说明有—CN。

4. 

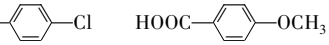
【自我测评】

1. C　【解析】卤代烃可以发生水解反应引入羟基,同时也是取代反应;醛(或酮)可与 H_2 发生加成反应引入羟基,同时也是还原反应。

2. D　【解析】由醛基和酮羰基加氢还原得到的物质一定为醇,且—OH 相连的碳原子上至少有一个氢原子。D 项中—OH 相连的碳原子上没有氢原子。

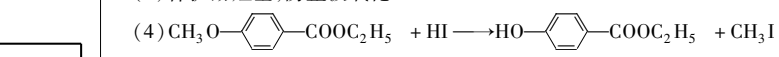
3. C

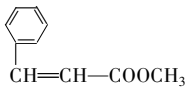
4. C

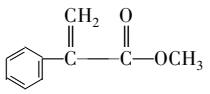
5.【答案】(1) 

(2)氧化　酯化(或取代)

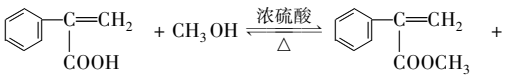
(3)保护酚羟基,防止被氧化

(4) 

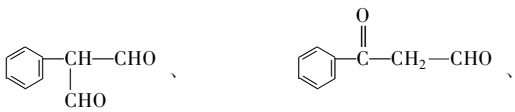
6.【答案】(1) 

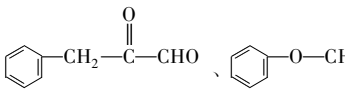
(2) 

(3)①羟基、羧基

②消去反应 

H_2O

③ 

 、(任写一种)

选修　物质结构与性质

第 1 章　原子结构与性质

自主学习

独立思考一:原子核外电子排布原理

A 级

分层　能级　原子轨道

1.(1)能量　能量　越高

K　L　M　N　O　P　Q

(2)角　1　能级　该能层序数　升高　<　<　<

(3)①电子云　电子云轮廓图　②磁　m　n、l、m　原子轨道　③2　1　3　5　球　哑铃　↑　↓

2.(1)能量低　能量高　能级交错

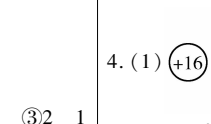
(2)2　自旋状态

(3)单独占据一个轨道　自旋状态　全满　半满　全空

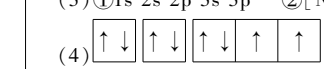
3.(1)最低能量　最低能量

(2)较高能量　激发态

(3)吸收　放出

4.(1)  　(2)$^{32}_{16}S$

(3)①$1s^22s^22p^63s^23p^4$　②$[Ne]3s^23p^4$

(4)  　(5)$3d^64s^2$

B 级

1.

能层(n)	一	二		三			四				五		六	七
符号	K	L		M			N				O		P	Q
能级(l)	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	……	……	
最多容纳电子数	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	……	……	
	2	8		18			32				……		$2n^2$	

2.

原子	电子排布式	价电子轨道表示式
N	$1s^22s^22p^3$或[He]$2s^22p^3$	↑↓ ↑ ↑ ↑ (2s 2p)
Mn	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^54s^2$ 或[Ar]$3d^54s^2$	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑↓ (3d 4s)
Cu	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$ 或[Ar]$3d^{10}4s^1$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ (3d 4s)
Zn	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^2$ 或[Ar]$3d^{10}4s^2$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ (3d 4s)
Ag	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}5s^1$ 或[Kr]$4d^{10}5s^1$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ (4d 5s)

3. ③⑤

4. $_{26}Fe$ 的价层电子排布式为 $3d^64s^2$，Fe^{3+} 的价层电子排布式为 $3d^5$，Fe^{2+} 的价层电子排布式为 $3d^6$。根据“能量相同的轨道处于全空、全满和半满时能量最低”的原则，$3d^5$ 处于半满状态，结构更为稳定，所以 Fe^{3+} 较 Fe^{2+} 更为稳定。

独立思考二：原子结构与元素性质

A 级

1. (1) ns^1　ns^2np^6　能层数

(2) ①参与形成化学键　最外层电子数　最外层　次外层的 d 电子　3　ⅢB　$(n-1)d+ns$

②价电子数即最外层电子数　③价电子数

(3) ①b. $ns^{1\sim2}$　$ns^2np^{1\sim6}$　$(n-1)d^{1\sim9}ns^{1\sim2}$　$(n-1)d^{10}ns^{1\sim2}$　$(n-2)f^{0\sim14}(n-1)d^{0\sim2}ns^2$

c. p　4　ⅥA

2. (1) ①越大　越小　②减小　增大

(2) ①气　最低能量　I_1　kJ·mol^{-1}　②a. 最小　最大　逐渐增大　全满　半满　大于

b. 逐渐减小　c. 大　<　<

(3) ①吸引键合电子　吸引键合电子　强　②4.0　③小于 1.8　大于 1.8　增大　减小

B 级

1. (1) 铜　Cu　(2) $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$　(3) 4 个能层　7 个能级

(4) $3d^{10}4s^1$

(5) 第 4 周期ⅠB 族，属于副族元素，属于 ds 区　(6) 有 1 个未成对电子

2. A　【解析】考查元素第一电离能的变化规律，一般同周期元素从左到右，第一电离能逐渐增大，碱金属元素的第一电离能最小，稀有气体元素的最大，故 A 正确，C 不正确；但同周期元素电离能的变化规律有反常，ⅡA 和ⅤA 族元素比同周期相邻元素的第一电离能都高。由于核外价电子排布镁为 $3s^2$，Al 为 $3s^23p^1$，故 Al 的第一电离能小于 Mg 的，所以 B 错误；根据同主族从上到下元素的第一电离能逐渐减小及同周期变化规律可以推测：第一电离能 K < Ca < Mg，所以 D 错误。

3. B

【自我测评】

1. A　【解析】Na^+ 是 Na 失去了最外层的 3s 电子，只剩下 1s、2s 和 2p 轨道上的电子，共 10 个，A 项中违背了泡利不相容原理。

2. 【解析】依据核外电子排布规律即可推出五种元素，解答各题时要注意书写规范。水分子间有氢键，故沸点比 H_2S 的高。$CuSO_4$ 溶液中若加入过量氨水，会生成$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，得到深蓝色溶液，若是少量氨水，则生成 $Cu(OH)_2$ 沉淀。

【答案】(1) C　S　Cu　K　O　(2) $2Cu+S\xlongequal{点燃}Cu_2S$

(3) $Cu^{2+}+H_2S=\!=\!=CuS\downarrow+2H^+$

(4) CS_2　$\cdot\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}\cdot+\cdot\dot{C}\cdot+\cdot\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}\cdot\longrightarrow\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}::C::\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}$

(5) H_2O　H_2S

(6) $Cu^{2+}+2NH_3\cdot H_2O=\!=\!=Cu(OH)_2\downarrow+2NH_4^+$

(7) $3d^{10}4s^1$

(8) $K^+[:\dot{\underset{\cdot\cdot}{S}}:]^{2-}K^+$

3. (1) 4　18　(2) ⅢA　1　(3) p　ⅢA 族～ⅦA 族及 0

4. (1) E　(2) D　(3) B　(4) A　(5) A

第 2 章　分子结构与性质

【自主学习】

独立思考一：共价键

A 级

1. 共用电子对　2. 饱和性　方向性

3. σ　头碰头　π　肩并肩　极性　偏移　非极性　偏移　单　一对　双　两对　叁　三对

(1) 1.7　(2) σ　1　1　1　2　(3) σ　π

4. (1) ①释放　大　②核间距　短　③夹角

(2) ①大　短　②稳定性　立体构型

5. (1) ①配位　②孤对电子　H_2O、NH_3、—OH、CN^-、X^-　空轨道　过渡金属离子或原子　4　2　Ag^+　NH_3　2　$[Ag(NH_3)_2]^+$　OH^-

(2) ①共价键　②配体　中心离子　$[H_3N\rightarrow\overset{\overset{NH_3}{\downarrow}}{Cu}\leftarrow NH_3]^{2+}$ (NH_3 ↓)

③生成白色沉淀　$Ag^++NH_3\cdot H_2O=\!=\!=AgOH+NH_4^+$　沉淀溶解　$AgOH+2NH_3\cdot H_2O=\!=\!=[Ag(NH_3)_2]^++OH^-+2H_2O$　溶液变为血红色　$Fe^{3+}+nSCN^-=\!=\!=[Fe(SCN)_n]^{(n-3)-}$

B 级

1. BC

2. 【答案】(1) σ 键、π 键　配位键　(2) 氢键　(3) sp^2 杂化、sp^3 杂化

独立思考二：分子的立体构型

A 级

1. (1) 能量相近　杂化原子轨道　(2) 牢固　一般相等

(3)

杂化类型	杂化轨道数目	杂化轨道间夹角	立体构型	实例
sp^1	2	180°	直线形	C_2H_2、$BeCl_2$
sp^2	3	120°	平面三角形	苯、C_2H_4、BF_3
sp^3	4	109°28′	正四面体形	CH_4

2. (1) 最远　最低　(2) 价电子　提供的电子　电荷　6　0　4　3　3　4　σ　孤对电子　4　3　2

(4)

电子对数	成键电子对数	孤电子对数	价层电子对立体构型	分子立体构型	实例
2	2	0	直线形	直线形	$BeCl_2$、CO_2
3	3	0	三角形	正三角形	BF_3、SO_3
	2	1		V 形	$SnBr_2$、SO_2
4	4	0	正四面体形	正四面体形	CH_4、SO_4^{2-}、CCl_4
	3	1		三角锥形	NH_3、NF_3、SO_3^{2-}
	2	2		V 形	H_2O、H_2S

3. 原子总数　价电子总数　杂化方式　结构　N_2、CN^-、C_2^{2-}、O_2^{2+}　1　2

SCN^-、CS_2、OCN^-　2　2

4.(1)组成　原子排列　手性原子　(2)四个不同的原子或原子团

B 级

1. 甲烷分子中碳原子的一个 2s 轨道和三个 2p 轨道发生杂化,形成四个相同的 sp^3 杂化轨道,杂化轨道间的夹角为 109.5°,四个杂化轨道的能量相同。

乙烯分子中的碳原子的一个 2s 轨道与两个 2p 轨道发生杂化,形成三个相同的 sp^2 杂化轨道,三个 sp^2 杂化轨道分别指向平面三角形的三个顶点,杂化轨道间的夹角为 120°,还有一个未参与杂化的 p 轨道垂直于 sp^2 杂化轨道所在的平面。

乙炔分子中的碳原子的一个 2s 轨道与 1 个 2p 轨道发生杂化,形成二个相同的 sp^1 杂化轨道,二个 sp^1 杂化轨道的夹角为 180°,还有两个未杂化的 p 轨道垂直于 sp^1 杂化轨道。

苯分子中的碳原子的一个 2s 轨道和两个 2p 轨道发生杂化,形成三个相同的 sp^2 杂化轨道;每个碳原子的一个与碳环平面垂直的未参与杂化的 2p 轨道均含有一个未成对电子,这六个轨道相互平行,以"肩并肩"的方式相互重叠,从而形成含有六个电子、属于六个碳原子的 π 键。

2. C　【解析】CH_3Cl 是中心原子采取 sp^3 杂化轨道成键的分子,其空间立体构型是四面体,但不是正四面体,A 项错误;CH_4 分子中的 sp^3 杂化轨道是由碳原子中能量相近的 s 轨道和 p 轨道混合起来形成的一组能量相近的新轨道,B 项错误,C 项正确;AB_3 型的共价化合物,其中心原子 A 可采用 sp^3 杂化轨道也可采用 sp^2 杂化轨道成键,D 项错误。

3. C　【解析】写出各分子的结构简式:

① $CH_3-{}^{*}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-COOH$、② $CH_3-{}^{*}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2CH_3$、

③ $-{}^{*}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$、④ $CH_2OH-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2OH$。

可知①②③中存在手性碳原子(用 * 标记的),而④中中间的碳原子连有两个相同的—CH_2OH,不是手性碳原子。

独立思考三:分子的性质

A 级

1. 相互作用力　电负性很强　电负性很强　共用电子对　分子内　分子间　极性　非极性共　分子　强极性键　HF、H_2O、NH_3　F　N　O　H　无　无　有　有　有　有　共价键　氢键　范德华力　①增大　②越大　大　小　小　短　大　①物理　②相对分子质量　<　<　<　<　<　升高　增大　>　>　>　①稳定性　②越强

2.(2)极性　空间排列状况　无　抵消　无　抵消　有

HCl、NO、IBr 等　H_2O、H_2S、SO_2、NO_2 等　NH_3、PH_3、PCl_3 等　$CHCl_3$、CH_2Cl_2 等　CO_2、CS_2、C_2H_2、$BeCl_2$ 等　CH_4、CCl_4、SiH_4 等　BF_3、SO_3 等　Cl_2、N_2、P_4、I_2 等

(3)非极性　极性　非极性　极性

3. 非极性溶剂　极性溶剂　越大

4.(1)—OH　非羟基氧　HNO_3

(2)化合价　<　<　<　高　R　容易　1　2　1　2

B 级

1. 氢键是分子间作用力,不是共价键。

氢氟酸中存在四种氢键,分别为 F—H···F、F—H···O、O—H···F、O—H···O。

2.(1)(2)(5)是分子间氢键;(3)(4)中邻硝基苯酚、邻羟基苯甲酸分子中存在分子内氢键,对硝基苯酚、对羟基苯甲酸分子中存在分子间氢键;(6)氟化氢分子中存在分子间氢键,氯化氢分子中无氢键。

3.【解析】(1)根据题中非羟基氧原子数与酸性强弱的关系可得:

	H_3AsO_4	H_2CrO_4	$HMnO_4$
$m-n$	1	2	3

酸性:$H_3AsO_4 < H_2CrO_4 < HMnO_4$。

(2)因为酸性 $H_3PO_3 > H_3AsO_3$,则 H_3PO_3 中非羟基氧的数目应大于 H_3AsO_3,且 H_3AsO_3 为弱酸,所以可以推知 H_3AsO_3 中没有非羟基氧,其分子结构分别为 $HO-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{H}{|}}{P}}-OH$、$HO-\underset{\underset{OH}{|}}{As}-OH$。

(3)H_2CO_3 中非羟基氧原子数目为 1,应为中强酸,与通常认为的碳酸是弱酸不一致。其可能原因是由于溶于水的那部分 CO_2 并不能完全转化为 H_2CO_3。

【答案】(1)$H_3AsO_4 < H_2CrO_4 < HMnO_4$

(2) $HO-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{H}{|}}{P}}-OH$、$HO-\underset{\underset{OH}{|}}{As}-OH$

(3)中强　不一致　溶于水的那部分 CO_2 并不能完全转化为 H_2CO_3

【自我测评】

1. A　【解析】乙烯分子中碳原子为 sp^2 杂化,3 个 sp^2 杂化轨道均形成 σ 键,碳原子上剩下的 2 个 2p 电子以"肩并肩"的方式重叠形成 π 键,故 A 项正确。

2. B　【解析】本题考查了分子的极性和键的极性及化合物的稳定性等问题,可以用排除法解此题。A 中 CO_2 为非极性分子;C 中从 HF 到 HI 的稳定性应依次减弱;D 中 H_2O 为"V"形分子(或角形),故选 B。

3. A　【解析】由题中信息可知,只要算出分子中各原子最外层电子数之和即可判断。B 的最外层电子数为 3,C 的最外层电子数为 4,N、P 的最外层电子数为 5,O、S 的最外层电子数为 6,F、Cl 的最外层电子数为 7。

4. D　【解析】由结构可知正硼酸属于分子晶体,A 错误;分子的稳定性与分子内的共价键键能大小有关,与氢键无关,B 错误;分子中硼原子最外层为 6 电子,C 错误;一个 H_3BO_3 形成 6 个氢键,每个氢键为 2 个 H_3BO_3 分子共用,1 个分子只分摊一个氢键的 $\frac{1}{2}$,即每个分子实际形成的氢键为 $\frac{1}{2}\times 6=3$ 个,D 正确。

5.【解析】(1)BF_3 是平面正三角形分子,是非极性分子,NH_3 是极性分子,a 错误;从 CO_2、HCN 结构式 O═C═O、H—C≡N 可以看出,b 正确;H_2S、O_3 都是 V 形分子,c 错误;这种双环单萜龙脑分子中有 3 个手性碳原子,d 错误。(2)NO^+ 与 N_2 互为等电子体。(3)在该晶胞中白球个数是 $2+4\times\frac{1}{2}=4$,黑球个数是 $1+8\times\frac{1}{8}=2$,根据 TiO_2 的化学式可知白球是氧原子。(4)该配离子中所有氮原子与 Fe^{2+} 之间都是配位键。

【答案】(1)b　(2)abcd　(3)氧(O)　(4)[Ar]$3d^6$ 或 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^6$　6　(5) $CH_3-C\overset{O\cdots H-O}{\underset{O-H\cdots O}{=}}C-CH_3$

6.【解析】本题考查核外电子排布式、电负性、分子结构、等电子体、氢键、化学键类型及配位数等。(1)N、O 为同周期元素,原子序数越大,电负性越大;H 与 N 形成的化合物中 H 显正价,H 的电负性小于 N。(2)SO_2 分子中的 S 是 sp^2 杂化,有一对孤对电子,是 V 形结构。(3)乙二胺分子中存在 N—H 键,分子间能形成氢键,三甲胺分子中没有 N—H 键,不能形成氢键。

【答案】(1)$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$ 或[Ar]$3d^{10}4s^1$　O > N > H

(2)V 形　SO_4^{2-}(或 PO_4^{3-} 或 SiO_4^{4-} 等)

(3)sp^3 杂化　乙二胺分子间可以形成氢键,三甲胺分子间不能形成氢键

(4)abd　(5)4

第 3 章　晶体结构与性质

【自主学习】

独立思考一:晶体的常识

A 级

1. 规则几何外形　周期性有序　无序　有　无　固定　不固定　各向异性　各向同性　熔点　X-射线衍射

2.(1)熔融态物质凝固　(2)气态物质冷却不经液态直接凝固(凝华)　(3)溶质从溶液中析出

3.(1)基本单元　(2)①任何间隙　②平行　取向

4.(1)kJ·mol^{-1} (2)①大 ②小 (3)稳定 高 大

5.1/n (1)8 $\frac{1}{8}$ (2)4 $\frac{1}{4}$ (3)2 $\frac{1}{2}$

B 级

1. B 【解析】根据题图进行分析,计算属于该“单元”的 Mg 与 B 的原子数。镁原子:位于正六棱柱顶点的镁原子,可为六个棱柱共有(正六边形一个内角为 120°),每个顶点的镁原子属于该基本单元仅有$\frac{1}{6}$;上下底面的镁原子可为两个正六棱柱共有,每个镁原子属于该单元仅为$\frac{1}{2}$;则该结构单元共有镁原子数为 $2\times6\times\frac{1}{6}+2\times\frac{1}{2}=3$。

硼原子:6 个硼原子位于棱柱内,均属于该基本单元。因此,该结构单元的镁原子与硼原子数之比为 3∶6 = 1∶2,即该化合物的化学式为 MgB_2。

独立思考二:四种晶体的比较

A 级

1.

分子晶体	原子晶体	金属晶体	离子晶体
分子间依靠分子间作用力结合而形成的晶体	原子之间以共价键结合而形成的具有空间网状结构的晶体	金属阳离子和自由电子以金属键结合而形成的晶体	阳离子和阴离子通过离子键结合而形成的晶体
分子	原子	金属阳离子和自由电子	阴、阳离子
分子间作用力	共价键	金属键	离子键
较小	很大	很大 很小	较大
较低	很高	很高 很低	较高
相似相溶	难溶于任何溶剂	常见溶剂难溶	水 极
一般不导电,溶于水后有的导电	一般不具有导电性,个别为半导体	电和热的良导体	晶体不导电,水溶液或熔融态导电
所有非金属氢化物(如水、硫化氢)、部分非金属单质(如卤素 X_2)、部分非金属氧化物(如 CO_2、SO_2)、几乎所有的酸、绝大多数有机物(有机盐除外)	部分非金属单质(如金刚石、硅、晶体硼),部分非金属化合物(如 SiC、SiO_2、Si_3N_4)	金属单质与合金(如 Na、Al、Fe、青铜)	金属氧化物(如 K_2O、Na_2O)、强碱(如 KOH、NaOH)、绝大部分盐(如 NaCl)

2.(1)原子 离子 分子

(2)短 大 高 金刚石 > 碳化硅 > 硅

(3)多 小 大 > >

(4)①高 氢键 ②相对分子质量 $H_2O>H_2Te>H_2Se>H_2S$ ③> > ④低

(5)小 多 < <

B 级

1. D 【解析】离子晶体的性质:熔点高,硬度大,大部分易溶于水,均难溶于有机溶剂;离子晶体熔化或溶于水时能导电,固态时不导电。

2. B 【解析】冰为分子晶体,融化时破坏的是氢键而非共价键,故 A、C 错;原子晶体熔化时破坏共价键,所以共价健的键长越短,熔、沸点较高,故 B 对;分子间作用力影响晶体的物理性质,而非化学性质,故 D 错。

3. C 【解析】金属晶体具有延展性是由于密堆积层的阳离子受到外力作用时容易发生滑动,但不会破坏密堆积的排列方式,也不会破坏金属键。

独立思考三:几种典型的晶体模型

A 级

晶体		晶体中粒子分布详解
原子晶体	金刚石	共价 sp^3 正四面体 109°28′ 6 6 4 $\frac{1}{2}$ 1∶2
	SiO_2	4 中心 顶点 12 6 6 1 4 $1:(4\times\frac{1}{2})=1:2$
分子晶体	CO_2	顶点 面心 4 12 4 4 4 12
	H_2O	4 2
离子晶体	CsCl	8 6 6 8 8 1 1
	NaCl	6 12 6 4 4
	ZnS	4 4 4 4 4
混合型晶体	石墨	共价 范德华力 3 sp^2 正六边 120° 3 $\frac{1}{2}$ $1:3\times\frac{1}{2}=2:3$

2.

代表金属	Po	Na、K、Fe	Cu、Ag、Au	Mg、Zn、Ti
配位数	6	8	12	12
晶胞占有的原子数	1	2	4	2
空间利用率	52%	68%	74%	74%

B 级

1. D

2. C 【解析】从题图可看出,每个晶胞中 Na^+ 个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$ 个,Cl^- 个数为 $12\times\frac{1}{4}+1=4$ 个。设每个小立方体的边长为 a。则 $\frac{58.5\ g\cdot mol^{-1}}{6.02\times10^{23}\ mol^{-1}}\times\frac{4}{(2a)^3}=2.2\ g\cdot cm^{-3}$,解得 $a\approx2.81\times10^{-3}$ cm。所以,两个距离最近的钠离子中心间的距离为$\sqrt{2}a\approx4.0\times10^{-8}$ cm,答案为 C。

3. A 【解析】超氧化钾晶胞中实际有 K^+:$8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$ 个,O_2^-:$1\times1+12\times\frac{1}{4}=4$ 个,超氧化钾的化学式为 KO_2,A 正确;晶胞中,每个 K^+ 周围有 6 个 O_2^-,与每个 K^+ 距离最近的 K^+ 有 12 个,B、C 错误;根据化合价代数和为 0 的规律,可求出 0 价氧与 -2 价氧的数目比为 3∶1,D 不正确。

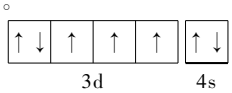
【自我测评】

1. D 【解析】离子晶体的结构不同,每个离子周围吸引的带相反电荷的离子数目不同,A 错误;金属是由金属阳离子和自由电子构成的,但自由电子并不是在外加电场的作用下产生的,B 错误;分子晶体在常温下也有呈固态的,如硫、白磷等,C 错误;组成原子晶体的微粒间作用力只有共价键,D 正确。

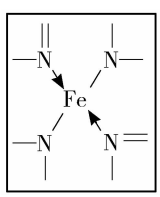
2. C

3. 【解析】(2)根据氮原子的价电子排布式 $2s^22p^3$,若氮原子形成 3 个共价键,则氮原子周围还有一对孤对电子,即此时无配位键,该氮原子为 sp^3 杂化,如 NH_3。若氮原子形成 4 个共价键,则必有一个是配位键。若还存在双键(双键视为单键),则该氮原子为 sp^2 杂化,如本题中的,若都为单键,则该氮原子为 sp^3 杂化,如 NH_4^+。

【答案】(1)H < C < N < O +2 -3

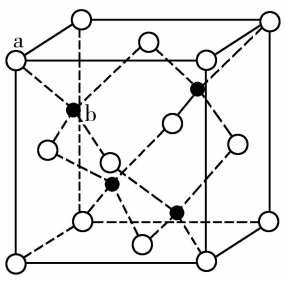


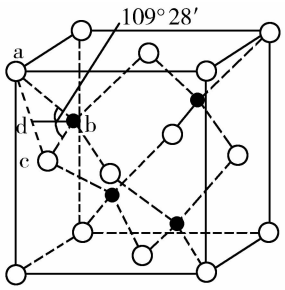
(2)sp^2、sp^3



(3)4　4:3　68%　体心立方(堆积)　Na

4.【解析】(1)在 S_8 分子中 S 的成键电子对数为 2,孤电子对数为 2,即价层电子对数为 4,因此 S 采用的轨道杂化方式为 sp^3。(2)同主族元素第一电离能随核电荷数的增大而减小,因此第一电离能:O > S > Se。(3)Se 为 34 号元素,其核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^4$,因此 M 层电子排布式为 $3s^23p^63d^{10}$。同主族元素随着核电荷数的递增,氢化物的酸性增强。SeO_3 分子中 Se 的价层电子对数为 3,成键电子对数为 3,孤对电子数为 0,因此 SeO_3 为平面三角形分子。SO_3^{2-} 中 S 的价层电子对数为 4,而成键电子对数为 3,因此立体构型为三角锥形。(5)①酸第一步电离产生的酸根阴离子带有负电荷,由于异种电荷相互吸引,因此较难再电离出 H^+。②H_2SeO_3 的分子结构为 $H-O-\overset{\overset{O}{\|}}{Se}-O-H$,Se 为 +4 价,而 H_2SeO_4 的分子结构为 $H-O-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O}{\|}}{Se}}-O-H$,Se 为 +6 价,后者 Se 吸电子能力强,导致羟基上氢原子更容易电离。(6)①由 ZnS 晶胞结构可知,一个晶胞中含有 4 个 Zn^{2+} 和 4 个 S^{2-},则有 $4M(ZnS) = d^3N_A\rho$(d 为晶胞边长),$\rho = \dfrac{4M(ZnS)}{d^3N_A} = \dfrac{4\times(65+32)\ g\cdot mol^{-1}}{6.02\times10^{23}\ mol^{-1}\times(540\times10^{-10}\ cm)^3} = 4.1\ g\cdot cm^{-3}$。②4 个 Zn^{2+} 在晶胞内的 4 个小立方体的中心,不在同一平面上,过 b 向上面做垂线,构成直角三角形,如图所示。$l_1 = \dfrac{\sqrt{2}d}{4}$,$l_2 = \dfrac{1}{4}d$,则斜边即 ab 的距离为 $\dfrac{\sqrt{3}}{4}d = \dfrac{\sqrt{3}}{4}\times540.0\ pm = 135\sqrt{3}\ pm$。另解:如图,ac 的长度为 $\dfrac{\sqrt{2}}{2}d$,根据余弦定理可求 ab 的长度:$\dfrac{270}{\sqrt{1-\cos109°28'}}$。也可根据 abd 构成直角三角形,ad 的长度为 $\dfrac{\sqrt{2}d}{4}$,ab 的长度为 $\dfrac{\frac{\sqrt{2}d}{4}}{\sin\frac{109°28'}{2}} = \dfrac{135\sqrt{2}}{\sin\frac{109°28'}{2}}°$





【答案】(1)sp^3　(2)O > S > Se　(3)34　$3s^23p^63d^{10}$

(4)强　平面三角形　三角锥形

(5)①第一步电离后生成的负离子较难再进一步电离出带正电荷的氢离子

②H_2SeO_3 和 H_2SeO_4 可分别表示为 $(HO)_2SeO$ 和 $(HO)_2SeO_2$。H_2SeO_3 中的 Se 为 +4 价,而 H_2SeO_4 中的 Se 为 +6 价,正电性更高,导致 Se—O—H 中 O 的电子更向 Se 偏移,越易电离出 H^+

(6)$\dfrac{4\times(65+32)\ g\cdot mol^{-1}}{6.02\times10^{23}\ mol^{-1}\times(540\times10^{-10}\ cm)^3} = 4.1$

$\dfrac{270}{\sqrt{1-\cos109°28'}}$或$\dfrac{135\sqrt{2}}{\sin\frac{109°28'}{2}}$或$135\sqrt{3}$

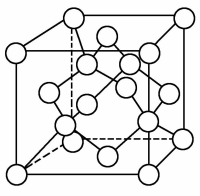
5.【解析】(1)由图可知 B_2O_3 与 CaF_2 和 H_2SO_4 反应生成 BF_3,同时还应该产生硫酸钙和水,方程式为 $B_2O_3 + 3CaF_2 + 3H_2SO_4 \xlongequal{\triangle} 2BF_3\uparrow + 3CaSO_4 + 3H_2O$;$B_2O_3$ 与氨气在高温下反应即生在 BN,方程式为 $B_2O_3 + 2NH_3 \xlongequal{高温} 2BN + 3H_2O$;

(2)B 的原子序数是 5;B 和 N 相比,电负性较大的是 N,BN 中 B 元素显正价,为 +3 价。

(3)依据价层电子对互斥理论可计算出 BF_3 中心原子的孤电子对数 = 1/2(3 − 3) = 0,所以 BF_3 分子为平面正三角形结构,F—B—F 的键角是 120°,杂化轨道类型为 sp^2;在 BF_4^- 中中心原子的孤电子对数 = 1/2(4 − 3 − 1) = 0,所以 BF_4^- 的结构为正四面体。

(4)B、N 均属于非金属元素,二者形成的化学键是极性共价键;而层与层之间靠分子间作用力结合。

(5)描述晶体结构的基本单元叫做晶胞,金刚石晶胞是立方体,其中 8 个顶点有 8 个碳原子,6 个面各有 6 个碳原子,立方体内部还有 4 个碳原子,如图所示。所以金刚石的一个晶胞中含有的碳原子数 = 8 × 1/8 + 6 × 1/2 + 4 = 8,因此立方氮化硼晶胞中应该含有 4 个 N 和 4 个 B。由于立方氮化硼的一个晶胞中含有 4 个 N 和 4 个 B,其质量是 $\dfrac{4}{N_A}\times25$ g,立方体的体积是 $(361.5\times10^{-10}\ cm)^3$,因此立方氮化硼的密度是 $\dfrac{25\times4}{(361.5\times10^{-10})^3\times N_A}\ g\cdot cm^{-3}$。



【答案】(1)$B_2O_3 + 3CaF_2 + 3H_2SO_4 \xlongequal{\triangle} 2BF_3\uparrow + 3CaSO_4 + 3H_2O$

$B_2O_3 + 2NH_3 \xlongequal{高温} 2BN + 3H_2O$

(2)$1s^22s^22p^1$　N　+3

(3)120°　sp^2　正四面体

(4)共价键(极性键)　分子间作用力

(5)4　4　$\dfrac{25\times4}{(361.5\times10^{-10})^3\times N_A}$

6.【解析】(1)区分晶体、准晶体和非晶体可运用 X − 射线衍射的方法。(2)基态铁原子的 3d 能级上有 4 个未成对电子,Fe^{3+} 的电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^5$,$Fe(SCN)_3$ 呈血红色。(3)由乙醛的结构式($\begin{matrix}H & O\\ | & \|\\ H-C & -C-H\\ |\\ H\end{matrix}$)知,$-CH_3$、−CHO 上的碳原子分别为 sp^3、sp^2 杂化。由于 1 个乙醛分子中含有 4 个 C—H 键、1 个 C—C 键、1 个 C═O 键,共有 6 个 σ 键,故 1 mol 乙醛分子中含有 $6N_A$ 个 σ 键。乙酸分子之间能形成氢键而乙醛分子之间不能形成氢键,故乙酸的沸点明显高于乙醛。根据均摊原理,一个晶胞中含有的氧原子为 $4+6\times\frac{1}{2}+8\times\frac{1}{8} = 8$(个),再结合化学式 Cu_2O 知一个晶胞中含有 16 个铜原子。(4)面心立方晶胞中粒子的配位数是 12。一个铝晶胞中含有的铝原子数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2} = 4$(个),一个晶胞的质量为 $\dfrac{4}{6.022\times10^{23}}\times27$ g,再利用密度与质量、晶胞参数 a 的关系即可求出密度,计算中要注意 1 nm = 10^{-7} cm。

【答案】(1)X − 射线衍射

(2)4　$1s^22s^22p^63s^23p^63d^5$　血红色

(3)sp^3、sp^2　$6N_A$　CH_3COOH 存在分子间氢键　16

(4)12　$\dfrac{4\times27}{6.022\times10^{23}\times(0.405\times10^{-7})^3}$