

真实问题解决 4——以 C、Na 元素为主题的概念原理元素化合物融合（教学案）

北京市第十七中学 陈超林

一、设计意图及学习目标

碳是与人类生活密切相关的元素之一，围绕含碳物质的转化一直是环境、能源和物质制备等领域的研究热点，也是近几年高考考查的重点。

钠是活泼金属的代表。钠及其化合物在生活和生产中有着重要的用途，是高考考查化学知识的重要载体。

学习目标如下：

- （1）熟练掌握 CO_2 的结构、性质和制备方法，能根据其性质认识相关的化学反应。
- （2）掌握 NaCl 的微观形成过程，了解 NaCl 溶于水的过程，能分析 NaCl 在氯碱工业、金属冶炼、制碱工业等领域的用途，并能分析相关原理。
- （3）能结合试题中的信息，运用化学概念、原理等知识解释或解决真实情境中的问题。

二、近年与 C、Na 相关的北京高考真题回顾及特点

1. 考点回顾

年份	题号	考点（知识点）
2019	27	与 CH_4 、 CO_2 有关的：陌生方程式书写、热化学方程式书写、化学平衡、
2018	7	从微观视角认识和分析 CH_4 与 CO_2 的结构及其变化
	8	用电子式表示 NaCl 的形成过程
	9	从微观视角认识和分析 CO_2 与 H_2 的结构及其变化
	26（1）②	与 CO 与 CO_2 的转化有关的化学平衡及图像分析
2015	9	从微观视角认识和分析 CO 与 O 生成 CO_2 的结构及其变化
	27	与 CO_2 有关的：方程式书写、气体发生装置、滴定计算、电解原理
2014	6/7/8/9/11	NaOH 的性质/ Na 的性质/ Na 的性质/ NaHCO_3 的性质
2013	8	Na_2CO_3 水解的离子方程式； CO_2 与石灰水反应的化学方程式
2012	6/7	NaCl 、 Na_2CO_3 用途/ Na 与 O_2 、 Na_2O_2 与 CO_2 、 NaHCO_3 与石灰水反应方程式
	12	CO_2 与 H_2O 光合制 HCOOH 的电化学原理分析

2. 高考试题命题规律及设问特点

（1）近几年高考对钠及其化合物的考查，主要是对含钠物质的基本性质、用途及化学术语表达等基础知识的考查，钠及其化合物与概念、原理的融合也基本都源于教材上的素材。

(2) 近几年高考对碳及其化合物的考查，主要是以 CO 、 CO_2 、 CH_4 及其他含碳化合物在能源开发、物质制备和微观机理等方面的研究与应用为情境，综合考查化学基本概念和原理。

三、相关知识梳理

(一) CO_2 的结构和性质

1、 CO_2 的电子式为_____，结构式为_____，所含化学键类型为_____

2、大气中的 CO_2 使正常雨水的 pH 约为 5.6， CO_2 溶于水产生 H^+ 的方程式为_____

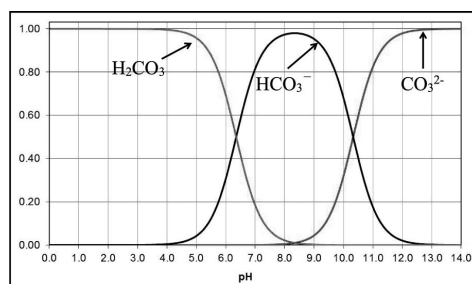
3、碳酸饮料中含有 CO_2 ，结合平衡原理说明使其中的 CO_2 逸出的方法：

4、画出以大理石为原料制备并收集一集气瓶纯净 CO_2 的实验装置图。

要求包括：气体发生装置、净化装置、收集装置、验满装置、尾气吸收装置。

5、将 CO_2 通入 NaOH 溶液中，测得溶液中含碳微粒的物质的量分数随 pH 变化如下图

所示，下列说法不正确的是



A. 人体血液的 $\text{pH}=7.35\sim 7.45$ ，其中含碳微粒以 HCO_3^- 、 H_2CO_3 为主

B. 除去 NaCl 溶液中 Na_2CO_3 的方法是向其中加入盐酸至 $\text{pH}=7$

C. $\text{pH}=10$ 的溶液中 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$

D. 将 CO_2 通入 NaOH 溶液制取 Na_2CO_3 ，应大约控制 $\text{pH} > 12.5$

(二) NaCl 的结构和用途

1、 NaCl 在日常生活中的主要用途是_____，用电子式表示 NaCl 的形成过程_____

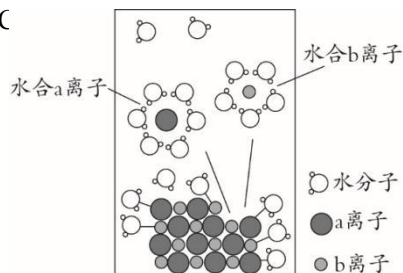
比较半径： Na^+ _____ Cl^- ，比较氧化性： NaCl _____ KCl

2、 NaCl 溶液是氯碱工业重要原料。 NaCl 固体溶于水的过程如右图所示：

(1) a 表示的离子为_____

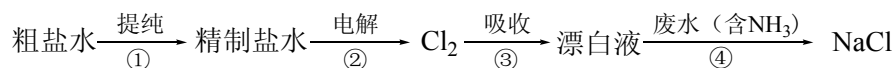
(2) NaCl 在水中电离方程式为_____

(3) 水合 a 离子与水合 b 离子的图示中不科学的是_____



(4) 饱和食盐水常用作除去 Cl_2 中的 HCl 气体，用饱和食盐水除 Cl_2 中 HCl 的原因是

3、以粗盐水为原料，模拟工业上制漂白液脱除废水中氨氮 (NH_3) 的流程如下：



(1) 粗盐水中含有 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} ，请设计实验方案完成①中的提纯

(2) 写出②中的主要电极反应式及总反应式：_____

(3) ③中制备漂白液的反应方程式：_____

(4) ④中脱除废水中氨氮 (NH_3) 的离子方程式：_____

4、以 NaCl 溶液为原料制纯碱的方法是：向饱和的 NaCl 溶液中通入 NH_3 和 CO_2 → 析出 NaHCO_3 晶体 → 煅烧 NaHCO_3 晶体 → 获得纯碱。

(1) 产生 NaHCO_3 晶体的化学方程式为_____

(2) 用化学平衡原理解释下列事实

① 热的浓 Na_2CO_3 溶液可用来除油污_____

② 锅炉中的硫酸钙水垢可用纯碱溶液处理_____

④ NaHCO_3 溶液中： $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$ _____

⑤ 常温下， Na_2CO_3 溶液的碱性比同浓度 NaHCO_3 溶液强_____

⑥ 血液中的 HCO_3^- 可以维持血液的 pH 稳定在一定范围_____

(3) 下列实验方案中，不能测定 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 混合物中 Na_2CO_3 质量分数的是

A. 取 a 克混合物充分加热，减重 b 克

B. 取 a 克混合物与足量稀盐酸充分反应，加热、蒸干、灼烧，得 b 克固体

C. 取 a 克混合物与足量稀硫酸充分反应，逸出气体用碱石灰吸收，增重 b 克

D. 取 a 克混合物与足量 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液充分反应，过滤、洗涤、烘干，得 b 克固体

5、以 NaCl 为原料可冶炼金属钠。

(1) 冶炼钠的化学方程式为_____

(2) 金属钠暴露在空气中最终生成的产物是_____。写出钠暴露在空气中可能发生的所有反应的方程式：_____

(3) 冶炼所得的金属钠可用来制备供氧剂——过氧化钠。

① 制氧剂的化学方程式为_____

② 保存过氧化钠要隔绝空气，用方程式解释_____

③ 过氧化钠的电子式为_____，所含的化学键类型有_____，阴阳离子个数比为_____。

四、典型例题解析

1. (2015 北京 27) 研究 CO_2 在海洋中的转移和归宿, 是当今海洋科学研究的前沿领域。

(4) 利用右图所示装置从海水中提取 CO_2 , 有利于减

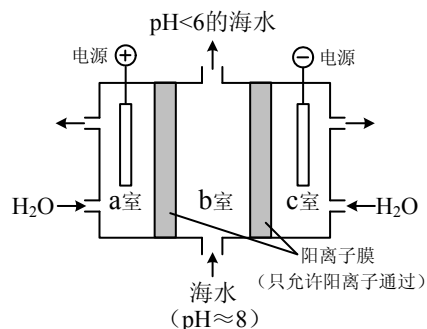
少环境温室气体含量。

① 结合方程式简述提取 CO_2 的原理: _____。

② 用该装置产生的物质处理 b 室排出的海水,

合格后排回大海。处理至合格的方法是

_____。



【解析】

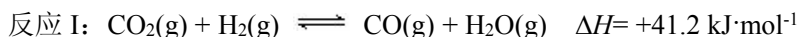
根据装置图中的外接电源可判断该电池为电解池→根据外接电源电极类别可判断 a 室为阳极室, c 室为阴极室→根据 a 室、c 室的原料都是水, 写电极反应式: a 室(阳极)为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$, c 室(阴极)为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ →根据交换膜种类只能是阳离子向阴极移动: a 室产生的 H^+ 进入 b 室(再与 HCO_3^- 进一步反应), b 室中的 Na^+ 进入 c 室(与 OH^- 一起形成 NaOH 溶液)。所以答案是: ①a 室发生: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$, H^+ 通过阳离子膜进入 b 室, 发生反应: $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ②用 c 室排出的 NaOH 溶液将从 b 室排出的酸性海水调至 $\text{pH} \approx 8$ 。

方法小结:

化学电池分析步骤: 电池种类→电极类别→电极反应→离子移动情况(有时要结合交换膜的类别)。电化学原理解释类的问题, 主要从电极反应和离子移动两个方面说明。

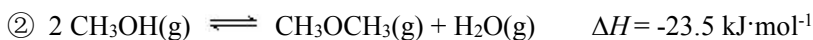
2、(2020届朝阳期中 17) CO_2 资源化利用的方法之一是合成二甲醚(CH_3OCH_3)。

(1) CO_2 催化加氢合成二甲醚的过程中主要发生下列反应:



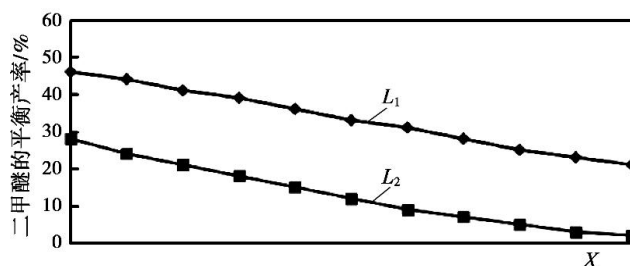
其中, 反应 II 分以下①②两步完成, 请写出反应①的热化学方程式。

① _____



(2) L (L_1 、 L_2)、 X 分别代表压强或温度, 图 1 表示 L 一定时, 反应 II 中二甲醚的平衡产率随 X 变化的关系, 其中 X 代表的物理量是_____。判断 L_1 、 L_2 的大小, 并简述理由: _____。

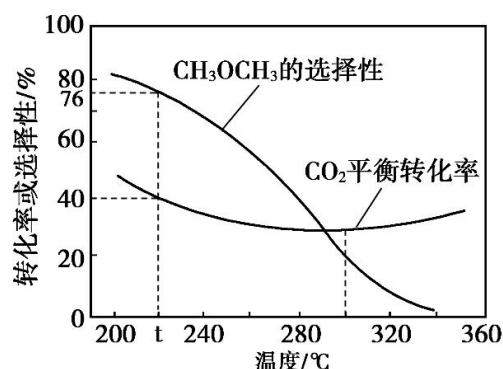
图 1



(3) 恒压时, 在 CO_2 和 H_2 起始量一定的条件下, CO_2 平衡转化率和平衡时 CH_3OCH_3

的选择性 (CH_3OCH_3 的选择性 = $\frac{2 \times \text{CH}_3\text{OCH}_3 \text{ 的物质的量}}{\text{反应的 } \text{CO}_2 \text{ 的物质的量}} \times 100\%$) 随温度变化如图 2。

图 2



① $t^\circ\text{C}$ 时, 起始投入 $a \text{ mol CO}_2$, $b \text{ mol H}_2$, 达到平衡时反应 II 消耗的 H_2 的物质的量为 _____ mol。

② 温度高于 300°C , CO_2 平衡转化率随温度升高而增大的原因是_____。

【解析】

(1) 先确定目标方程式。

方法 1: 按陌生生方程式书写的思路和步骤书写。

由信息“反应 II 分以下①②两步完成”可知反应①的反应物为 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$, 反应①的生成物为反应②的反应物即 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$, 根据守恒关系补充缺项配平便可确定反应①为: $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

方法 2: 让总反应 II 减去反应②, 消除 $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$ 也可得反应①的方程式。

再根据盖斯定律计算反应①的 ΔH 。由于 $2① + ② = \text{II}$, 则 $2\Delta H_{\text{①}} + \Delta H_{\text{②}} = \Delta H_{\text{II}}$, $H_{\text{①}} = (\text{II} - ②)/2 = (-122.5 + 23.5)/2 = -49.5 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$

(2) 先明确与图像有关的反应是反应 II。

再进行图像信息分析: 横坐标表示温度或压强, 纵坐标表示二甲醚的平衡产率, 当 L 一定时, 随 X 的增大二甲醚的平衡产率减小, 说明 X 增大平衡逆向移动。

最后对 X、L 进行分析: 根据反应 II 的气体系数及 ΔH 可知其他条件一定, 增大压强平衡正向移动, 二甲醚的平衡产率变大; 增大温度平衡逆向移动, 二甲醚的平衡产率减小。所以 X 为温度, L 为压强。温度一定时, 二甲醚的平衡产率越大的对应的压强越大所以 $L_1 > L_2$ 。

(3) 与图像有关的反应: 图像涉及 CO_2 平衡转化率、平衡时 CH_3OCH_3 的选择性, 随意与该图像有关的是反应 I 和反应 II。

图像中概念分析: CO_2 平衡转化率指的是反应 I 和反应 II 中 CO_2 总的转化率, 平衡时 CH_3OCH_3 的选择性指的是转化为 CH_3OCH_3 的 CO_2 在所有被转化掉的 CO_2 中的占比。

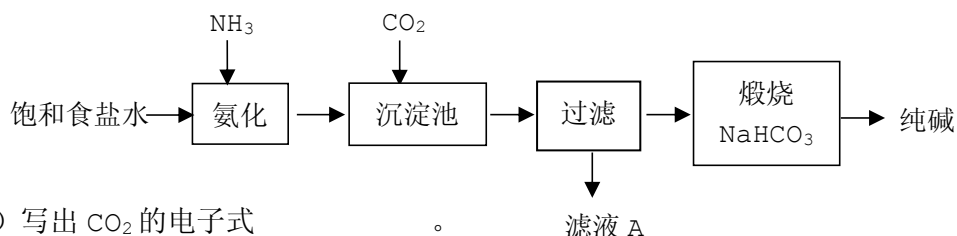
图像信息分析：

①根据图像可知在温度为 t 时， CO_2 的总平衡转化率是 40%，其中转化为 CH_3OCH_3 的 CO_2 占 76%，所以反应 II 消耗的 $n(\text{CO}_2)=a \cdot 40\% \cdot 76\%$ ，根据反应 II 中 CO_2 与 H_2 的比例关系可知反应 II 消耗的 $n(\text{H}_2)=3a \cdot 40\% \cdot 76\%$

②对 CH_3OCH_3 的选择性曲线进行分析。由于反应 I 为吸热反应，反应 II 为放热反应，所以随温度升高反应 I 正向进行程度变大（消耗的 CO_2 占比变大），反应 II 正向进行程度变小（消耗的 CO_2 占比变小）， CH_3OCH_3 的选择性逐渐变小。

③在 300°C 前 CH_3OCH_3 的选择性较大，说明以反应 II 为主，升温时以反应 II 平衡逆向移动为主，所以 CO_2 的平衡转化率逐渐减小；在 300°C 之后 CH_3OCH_3 的选择性较小，说明以反应 I 为主，升温时以反应 I 平衡正向移动为主，所以 CO_2 的平衡转化率逐渐增大。

3.（2018 届 石景山一模）化学家侯德榜创立了中国的制碱工艺，促进了世界制碱技术的发展。下图是纯碱工艺的简化流程图。



(1) 写出 CO_2 的电子式_____。

(2) 用离子方程式表示纯碱工艺中 HCO_3^- 的生成_____。

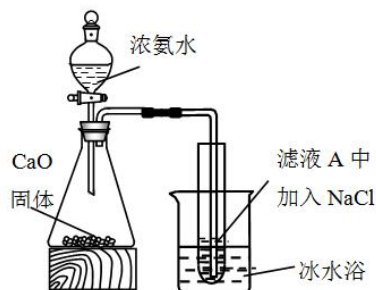
(3) 工业生产时先氨化再通 CO_2 ，顺序不能颠倒，原因是_____。

(4) 滤液 A 中最主要的两种离子是_____。

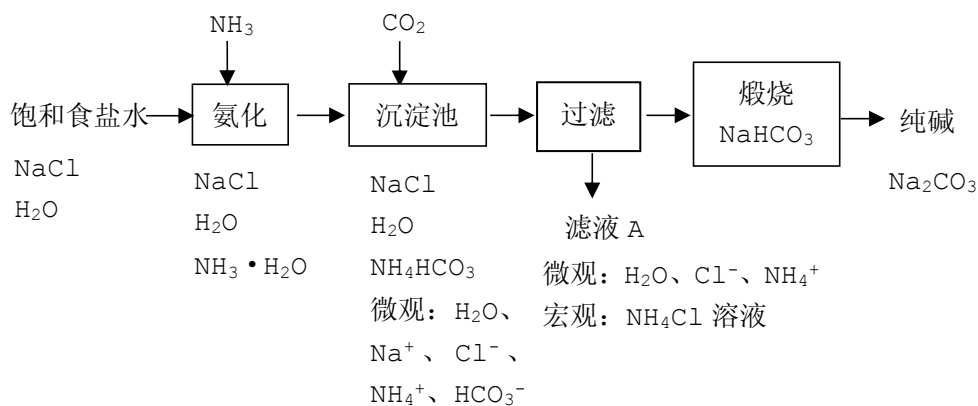
(5) 某小组设计如下实验分离滤液 A 中的主要物质。

打开分液漏斗活塞，一段时间后，试管中有白色晶体生成，用化学原理解释白色晶体产生的原因

_____。

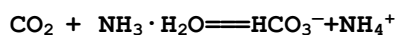


【解析】首先对物质、物质间的反应进行分析：



(1) 考查的是 CO_2 电子式书写的基本知识： $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$ 。

(2) 根据开始对物质、物质间反应的分析可知生成 HCO_3^- 的反应式为：



(3) 该小题考查氨化与通 CO_2 的顺序对沉淀溶解平衡的影响, 而且没有给分析的角度。结合该制碱工艺的目的---先要析出 NaHCO_3 晶体, 这就需要溶液中 $c(\text{HCO}_3^-)$ 浓度较高, 因为只有当溶液中 $c(\text{Na}^+) \cdot c(\text{HCO}_3^-) > K_{\text{sp}}(\text{NaHCO}_3)$ 时才能析出 NaHCO_3 晶体。而由于 CO_2 在水中的溶解度较小, 先通 CO_2 溶液中 $c(\text{HCO}_3^-)$ 浓度太小不会析出 NaHCO_3 晶体; 而 NH_3 极易溶于水, 形成的浓氨水可以吸收大量 CO_2 , 才能产生大量 HCO_3^- , 才会析出 NaHCO_3 晶体。

(4) 根据开始对物质、物质间反应的分析可知滤液 A 中主要的两种离子是 NH_4^+ 和 Cl^-

(5) 该小题考查的溶解平衡。试管中的物质的微观分析: 开始主要为 Cl^- 、 NH_4^+ ; 加入 NaCl 后主要为 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ , 且 $c(\text{Cl}^-)$ 较高; 通入 NH_3 , 形成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 电离出 NH_4^+ , 导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 变大。经过这些操作试管内溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 和 $c(\text{NH}_4^+)$ 变大, 当 $c(\text{Cl}^-) \cdot c(\text{NH}_4^+) > K_{\text{sp}}(\text{NH}_4\text{Cl})$ 时, 析出 NH_4Cl 晶体。另外, $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, 形成了离子键是放热过程, 故冰水浴降温有利于 NH_4Cl 晶体的析出。

五、学法指导及相关建议

这类题的特点是将物质的性质融入在具体的情境中, 在具体情境中考查相关的基本概念和原理。所以打开这类试题大门的钥匙就是: 先分析清楚情境中的物质, 再根据这些物质之间的反应运用所学的概念、原理等知识解释和解决情境中的具体问题。