

第15章

碳族元素

本章内容

1. 碳族元素通性
2. 碳酸、硅酸及其盐
3. 锡、铅氢氧化物及其盐

本章基本要求

1. 掌握碳、硅的单质、卤化物和含氧化合物的结构、制备和性质
2. 熟悉锡、铅的单质、氧化物、氢氧化物、卤化物及硫化物的性质

15-1 碳族元素概述

1. 周期表中的位置

						0
	II	IV A	V A	VIA	VIIA	He 氦
2	B	C 碳	}	非金属	F 氟	Ne 氖
3	Al	Si 硅			Cl 氯	Ar 氩
4	Ga	Ge 锗	}	准金属	Br 溴	Kr 氪
5	In	Sn 锡			I 碘	Xe 氙
6	Tl	Pb 铅	}	金属	At 砹	Rn 氡

非金属性减弱，金属性增强

2. 碳族(IVA)价电子构型: ns^2np^2

单质可形成原子晶体			金属晶体		
氧化值	C	Si	Ge	Sn	Pb
	-4				
	+2	+4	(+2)	+2	+2
	+4		+4	+4	(+4)
最大配位数	4	6	6	6	6
s-p杂化		sp ³ 、sp ³ d ² 杂化			

+4高氧化数化合物稳定性减小
+2低氧化数化合物稳定性增大

$6s^2$ 惰性电子对效应

3. 存在形式：

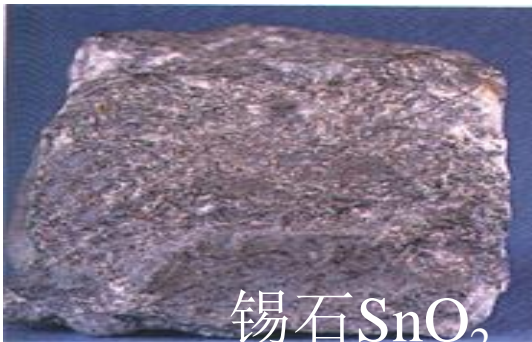
碳： 金刚石、石墨；煤、石油、天然气；
碳酸盐； CO_2 。

硅： (丰度29.50仅次于O) SiO_2 和各种硅酸盐。

锗： 硫银锗矿 $4\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{GeS}_2$ ，
硫铅锗矿 $2\text{PbS}\cdot\text{GeS}_2$ 。

锡： 锡石 SnO_2 。

铅： 方铅矿 PbS ，白铅矿 PbCO_3 。



4. 碳和硅的一些化学键与键能

化学键	C-C	C-H	C-O	C-F	C=C	C≡C
键能/kJ mol ⁻¹	348	416	344	485	620	810
	Si-Si	Si-H	Si-O	Si-F		
	222	295	452	565		

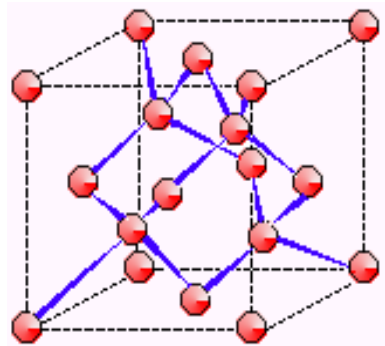
1. C s-p杂化：C-C链长，烷种类多 **p-p π 键特征**
Si sp³、s-p-d杂化：Si-Si链短(≤ 15 个)硅烷种类少 **多成单键**
2. 含碳的有机化合物的数量达数百万种。
3. 硅是亲氧 (**σ +p-d π 反馈 π 键**)、亲氟元素。

成键特征

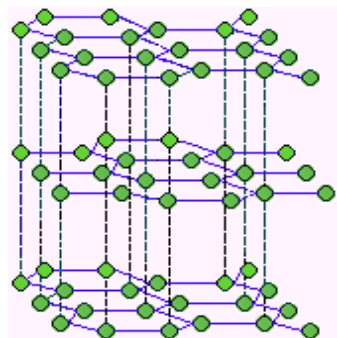
- ❖ 碳在同族元素中，原子半径最小，电负性最大，电离能最高，价电子层没有可供利用的d轨道，所以它与本族其它元素之间的差异较大（**p区第二周期的元素的特点**）。
- ❖ 差异主要表现在(本族中C特点):
 - (1) 在以经典化学键形成的化合物中，它的**最高配位数通常为4**
 - (2) 同族元素中C与C之间的成键能力最强，**C—C单键的键能最大**
 - (3) **易形成p-p π 键**(包括离域 π 键)：碳原子间、碳与其它元素如氮、氧、硫和磷形成多重键

碳的单质

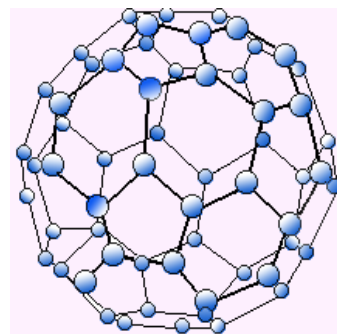
同素异形体



金刚石



石墨



富勒烯碳原子簇(如C₆₀)



石墨烯

❖ **原子晶体**：熔点高、硬度大，室温下性质惰性
俗称钻石，可作装饰品。

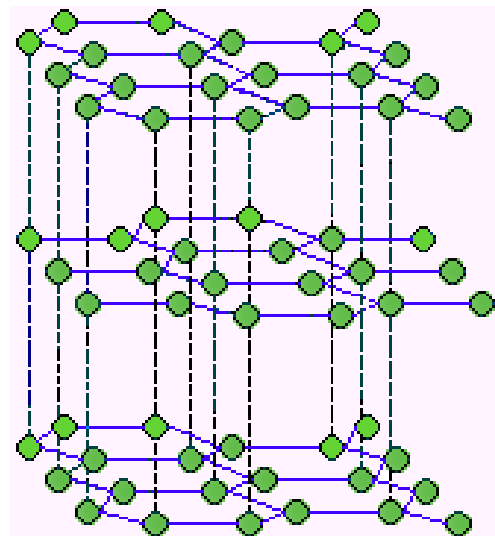


- ❖ 工业上用作钻头、刀具、精密轴承等。
- ❖ 薄膜可制作手术刀、集成电路、散热芯片及各种敏感器件。

石墨

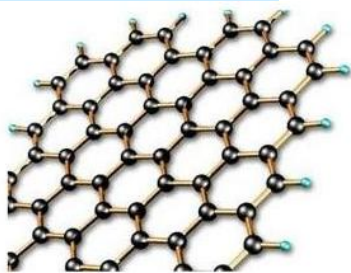
现已确证木炭、焦炭、骨炭、活性炭、炭黑都具有石墨的结构

- ❖ 可作电极、坩埚、润滑剂、铅笔芯等。
- ❖ 通常情况下，石墨比金刚石稳定。
- ❖ 在工业上可采用静态加压法由石墨合成金刚石。



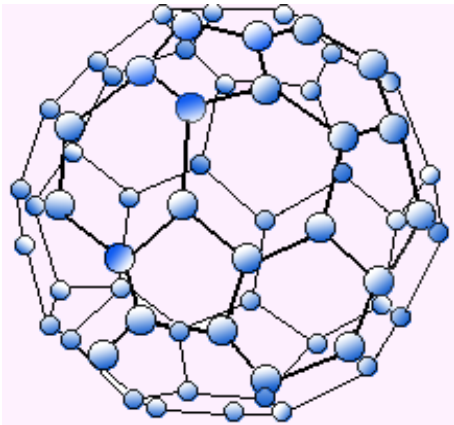
层状结构
有金属光泽
质软、能导电

石墨烯



- ❖ 一个碳原子厚度，材料中最薄的一种
- ❖ 牢固坚硬，室温传递电子的速度最快
- ❖ 应用广阔超轻防弹衣，超薄超轻型飞机材料等

富勒烯碳原子簇



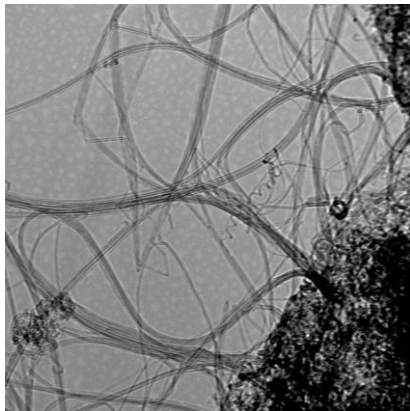
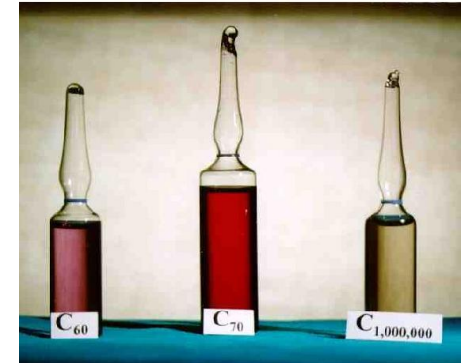
C₆₀的分子结构--由60个碳原子组成的32面体的空心球结构

❖ C₆₀比较稳定

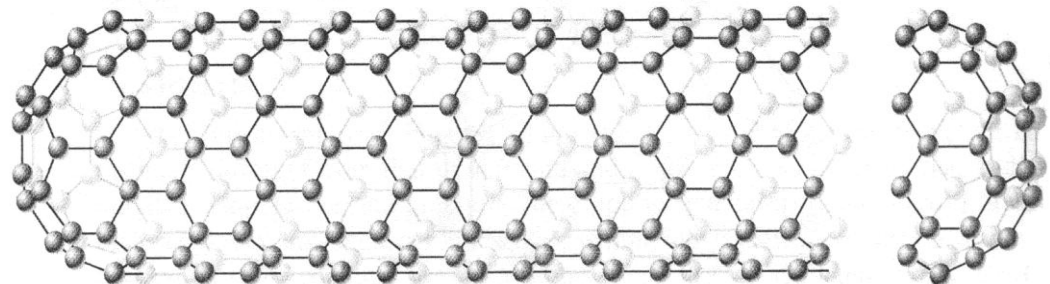
❖ 将碱金属掺入C₆₀晶体中, 可制造超导材料。

❖ 富勒烯碳原子簇可作高温润滑剂、耐热和防火材料

❖ 在酶抑制、抗病毒、DNA切割、光动力医疗法等有广泛应用前景。

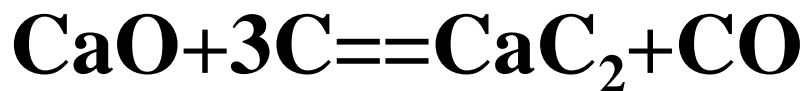
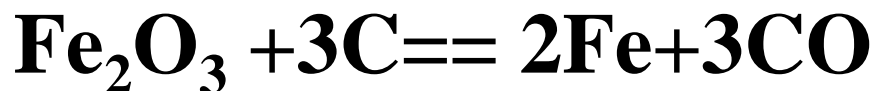


Carbon Nanotubes



碳的化学性质

还原性：常温下碳的化学性质是不活泼的；在高温下，它既可以**与氧反应**作为能源提供热量，又可以作为**还原剂**用于冶炼金属矿物。所以有关于碳的反应都是**高温反应**：

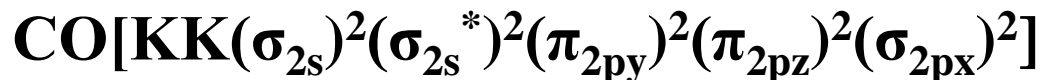


碳的化合物

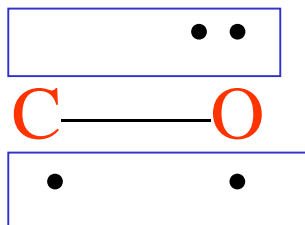
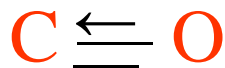
碳的绝大部分化合物是有机物，**无机物主要是氧化物和碳酸盐等。**

1. 一氧化碳

CO和N₂、CN⁻、NO⁺等是电子体，因此它们分子结构是相似



结构式：

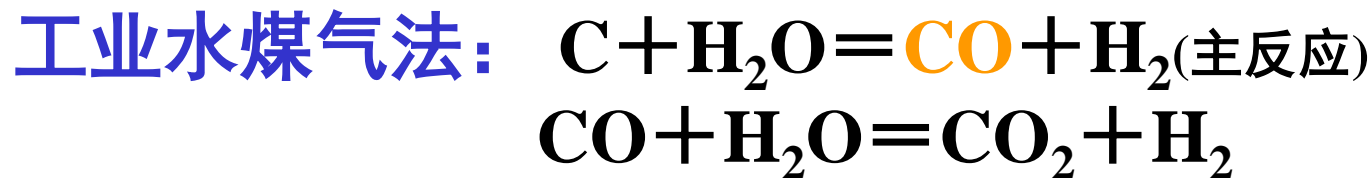


偶极矩 0.11D 很小
H₂O 1.85D

无色、无嗅、有毒气体；

C略带负电荷(化性比N₂活泼)——强还原性、强配位性

制备



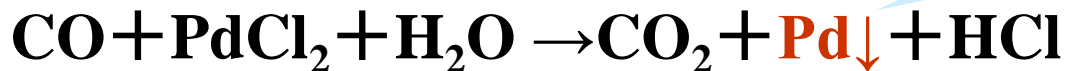
实验室法：



❖还原性

可用于检验
CO的存在

性 质

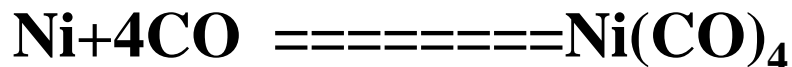


❖配位反应

①羰基 配合物

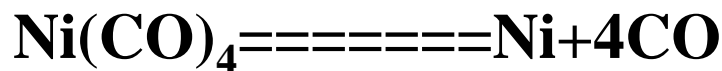
CO容易与VIB、VIIB、VIII族金属形成羰基配合物，如 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ， $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ， $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 等。

473K, 200atm



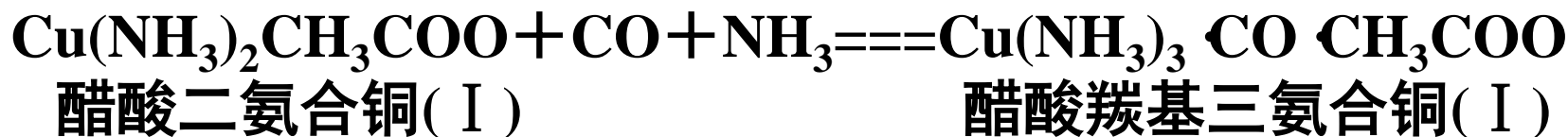
受热挥发，高温下分解为金属和CO，可用于提纯金属。

高温, 低压



CO和羰基
物均有毒！

CO容易被亚铜盐溶液吸收
此反应用于吸收混合气中的CO



送患者到空气清新处吸纯氧;注射亚甲基蓝(它与CO结合力更强)

NO₂⁻ 的毒性? -O, -N

Cr₂O₃·ZnO, 623—673K



Fe, Co或Ni 523K, 101KPa



活性炭

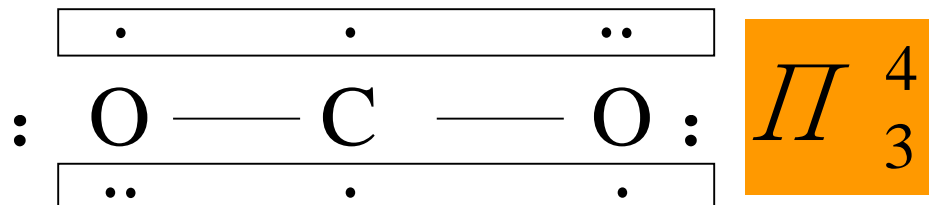


❖ 与非金属反应

2. CO₂

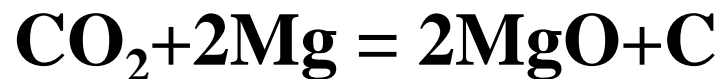
价键结构式：与N₃⁻、N₂O、NO₂⁺、OCN⁻为等电子体---16e

性质



❖ CO₂ 无毒，能用于制造各种碳酸饮料

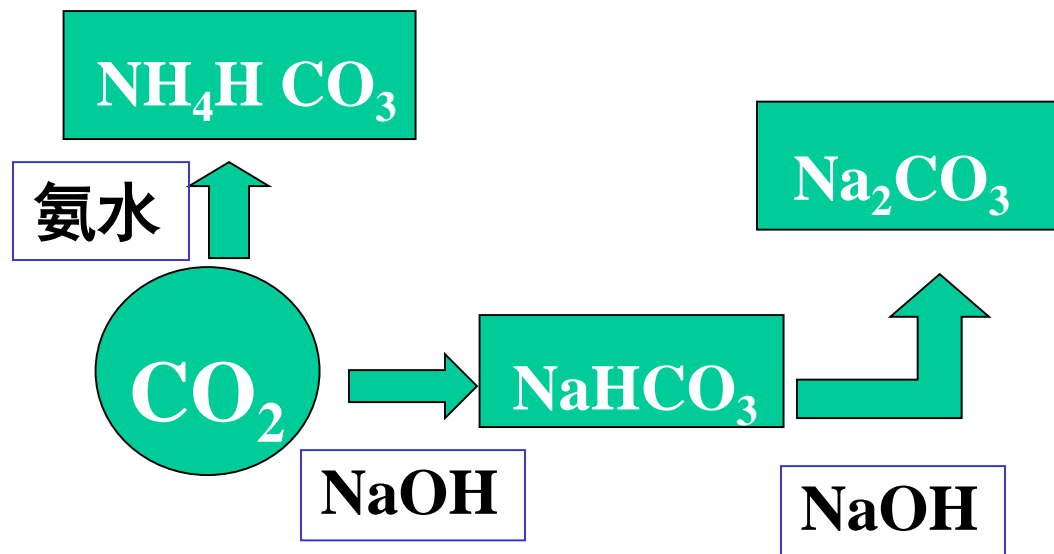
❖ 不活泼，高温下可与C、Mg、Na等反应



不能用于灭--活泼金属Mg、Na、K等着火

CO₂用于作灭火剂。但着火的镁条在CO₂气中能继续燃烧，所以CO₂不助燃也是相对的。

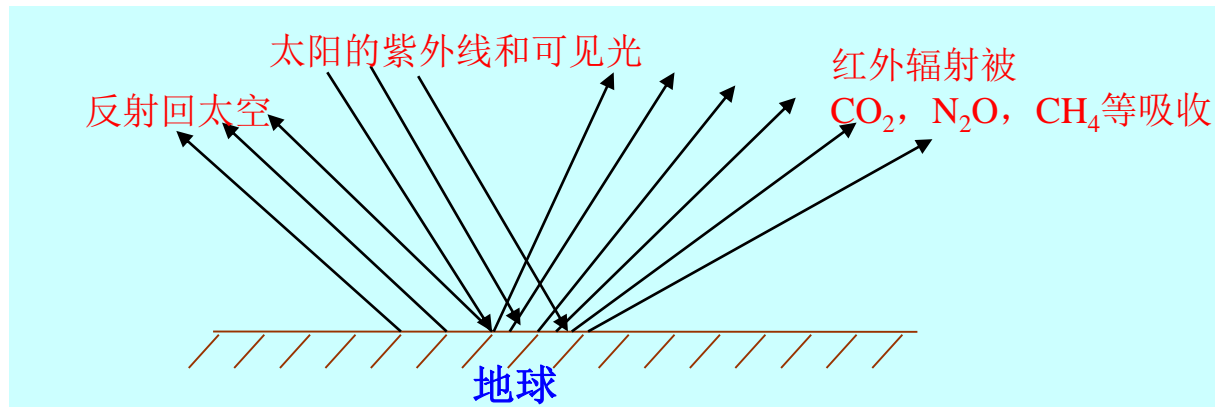
❖ CO_2 是酸性氧化物，能与碱反应



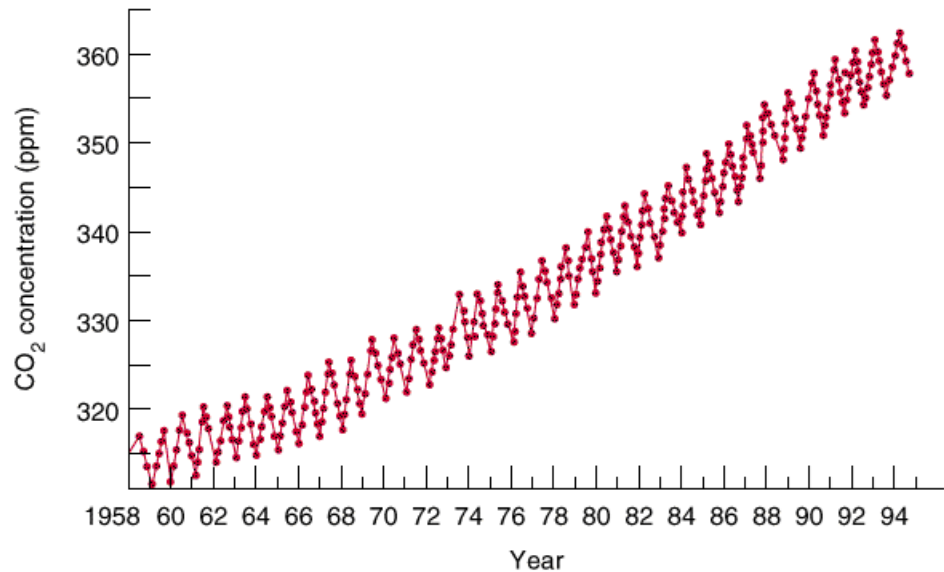
❖ CO_2 临界温度高，加压时易液化，液态 CO_2 的汽化热很高，它自由蒸发汽化时，一部分 CO_2 被冷凝成雪花状的固体，这固体俗称“干冰”。它是分子晶体。在常压下，干冰不经熔化，于 194.5K 时直接升华气化，因此常用来做制冷剂 and 人工造雨

❖ CO_2 的超临界提取中草药中有效成分

温室效应和温室气体



“温室效应”：它是由包括 CO_2 分子在内的某些多原子分子（其他如 N_2O , CH_4 , 氯氟烃等**温室气体**）在大气中含量的上升造成的。

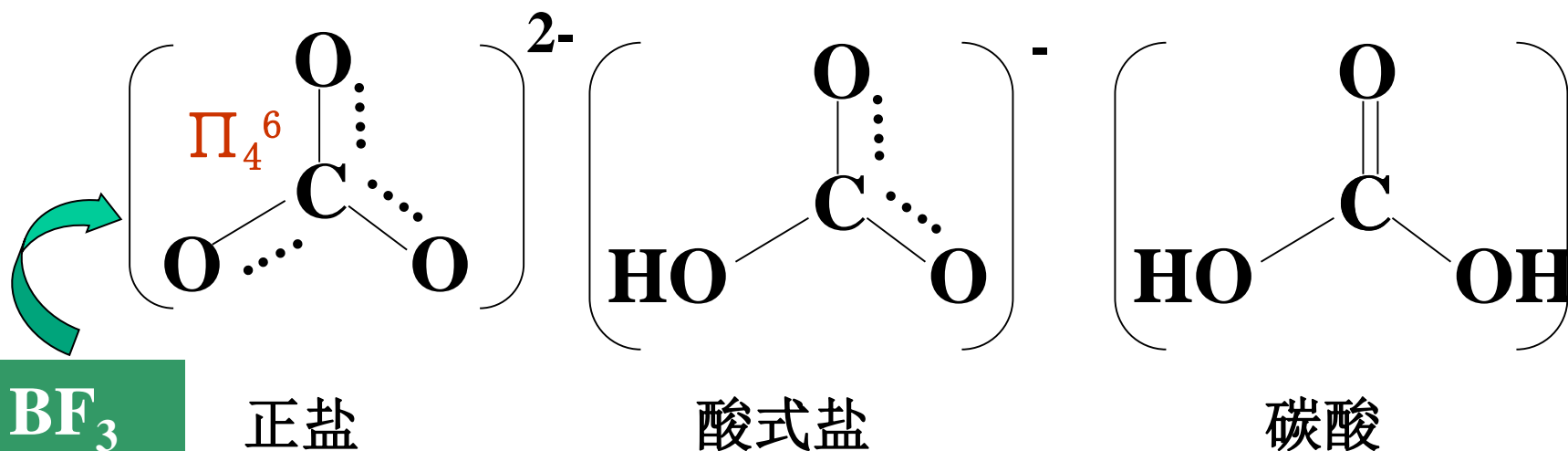


大气中 CO_2 浓度的年度变化

3. 碳酸和碳酸盐

碳酸根的结构

CO₂溶于水
大部分CO₂ + H₂O
极小部分H₂CO₃



性质

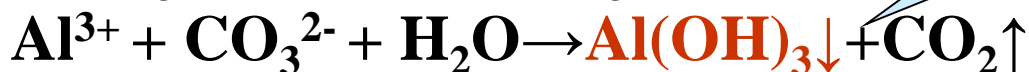
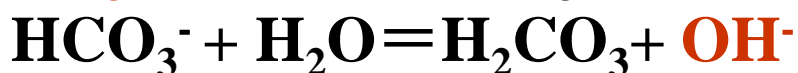
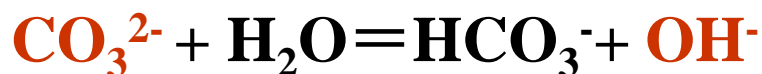
❖溶解性

❖所有酸式碳酸盐是可溶的，正盐只有碱金属和铵盐是可溶的（溶解度反常现象 **NaHCO_3** (含O—H...O氢键) **$< \text{Na}_2\text{CO}_3$** ，钾盐和铵盐也是这样)

❖难溶碳酸盐均可溶于稀酸中：



❖水解性



?完全进行

K_{sp} ? ? ? 相对大小

① **碳酸盐**沉淀： Ba^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Ag^+ 等。

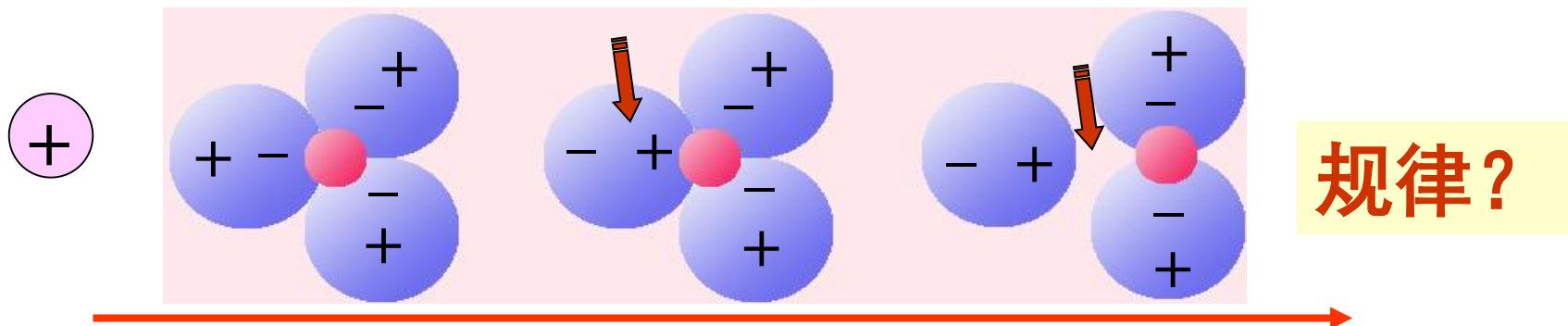
② **碳酸羟盐**(碱式碳酸盐)沉淀： Pb^{2+} 、 Bi^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 和 Mg^{2+} 等。

③ **氢氧化物**沉淀： Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Sn^{2+} 、 Sn^{4+} 和 Sb^{3+} 等。

❖ 热稳定性

热稳定性与阳离子的极化能力有关，阳离子的极化能力越强，稳定性越差

	MgCO_3	PbCO_3	ZnCO_3	NaHCO_3	H_2CO_3
分解 $T / ^\circ\text{C}$	540	315	300	270	常温
价电子构型	8e	(18+2)e	18e	(9-17)e	



- ❖ 同一个含氧酸金属离子极化力 \uparrow ---分解越易（上表）
- ❖ 不同含氧酸中心原子的极化力 \uparrow 抗击阳离子的反极化能力 \uparrow
---越不易分解，如 NO_3^- 、 NO_2^-



比较 Na_2CO_3 与 NaHCO_3 ， $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 与 NH_4HCO_3 的热稳定性，并简述理由。

NaHCO_3 比 Na_2CO_3 的热分解温度低，因为：这两个盐的热分解是断C—O键，若 CO_3^{2-} 的外电场的极化能力愈强，则C—O键愈弱而愈易断，则分解温度愈低。由于 H^+ 比 Na^+ 的极化能力强，因此 Na_2CO_3 较稳定。

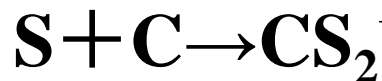
特例 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 比 NH_4HCO_3 的热分解温度低。

解释一：铵盐的热分解是 NH_4^+ 中质子的转移，若阴离子的碱性愈强则愈易接受质子而分解温度愈低。 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 中阴离子的碱性较 NH_4HCO_3 中的阴离子的碱性强，因此 NH_4HCO_3 较稳定。

解释二： NH_4HCO_3 晶体中能形成O—H...O和N—H...O氢键

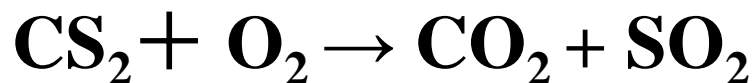
4. 碳的硫化物

二硫化碳

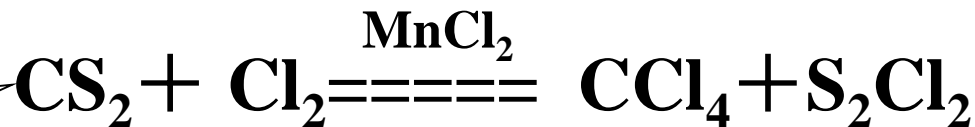


由硫蒸气和
煤反应得到

CS₂是无色有毒的、挥发性液体(**b.p = 226.9K**),
是有机物、磷和硫的优良**溶剂**; **易燃物质**。



制**CCl₄**的主
要原料



5. 碳的卤化物

四卤化碳的某些性质

性 质	CF ₄	CCl ₄	CBr ₄	CI ₄
熔点/℃	-187	-23	90	171(分解)
沸点/℃	-128	77	190	≈130(升华)
$\Delta_f G_m^\ominus / \text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	-879(g)	-65.2(l)	+47.5(s)	> 0

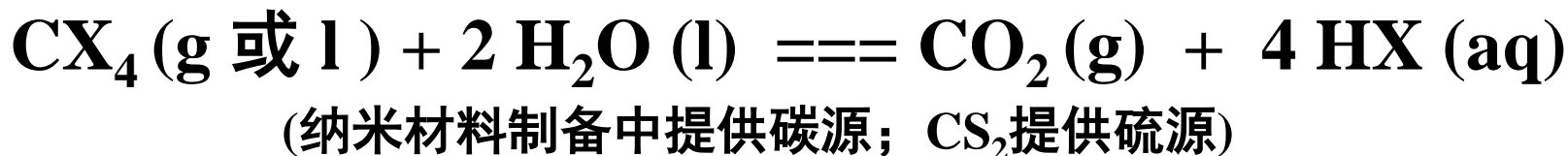
碳的卤化物可以看作是CH₄的取代物——分子晶体, 沸点低
CCl₄是常用的有机溶剂

灭火剂——CCl₄、CBrClF₂ (称灭火剂-1211)

致冷剂——氟利昂-12(CCl₂F₂)--- Cl· 破坏O₃

性质稳定

CX₄ 能发生水解(高温、金属催化剂)



15-3 硅

成键特征—p487

硅原子的价电子构型**同碳**——可 sp^3 杂化，以形成共价化合物为特征。

但其原子半径 $>$ 碳，有3d轨道——**与碳原子不同处**：

(1) 它的最高配位数是6，常见配位数是4。

(2) 它不能形成**p-p π** 键，更倾向于以较多的 **σ 单键**形成聚合体，如通过 Si-O-Si 链形成形形色色的 SiO_2 聚合体和硅酸盐。

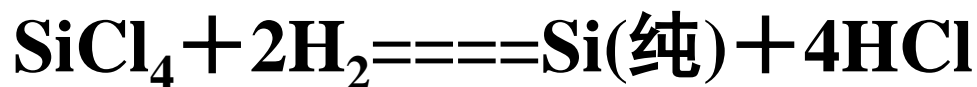
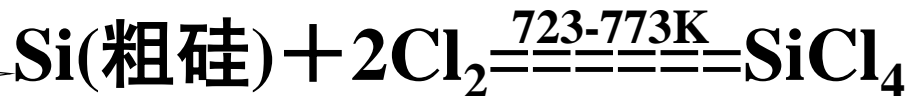
亲氧性强——($\sigma+p-d\pi$)自然界中没有游离态的硅，主要以氧化物和硅酸盐的形式存在。它是构成自然界矿物的主体元素(**居于第二**)

亲氟元素—— SiF_4 、 $H_2[SiF_6]$

制备

纯度96-97%;冶金级(硅铁)98.5%~99.7%

1. 硅单质--原子晶体

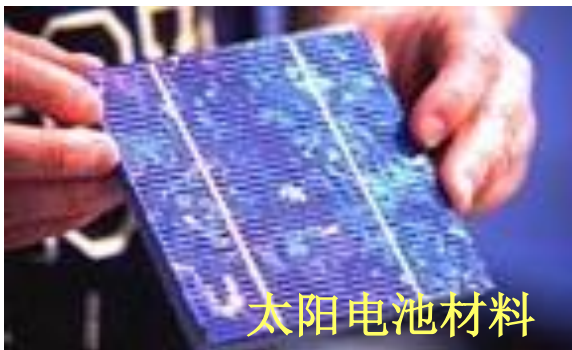


区域熔融法 → 6N、9N、12N

多晶硅—拉制单晶硅--最纯净的物质—12N
单晶硅是电子计算机、自动控制系统等现代科学技术中不可缺少的基本材料。
半导体器件 > 6N。大规模集成电路 > 9N



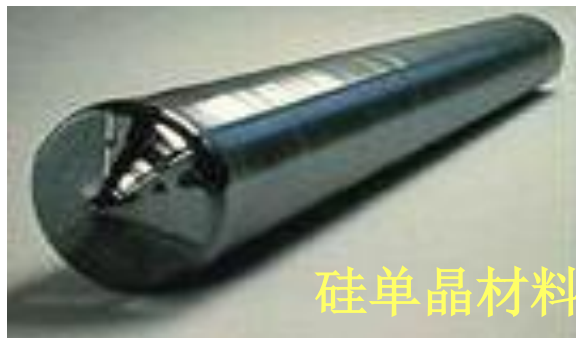
硅单质



太阳能电池材料

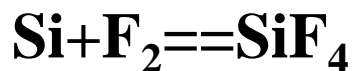


太阳能汽车

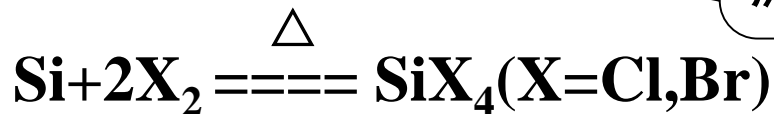


硅单晶材料

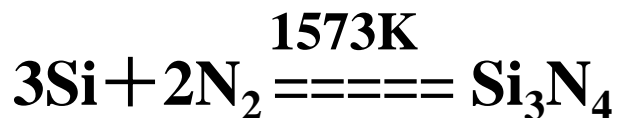
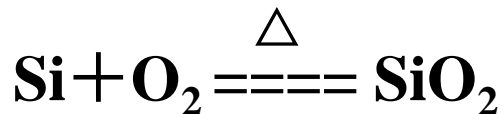
无定形硅 化学性质



常温下Si只能与F₂反应，在F₂中燃烧，生成SiF₄

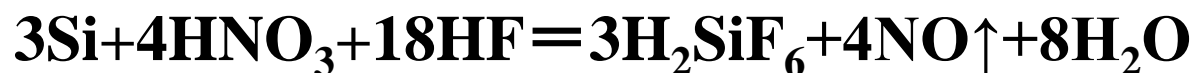


与非金属反应



与酸反应

Si在含氧酸中被钝化SiO₂，但与氢氟酸及其混合酸反应生成SiF₄或H₂SiF₆：



与碱反应

无定形硅能与强碱反应放出氢气：



与金属反应

与钙、镁、铜、铁等化合生成硅化物：

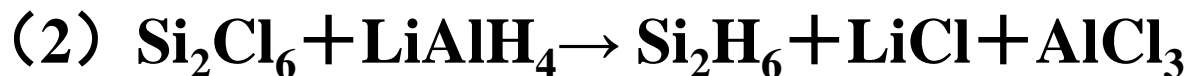
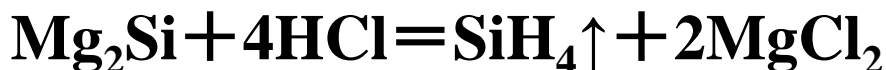
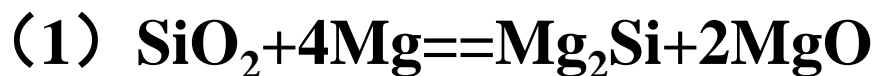


2. 硅 烷

硅烷的组成

与碳类似，硅和氢组成的化合物称硅烷数量和稳定性 << 烷烃，通式为： $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ $n \leq 7$

硅烷的制备



硅烷的性质

元素电负性:

C	H	Si
2.55	2.2	1.90

键能($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

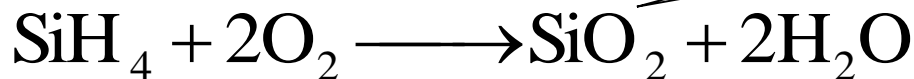
C—C	Si—Si
348	222
C—H	Si—H
416	295

稳定性：硅烷 < 烷
还原性：硅烷 > 烷
水解性：硅烷 水解 (碱介质)，烷烃不水解

性质

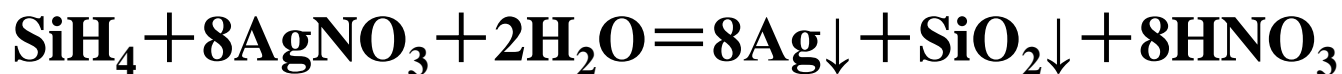
与 PH_3 相似， SiH_4
在空气中能自燃

自燃

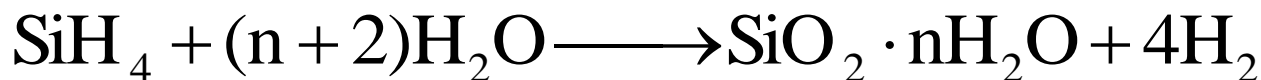


强还原性

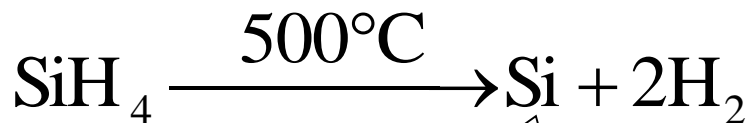
检验硅烷的存在



水解



热稳定性差

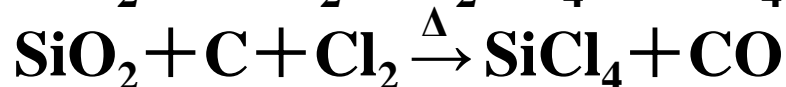
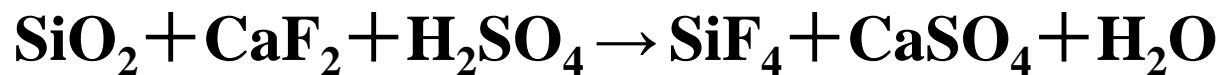


用于高纯硅的制备

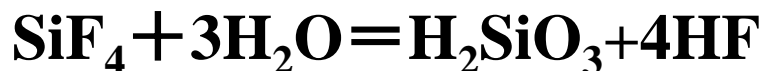
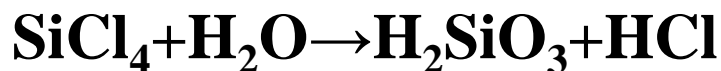
3. 卤化物

硅的卤化物都是共价物，性质相似，熔点、沸点都较低，比较重要的硅卤化物是氟化硅和氯化硅

制备



化性



SiF₄和SiCl₄都强烈地水解，它们在潮湿空气中发烟

容易水解

??? 为什么碳的卤化物不水解，而硅的卤化物却容易水解呢？
配位数饱和性、空轨道

4. 氟硅酸和氟硅酸盐

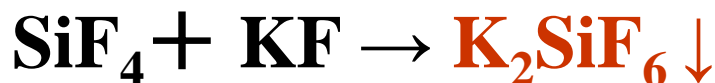
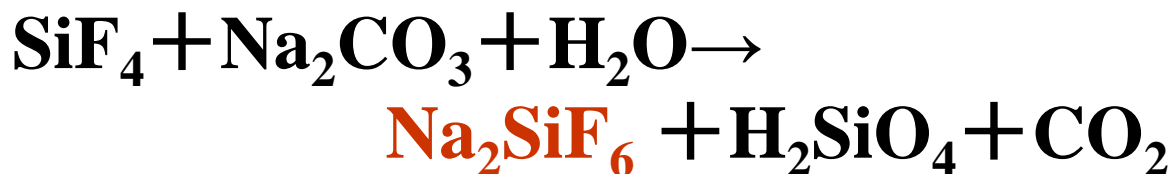
氟硅酸溶液 H_2SiF_6 是强酸 \approx 硫酸，但游离态的氟硅酸还未制得，氟硅酸盐的应用较多。

溶解性

可溶性盐： CaSiF_6 、 Li_2SiF_6

难溶盐：钠、钾、钡的氟硅酸盐

制备



用途

重要的氟硅酸盐是氟硅酸钠，主要用于作杀虫剂，防腐剂等等。

5. 硅含氧化合物：二氧化硅、硅酸盐和硅酸

二氧化硅—硅石

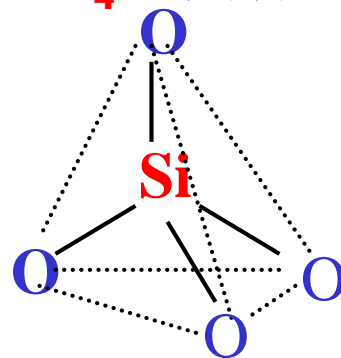
无定型体：石英玻璃，硅藻土，燧石

晶体：天然为石英(原子晶体)

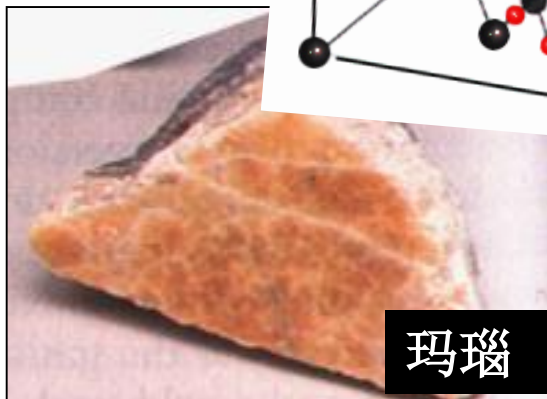
纯石英：水晶

含有杂质的石英：玛瑙

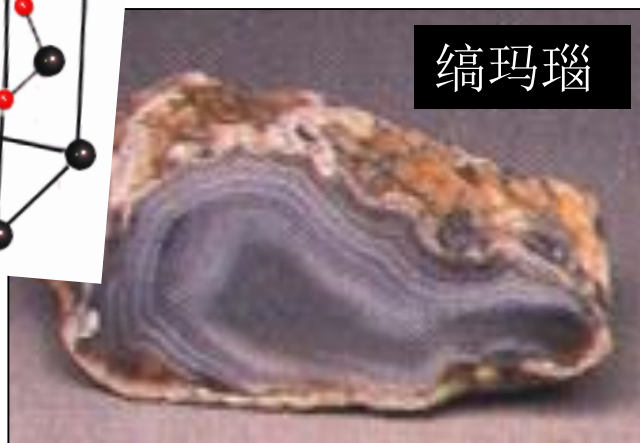
SiO_4 四面体



水晶



玛瑙

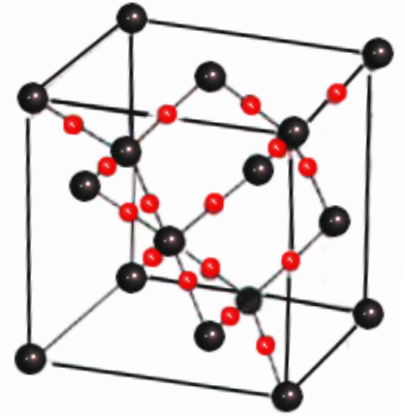


玛瑙



紫晶

SiO₂物性与用途



❖ 熔点高，硬度大，
不导电，不溶于水

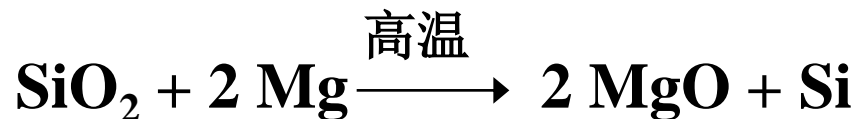
❖ 石英玻璃的热膨胀系数小，可以耐受温度的剧变，灼烧后立即投入冷水中也不致于破裂，可用于**制造耐高温的仪器**。

❖ 石英玻璃能做水银灯芯和其它**光学仪器**（紫外光吸收系数很小）、**制光导纤维**、制石英玻璃纤维。

❖ 白炭黑：“比表面积”大，可填充橡胶

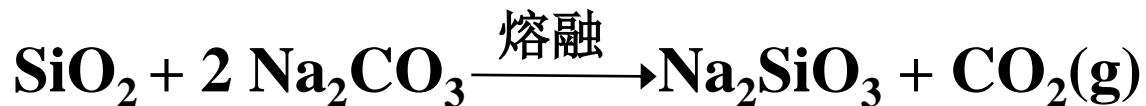
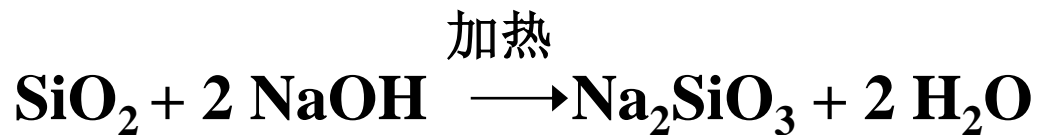
SiO₂化学性质

不活泼，高温时只能被Mg、Al 或 B 还原



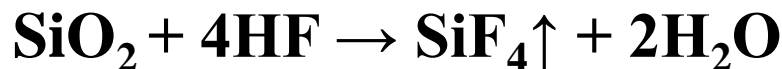
SiO₂
是酸性氧化物
难溶于水

与碱作用



不能用磨口玻璃瓶盛碱！

与 HF 作用



可用HF在玻璃上刻字！

硅酸

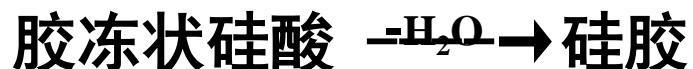
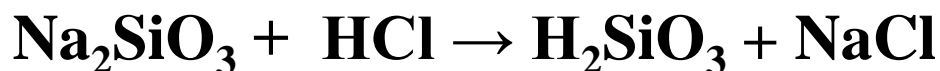
组成

通式： $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ ：

		x	y
原硅酸	H_4SiO_4	0	0
偏硅酸	H_2SiO_3	1	1
二硅酸	$\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$	2	3
三硅酸	$\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$	3	2
二偏硅酸	$\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	2	1

一般用偏硅酸
 H_2SiO_3 的式子
代表硅酸

制备



刚生成的硅酸—— H_4SiO_4 单分子——硅酸溶液——逐渐缩
合成多硅酸**溶胶**——酸或电解质——硅酸**凝胶**白色透明有弹
性——烘干、活化——**硅胶**

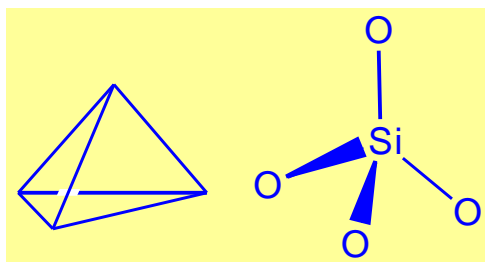
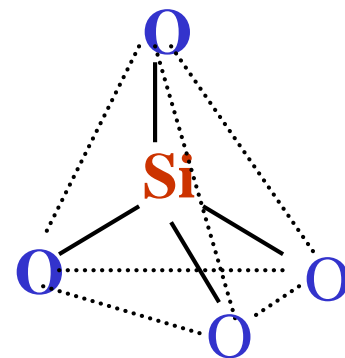
用作干燥剂和吸咐剂

CoCl_2 浸
泡-烘干

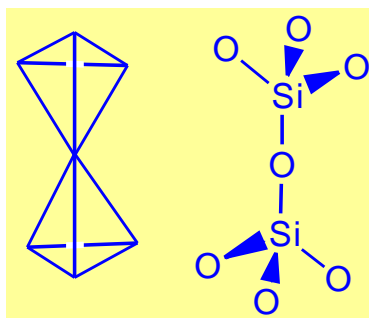


结构

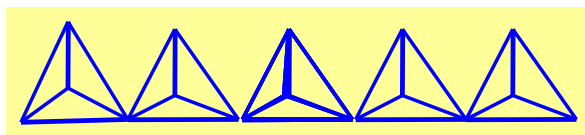
Si 采用 sp^3 杂化轨道与 O 形成 SiO_4 四面体, O 与其他 SiO_4 四面体共用----链状、环状、层状、三维结构复杂的阴离子—阳离子 (H、M 静电力结合)



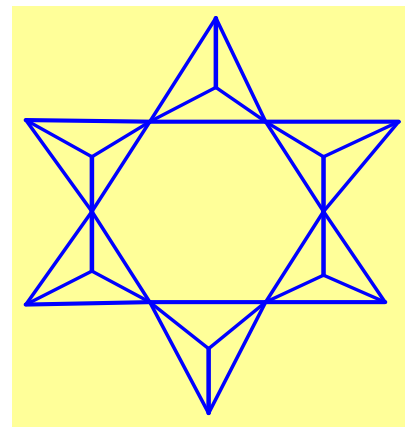
正硅酸根离子 $[\text{SiO}_4]^{4-}$



共用一个顶点的二硅酸根离子 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$



共用两个顶点的链状翡翠 $\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$

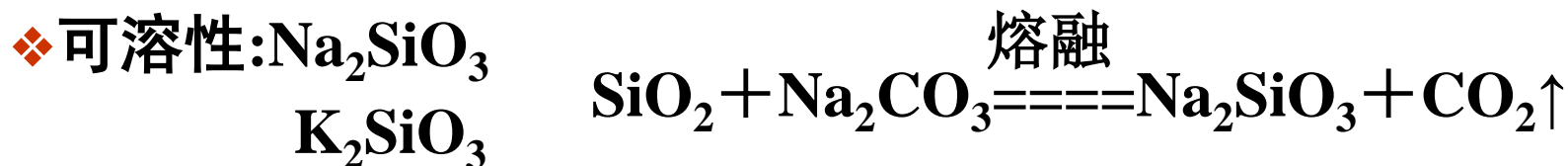


绿柱石中共用两个顶点的环状 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$

性质

硅酸是二元弱酸: $K_1 = 2 \times 10^{-10}$ $K_2 = 1 \times 10^{-12}$
盐易水解呈碱性

硅酸盐

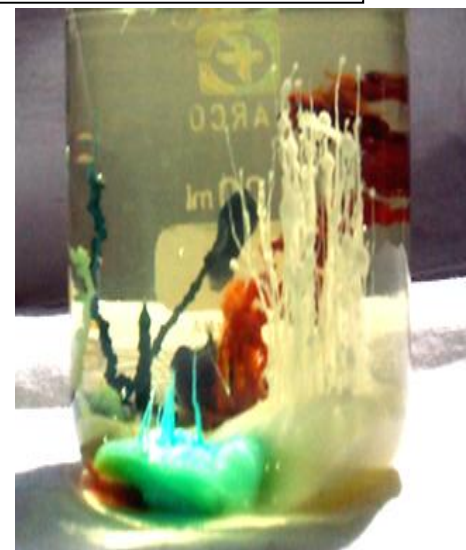


Na_2SiO_3 的实际组成为 $x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{SiO}_2$ ，俗称水玻璃，也称泡花碱，用作粘合剂，防腐剂，软水剂，洗涤剂 and 肥皂的填充剂，也是制硅胶和分子筛的原料。

❖难溶性：大部分硅酸盐难溶于水，且有特征颜色（水中花园）

天然硅酸盐:地壳质量的95%为硅酸盐矿,最重要的天然硅酸盐矿是铝硅酸盐矿,如钙长石,钠长石等,是提取金属铝的重要原料

普通玻璃组成: Na_2SiO_3 CaSiO_3 4SiO_2
天然沸石---分子筛



硅酸盐的基本结构单元 SiO_4^{2-}

分子筛

具有许多孔径均匀的笼状孔穴和通道的结晶铝硅酸盐。

❖ 分子筛的功能和用途

离子交换功能

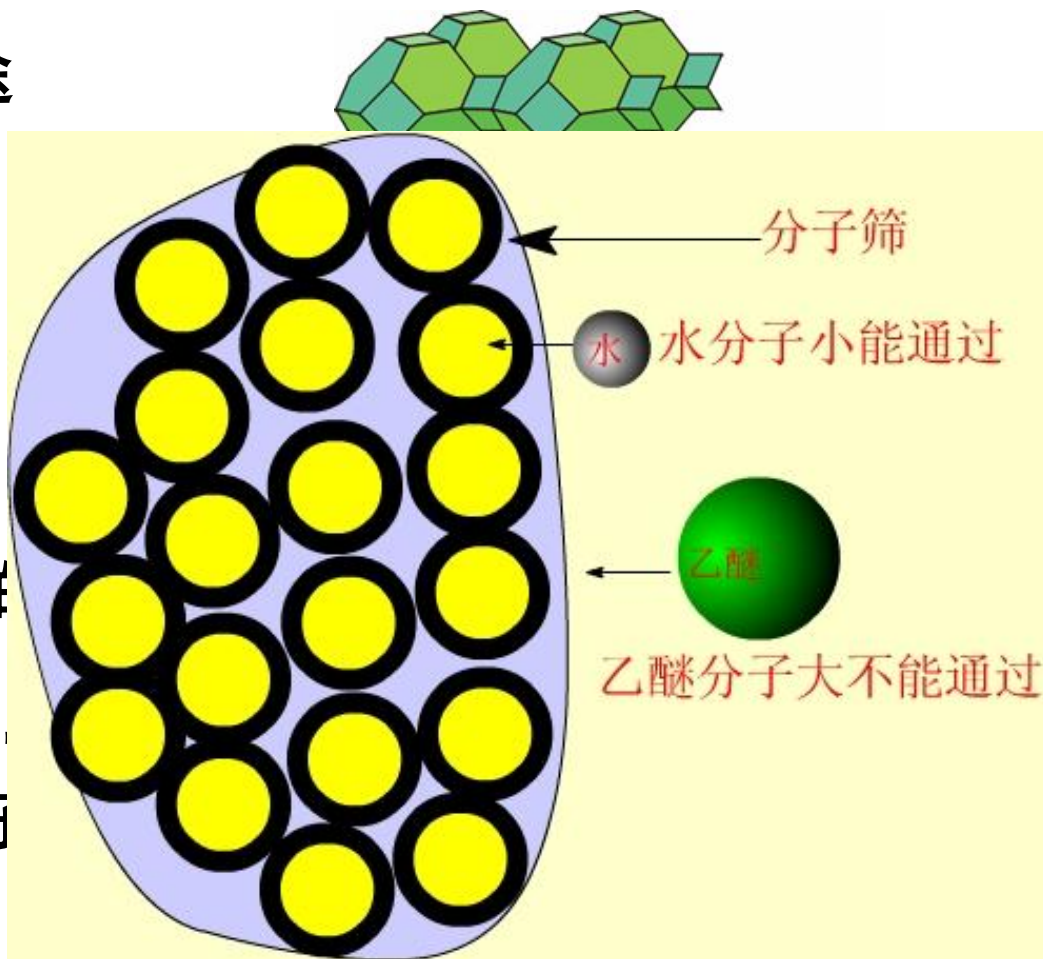
吸附功能

分离功能

催化功能

❖ 沸石的组成和结构

沸石是一类最重要的由 SiO_4 和 AlO_4 四面体组成 $[\text{SiO}_2]_y [\text{H}_2\text{O}]_z$ ，阴离子和性质的重要参数，分子大而升高。



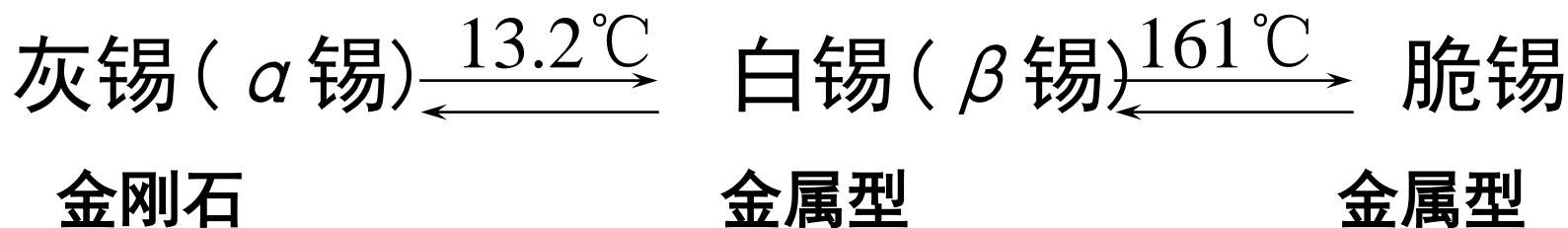
特种陶瓷、功能陶瓷：SiC 金刚砂； Si_3N_4

15-4 锗分族

1. 单 质

锗单质是灰白色金属，硬而脆，结构类似于金刚石

锡单质有三种同素异形体：

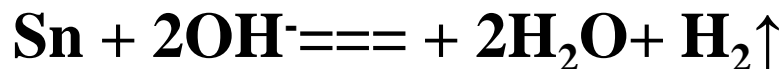


锡制品长期处于低温会毁坏，这是 β 锡转变为粉末状 α 锡的缘故，此现象叫“锡疫”。

铅单质：质软，能阻挡X射线。可作电缆的包皮，核反应堆的防护屏。

单质的化学性质

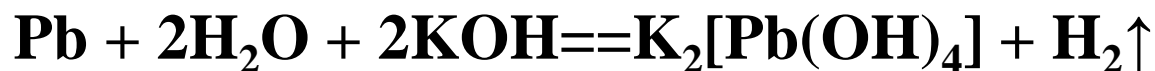
(1) **Sn是两性金属** $\text{Sn} + 2\text{HCl} == \text{SnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$



Ge只有在 H_2O_2 （氧化剂）存在下，才溶于碱



Pb也能与碱反应(与酸反应??):



(2) 与氧化性酸反应:

a. Pb与任何浓度的硝酸反应都得到 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

b. Sn与浓 HNO_3 反应得到Sn(IV)，与稀 HNO_3 反应得到Sn(II)



2. 氧化物和氢氧化物

重要的氧化物 SnO_2 (锡石, 用C还原制备Sn)

PbO_2 黑色 Pb_2O_3 黄色 Pb_3O_4 红色铅丹 PbO 黄或橙黄色

用什么方法可证明 Pb_3O_4 的组成?

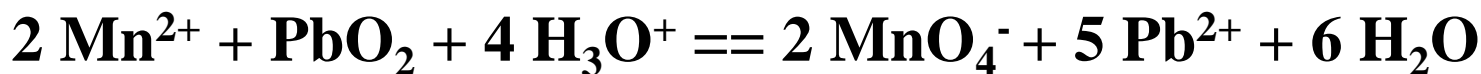
❖ Pb_3O_4 与稀 HNO_3 共热:



滤液中存在 $\text{Pb}^{2+}(\text{?})$ --证明成分中有 PbO



❖ 沉淀洗净后, 在酸性溶液中与 Mn^{2+} 反应:

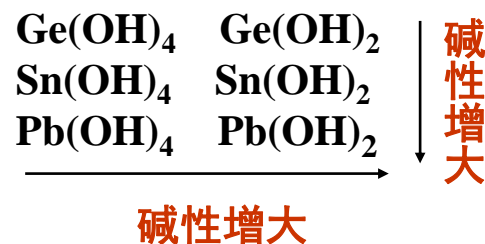


证明成分中有 PbO_2

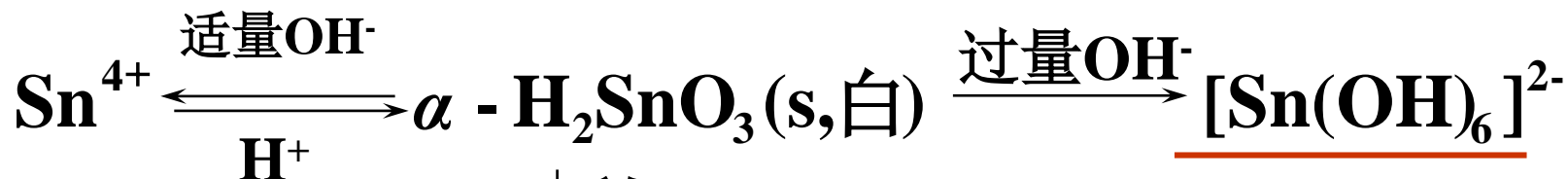
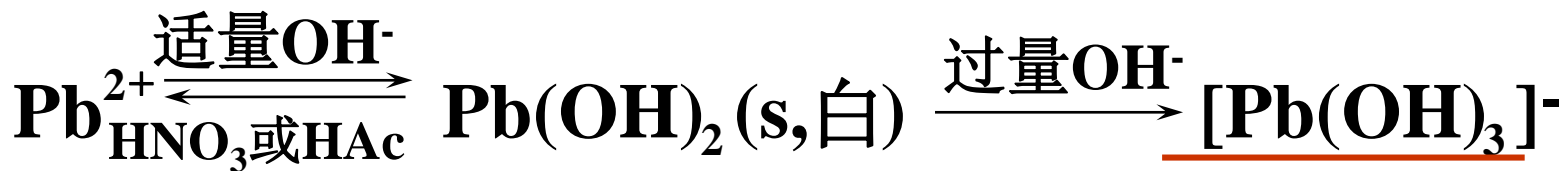
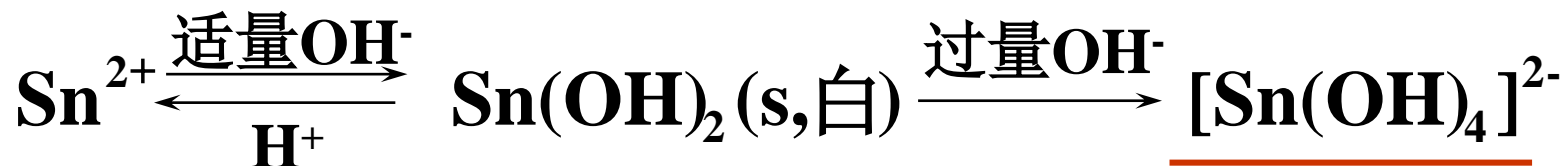


❖ Pb_3O_4 的组成为 $2 \text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$

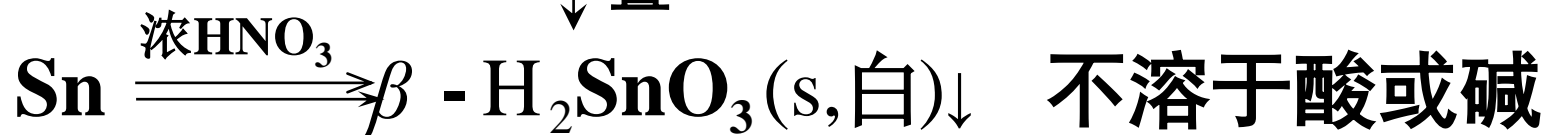
酸碱性递变情况



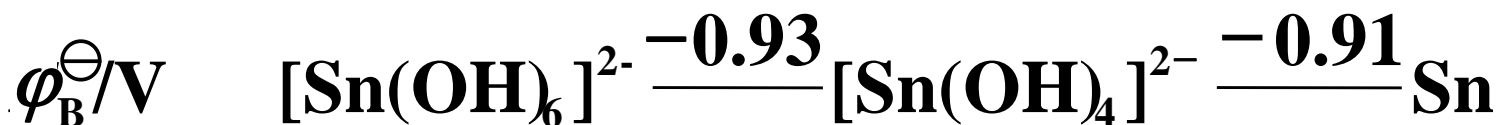
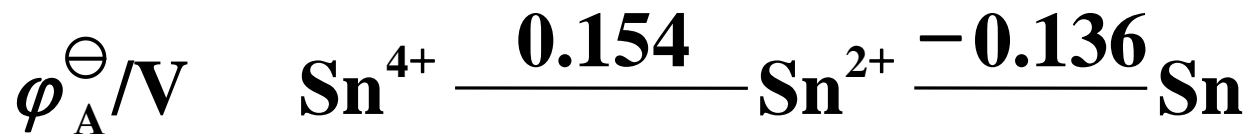
氢氧化物都是两性的，
M(OH)₄ 和 M(OH)₂ 两类氢氧化物都可溶于合适的酸和碱。



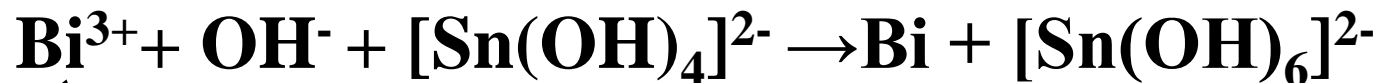
↓ 放置



3. 锡(II)在碱性、酸性介质中的还原性



Sn²⁺, Hg²⁺的相互鉴定



鉴定Bi³⁺的反应

配制SnCl₂, 需加入: 1.浓HCl,防水解
2.锡粒, 防氧化

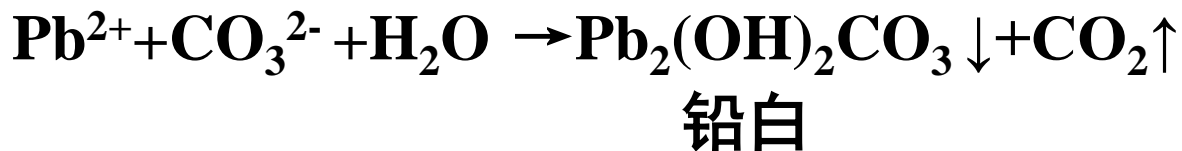
4. Pb(IV) 的氧化性

PbO₂是强氧化剂



Pb₂O₃、Pb₃O₄都具有强氧化性。为什么？ + HCl(浓) ？ ？

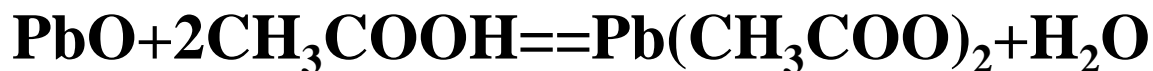
5. 锡、铅盐的水解性



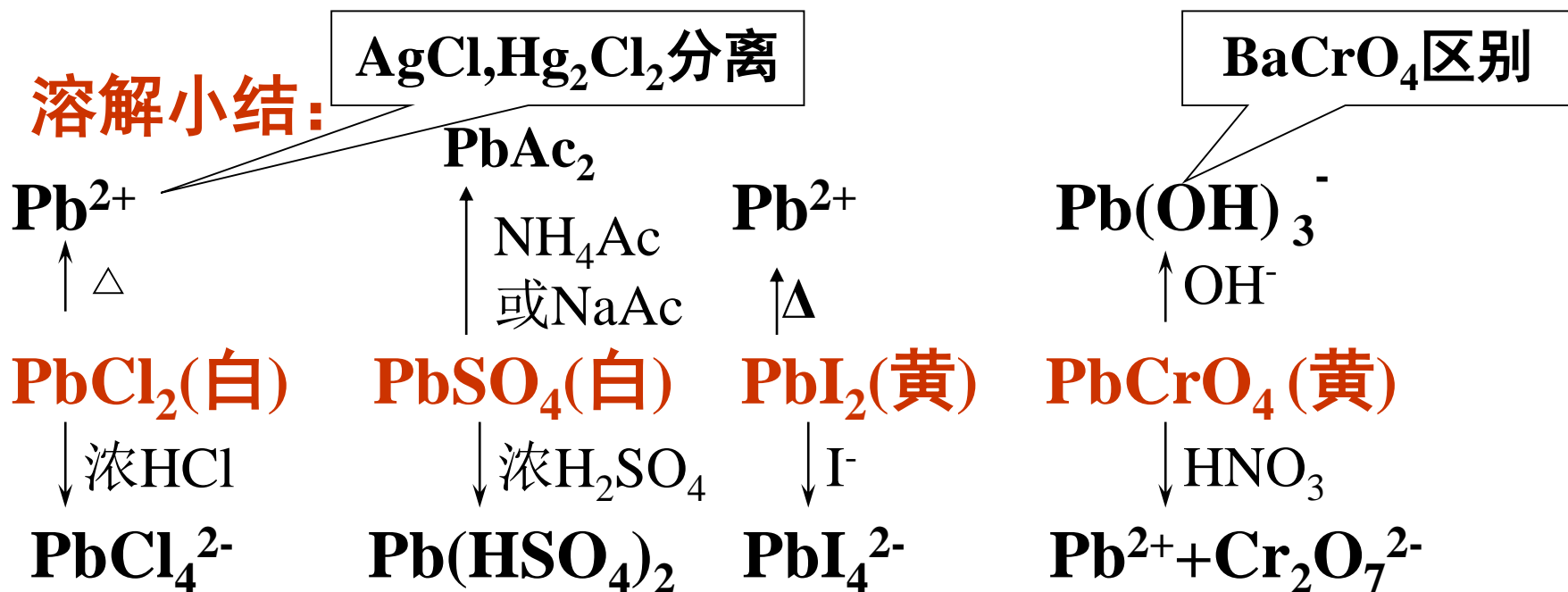
6. 铅盐的溶解性

❖ **少数可溶**： $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ (弱电解质, 有甜味, 俗称铅糖), 铅的可溶性化合物都有毒。

铅与醋酸反应： $2\text{Pb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{PbO}$



❖ **多数难溶**： $\text{PbCl}_2, \text{PbI}_2, \text{PbSO}_4, \text{PbCO}_3, \text{PbCrO}_4$ 等



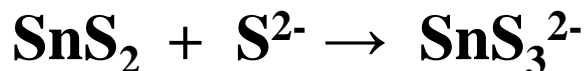
7. 锡、铅的硫化物

SnS(棕) SnS₂(黄) PbS(黑)

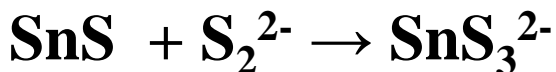
❖ 它们均难溶于水和稀酸，但与浓盐酸反应生成配合物而溶解



❖ SnS₂ 能溶于碱、Na₂S 或 (NH₄)₂S 的水溶液生成硫代锡酸盐



❖ SnS 能溶解于多硫化物Na₂S_x 或 (NH₄)₂S_x 中生成硫代锡酸盐



SnS₃²⁻不稳定，遇酸分解SnS₂+H₂S

❖ PbS与HNO₃作用



8. 常见化合物

1. 四卤化物：液态 GeCl_4 和 SnCl_4

它们在空气中因水解而发烟。 SnCl_4 用作媒染剂、有机合成上的氯化催化剂及镀锡的试剂。

2. 氯化亚锡 SnCl_2 ，它是生产上和化学实验中常用的还原剂

3. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ：可溶性铅盐，易水解

4. PbAc_2 ：可溶性铅盐，难解离，分子盐

5. PbO ：两性

6. PbO_2 、 Pb_3O_4 ：强氧化性

7. 铅白——碱式碳酸铅、铬黄——铬酸铅

8. 四乙基铅 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ 是汽油抗震剂。已开发无铅汽油