

钠及其化合物



表 1-2 碱金属与碱土金属的基本性质

元素名称	Li	Na	K	Rb	Cs	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
密度/(g·cm ⁻³)	0.534	0.968	0.856	1.532	1.90	1.848	1.738	1.55	2.63	3.62
熔点/K	453.5	370.8	336.7	311.9	301.7	1560	924	1112	1042	993
沸点/K	1600	1165	1030	961	978	3243	1363	1757	1657	1913
硬度(金刚石=10)	0.6	0.4	0.5	0.3	0.2	4	2.5	2.0	1.8	—
升华热/(kJ·mol ⁻¹)	161	109	90.0	85.8	78.8	320	150	178	164	175
M ⁺ (g)水合能/(kJ·mol ⁻¹)	-522	-406	-322	-297	-266	-2494	-1921	-1602	-1443	-1305

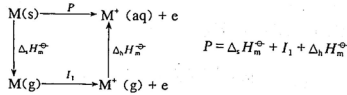
为什么同周期IA族单质熔点比IIA族低？



化学性质

	Li	Na	K	Rb	Cs
M ⁺ (aq) + e ⁻ → M(s)	-3.05*	-2.71	-2.92	-2.93	-2.92
M ⁺ + e ⁻ → M(met.)	-2.1	-2.43	-2.61	-2.74	-2.91

表中*是由于Li⁺离子的水合焓特别高(enthalpy of hydration),使得 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{aq})/\text{Li}^+(\text{aq}) = -3.05 \text{ (V)}$ 。从Born-Haber循环中可以得到解释。

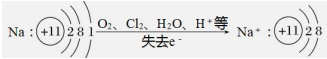


为什么锂与水反应要慢很多？

能把两者混为一谈。锂对水作用在动力学上的惰性,究其原因可能是:①锂的熔点比钠和钾的反应所产生的热量不足以使锂熔化,因而固态锂与水的接触面不如液态的大;②Li⁺的水合半径大,移动缓慢,难以扩散到溶液本体中去,致使反应速率减慢;③反应生成溶解度较小的LiOH容易包覆在金属锂的表面,从而阻碍锂与水的进一步作用。



单质钠



一、Na的物理性质 银白色、质软,熔点97°C,密度小于水

二、Na的化学性质 ——强还原性

1. 与非金属单质
- (1)与O₂反应
 - ① 常温 4Na+O₂=2Na₂O
 - ② 加热/点燃 2Na+O₂ $\xrightarrow{\Delta}$ Na₂O₂
 - (2)与Cl₂反应 2Na+Cl₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 2NaCl
- 除Li外,其他碱金属都会生成复杂氧化物

除此以外,钠还可以跟硫、氮气、H₂等许多非金属单质反应。

连续氧化模式总结: 化合物(或单质)A \xrightarrow{x} 化合物B \xrightarrow{y} 化合物C \xrightarrow{z} 化合物D

- ①H₂S(或S) $\xrightarrow{\text{O}_2}$ SO₂ $\xrightarrow{\text{O}_2}$ SO₃ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ H₂SO₄
- ②NH₃(或N₂) $\xrightarrow{\text{O}_2}$ NO $\xrightarrow{\text{O}_2}$ NO₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ HNO₃
- ③CH₄(或C) $\xrightarrow{\text{O}_2}$ CO $\xrightarrow{\text{O}_2}$ CO₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ H₂CO₃
- ④Na $\xrightarrow{\text{O}_2}$ Na₂O $\xrightarrow{\text{O}_2}$ Na₂O₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ NaOH
- ⑤P $\xrightarrow{\text{Cl}_2}$ PCl₃ $\xrightarrow{\text{Cl}_2}$ PCl₅ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ H₃PO₄
- ⑥醇 $\xrightarrow{\text{O}_2}$ 醛 $\xrightarrow{\text{O}_2}$ 酸 $\xrightarrow{\text{酯化}}$ 酯

单质钠

2. Na与水溶液反应

(1) Na与H₂O反应: $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}=2\text{Na}^++2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$ 现象如何?

反应本质: Na与H₂O电离出的H⁺发生置换反应。

(2) Na与酸的溶液(如盐酸)反应: $2\text{Na}+2\text{H}^+=2\text{Na}^++\text{H}_2\uparrow$ 谁先反应?

(3) Na与碱的溶液(如NaOH)反应: $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}=2\text{Na}^++2\text{OH}^-+\text{H}_2\uparrow$

(4) Na与盐溶液(如CuSO₄)反应: $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}+\text{Cu}^{2+}=2\text{Na}^++\text{Cu}(\text{OH})_2+\text{H}_2\uparrow$

反应本质: Na先与H₂O反应, 所得的OH⁻再与盐溶液反应【为何】

钠也可与液氨反应: 先生成氨合电子和氨合钠离子, 长期放置生成氨基钠和氢气



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D	C	BD	BC	B	B	BC	D	D	A	B	D
13	14	15	16	17	18	19	20	21			
B	D	AB	A	C	AD	C	A	C			

22. (1) A: 碳(或C) C: 铜(或Cu); (2) $\text{Na}_2\text{CO}_3+2\text{HCl}=2\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\uparrow$

(3) $2\text{CO}_2+2\text{Na}_2\text{O}_2=2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{O}_2$; (4) $\text{Na}_2\text{O}_2+\text{S}^{2-}+2\text{H}_2\text{O}=4\text{OH}^-+\text{S}\downarrow+2\text{Na}^+$ 【复习哪些物质可析: 强酸、强碱、易溶的盐】

23. (1) 二氧化碳在水中的溶解度小, 后通NH₃不会析出NaHCO₃晶体, 但若先通氨气饱和, 再通二氧化碳, 可大大增加二氧化碳的溶解量, 从而使后续过程中能生成更多的产物

(2) $\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2=\text{NH}_4\text{HCO}_3$ $\text{NH}_4\text{HCO}_3+\text{NaCl}=\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NaHCO}_3\downarrow$

(3) 弱酸不能与强酸盐反应

(4) D

24. (1) 水浴加热

(2) 使反应充分进行 (或使NaHCO₃晶体充分析出)

(3) NaHCO₃的溶解度最小

(4) NaCl

25. (1) Na₂N₂ Na⁺[:N≡N:]²⁻Na⁺ 【Na₂O 也对】

(2) $2\text{Na}_2\text{O}_2+4\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}=4\text{NaHCO}_3+\text{O}_2$ (3) $6\text{Na}+2\text{Fe}_2\text{O}_3=3\text{Na}_2\text{O}_2+4\text{Fe}$ 作氧化剂

(4) BD 【KNO₃ 也可以作为氧化剂将Na反应掉】

(5) 准确称量一定量的生成物, 加热至恒重后, 若质量无变化, 则为Na₂CO₃; 若质量有变化, 根据质量的变化量, 可通过计算推断出是NaHCO₃或NaHCO₃和Na₂CO₃的混合物。【定性相对来说比较难实现】

【选择器部分解析, 见资料中心答案】

1. 下列关于钠与水反应的说法不正确的是: ①将小块钠投入滴有石蕊试液的水中, 反应后溶液变红; ②将钠投入稀盐酸中, 钠先与水反应, 后与盐酸反应; ③钠在水蒸气中反应时因温度高会发生燃烧; ④将两块质量相等的金属钠, 一块直接投入水中, 另一块用铝箔包住, 在铝箔上刺些小孔, 然后按入水中, 两者放出的氢气质量相等, ()

A. ①② B. ②③ C. ②③④ D. ①②③④

【解析】①中紫色石蕊遇碱显蓝色; ③钠与水蒸气反应放热, 但由于没有氧气, 所以并不会燃烧; ④钠和水反应会产生NaOH, Al箔会和NaOH反应产生H₂, 所以氢气更多。

2. 取用金属钠时, 所需用品至少有
- A. 2种 B. 3种 C. 4种

【解析】用品有: 镊子、滤纸、小刀、玻璃片

3. 对过氧化钠的叙述正确的是
- A. 在反应中只可作氧化剂 B. 在反应中既可作氧化剂又可作还原剂
- C. 是典型的碱性氧化物 D. 可用于防毒面具上

【解析】D 过氧化钠可用于制氧剂, 所以可用于防毒面具, 产生氧气

4. 将Na₂O₂投入FeCl₂溶液中, 可观察到的现象是
- A. 生成白色沉淀 B. 生成红褐色沉淀 C. 有气泡产生

【解析】过氧化钠除了能氧化亚铁离子外, 也会与水反应产生氢氧化钠和氧气

用镊子取一小块钠, 用滤纸吸干表面的煤油后, 用小刀切去一端的外皮, 观察钠的光泽和颜色, 并注意新切开的钠的表面所发生的变化。

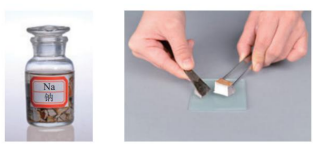


图2-1 钠常保存在石蜡油或煤油中

图2-2 切割钠



18. 美国“海狼”潜艇上的核反应堆内使用了液体铝钠合金(单质钠和单质铝熔合而成)作载热介质, 有关说法不正确的是 ()

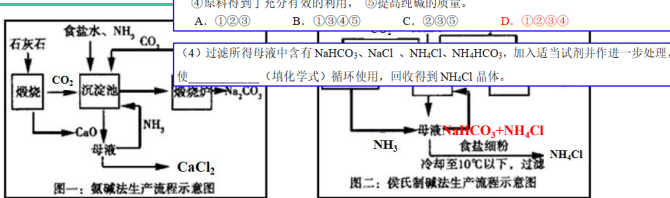
A. 原子半径: Na<Al B. 铝钠合金若投入一定的水中可得无色溶液, 则 $n(\text{Al})\leq n(\text{Na})$

C. 铝钠合金投入到足量氯化铜溶液中, 肯定有氢氧化铜沉淀也可能有铜析出

D. m g 不同组成的铝钠合金投入足量盐酸中, 若放出的H₂越多, 则铝的质量分数越小

【解析】1 mol 铝质量 27 g, 能和盐酸反应生成 1.5 mol 的氢气, 而生成同样量的氢气, 钠需要 69 g, 也就是同质量的情况下, 铝放氢能力更强, 因此放氢越多, 铝的质量分数越大。

侯氏制碱法



图一: 侯氏制碱法生产流程图

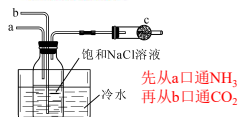
原理: (1) $\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{CO}_2+\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=\text{NH}_4\text{HCO}_3$

(3) $\text{NH}_4\text{HCO}_3+\text{NaCl}=\text{NaHCO}_3\downarrow+\text{NH}_4\text{Cl}$

总式: $\text{NH}_3+\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2=\text{NaHCO}_3\downarrow+\text{NH}_4\text{Cl}$

侯氏制碱法



侯氏制碱法 简易装置图



25. 汽车安全气囊是德国安全的重要保障。当车辆发生碰撞的瞬间, 安全装置通电点火使其中的粉末分解释放出大量的氮气形成气囊, 从而保护司机及乘客免受伤害。为研究安全气囊工作的化学原理, 取安全装置中的粉末进行实验。经组成分析, 确定该粉末仅Na、Fe、N、O四种元素。水溶性试验表明, 固体粉末部分溶解。经检测, 可溶物为化合物甲; 不溶物为红棕色固体, 可溶于盐酸。

取 13.0g 化合物甲, 加热使其完全分解, 生成氮气和单质乙, 生成的氮气折合标准状况下的体积为 6.72L。单质乙在高温隔绝空气的条件下与不溶物红棕色粉末反应生成化合物丙和另一种单质。化合物丙与空气接触可转化为可溶性盐。 请回答下列问题:

(1) 甲的化学式为_____ , 丙的电子式为_____。

(2) 若丙在空气中转化为碳酸氢盐, 则反应的化学方程式为_____。

(3) 单质乙与红棕色粉末发生反应的化学方程式为_____ , 安全气囊中红棕色粉末的作用是_____。

(4) 以下物质中, 有可能作为安全气囊中红棕色粉末替代品的是_____。

A. KCl B. KNO₃ C. Na₂S D. CuO

(5) 设计一个实验方案, 探究化合物丙与空气接触后生成可溶性盐的成分 (不考虑结晶水合物)



单质钠

3. 金属Na的制取、保存、用途

(1) 金属

例：工业上得到金属钾，是将金属钠与熔融氯化钾共热，发生置换反应：Na+KCl→K+NaCl。

13. 已知工业上真空炼铷的原理如下： $2\text{RbCl}+\text{Mg}\xrightarrow{\text{加热}}\text{MgCl}_2+2\text{Rb(g)}$ ，对于此反应的进行能给予正确解释的是 ()

A. 铷的金属活动性不如镁强，故镁可置换铷
B. 铷的沸点比镁低，把铷蒸气抽出时，平衡右移
C. MgCl_2 的热稳定性不如 RbCl 强
D. 铷的单质状态较化合态更稳定

【解析】这个置换反应之所以能发生，类似于我们以前学过的 Na 能制备 K 一样，是利用了 Rb 的沸点低，会从溶液中出来，拉动反应正向进行。而金属性显然是铷比钾要强啊。

- (1) 你认为控制反应的温度为 776~882.9 ；
(2) 控制该反应范围的原因是 通过移去钾蒸汽，平衡向右移动 ；
(3) 实际工业生产是向反应物中通入单质一种气体，并将从反应器中导出的气体冷却后得到钾，且将该气体循环利用，该气体是 He 。
1. 熔盐电解法 (如电解 BeCl_2 加 CaCl_2 增强导电性)、 MgCl_2)
2. 热还原法 (如钾 $[\text{Na}]$ 、铷 $[\text{Ca}]$ 、铯 $[\text{Ca}]$ 的制备)



单质钠

3. 金属Na的制取、保存、用途

(2) 金属Na、K的保存：石蜡油或煤油中

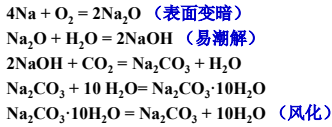
【判断】实验室所有试剂用完都不能放回原试剂瓶【错误】。

- (3) Na的用途：①制取Na的化合物；
②钠钾合金作为核反应堆的导热剂；
③制高压钠灯
④冶炼金属Ti、K等

【问题】钠露置于空气中的变质过程，最终产物？

Na $\xrightarrow{\text{O}_2}$ Na_2O $\xrightarrow{\text{水}}$ NaOH $\xrightarrow{\text{潮解}}$ NaOH 溶液 $\xrightarrow{\text{CO}_2}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\xrightarrow{\text{风化}}$ Na_2CO_3
银白色 → 变暗 → 白色固体 → 表面变湿 → 白色晶体 → 白色粉末

钠在空气中发生如下反应：



例：①氧化钠；②氢氧化钠；③过氧化钠；1mol上述固体物质长期放置于空气中，最后质量增加情况是

- A. ① = ② > ③ B. ① > ③ > ② C. ② > ① = ③ D. ② > ③ > ① **B**



钠的氧化物及性质

一、 Na_2O 与 Na_2O_2 的基本认识

	电子式	化合物类型	N(阴): N(阳)	化学键类型	氧化物类别
Na_2O	$\text{Na}^+[\text{O}]^{2-}\text{Na}^+$	离子化合物	2:1	离子键	碱性氧化物
Na_2O_2	$\text{Na}^+[\text{O}-\text{O}]^{2-}\text{Na}^+$		2:1	离、非极	过氧化物

Na_2O 与 Na_2O_2 的性质讨论：

- 1、 Na_2O ——与 CaO 一样，典型碱性氧化物的性质
- 2、 Na_2O_2 $[\text{O}-\text{O}]^{2-}$ ——过氧化物特征性质：强氧化性、歧化等



钠的氧化物及性质

二、 Na_2O 的化学性质（主要体现碱性氧化物的通性）

1. Na_2O 的碱氧通性
- (1) 与酸反应： $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 - (2) 与酸酐反应： $\text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3$
 - (3) 与 H_2O 反应： $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^-$
2. Na_2O 与 O_2 反应： $2\text{Na}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}_2$



钠的氧化物及性质

三、 Na_2O_2 的化学性质（过氧化物的性质）

1. 强氧化性
7. 向滴有酚酞的水中加入过量 Na_2O_2 粉末并振荡，下列实验现象中正确的是 ()
- A. 溶液始终呈现无色 B. 溶液由无色变红又变无色
C. 溶液中有气泡产生 D. 溶液由无色变为红色
- 【解析】过氧化钠与水反应，先产生过氧化氢和氢氧化钠，过氧化氢不稳定容易分解产生氧气，但溶液中还是会有少量存在（本身过氧化钠就有漂白性）具有强氧化性，能漂白酚酞，所以酚酞会先变红后褪色
- (2) 因为其强氧化性赋予了其漂白性
- ① Na_2O_2 投入红色石蕊(aq): 先变蓝，后变为无色
 - ② Na_2O_2 投入酚酞(aq): 先变红，后变为无色
 - ③ Na_2O_2 投入品红(aq): 溶液由红色变为无色

钠的氧化物及性质

【思考】 Na_2O_2 和 SO_2 均能使品红褪色，二者原理相同吗？

Na_2O_2 ——强氧化性(破坏有色物质的结构) **不可逆**

SO_2 ——与有色物质结合生成不稳定的无色物质 **可逆**

【思考】有时候也用到活性炭对物质进行脱色处理，其原理又是什么？
——物理吸附

钠的氧化物及性质

三、 Na_2O_2 的化学性质(过氧化物的性质)

2. 歧化反应:

(1) Na_2O_2 与 CO_2 反应: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$

对应关系: $\text{Na}_2\text{O}_2 \sim \text{CO}_2 \sim 1/2\text{O}_2 \sim e^- \sim \Delta m = 28\text{g}$ (相当于吸收 CO)

(2) Na_2O_2 与 H_2O 反应: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2\uparrow$

对应关系: $\text{Na}_2\text{O}_2 \sim \text{H}_2\text{O} \sim 1/2\text{O}_2 \sim e^- \sim \Delta m = 2\text{g}$ (相当于吸收 H_2)

(1) $m\text{g}$ ① CO , ② H_2 , ③ CO 和 H_2 完全燃烧后得到的产物可以被过氧化钠完全吸收后, 过氧化钠增重的质量也为 $m\text{g}$ 。

(2) Na_2O_2 跟 $m\text{g}$ 符合通式为 $(\text{CO})_x(\text{H}_2)_y$ 的有机物(可看作 CO 和 H_2 的混合物), 在电火花点燃条件下完全燃烧, 得到的产物经过足量的过氧化钠, 其增重的质量也为 $m\text{g}$ 。

电子转移
 $\text{Na}_2\text{O}_2 \sim e^-$

例1: 200°C 时, 11.6g CO_2 和 H_2O 的混合物气体与足量的过氧化钠反应, 反应后固体增加了 3.6g , 则原混合物的平均式量为 **C**

A.5.8 B.11.6 C.23.2 D.46.4

解析1: $\text{CO}_2 \sim \text{CO}$, $\text{H}_2\text{O} \sim \text{H}_2$, $44x + 18y = 11.6$, $28x + 2y = 3.6$, 则 $x = 0.1\text{mol}$, $y = 0.4\text{mol}$ 。

解析2: $\text{CO}_2 \sim \text{CO} \sim \text{O}$, $\text{H}_2\text{O} \sim \text{H}_2 \sim \text{O}$, 减少的是O原子的质量: $11.6 - 3.6 = 8\text{g}$; O原子 0.5mol , 即 CO 和 H_2O 总共 0.5mol , $M_{\text{平均}} = 11.6/0.5$ 。

解析3: $M(\text{CO}_2) = 44$, $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$, $18 < M_{\text{平均}} < 44$ 。

例2: 一定温度下, $m\text{g}$ 下列物质在足量的氧气中充分燃烧后, 产物与足量的 Na_2O_2 充分反应, Na_2O_2 增加了 $n\text{g}$, 且 $n > m$, 符合此要求的物质是: ① H_2 ② CO ③ CO 和 H_2 的混合物 ④ HCOOCH_3 ⑤ CH_3CHO **A**

A. ⑤ B. ①② C. ①②③④ D. ①②③④⑤

【例题】将 $a\text{mol}$ 过氧化钠与 $b\text{mol}$ 碳酸氢钠固体混合后, 在密闭容器中加热充分反应, 排出气体物质后冷却, 残留的固体物质可能是什么?

$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow$
 $b\text{mol} \quad b/2\text{mol} \quad b/2\text{mol}$

$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \uparrow$

$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$

$\frac{n(\text{NaHCO}_3)}{n(\text{Na}_2\text{O}_2)}$	<1	$1 \leq b/a < 2$		≥ 2	
		=1	$1 < b/a < 2$	=2	>2
① 加热蒸干后剩余固体物质	Na_2CO_3 NaOH Na_2O_2	Na_2CO_3 NaOH	Na_2CO_3 NaOH	Na_2CO_3	Na_2CO_3
② $\frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{n(\text{NaOH})}$	=1	=1	>1
③ 放出气体	O_2	O_2	O_2 H_2O	O_2 H_2O	O_2 H_2O CO_2

【问题】取 6.60g NaHCO_3 和 Na_2O_2 固体混合物, 在密闭容器中加热到 250°C , 经充分反应后排出气体, 冷却后称得固体质量为 5.30g 。计算原混合物中 Na_2O_2 的质量分数。 **23.6%**

发生的反应有: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $4\text{NaHCO}_3 + 2\text{Na}_2\text{O}_2 = 4\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

$2\text{CO}_2 + 2\text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ Na_2O_2 不足, CO_2 未全吸收

$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na}_2\text{O}_2 = 4\text{NaOH} + \text{O}_2$

设 NaHCO_3 为 $x\text{mol}$, Na_2O_2 为 $y\text{mol}$

$84x + 78y = 6.6$

$0.5x + y = 0.05$

$\text{Na}_2\text{O}_2 = 0.02\text{mol}$, $\text{NaHCO}_3 = 0.06\text{mol}$

钠的氧化物及性质

【思考】请写出 Na_2O_2 与 HCl 反应的方程式, 并说明 Na_2O_2 为什么不是碱性氧化物?

$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 4\text{HCl} = 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

【思考】已知将 Na_2O_2 投入水中有气体产生, 得到无色溶液, 向所得溶液中加入少量 MnO_2 , 产生大量气体, 则思考 Na_2O_2 与 H_2O 的反应本质?

① $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$

② $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$



碳酸钠与碳酸氢钠

一、碳酸钠和碳酸氢钠的基本认识

	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃
俗名	苏打 纯碱	小苏打
色、态	白色粉末	细小白色晶体
溶解性	溶解度较大(溶解放热)	溶解度较小(溶解吸热)
常见用途	制玻璃、厨房除油污等 碳酸氢钠和碳酸钠水溶液都为碱性，可用于食用碱和工业用碱 P37	泡沫灭火器、胃药、发酵粉

【思考1】纯碱、烧碱都属于碱类物质？——纯碱是盐

【思考2】向饱和Na₂CO₃溶液通足量CO₂的现象？——白色沉淀

【思考3】NaHCO₃适用于各种症状患者吗？——胃溃疡者不能用



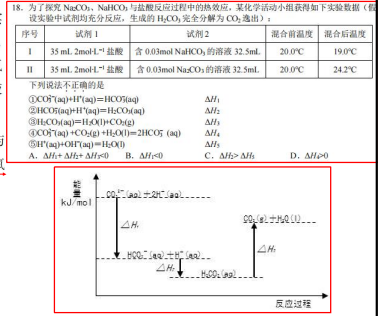
碳酸钠与碳酸氢钠

放热：碳酸钠结合少量水变晶体，碳酸钠溶于水；碳酸钠和盐酸反应。

吸热：碳酸氢钠溶于水；碳酸氢钠和盐酸反应

碳酸钠是白色粉末，碳酸氢钠是细小的白色晶体。实验表明，向碳酸钠中加入少量水后，碳酸钠结块变成晶体，并伴随着放热现象。向碳酸氢钠中加入少量水后，碳酸氢钠能溶解，并伴随着吸热现象。碳酸钠和碳酸氢钠的溶液均显碱性，可用作食用碱或工业用碱。

应：把吸收热量的化学反应称为吸热反应，如氢氧化钡与氯化铵的反应，盐酸与碳酸氢钠的反应，灼热的炭与二氧化碳的反应等都是吸热反应。必修2 P33



碳酸钠与碳酸氢钠

二、Na₂CO₃的化学性质（即CO₃²⁻的性质）

现象：先无明显现象，后产生无色气体。

1. 与酸
- ①盐酸滴入Na₂CO₃溶液：i CO₃²⁻+H⁺=HCO₃⁻；ii HCO₃⁻+H⁺=H₂O+CO₂↑
 - ②Na₂CO₃溶液滴入盐酸：i CO₃²⁻+2H⁺=H₂O+CO₂↑

现象：立即产生无色气体。

2. 与某些碱(特指Ca(OH)₂、Ba(OH)₂)反应：

①与Ca(OH)₂：Ca²⁺+CO₃²⁻=CaCO₃↓；②与Ba(OH)₂：Ba²⁺+CO₃²⁻=BaCO₃↓

3. 与某些盐反应：

①与CaCl₂等(复分解生成沉淀)：Ca²⁺+CO₃²⁻=CaCO₃↓

②与AlCl₃等(与弱碱阳离子发生双水解)：2Al³⁺+3CO₃²⁻+6H₂O=2Al(OH)₃↓+3CO₂↑



碳酸钠与碳酸氢钠

三、NaHCO₃的化学性质（即HCO₃⁻的性质）

现象：立即快速产生无色气体。

1. 与酸
- ①盐酸滴入NaHCO₃溶液：HCO₃⁻+H⁺=H₂O+CO₂↑
 - ②NaHCO₃溶液滴入盐酸：HCO₃⁻+H⁺=H₂O+CO₂↑

与酸产生气体的速率：
NaHCO₃>Na₂CO₃

现象：立即快速产生无色气体。

2. 与碱反应（反应的本质：HCO₃⁻+OH⁻=H₂O+CO₃²⁻）：

如与Ca(OH)₂

- ①NaHCO₃少量：HCO₃⁻+OH⁻+Ca²⁺=CaCO₃↓+H₂O
- ②NaHCO₃过量：2HCO₃⁻+2OH⁻+Ca²⁺=CaCO₃↓+CO₃²⁻+2H₂O

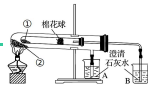
3. 溶液呈较弱碱性：HCO₃⁻+H₂O⇌H₂CO₃+OH⁻ 溶液碱性：Na₂CO₃>NaHCO₃

4. 受热分解(碳酸氢盐皆有此性质)：2NaHCO₃==Δ==Na₂CO₃+H₂O+CO₂↑



碳酸钠与碳酸氢钠

四、Na₂CO₃与NaHCO₃的鉴别方法



热稳定性比较

物质	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃
原理		
物理性质差异	白色粉末	白色晶体
热稳定性差异	受热无明显现象	受热分解产生能使澄清石灰水变浑浊的气体
与酸反应差异	滴加盐酸，先无明显现象，后产生气体，且速率较慢	立即快速产生气体
与CaCl ₂ 反应	产生白沉	产生沉淀，并有气泡产生
溶液碱性差异	溶液pH≈10，加酚酞深红	溶液pH≈8，加酚酞浅红



碳酸钠与碳酸氢钠

五、Na₂CO₃与NaHCO₃的除杂方法

待提纯物(杂质)	除杂试剂与方法
Na ₂ CO ₃ 固体(NaHCO ₃)	加热分解即可
Na ₂ CO ₃ 溶液(NaHCO ₃)	加入适量NaOH溶液
NaHCO ₃ 溶液(Na ₂ CO ₃)	通入足量CO ₂ 气体



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

12(1) $2\text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{HF} \uparrow$ (2) CaSO_4 (3) ①温度过高 LiHCO_3 分解产生

Li_2CO_3 沉淀, 与 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 一同被过滤 ②温度升高, PO_4^{3-} 水解程度增大, 使溶液中 PO_4^{3-} 离子浓度减小 (4) 趁热过滤 (5) $\text{Li}_2\text{Se}_2 > \text{Li}_2\text{Se}_3 > \text{Li}_2\text{Se}$ (6) 108

13. (1) 增大反应接触面积, 加快反应速率, 提高转化率 (2) $2\text{CO}_3^{2-} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCO}_3^- + \text{SO}_3^{2-}$

(3) $\text{SnCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SnO}_3 + 4\text{HCl}$ (4) 将 SnCl_4 还原为 SnCl_2 , 同时防止 SnCl_2 被氧化 溶解 SnCl_2 , 并抑制 SnCl_2 水解, 制备高纯度 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (5) 蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、低温干燥

(6) 滴加最后半滴高锰酸钾溶液时, 溶液恰好变为浅红色, 且半分钟内不褪色 80 %

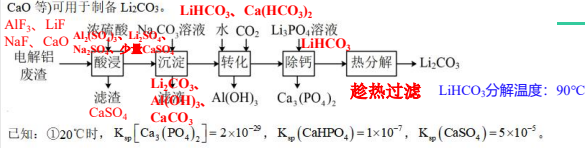


7. 以下关于锂、钠、钾、铷、铯的叙述不正确的是

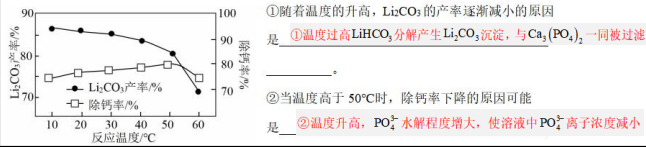
- ①氢氧化物中碱性最强的是 CsOH ; ②单质熔点最高的是铯;
③与 O_2 反应均可得到多种氧化物; ④它们的密度依次增大;
⑤其单质的还原性依次增强; ⑥它们对应离子的氧化性依次增强;
⑦单质与水反应的剧烈程度依次增加;

A. ①⑤⑦ B. ②⑥ C. ②③④⑥ D. ②③④

12. 碳酸锂在医疗上可用于治疗躁狂性精神病, 作镇静剂等。电解铝废渣(主要含 AlF_3 、 LiF 、 NaF 、 CaO 等)可用于制备 Li_2CO_3 。



- ② CaF_2 可溶于硫酸。
③ Li_2CO_3 的溶解度: 0°C 1.54g, 20°C 1.33g, 80°C 0.85g。
(3) “转化”后所得的 LiHCO_3 溶液中含有的 Ca^{2+} 需要加入 Li_3PO_4 稀溶液除去。“除钙”步骤中其他条件不变, 反应相同时间, 温度对除钙率和 Li_2CO_3 产率的影响如图 1 所示。



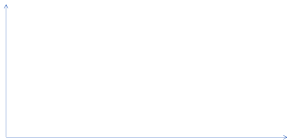
- ①随着温度的升高, Li_2CO_3 的产率逐渐减小的原因是 ①温度过高 LiHCO_3 分解产生 Li_2CO_3 沉淀, 与 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 一同被过滤。
②当温度高于 50°C 时, 除钙率下降的原因可能是 ②温度升高, PO_4^{3-} 水解程度增大, 使溶液中 PO_4^{3-} 离子浓度减小。

13. 锡是“五金”之一, 无论在工业生产还是日常生活中都发挥着举足轻重的作用。我国有丰富的锡矿, 黄锡矿是目前已发现的具有工业意义的锡矿物之一。工业上用黄锡矿(主要含 $\text{Cu}_2\text{FeSn}_4\text{S}_4$) 为原料制备高纯度 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的工艺流程如图所示(部分条件和产物省略):



- 已知: ①锡元素常见化合价: +2、+4, 二价锡易被氧化;
② SnCl_4 常温下为无色液体, 熔点 -33°C , 沸点 114°C ;
③ SnCl_4 极易水解, 在潮湿的空气中出现“发烟”现象的同时又生成 H_2SnO_3 ;
④ H_2SO_3 : $K_{a1} = 1.54 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 1.02 \times 10^{-7}$; H_2CO_3 : $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ 。
(2) 工业上通常用足量的纯碱溶液吸收“焙烧炉”中产生的气体, 写出该反应的离子方程式: $2\text{CO}_3^{2-} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCO}_3^- + \text{SO}_3^{2-}$ 将 SnCl_4 还原为 SnCl_2 , 同时防止 SnCl_2 被氧化
(4) 反应釜中需加入适当过量的 Sn , 其作用有 是溶解 SnCl_2 , 并抑制 SnCl_2 水解, 制备高纯度 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
(5) 上述流程中“系列操作”包含 。

【例题】将① Na_2CO_3 、② NaHCO_3 、③ NaOH 和 Na_2CO_3 、④ Na_2CO_3 和 NaHCO_3 固体分别完全溶解于水, 制成溶液, 然后向该溶液中逐滴加入 1 mol/L 的盐酸, 所加入盐酸的体积与产生 CO_2 的体积 (标准状况) 关系如何用图像表示:

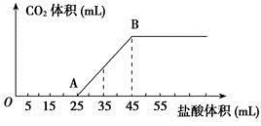


【例题】称取天然碱 ($a\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot b\text{NaHCO}_3 \cdot c\text{H}_2\text{O}$) 样品 4 份, 溶于水后, 分别逐滴加入相同浓度的盐酸溶液 30 mL , 产生 CO_2 的体积 (标准状况) 如下表:

	I	II	III	IV
盐酸体积/mL	30	30	30	30
样品/g	3.32	4.15	5.81	7.47
二氧化碳体积/mL	672	840	896	672

- (1) 若用 2.49 g 样品进行同样的实验时, 产生 CO_2 504 mL (标准状况)。
(2) 另取 3.32 g 天然碱样品于 300°C 加热分解至完全, 产生 CO_2 112 mL (标准状况) 和水 0.45 g (0.025 mol), 确定该天然碱的化学式。 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
(3) 由上表中第 IV 组数据确定盐酸溶液的浓度 $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【例题】将2.5 g Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 的固体混合物完全溶解于水，制成溶液，然后向该溶液中逐滴加入1 mol/L的盐酸，所加入盐酸的体积与产生 CO_2 的体积(标准状况)关系如下图所示：



设碳酸钠、碳酸氢钠和氢氧化钠的物质的量分别为 x 、 y 、 z

$$\textcircled{1} x+y=1\text{mol/L} \times (0.045-0.025)\text{L};$$

$$\textcircled{2} x+z=1\text{mol/L} \times 0.025\text{L}$$

$$\textcircled{3} 84\text{g/mol} \cdot y + 106\text{g/mol} \cdot x + 40\text{g/mol} \cdot z = 2.5\text{g};$$

联立①②③式解得： $x=0.01\text{mol}$ 、 $y=0.01\text{mol}$ 、 $z=0.015\text{mol}$ ，
故： NaOH 的质量为 $0.015\text{mol} \times 40\text{g/mol}=0.6\text{g}$ ， Na_2CO_3 的质量
分数为： $106\text{g/mol} \times 0.01\text{mol}=1.06\text{g}$ 。

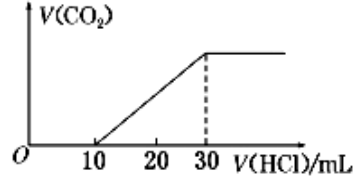
计算原混合物中 NaOH 的质量为 0.6 g 及碳酸钠的质量 1.06 g。

课堂练习

将一定体积的 CO_2 通入 NaOH 溶液中，向所得的溶液A中逐滴加入1 mol·L⁻¹的稀盐酸，所加盐酸的体积与产生 CO_2 的体积关系如图所示：

(1) 溶液A中的溶质是 **Na_2CO_3 和 NaHCO_3** ，二者物质的量之比为 **1: 1**。

(2) 若原 NaOH 溶液体积为10mL，则 NaOH 浓度是多少？ **3mol/L**



解法：
恰好完全反应点(30mL处)溶质为
 NaCl ，显然有： $n(\text{NaOH})=n(\text{HCl})$

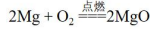
镁及其化合物

一、镁的基本认识

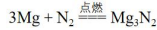
1. 物理性质：银白色，密度小、硬度较低，热和电的良好导体。
2. 镁的合金：密度小、强度大，常用于飞机和火箭制造

二、镁的化学性质

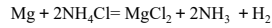
1. 与非金属单质反应： Mg 可在 O_2 、 Cl_2 、 N_2 中燃烧



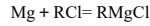
2. 与其他氧化剂反应：



- (1) 与酸(非氧化性酸)：略

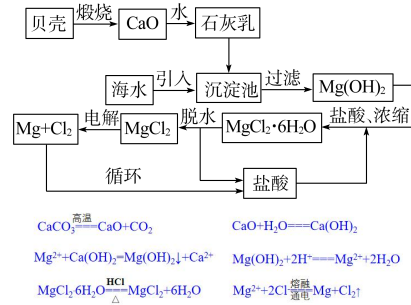


- (2) 与沸水：注意条件写“ Δ ”



- (3) 与 CO_2 ： $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$

三、镁的提取



镁及其化合物

1. 镁的氧化物： MgO

MgO 是典型碱性氧化物。熔点高、常作耐火材料

2. 镁的氮化物： Mg_3N_2 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$

3. 镁的氢氧化物： Mg(OH)_2

Mg(OH)_2 是中强碱，难溶于水。 溶解度： $\text{Mg(OH)}_2 < \text{MgCO}_3$

碱金属氢氧化物	LiOH	NaOH	KOH	RbOH	CsOH
15℃下溶解度/(mol·dm ⁻³)	5.3	26.4	19.1	17.9	25.8
碱土金属氢氧化物	Be(OH) ₂	Mg(OH) ₂	Ca(OH) ₂	Sr(OH) ₂	Ba(OH) ₂
20℃下溶解度/(mol·dm ⁻³)	8×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁴	1.8×10 ⁻²	6.7×10 ⁻²	2×10 ⁻¹

氧化物的热力学稳定性

金属与非金属反应生成离子晶体，若要达到最好的能量效应要求阴、阳离子具有一定的匹配关系，一般遵循如下经验规则：
半径较小的阳离子趋向与半径较小的阴离子相结合，半径较大的阳离子易与半径较大的阴离子相结合；
价数高的阳离子趋向与价数较高的阴离子相结合；价数低的阳离子易与价数低的阴离子相结合
半径小的离子趋向与价数高的异号离子相结合。

Li_2O Na_2O K_2O Rb_2O Cs_2O 稳定性？

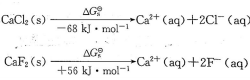
Li_2O_2 和 Cs_2O_2 稳定性？



离子性盐类溶解性的判断

为了比较离子化合物在水中溶解的难易程度，可以从以下三方面着手：

①计算溶解过程的 ΔG 用热力学方法进行判断：



离子性盐类溶解性的判断

为了比较离子化合物在水中溶解的难易程度，可以从以下三方面着手：

②比较溶解过程晶格能和水合能的相对大小(忽略熵因素的影响)，从能量观点加以判断：

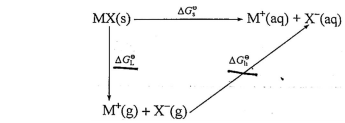


表 1-11 碱金属氟化物和碳酸盐(钠)在水中溶解的热力学参数

物 质	总水合能/(kJ · mol ⁻¹)	晶格能/(kJ · mol ⁻¹)	溶解度/(mol · L ⁻¹)	ΔG_f° /(kJ · mol ⁻¹)
LiF	-1034	1039	0.1	13.6
NaF	-921	919	1.1	2.5
KF	-837	817	15.9	-25.5
RbF	-808	779	12.5	-38.5
CaF	-779	730	24.2	-58.6
Na ₂ CO ₃	-2056	2030	29.4	-4.2
NaHCO ₃	-792	811	10.3	3.0



2) 熵与离子型盐的溶解性

ΔG_f° 通常由焓效应决定,但当熵效应占优势时,不容忽视。下面举例加以具体分析,见表 1-12。

表 1-12 几种盐在水中的热力学参数

盐 类	ΔH_f° /(kJ · mol ⁻¹)	ΔS_f° /(J · K ⁻¹ · mol ⁻¹)	ΔG_f° /(kJ · mol ⁻¹)
KNO ₃	33.7	115.8	-0.8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	-62.9	-838.6	186.9
Na ₃ PO ₄	-78.7	-230.8	-9.9
BaCO ₃	-4.2	-152.7	49.8
KI	20.5	108.8	-11.9



离子性盐类溶解性的判断

为了比较离子化合物在水中溶解的难易程度，可以从以下三方面着手：

③巴索洛经验规则(比较离子半径和电荷大小及阴阳离子间的匹配关系),用结构观点加以定性判断。

当阴、阳离子电荷的绝对值相同而它们的半径相近时，生成的盐类一般难溶于水

LiF微溶，LiI易溶，BaSO₄难溶