

# 碳、硅及其化合物

2025.05.16

## 一、碳的单质

### 1. 常见碳的单质



金刚石



石墨

新型无机非金属材料：  
富勒烯、碳纳米管、石墨烯



C<sub>60</sub>

### 2. 化学性质

(1) 与氧气反应

(2) 与CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(金属冶炼)、SiO<sub>2</sub>(制粗硅)、H<sub>2</sub>O(制水煤气)反应 **还原性**  
 $C+2CuO=CO_2\uparrow+2Cu$   $2C+SiO_2=Si+2CO\uparrow$   $C+H_2O=CO+H_2$   $C+CO_2=2CO$

(3) 与强氧化剂反应：浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、浓HNO<sub>3</sub>（均需加热）

## 二、碳的氧化物

### 1. CO ——无色无味、难溶、有毒

(1) 燃烧 (2) 还原剂，还原金属氧化物（如与CuO）

(3) 汽车尾气催化反应(与NO反应转化为无害气体)

(4) 与过渡金属形成配合物：Fe + 5CO = Fe(CO)<sub>5</sub>

(5) CO的实验室制法： $HCOOH \xrightarrow[\Delta]{浓硫酸} H_2O + CO\uparrow$

### 2. CO<sub>2</sub> ——无色无味、按1:1溶于水

(1) 典型酸性氧化物——与碱、碱性氧化物、H<sub>2</sub>O反应

(2) 弱氧化性

① 与C发生归中反应： $C+CO_2 \xrightarrow{高温} 2CO$

② 与Mg、Na等活泼金属反应： $2Mg+CO_2 \xrightarrow{点燃} 2MgO+C$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
C	D	D	C	D	B	B	D	BC	BC	BC	A	D	D	B	D	C	C	D	C	D	B	A	C	AC	C	A	BD				

15. (1) 一氧化碳；(2) 生产酒精，制糖，光导纤维等  
(3)  $C+H_2SO_4(浓) \rightarrow CO_2 \uparrow + SO_2 \uparrow + H_2O$  【化学性质】(4)  $SiO_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow H_2SiO_3 + CO_2 \uparrow$   
16. (1) 分馏（或蒸馏）；(2) ①浓硫酸，使滴入烧瓶中的  $SiHCl_3$  气化，从而与  $H_2$  充分混合  
②  $SiHCl_3 + H_2 \xrightarrow{1100^{\circ}C} Si + 3HCl$  在 1000~1100℃时自燃被硅烷氧化【**硅烷是还原剂，并不还原点低，硅烷是非晶体，没有什么熔点**】③排尽装置中的空气【**氧气和水蒸气都不能有**】  
④在装置中加入少许样品，加入过量稀硫酸，取加入硫酸反应后的上清液，加入少许稀硝酸（或滴加等量氧化剂），加入 KSCN，溶液呈血红色，说明样品中含 Fe。  
⑤  $SiHCl_3 + H_2O + H_2SiO_3 \rightarrow 3HCl + H_2 \uparrow$   
(3) 现象：装置中有白色胶状沉淀生成，并且有刺激性气体生成，解释： $Na_2SiO_3$  和  $NH_4Cl$  均能水解，二者相互促进， $Na_2SiO_3$  水解生成  $H_2SiO_3$ ， $NH_4Cl$  水解产生  $NH_3$ ，【**气体放出有特殊性**】

17. (1) 还原、氧化  
(2)  $PbO_2$  -2, -4 【 $2PbO \cdot PbO_2$ ，这有点区别的，Pb 没有+3价】或：能【+2价 Pb 反应生成了  $Pb(NO_3)_2$ ，说明  $PbO_2$  是碱性氧化物，与酸反应生成了盐】  
(3)  $AsO_3^{3-} + 2H^+ \rightarrow AsO_2^{3-} + H_2O$  【**题目没有给出具体的量，所以这个电子数，应该是这个反应转移的电子数，转移 2 个电子**】  
18. (1) 第六周期ⅣA 族；【**C 的非金属性比 Pb 强，所以酸性  $CO_2$  强**】；  
(2)  $PbO_2 + 4HCl(浓) \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$ ；【**浓字**】  
(3)  $PbO + ClO \rightarrow PbO_2 + Cl_2 \uparrow$   
(4) 根据  $PbO_2 \rightarrow PbO + \frac{2-x}{2} O_2 \uparrow$ ，有  $\frac{2-x}{2} \times 32 = 238 - 4.0x$   
 $x = 1.4$ ，根据  $mPbO_2 : nPbO$ ， $\frac{2m+n}{m+n} = 1.4$ ， $\frac{m}{n} = \frac{2}{3}$   
19. (1) 防止 HCl 挥发污染环境或控制  $SiCl_4$  的水解速率，防止反应过于剧烈。  
 $SiCl_4(g) + 2H_2(g) \rightarrow Si(s) + 4HCl(g) \Delta H = -236 kJ/mol$ ；(2)  $SiO_2 + 2C(高温) \rightarrow Si + 2CO_2 \uparrow$   
(3)  $Mg(OH)_2$ 、 $Ca(OH)_2$ ，确证阴离子完全除去；(4) 有白色（或灰色）晶体（或固体）生成。  
(5) 3) (5)  $BaCl_2$  溶液和  $BaCl_2$  溶液。  
20. (1) a h i b c f g d  
(2) 作用是使浓硫酸能顺利地滴入烧瓶中；原理是维持烧瓶内压强与分液漏斗内压强相等。  
(3) 先加热  $V_2O_5$ ，后缓慢滴入浓硫酸。(4) 有白色（或灰色）晶体（或固体）生成。  
(5) 减小。(6)  $\frac{mmol}{64g \cdot mol^{-1}} \times 100\% = \frac{n}{m} \times 100\%$   
21. (1) A、B；(2) 非金属，因为元素 B 可以显负价，在中学化学中只有非金属元素显负价，所以单质乙一定是非金属；(3) S、 $H_2S$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 。

1. 化学与人类生产、生活、社会可持续发展密切相关，下列有关说法不正确的是 ( )

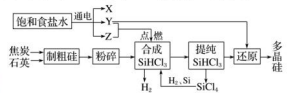
- A. 高纯硅广泛应用于太阳能电池、计算机芯片，是一种重要的半导体材料  
B. 我国提出网络强国战略，光缆线路总长超过三千万公里，光缆的主要成分是二氧化硅  
C. “神舟十一号”宇宙飞船返回舱外表面使用的高温结构陶瓷的主要成分是硅酸盐  
D. 中国天眼的“眼眶”是钢铁结成的圈梁，属于新型无机非金属材料

• 高温结构陶瓷一般用碳化硅、氮化硅或某些金属氧化物等在高温下烧结而成，具有耐高温、抗氧化、耐磨蚀等优良性能。与金属材料相比，更能适应严酷的环境，可用于火箭发动机、汽车发动机和高温电极材料等。

10. 多晶硅是单质硅的一种形态，是制造硅抛光片、太阳能电池及高纯硅制品的主要原料。已知多晶硅第三代工业制取流程如图所示：

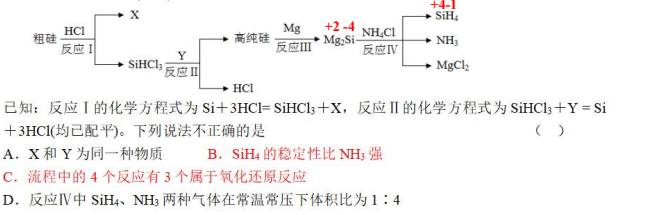
下列说法错误的是 ( )

- A. Y、Z 分别为 H<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>  
B. 制取粗硅的过程中焦炭与石英会发生副反应生成碳化硅，在该副反应中，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:1  $3C+SiO_2=SiC+2CO$  1:2  
C. SiHCl<sub>3</sub> 极易水解，其完全水解的产物为 H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>、HCl，据此推测 SiHCl<sub>3</sub> 中硅元素的化合价为 +2 价  
D. Y 与 SiHCl<sub>3</sub> 制备多晶硅的反应属于置换反应



电负性增大															
IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
Li	Be	B	C	N	O	F		Li	Be	B	C	N	O	F	
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Co	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Co
0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Pt	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Pt
0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7

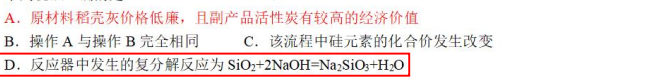
11. 由粗硅制备硅烷(SiH<sub>4</sub>)的基本流程如图所示:



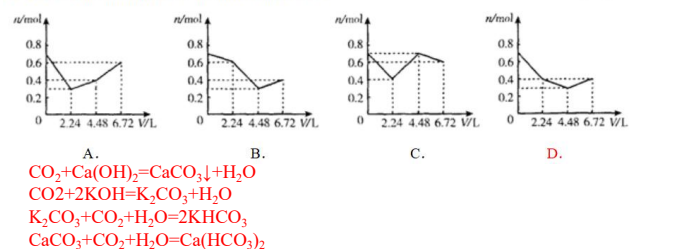
12. 蛇纹石由 MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 组成。现取一份蛇纹石试样进行实验, 首先将其溶于过量的盐酸, 过滤后, 在所得的沉淀 X 和溶液 Y 中分别加入 NaOH 溶液至过量。下列叙述不正确的是 ( )

- A. 沉淀 X 的成分是 SiO<sub>2</sub>  
B. 将蛇纹石试样直接溶于过量的 NaOH 溶液后过滤, 可得到红色颜料 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MgO 不溶于 NaOH 溶液  
C. 在溶液 Y 中加入过量的 NaOH 溶液, 过滤得到的沉淀的主要成分是 Fe(OH)<sub>3</sub>、Mg(OH)<sub>2</sub> 和 Al(OH)<sub>3</sub>  
D. 溶液 Y 中的阳离子主要是 Mg<sup>2+</sup>、Al<sup>3+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、H<sup>+</sup>

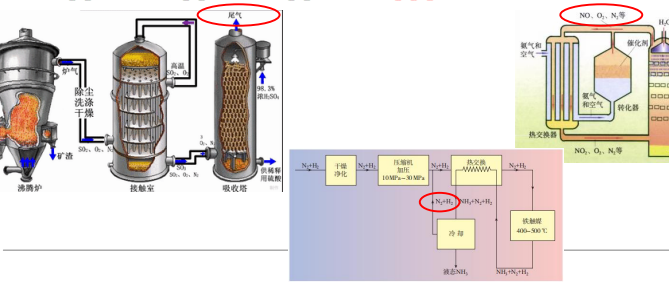
13. 水玻璃(Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 溶液)广泛应用于耐火材料、洗涤剂生产等领域, 是一种重要的工业原料。如图是用稻壳灰(SiO<sub>2</sub>: 65%~70%、C: 30%~35%)制取水玻璃的工艺流程:



14. 往含 0.2mol KOH 和 0.1mol Ca(OH)<sub>2</sub> 的溶液中持续地通入 CO<sub>2</sub> 气体, 当通入气体的体积为 6.72L (标准状况) 时立即停止, 则在这一过程中, 溶液中离子的物质的量 n 和通入 CO<sub>2</sub> 的体积 V 的关系示意图正确的是 (气体的溶解忽略不计) ( )



2. 采用循环操作可提高原料的利用率, 下列工业生产中, 采用循环操作的是 ①硫酸工业 ②合成氨工业 ③硝酸工业



5. 下列溶液中能用来区别 SO<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体的是: ①碳酸钠 ②氢硫酸 ③氯水 ④酸性高锰酸钾溶液 ⑤硝酸钡溶液 ⑥品红溶液

- A. ①④⑤⑥ B. ②③④⑥ C. ②③④⑤⑥ D. ①②③④⑤⑥

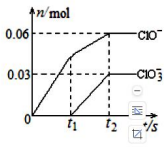
10. 一定量的铁与一定量的浓  $\text{HNO}_3$  反应，得到硝酸铁溶液和  $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$ 、 $\text{NO}$  的混合气体，这些气体与  $3.36\text{ L O}_2$ （标准状况）混合后通入水中，所有气体完全被水吸收生成硝酸。若向所得硝酸铁溶液中加入  $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液至  $\text{Fe}^{3+}$  恰好沉淀，则消耗  $\text{NaOH}$  溶液的体积是（ ）

A. 300 mL      B. 150 mL      C. 120 mL      D. 90 mL

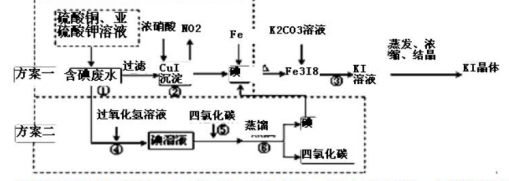
守恒法

15. 将一定量的  $\text{Cl}_2$  通入一定浓度的苛性钾溶液中，两者恰好完全反应（已知反应过程放热），生成物中有三种含氯元素的离子，其中  $\text{ClO}^-$  和  $\text{ClO}_3^-$  两种离子的物质的量（n）与反应时间（t）的变化如右图所示。下列说法正确的是（ ）

A. 苛性钾溶液中  $\text{KOH}$  的质量是  $4.94\text{g}$   
B. 反应中转移电子的物质的量是  $0.21\text{mol}$   
C. 氧化性  $\text{ClO}^- < \text{ClO}_3^-$       D.  $\text{ClO}_3^-$  的生成是由于温度升高引起的



16. 某研究性学习小组拟从实验室含碘废液中回收碘。制订两种方案提取，他们的实验方案如下：

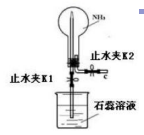
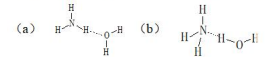


信息：向盛有  $\text{KI}$  溶液的试管中加入少许  $\text{CCl}_4$  后滴加氯水， $\text{CCl}_4$  层变成紫色。如果继续向试管中滴加氯水，振荡， $\text{CCl}_4$  层会逐渐变浅，最后变成无色。试回答下列问题

(1) 方案一，说明废水含有单质碘可用的试剂是：  $\text{FeI}_2 + 4\text{K}_2\text{CO}_3 = 8\text{KI} + 4\text{CO}_2\uparrow + \text{Fe}_2\text{O}_3$   
(2) 方案一，③的  $\text{FeI}_2$  中碘元素全部转为  $\text{KI}$ ，③的化学方程式为：  
(3) 方案二，用  $\text{H}_2\text{O}_2$  而不用  $\text{Cl}_2$ ，理由有两点：  
(4) 方案二，步骤⑤的名称是：  
(5) 方案二，蒸馏时用到的玻璃仪器，除接受器、锥形瓶、酒精灯外，还缺少的玻璃仪器有  
(6) 方案一，②中产生的  $\text{NO}_2$  要进行循环利用，用 总反应式表示这一过程：

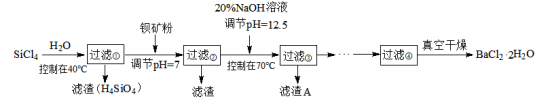
18. (1) 甲同学用 B 装置做  $\text{NH}_3$  喷泉实验关闭  $\text{K}_2$ ，打开  $\text{K}_1$ ，一段时间后看到烧瓶内有蓝色喷泉现象。用方程式表示石蕊变蓝的原因；

(2) 根据  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的电离方程式，试判断  $\text{NH}_3$  溶于水后，形成的  $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  的合理结构（填字母代号）。



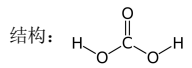
(3) 氮原子间可形成链状结构，假设氮原子间只以单键形式连接，并形成与直链烷烃类似的氢化物，则该系列氢化物的通式为。  
(4) 乙同学用 B 装置做  $\text{NH}_3$  与  $\text{Cl}_2$  反应的实验。步骤 1： $\text{K}_1$  关闭，打开  $\text{K}_2$  通入  $\text{Cl}_2$ ，烧瓶中出現白烟，写出反应的化学方程式；  
步骤 2：通入  $\text{Cl}_2$  至恰好完全反应后，关闭  $\text{K}_2$ ，打开  $\text{K}_1$ ；烧瓶中的现象是；  
实验完毕后，烧瓶中溶液的体积占烧瓶体积的。  
(5) 目前认为铵盐（ $\text{NH}_4\text{A}$ ）热分解起因与铵离子  $\text{NH}_4^+$  的质子传递，即  $\text{NH}_4\text{A} = \text{NH}_3 + \text{HA}$ ， $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_4\text{Br}$  中何者热分解温度高？； $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  中何者热分解温度高？。  
(6) 氮有多种离子，如  $\text{N}^{3-}$ 、 $\text{N}_2^{4-}$ 、 $\text{NH}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{N}_2\text{H}_5^+$ 、 $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ 、 $\text{N}_4\text{H}_4^{4+}$  等，已知  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  与  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$  是由中性分子和质子生成。试画出  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$  的结构式。已知  $\text{N}_2\text{H}_5^+$ 、 $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ 、 $\text{N}_4\text{H}_4^{4+}$  有类似  $\text{NH}_4^+$  的性质， $\text{N}_4\text{H}_4^{4+}$  遇碱生成类似  $\text{P}_4$  结构的  $\text{N}_4$  分子，试推导出  $\text{N}_4\text{H}_4^{4+}$  的空间结构

19. 多晶硅（硅单质的一种）被称为“微电子大厦的基石”，制备中副产物以  $\text{SiCl}_4$  为主，它对环境污染很大。能遇水强烈水解，放出大量的热。研究人员利用  $\text{SiCl}_4$  水解生成的盐酸和钡矿粉（主要成份为  $\text{BaCO}_3$ ，且含有钙、铁、镁等离子）制备  $\text{BaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，工艺流程如下。已知常温下  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  完全沉淀的 pH 分别是：3.4、12.4。



(1)  $\text{SiCl}_4$  水解控制在  $40^\circ\text{C}$  以下的原因是。  
(2) 加  $20\%$   $\text{NaOH}$  调节  $\text{pH}=12.5$ ，得到滤渣 A 的主要成分是，控制温度  $70^\circ\text{C}$  的目的是。

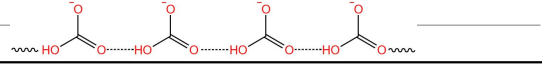
三、碳酸与碳酸盐



1. 碳酸 ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ):  $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$ ;  $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$

2. 碳酸盐与碳酸氢盐

(1) 溶解性：除  $\text{Li}$  以外的碱金属的碳酸盐及碳酸铵易溶于水，其他金属的碳酸盐难溶于水  
为什么碳酸钙难溶，而碳酸氢钙的溶解度要稍大？  
 $\text{CaCO}_3$  的解离须克服 +2 价阳离子与 -2 价阴离子之间的引力。  
为什么  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶解度大于  $\text{NaHCO}_3$ ？  
碳酸氢根之间由于存在氢键而缔合成相对分子质量较大的酸根



三、碳酸与碳酸盐

(2) 热稳定性：难溶碳酸盐高温均分解；碳酸氢盐受热易分解

表 3-7 几种碳酸盐的热分解温度①和阳离子半径

碳酸盐	$\text{MgCO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{SrCO}_3$	$\text{BaCO}_3$
热分解温度/ $^\circ\text{C}$	402	900	1 172	1 360
阳离子半径/pm	66	99	112	135

为什么分解温度越来越高？

反应物视角  
产物视角  
宏观视角  
微观视角

2) 碳酸盐的热稳定性  
碳酸盐的热稳定性存在一定规律,其受热分解的难易程度与阳离子的极化力有关,这主要取决于阳离子的电荷数、离子半径及电子层结构(3,18+2,18,9~17,8电子)。阳离子的极化力越强,它们的碳酸盐越不稳定;极化力小的阳离子相应的碳酸盐稳定性高,必须注意的是,在电荷数、离子半径、电子层结构的三个条件中,离子的大小与电荷数呈油性性的条件,只有当这两个条件接近时,离子的价层构型如才能明显作用。

以下举例加以说明:  
(1) 碱金属碳酸盐、碳酸氢盐和碳酸的热稳定性顺序为  
 $M_2CO_3 > M(HCO_3)_2 > H_2CO_3$   
由于  $H^+$  的极化力很强(无外层电子,半径很小),甚至可以钻到  $O^{2-}$  电子云中,使  $H_2CO_3$  极易发生分解产生  $CO_2$  和  $H_2O$ 。  
(2) II A 族碳酸盐的热稳定性顺序为  
 $BeCO_3 < MgCO_3 < CaCO_3 < SrCO_3 < BaCO_3$   
它们的电荷数相同,极化力随阳离子半径递增而逐渐减弱, $M^{2+}$  争夺  $O^{2-}$  的能力逐渐减弱,热稳定性递增(参见第1章)。  
(3) 当电荷数相同,半径相近时,非稀有气体型阳离子组成的碳酸盐的热稳定性通常低于稀有气体型阳离子的碳酸盐。例如

	$MCO_3$	$CaCO_3$	$SrCO_3$	$BaCO_3$	$PbCO_3$	$CaCO_3$	$PbCO_3$
$M^{2+}$ 半径/pm(CN=6)	99	118	135	135	78	95	119
价电子构型	8	8	8	8	18	18	18+2
周期	4	5	6	6	6	5	6
分解温度/K	1173	1563	1633	1633	535	633	573

阳离子半径越小,电荷越高,极化能力越强,碳酸盐越容易分解。

#### 四、草酸



$$K_{a1}=5.6 \times 10^{-2}$$
$$K_{a2}=1.5 \times 10^{-4}$$

草酸的化学式为  $H_2C_2O_4$ , 草酸晶体的化学式为  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 。

① 弱酸性: 草酸为二元弱酸, 酸性比醋酸的酸性强, 电离方程式为  $H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^-$ 。

② 还原性:  $H_2C_2O_4$  中 C 元素的化合价为 +3 价, 具有还原性, 能使酸性高锰酸钾溶液褪色, 反应的化学方程式为  $2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \xrightarrow{Mn^{2+} \text{ 可催化反应}} 2MnSO_4 + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$ 。

③ 不稳定性: 草酸晶体受热易分解, 反应的化学方程式为  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{\Delta} CO \uparrow + CO_2 \uparrow + 3H_2O$ 。

#### 五、硅的单质

一、硅的单质 硅有两种同素异形体: 晶体硅和无定形硅(非晶体)

晶体硅: 灰黑色、有金属光泽、硬而脆, 结构类似于金刚石, 熔沸点高、硬度大, 导电能力介于导体和绝缘体之间, 是良好的半导体材料



#### 五、硅的单质

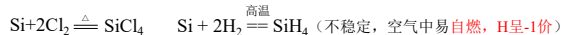
1. 化学性质

(1) Si 有很强的亲氧性, 可与  $O_2$  反应:  $Si + O_2 \xrightarrow{\text{高温}} SiO_2$

(2) Si 的亲氟性使它能与  $F_2$ 、HF 反应:  $Si + 2F_2 = SiF_4$   $Si + 4HF = SiF_4 \uparrow + 2H_2 \uparrow$

(3) 可与 NaOH 溶液反应:  $Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2 \uparrow$

(4) 与非金属单质反应。



#### 五、硅的单质

##### 2. 高纯硅的制备

资料卡片

##### 高纯硅的制备

工业上制备高纯硅, 一般需要先制得纯度为 98% 左右的粗硅, 再以其为原料制备高纯硅。例如, 可以将粗硅转化为三氯硅烷 ( $SiHCl_3$ ), 再经氢气还原得到高纯硅。

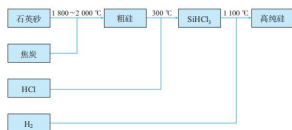
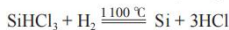
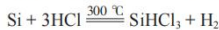
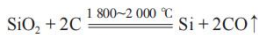


图 5-23 工业制备高纯硅的原理示意图

其中涉及的主要化学反应为:



##### 3. 硅的用途

高纯硅广泛应用于信息技术和新能源技术等领域。利用其半导体性能可以制成计算机、通信设备和家用电器等的芯片, 以及光伏电站、人造卫星和电动汽车等的硅太阳能电池。

#### 六、二氧化硅

1. 物理性质: 晶态  $SiO_2$  为无色透明晶体, 难溶于水

2. 存在: (1) 晶态  $SiO_2$  ~ 水晶;

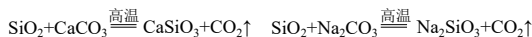
(2) 非晶态  $SiO_2$  ~ 玻璃

3. 化学性质:

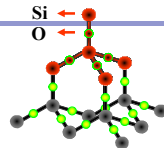
(1) Si 元素有很强的亲氟性,  $SiO_2$  可与 HF 反应: 雕刻玻璃、塑料瓶保存

(2) 酸性氧化物的通性: 与碱、碱性氧化物反应  $SiO_2 + 4HF = SiF_4 \uparrow + 2H_2O$

(3) 与碳酸盐反应制取挥发性酸酐: 烧制玻璃的主要反应



4.  $SiO_2$  用途 二氧化硅可用来生产光纤纤维, 光纤纤维的通信容量大, 抗干扰性能好, 传输的信号不易衰减, 能有效提高通信效率。





六、二氧化硅

4. SiO<sub>2</sub>用途(选修二 P81)

SiO<sub>2</sub>是另一种共价晶体。它是自然界含量最高的固态二元氧化物，熔点1 713 ℃，有多种结构，最常见的是低温石英。遍布海滩河岸的黄沙、带状的石英矿脉、花岗石里的白色晶体以及透明的水晶都是低温石英。在低温石英的结构中，顶角相连的硅氧四面体形成螺旋上升的长链(如图3-22)，这一结构决定了它具有手性(左、右型)(如图3-23)，被广泛用作压电材料，如制作石英手表。

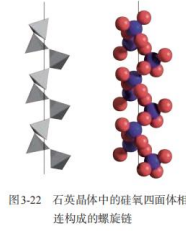
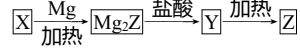


图3-22 石英晶体中的硅氧四面体相连接构成的螺旋链

SiO<sub>2</sub>具有许多重要用途，是制造水泥、玻璃、单晶硅、硅光电池、芯片和光导纤维的原料。

【2022江苏改编】已知氢氟酸能与SiO<sub>2</sub>反应生成二元强酸H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>，该过程的离子方程式为 6HF + SiO<sub>2</sub> = 2H<sup>+</sup> + SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup> + 2H<sub>2</sub>O。

(2015年海南, 14)单质Z是一种常见的半导体材料，可由X通过如下图所示的路线制备。其中X为Z的氧化物；Y为氢化物，分子结构与甲烷相似。回答下列问题：



(1)能与X发生化学反应的酸是 氢氟酸(HF)；由X制备Mg<sub>2</sub>Z的化学方程式为 SiO<sub>2</sub> + 4Mg  $\xrightarrow{\Delta}$  2MgO + Mg<sub>2</sub>Si。

(2)由Mg<sub>2</sub>Z生成Y的化学方程式为 Mg<sub>2</sub>Si + 4HCl = 2MgCl<sub>2</sub> + SiH<sub>4</sub>↑，Y分子的电子式为  $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} : \text{Si} : \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$ 。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	A	A	A	D	B	B	C	D	C	D	D

13. (1) GeO<sub>2</sub> 调节溶液的pH使Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>转化为Fe(OH)<sub>3</sub>沉淀析出【讲清楚干嘛】  
GeCl<sub>4</sub> + C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>MgCl → C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>GeCl<sub>3</sub> + MgCl<sub>2</sub>【GeCl<sub>4</sub>掉下来一个Cl，剩下的接到苯环上】 (2) B【不会拿铂来装】

(3)加入足量的稀硝酸，若出现红棕色气体，则有氮元素；再加入AgNO<sub>3</sub>溶液，若出现白色沉淀，则有氯元素。【检验Cl<sup>-</sup>时，要先加硝酸酸化，否则Ag<sup>+</sup>也会和OH<sup>-</sup>反应】(其他合理答案也可) NOCl + 2OH<sup>-</sup> = NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O【先是亚硝酸氯水解产生亚硝酸和HCl，接着和NaOH反应】

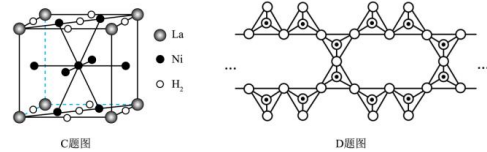
(1)  $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$  5s 5p 【还有那么多同学写错】

(2) 平面三角形 sp<sup>2</sup>杂化【这里的Sn是用杂化轨道去成键】

(3) 4  $\frac{V_2}{4V_1}$  (4)与焦炭在高温下反应生成CO，CO将SnO<sub>2</sub>还原为单质Sn

(5)SnF<sub>4</sub>属于离子晶体，SnCl<sub>4</sub>、SnBr<sub>4</sub>、SnI<sub>4</sub>属于分子晶体，离子晶体的熔点比分子晶体的高，分子晶体的相对分子质量越大，分子间作用力越强，熔点越高

5. 下列说法正确的是



- A. 干冰中的CO<sub>2</sub>之间只存在范德华力，一个分子周围有12个紧邻分子，密度比冰的低  
B. 区分晶体和非晶体最科学的方法是测定是否有固定的熔沸点  
C. 如图是一种镍基合金储氢后的晶胞结构。该合金储氢后，含1molLa(镧)的合金可吸附H<sub>2</sub>的质量为3g  
D. 如图中，表示硅氧四面体，则该多硅酸根结构的化学式为(Si<sub>4</sub>O<sub>17</sub>)<sub>n</sub><sup>10n-</sup>

9. 固体混合物W由Cu、FeO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中的几种物质组成，进行以下实验：

下列说法正确的是

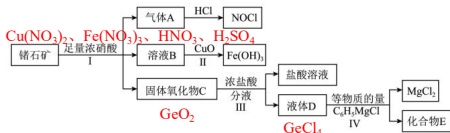
W (7.62g)  $\xrightarrow{\text{过量盐酸}}$  气体X  $\xrightarrow{\text{过量石灰水}}$  固体Y (1.00g) 有Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.01 mol

W (7.62g)  $\xrightarrow{\text{过量盐酸}}$  液体X  $\xrightarrow{\text{新制氯水}}$  溶液呈血红色  $\xrightarrow{\text{焰色反应}}$  火焰呈紫色 至少有FeO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>中的其一

W (7.62g)  $\xrightarrow{\text{过量盐酸}}$  固体X (4.32g)  $\xrightarrow{\text{过量NaOH溶液, 过滤}}$  固体Z (1.92g) 有0.04 mol SiO<sub>2</sub> 0.03 mol Cu

A. 该固体中一定没有K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> B. 溶液X中一定含有的阳离子为H<sup>+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>  
C. 该固体W中一定含有Cu、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> D. 固体W中，n(SiO<sub>2</sub>):n(Cu) ≤ 4:3

13. 以锗石矿(成分为GeS、Cu<sub>2</sub>S、FeS)为原料，可以实现如下转化。



已知：①Ge与Si同族；②AgNO<sub>2</sub>是一种难溶于水的白色固体，可溶于稀硝酸；③HNO<sub>2</sub>是一元弱酸，常温下易分解为NO、NO<sub>2</sub>。

请回答：

调节溶液的pH使Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>转化为Fe(OH)<sub>3</sub>沉淀析出

(1)固体氧化物C的化学式为 GeO<sub>2</sub>，步骤II中，加入CuO的作用是 调节溶液的pH，步骤IV可以用来构建Ge-C键，写出该反应的化学方程式 GeCl<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>MgCl → C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>GeCl<sub>3</sub> + MgCl<sub>2</sub>

(2)下列说法正确的是 AC。

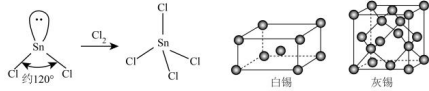
A. 工业生产中可以选择铝或铁作为制备大量浓硝酸的电极材料  
B. 在足量氯气情况下，1L 0.1 mol·L<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液最多可吸收92g气体A  
C. 步骤III中浓盐酸的作用仅作为反应物 D. 工业上可通过电解液体D制备金属Ge

(3)NOCl(Cl-N-O)是一种红褐色液体，易水解。设计实验验证该化合物中含有N、Cl元素。

①实验方案：取NOCl液体，加入足量NaOH溶液，然后 加入足量的稀硝酸，若出现红棕色气体，则有氮元素；  
再加入AgNO<sub>3</sub>溶液，若出现白色沉淀，则有氯元素。

②写出NOCl与足量NaOH溶液反应的离子方程式 NOCl + 2OH<sup>-</sup> = NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O。

14. 锡(Sn)是现代“五金”之一, 广泛应用于合金、半导体工业等。  
(1)写出 Sn 的基态原子 最外层轨道表示式 \_\_\_\_\_。  
(2)  $\text{SnCl}_2$  和  $\text{SnCl}_4$  是锡的常见氯化物,  $\text{SnCl}_2$  可被氧化得到  $\text{SnCl}_4$ 。



- ①  $\text{SnCl}_2$  分子的 VSEPR 模型名称 \_\_\_\_\_。  
②  $\text{SnCl}_4$  的  $\text{Sn}-\text{Cl}$  键是由锡的 \_\_\_\_\_ 轨道与氯的  $3p$  轨道重叠形成  $\sigma$  键。  
(3)白锡和灰锡是单质 Sn 的常见同素异形体。二者晶胞如图, 白锡具有体心四方结构; 灰锡具有立方金刚石结构。  
④灰锡中每个 Sn 原子周围与它最近且距离相等的 Sn 原子有 \_\_\_\_\_ 个。  
②若白锡和灰锡的晶胞体积分别为  $v_1 \text{ nm}^3$  和  $v_2 \text{ nm}^3$ , 则白锡和灰锡晶体的密度之比是 \_\_\_\_\_。  
(4)单质 Sn 的制备: 将  $\text{SnO}_2$  与焦炭充分混合后, 于惰性气氛中加热至  $800^\circ\text{C}$ , 由于固体之间反应慢, 未明显发生反应。若通入空气在  $800^\circ\text{C}$  下,  $\text{SnO}_2$  能迅速被还原为单质 Sn, 通入空气的作用是 与焦炭在高温下反应生成 CO, CO 将  $\text{SnO}_2$  还原为单质 Sn。

七、硅酸

白色、胶状、难溶固体

1. 化学性质:

- (1) 弱酸性  $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{SiO}_3$   $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$   
① 向  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液中通入少量  $\text{CO}_2$  离子方程式 \_\_\_\_\_  
② 设计实验证明非金属性:  $\text{Cl} > \text{C} > \text{Si}$



(2) 不稳定性 —— 受热易分解

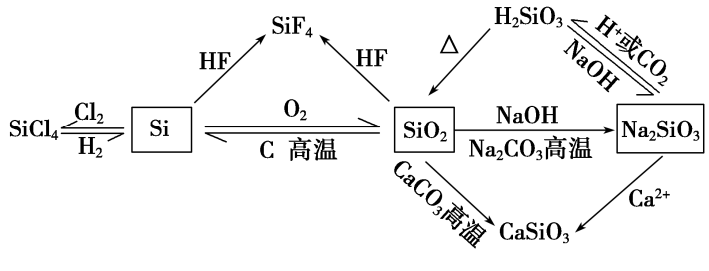
2. 用途: —— 硅酸部分脱水制得硅胶, 是一种绿色安全的干燥剂

游离态的硅酸, 包括原硅酸( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ )、偏硅酸( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )、多聚硅酸( $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ ), 水分蒸发掉可得到多孔的干燥固态凝胶, 具有强的吸附性, 可用来作吸潮干燥剂、催化剂, 或用作其他催化剂的载体。

八、硅酸盐

1. 硅酸盐的表示方法: —— 按金属活动性顺序改写为氧化物形式  
金属氧化物  $\cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  如: 石棉( $\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$ )  
2. 硅酸盐结构中的硅氧四面体结构的特殊性决定了硅酸盐材料的性质具有 硬度高、难溶于水、耐高温、耐腐蚀 等特点。  
3.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  的性质:  
(1) 其 溶液 有黏性, 俗称“水玻璃”  
(2)  $\text{SiO}_2$  是一种酸性氧化物, 能与强碱溶液反应。例如,  $\text{SiO}_2$  与  $\text{NaOH}$  反应可生成  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 。  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  的水溶液俗称水玻璃, 具有黏结力强、耐高温等特性, 可以用作黏合剂和防火剂。实验室盛放碱溶液的试剂瓶应使用橡胶塞, 而不用玻璃塞。请解释原因, 并写出相关反应的化学方程式。  
(3) 弱酸盐的化学性质 —— 与“强酸”反应制取硅酸  
——  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$  (暴露在空气中易变质)

含硅物质间的转化



九、无机非金属材料

(1) 传统无机非金属材料多为硅酸盐材料, 如水泥、玻璃、陶瓷等

	水泥	玻璃	陶瓷
生产原料	石灰石、黏土	纯碱、石灰石、石英	黏土
主要设备	水泥回转窑	玻璃窑	陶瓷窑

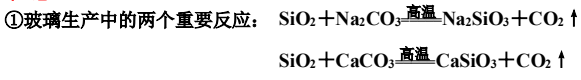
(2) 新型无机非金属材料

- ①以 硅 为主体的硅芯片、硅太阳能电池。  
②以 二氧化硅 为主体的光导纤维。  
③ 新型陶瓷: 高温结构陶瓷(碳化硅、氮化硅); 压电陶瓷(钛酸盐和锆酸盐); 透明陶瓷(氧化铝、氧化钇、氮化铝、氟化钙); 超导陶瓷等。  
④ 碳纳米材料: 富勒烯、碳纳米管、石墨烯。

(一) 传统无机非金属材料

	陶瓷	普通玻璃	普通水泥
原料	<u>黏土</u>	<u><math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>、<math>\text{CaCO}_3</math>、石英砂(<math>\text{SiO}_2</math>)</u>	主要原料: <u>石灰石、黏土</u> , 辅助原料: 适量的石膏(调节硬化速率)
设备	陶瓷窑	<u>玻璃窑</u>	<u>水泥回转窑</u>
主要成分	含水的铝硅酸盐	硅酸钠( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )、硅酸钙( $\text{CaSiO}_3$ )、二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )	硅酸三钙( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )、硅酸二钙( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )、铝酸三钙( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ )
用途	建筑材料、绝缘材料、日用器皿、卫生洁具等	建筑材料、光学仪器、各种器皿、制造 <u>玻璃纤维</u> 等	大量用于建筑和水利工程

注意：



②特种玻璃——（必修二P20资料卡片）

加入元素或物质	玻璃特性	用途
含铅原料	光学玻璃：透光性好，折射率高	制造眼镜、照相机和光学仪器的透镜
硼酸盐	耐化学腐蚀、耐温度急剧变化	制造可用于实验室使用的玻璃仪器
金属氧化物或盐	彩色玻璃	用于建筑和装饰

③有机玻璃的成分为聚甲基丙烯酸甲酯，是一种高分子化合物（必修二P73）

(2022年河北卷)定窑是宋代五大名窑之一，其生产的白瓷闻名于世。下列说法正确的是

- ☒ A. 传统陶瓷是典型的绝缘材料      B. 陶瓷主要成分为 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{MgO}$   
C. 陶瓷烧制的过程为物理变化      D. 白瓷的白色是因铁含量较高  
(2019年全国卷I, 7)陶瓷是火与土的结晶，是中华文明的象征之一，其形成、性质与化学有着密切的关系。下列说法错误的是  
☒ A. “雨过天晴云破处”所描述的瓷器青色，来自氧化铁  
B. 闻名世界的秦兵马俑是陶制品，由黏土经高温烧结而成  
C. 陶瓷是应用较早的人造材料，主要化学成分是硅酸盐  
D. 陶瓷化学性质稳定，具有耐酸碱侵蚀、抗氧化等优点  
(2022年6月浙江卷) A. 晶体硅的导电性介于导体和绝缘体之间，常用于制造光导纤维  
(2018年11月浙江选考) C. 生产普通玻璃的主要原料为石灰石、纯碱和晶体硅

(二) 新型无机非金属材料

1. Si与 $\text{SiO}_2$   
2. 新型陶瓷

一般用碳化硅、氮化硅或某些金属氧化物等在高温下烧结而成，具有耐高温、抗氧化、耐腐蚀等优良性能。与金属材料相比，更能适应严酷的环境，可用于火箭发动机、汽车发动机和高温电极材料等。

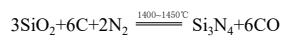
碳化硅陶瓷 硬度大 —— 砂纸和砂轮的磨料

耐高温 —— 高温抗氧化性能、耐高温半导体材料

$\text{SiC}$ （金刚砂）制备：在电阻炉中通过炭粉还原二氧化硅得到，并生成 $\text{CO}$



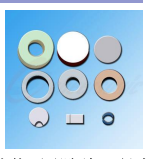
$\text{Si}_3\text{N}_4$ （高温陶瓷）制备：用炭粉还原二氧化硅在1400-1450℃的氮气气氛中，并生成 $\text{CO}$



新型陶瓷（必修二P23）

压电陶瓷

主要有钛酸盐和锆酸盐等，能实现机械能与电能的相互转化，可用于滤波器、扬声器、超声波探伤器和点火器等。

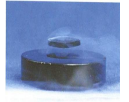


透明陶瓷

主要有氧化铝、氧化钇等氧化物透明陶瓷和氮化铝、氟化钙等非氧化物透明陶瓷，具有优异的光学性能，耐高温，绝缘性好，可用于高压钠灯、激光器和高温探测窗等。

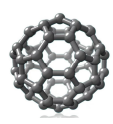
超导陶瓷

在某一临界温度下电阻为零，具有超导性，用于电力、交通、医疗等领域。

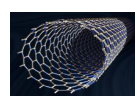


3. 碳纳米材料

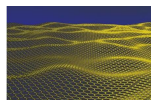
富勒烯 由碳原子构成的一系列笼形分子的总称，代表物 $\text{C}_{60}$ 开启了碳纳米材料研究和应用的新时代



碳纳米管 是由石墨片层卷成的管状物，具有纳米尺度直径，有相当高的强度和优良的电学性能，可用于生产复合材料、电池和传感器等。



石墨烯 只有一个碳原子直径厚度的单层石墨，电阻率低，热导率高，具有很高的强度。应用于光电器件、超级电容器、电池和复合材料等方面

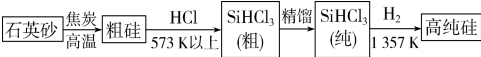


1. 碳及其化合物与科学、技术、社会、环境密切相关。下列有关说法中正确的是( )

- A.  $^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $\text{C}_{60}$ 、石墨烯、金刚石都是碳的同素异形体，用途广泛  
☒ B. 用二氧化碳合成可降解的聚碳酸酯塑料，可以实现“碳”的循环利用  
C. 石墨烯和碳纤维都是新型有机高分子材料  
D. 碳纳米管是一种有机合成纤维，其比表面积大，可用作新型储氢材料

2. 硅单质及其化合物应用范围很广。请回答下列问题:

(1)制备硅半导体材料必须先得到高纯硅。三氯甲硅烷( $\text{SiHCl}_3$ )还原法是当前制备高纯硅的主要方法, 生产过程示意图如下:



①写出由纯  $\text{SiHCl}_3$  制备高纯硅的化学方程式:  $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1357\text{ K}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ 。

②整个制备过程必须严格控制无水无氧。 $\text{SiHCl}_3$  遇水剧烈反应生成  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{HCl}$  和另一种物质, 写出并配平该反应的化学方程式:

$\text{SiHCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow + 3\text{HCl}$ ;  
 $\text{H}_2$  还原  $\text{SiHCl}_3$  过程中若混有  $\text{O}_2$ , 可能引起的后果是 发生爆炸。

(2)某化学研究性学习小组在探究硅的制取方法时, 从资料中查阅到下列信息:

I.  $\text{Mg}$  在高温条件下可与  $\text{SiO}_2$  反应;

II. 金属硅化物与稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应生成硫酸盐和  $\text{SiH}_4$ ;

III.  $\text{SiH}_4$  在空气中自燃。

他们根据信息进行实验, 当用足量稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶解第I步实验获得的固体产物时, 发现有爆鸣声和火花; 然后过滤、洗涤、干燥; 最后称量、计算, 测得其产率只有预期值的63%左右。

①第I步实验发生反应的化学方程式是  $2\text{Mg} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{MgO} + \text{Si}$ 、 $2\text{Mg} + \text{Si} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}_2\text{Si}$ 。

②用稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶解第I步实验获得固体产物时, 产生爆鸣声和火花的原因是 硅化镁与稀硫酸反应生成的  $\text{SiH}_4$  可自燃, 即发生反应  $\text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{MgSO}_4 + \text{SiH}_4 \uparrow$ ,  $\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。