

# 专题 12 科学探究题

## 内 容 导 航

### 第一部分 题型解码 高屋建瓴，掌握全局

🔗 题型概述      🔗 考向分类      🔗 技巧点拨

### 第二部分 考向破译 微观解剖，精细教学

🔗 典例引领      🔗 方法透视      🔗 变式演练

- 考向 01 物质成分探究题
- 考向 02 物质变质探究题
- 考向 03 反应后溶液中溶质成分探究题
- 考向 04 物质性质与变化规律探究题
- 考向 05 实验设计与评价探究题
- 考向 06 定量探究题

### 第三部分 题型训练 整合应用，模拟实战

## 题 型 解 码

题型概述	中考化学科学探究题是试卷的核心压轴题型，分值占比高（通常 10-15 分），综合性极强，以实验为载体，融合元素化合物、酸碱盐、实验操作、定量计算等核心知识点，全程围绕提出问题→猜想与假设→设计实验→进行实验→解释与结论→反思与评价→拓展迁移的科学探究逻辑链命题。
考向分类	考向 01 物质成分探究题 考向 02 物质变质探究题 考向 03 反应后溶液中溶质成分探究题 考向 04 物质性质与变化规律探究题 考向 05 实验设计与评价探究题 考向 06 定量探究题
技巧点拨	1.抓核心，审资料：通读全题锁定探究核心问题，优先圈画题干给出的【查阅资料】，陌生

考点、特殊性质、解题关键信息 100%出自此处，必须全程结合使用。

2.顺逻辑，理链条：顺着探究的 7 个环节梳理前后关联——猜想基于问题和资料，实验设计服务于猜想验证，现象决定结论，结论必须对应猜想，前后不能矛盾。

3.扣课本，迁知识：所有探究题均为课本核心知识的迁移应用，无超纲内容。快速关联对应知识点（如离子检验、气体性质、金属活动性、复分解反应规律等），锚定解题依据。

4.找漏洞，补细节：针对反思评价类设问，从干扰排除、变量控制、环保安全、实验误差、操作可行性 5 个维度排查缺陷。

5.规范答，不丢分：化学用语书写规范，现象描述覆盖固/液/气/色/热全维度，结论严格对应猜想，杜绝答非所问。

## 考 向 破 译

### ► 考向 01 物质成分探究题 ◀

#### ◆ 典例引领 ◆

**【典例 01】** (2025·黑龙江大庆·中考真题) 我市某校化学兴趣小组在老师的指导下进行“黑面包”趣味实验。

取 20g 蔗糖( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )放入烧杯中，加少量水润湿，注入 10mL 浓硫酸，搅拌，蔗糖先变黑后膨胀形成“黑面包”(如图 1)，同时还闻到了刺激性气味。

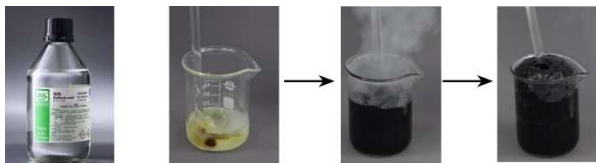


图1

已知：① $SO_2$  能使澄清石灰水变浑浊；

② $SO_2$  具有还原性，能与酸性高锰酸钾溶液反应；

③ $SO_2$  具有漂白性，能使品红溶液褪色。

I. 变黑的原因：生成了黑色的炭

(1)浓硫酸将蔗糖中氢、氧元素按水的组成比脱去，生成黑色的炭，体现了浓硫酸的\_\_\_\_\_作用。

II. 膨胀的原因：生成了气体

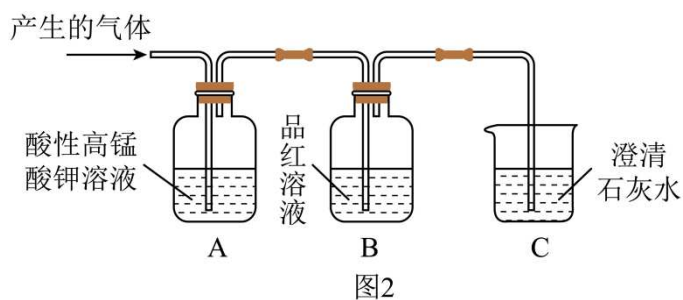
**【提出问题】** 气体的成分是什么？

**【猜想与假设】** 猜想一： $CO_2$  猜想二： $SO_2$  猜想三： $CO_2$  和  $SO_2$

(2)大家讨论后一致认为猜想一是错误的，原因是\_\_\_\_\_。

(3)为了验证猜想二和猜想三，只需检验\_\_\_\_\_(填化学式)是否存在即可。

**【实验探究】** 对气体成分进行检验，部分实验装置如图 2。



- (4) A 中酸性高锰酸钾溶液的作用是\_\_\_\_\_。
- (5) B 中品红溶液不褪色，说明\_\_\_\_\_。
- (6) C 中澄清石灰水变浑浊，反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

#### 【实验结论】

- (7) 综上所述，猜想\_\_\_\_\_成立。

#### 【答案】(1)脱水

(2) 二氧化碳不具有刺激性气味

(3)  $\text{CO}_2$

(4) 除去  $\text{SO}_2$ ，防止对  $\text{CO}_2$  的检验产生干扰

(5)  $\text{SO}_2$  已除尽

(6)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(7) 三

【详解】(1) 浓硫酸将蔗糖中氢、氧元素按水的组成比脱去，生成黑色的炭，体现了浓硫酸的脱水作用；

(2) 实验过程中闻到了刺激性气味，大家讨论后一致认为猜想一是错误的，原因是二氧化碳不具有刺激性气味；

(3) 实验过程中闻到了刺激性气味，二氧化硫具有刺激性气味，二氧化碳无味，因此为了验证猜想二和猜想三，只需检验  $\text{CO}_2$  是否存在即可；

(4)  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  均能使澄清石灰水变浑浊，因此为了检验  $\text{CO}_2$  是否存在，应先除去  $\text{SO}_2$ ，已知  $\text{SO}_2$  具有还原性，能与酸性高锰酸钾溶液反应，则 A 中酸性高锰酸钾溶液的作用是除去  $\text{SO}_2$ ，防止对  $\text{CO}_2$  的检验产生干扰；

(5) 已知  $\text{SO}_2$  具有漂白性，能使品红溶液褪色，观察到 B 中品红溶液不褪色，说明  $\text{SO}_2$  已除尽；

(6) C 中澄清石灰水变浑浊，说明产生的气体中含有二氧化碳，二氧化碳与澄清石灰水中的氢氧化钙反应生成碳酸钙沉淀和水，化学方程式为  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

(7) 由上述实验可知，产生的气体中含有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ ，则猜想三成立。

#### 方法透视

**解题** 1、明确检验对象：根据题干猜想，列出待检验的物质/离子，对应标注其特征检验试剂和专属现象；

思路	<p>2、确定检验优先级，排除干扰：这是该题型的核心得分点，必须遵循“先验无干扰物质，后验易被干扰物质；先除尽干扰，再做后续检验”的原则：</p> <p>气体检验固定顺序：先验水蒸气（无水 <math>\text{CuSO}_4</math>）→ 再验 <math>\text{CO}_2</math>（澄清石灰水）→ 除尽 <math>\text{CO}_2</math> 和 <math>\text{H}_2\text{O}</math>→ 再验 <math>\text{CO}/\text{H}_2</math>（灼热 <math>\text{CuO}</math>，再分别验产物 <math>\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}</math>）。</p> <p>避坑：若先通过水溶液/石灰水，会引入水蒸气，无法检验原混合气体中的 <math>\text{H}_2\text{O}</math>；</p> <p>溶液离子检验固定顺序：先验 <math>\text{H}^+/\text{OH}^-</math>（酸碱性）→加过量稀硝酸验并除尽 <math>\text{CO}_3^{2-}</math>（<math>\text{CO}_3^{2-}</math> 会干扰 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>、<math>\text{Cl}^-</math> 检验）→加过量 <math>\text{Ba}(\text{NO}_3)_2</math> 验并除尽 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>（<math>\text{SO}_4^{2-}</math> 会干扰 <math>\text{Cl}^-</math> 检验）→最后加 <math>\text{AgNO}_3</math> 验 <math>\text{Cl}^-</math>。</p> <p>3、设计实验步骤：严格按照干扰顺序设计“检验-除杂-再检验”流程，除杂试剂必须过量，确保干扰完全消除，且不能引入待检验的离子；</p> <p>4、推导最终成分：遵循“有对应现象则有该物质，无现象则无该物质”的原则，逐一排除或确定，最终得出完整成分结论。</p>
解题模板	<p>题型 1：混合气体成分检验（固定顺序，零失误）</p> <p>核心检验顺序：先验水蒸气→再验 <math>\text{CO}_2</math>→除尽 <math>\text{CO}_2</math> 和 <math>\text{H}_2\text{O}</math>→验 <math>\text{CO}/\text{H}_2</math>→尾气处理</p> <p>（1）将混合气体通过无水硫酸铜，观察到白色固体变蓝，证明原混合气体中含有 <math>\text{H}_2\text{O}</math>；</p> <p>（2）再将剩余气体通过澄清石灰水，观察到溶液变浑浊，证明原混合气体中含有 <math>\text{CO}_2</math>；</p> <p>（3）再将剩余气体依次通过足量 <math>\text{NaOH}</math> 溶液、浓硫酸，目的是完全除去混合气体中的 <math>\text{CO}_2</math> 和水蒸气，排除后续检验干扰）；</p> <p>（4）再将剩余气体通过灼热的 <math>\text{CuO}</math>，观察到黑色固体变红，再将反应后的气体依次通过无水硫酸铜、澄清石灰水；</p> <p>若无水硫酸铜变蓝，证明原混合气体中含有 <math>\text{H}_2</math>；</p> <p>若澄清石灰水变浑浊，证明原混合气体中含有 <math>\text{CO}</math>；</p> <p>（5）最后加装点燃的酒精灯/气囊，目的是处理有毒的 <math>\text{CO}</math> 尾气，防止污染空气。</p>
	<p>题型 2：溶液中离子检验（固定顺序，排除干扰）</p> <p>核心检验顺序：验 <math>\text{H}^+/\text{OH}^-</math>→验并除尽 <math>\text{CO}_3^{2-}</math>→验并除尽 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>→最后验 <math>\text{Cl}^-</math></p> <p>1、取少量待测液于试管中，加入过量稀硝酸，若观察到有气泡产生，证明溶液中含有 <math>\text{CO}_3^{2-}</math>；加至无气泡产生，目的完全除尽 <math>\text{CO}_3^{2-}</math>，排除对后续 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>、<math>\text{Cl}^-</math> 检验的干扰）；</p> <p>2、向上述溶液中加入过量 <math>\text{Ba}(\text{NO}_3)_2</math> 溶液，若观察到产生白色沉淀，证明溶液中含有 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>；加至不再产生沉淀，过滤，目的是完全除尽 <math>\text{SO}_4^{2-}</math>，排除对后续 <math>\text{Cl}^-</math> 检验的干扰；</p> <p>3、向步骤 2 的滤液中加入 <math>\text{AgNO}_3</math> 溶液，若观察到产生白色沉淀，证明溶液中含有 <math>\text{Cl}^-</math>。</p>

◆变式演练◆

**【变式 01】** (2026·内蒙古呼和浩特·模拟预测) 某研究小组以“食品中的脱氧剂”为主题进行项目式探究学习。

**【任务一】认识脱氧剂的作用**

(1)食品包装中加入脱氧剂的作用是\_\_\_\_\_（填字母）。

- A. 除去氧气，抑制好氧菌生长
- B. 防止食品因氧化而变色变质

**【任务二】探究脱氧剂的成分**

(2)用剪刀剪开一包脱氧剂，倾倒入白纸上，观察到有黑色粉末和少量的白色固体。结合查阅的资料，推测黑色粉末可能是铁粉、活性炭、二氧化锰、四氧化三铁等。

探究过程	实验现象	实验结论
①用磁铁靠近该混合物	部分黑色粉末被吸引	粉末可能含有_____和 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
②取少量磁铁上吸引的黑色粉末于试管中，加入足量_____。	黑色固体全部消失， _____	黑色粉末中含有铁粉：反应的化学方程式：_____
③另取少量黑色粉末，放入溶有红墨水的溶液中；	_____	黑色粉末中还含有活性炭

资料还显示、脱氧剂中还含有食盐、生石灰、吸水性树脂等物质。

**【任务三】解密脱氧原理**

剪开一包脱氧剂，用磁铁靠近，将吸引的黑色粉末装入一个无纺布袋中，滴加 5~6 滴水，封口，轻轻揉搓布袋。

(3)打开布袋看到黑色粉末变为红棕色，这是因为铁粉能与空气中的\_\_\_\_\_反应，从而实现包装食品的保鲜、防腐；

(4)钢铁生锈腐蚀会造成巨大经济损失、常见的钢铁防腐措施有\_\_\_\_\_（写一种即可）。

**【答案】(1)AB**

(2) Fe 稀盐酸/稀硫酸 产生气泡，溶液变为浅绿色  $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$  /

$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 \uparrow$  红墨水褪色(或溶液红色变浅)

(3)氧气和水

(4)刷漆(或涂油、镀耐腐蚀金属、制成不锈钢等，任写一种)

**【详解】**（1）食品包装中加入脱氧剂的作用是其作用是吸收氧气，使食品因缺氧而不变质、发霉等，从而可长期保存食品，故选 AB。

（2）①能被磁铁吸引的黑色含铁物质是铁粉和四氧化三铁，因此可推测粉末含铁粉和四氧化三铁；

②铁能与稀盐酸（稀硫酸）反应生成氯化亚铁（硫酸亚铁）和氢气，根据实验结论：黑色粉末中含铁，则

探究过程为：取少量磁铁上吸引的黑色粉末于试管中，加入足量稀盐酸（稀硫酸）；

实验现象为：黑色固体全部消失，产生气泡，溶液变为浅绿色；

方程式为： $\text{Fe}+2\text{HCl}=\text{FeCl}_2+\text{H}_2\uparrow$ （ $\text{Fe}+\text{H}_2\text{SO}_4=\text{FeSO}_4+\text{H}_2\uparrow$ ）；

③活性炭具有吸附性，能吸附色素，因此含有活性炭时，会使红墨水褪色（颜色变浅）。

（3）铁粉最终变为红棕色的氧化铁，是铁与空气的中氧气、水共同发生反应的结果，因此脱氧原理是消耗氧气和水，实现防腐保鲜。

（4）钢铁防腐的原理是隔绝氧气和水，常见的措施有刷漆、涂油、镀保护层等，任写一种合理即可。

**【变式 02】**（2025·山东济南·三模）完成下列小题：

(1)嫩竹通过生石灰、草木灰（主要成分是  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ）加水浸泡以及打浆、抄纸等步骤可制得纸张。某兴趣小组模拟古代造纸技术时，对生石灰和草木灰混合后溶液成分展开探究。

**【猜想假设】**

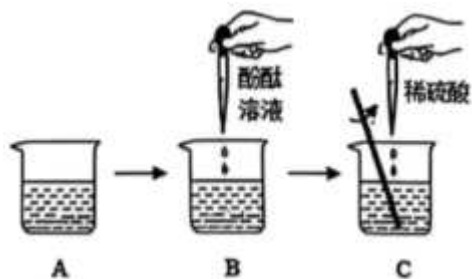
猜想一：只含有  $\text{KOH}$ ； 猜想二：含有  $\text{KOH}$ 、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ ； 猜想三： $\text{KOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

**【设计实验】**

实验步骤	实验现象	实验结论
①取该溶液少许于试管中，滴加过量稀盐酸	_____	猜想二不正确
②另取该溶液少许于试管中，滴加少许_____溶液	生成白色沉淀	猜想三正确

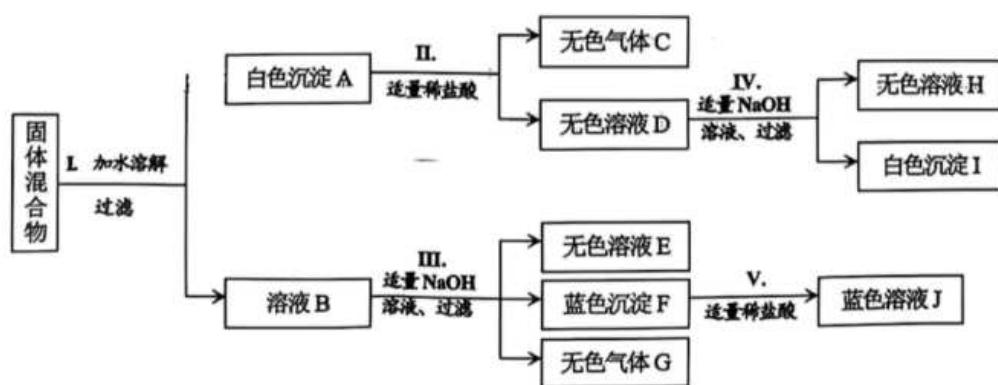
**【交流反思】**

③含有  $\text{KOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的废水直接排放会造成水体污染。某小组同学先向废水中滴入酚酞溶液，再逐滴滴入稀硫酸并不断搅拌（见图）。当烧杯 C 中出现\_\_\_\_\_现象时，说明水中已无  $\text{KOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。



(2)有固体混合物，已知该混合物中可能含有  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{CuSO}_4$  五种物质中的两种或多种，按如图所示进行实验，出现的现象如图所示。(设过程中所有发生的反应都恰好完全反应)





结合上述信息分析推理，回答下列问题：

- ①无色气体 G 是\_\_\_\_\_（填化学式），将无色气体 C 通入紫色石蕊试液，试液变\_\_\_\_\_色。
- ②溶液 E 中，一定大量存在的阴离子是\_\_\_\_\_（填离子符号）。
- ③实验过程 V 中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- ④根据上述实验现象推断，固体混合物中还无法确定的物质是\_\_\_\_\_（填化学式），请利用无色溶液 E 设计实验，确定其是否存在，请写出实验过程、现象及结论\_\_\_\_\_。

**【答案】** (1) 无气体生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  或  $\text{K}_2\text{CO}_3$  溶液由红色变成无色  
 (2)  $\text{NH}_3$  红  $\text{NO}_3^-$   $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{CuSO}_4$  取少量无色溶液 E 于试管中，加入硝酸钡（或氯化钡）溶液和稀硝酸，若有白色沉淀生成则固体混合物中一定有硫酸铜，可能有硝酸铜；如果没有白色沉淀则固体混合物中一定没有硫酸铜，一定有硝酸铜

**【详解】** (1) [设计实验]

- ①根据结论：猜想二不正确，则溶质中不含碳酸钾，取溶液少许于试管中，滴加过量稀盐酸，无明显现象；
- ②结论说明猜想三正确，则溶质中含有氢氧化钙，现象为观察到有白色沉淀生成，则可以滴加碳酸钾溶液或者碳酸钠溶液，碳酸钾或碳酸钠与氢氧化钙反应生成碳酸钙白色沉淀；

[交流反思] 含有  $\text{KOH}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的废液直接排放会造成水体污染，小组同学在废水中滴加 2~3 滴酚酞试液，溶液变红色，加入适量的稀硫酸，硫酸与氢氧化钾（氢氧化钙）反应生成硫酸钾（硫酸钙）和水，当烧杯中溶液由红色变为无色时，说明废水中已经没有  $\text{KOH}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ；

(2) ①混合物加水溶解后，向溶液 B 加氢氧化钠溶液产生气体，含铵根的物质与碱反应会放氨气，所以 G 是氨气；

白色沉淀 A 加盐酸产生的气体 C，是碳酸盐与酸反应生成的二氧化碳，二氧化碳溶于水成碳酸，使石蕊变红；

②溶液 B 一定含硝酸铵和带铜离子的盐，加氢氧化钠反应后，硝酸铵和氢氧化钠反应生成氨气和硝酸钠，铜离子和氢氧化钠生成氢氧化铜沉淀，硝酸根不反应，留在溶液 B 中，一定含有的阴离子是硝酸根离子  $\text{NO}_3^-$ ；

③实验过程 V 中，蓝色沉淀 F 是铜离子与氢氧化钠反应生成的氢氧化铜，加盐酸发生中和反应，生成氯化铜和水，反应的化学方程式为： $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

④固体混合物加水溶解后，白色沉淀 A 可以与盐酸反应生成二氧化碳，由备选物可知，白色沉淀中有碳酸

钡，无色溶液 D 可以与氢氧化钠反应生成沉淀，由备选物可知，此沉淀为氢氧化镁，故原混合物中一定有氢氧化镁，溶液 B 加氢氧化钠能生成气体 G，故 B 中一定含有铵盐，由备选可知，原混合物中一定有硝酸铵，整个过程中只有蓝色沉淀证明混合物中一定含有铜盐，但不能证明是存在  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  还是  $\text{CuSO}_4$ 。取少量无色溶液 E 于试管中，加入硝酸钡（或氯化钡）溶液和稀硝酸，若有白色沉淀生成则固体混合物中一定有硫酸铜，可能有硝酸铜；如果没有白色沉淀则固体混合物中一定没有硫酸铜，一定有硝酸铜。

**【变式 03】** (2025·山东烟台·中考真题) 过碳酸钠 ( $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}_2$ ) 俗称“固体双氧水”，常用于特定

环境供氧。它遇水能分解为碳酸钠和过氧化氢。兴趣小组对过碳酸钠的组成和性质进行以下探究。

活动一：验证过碳酸钠部分化学性质

**【设计并实施实验】**

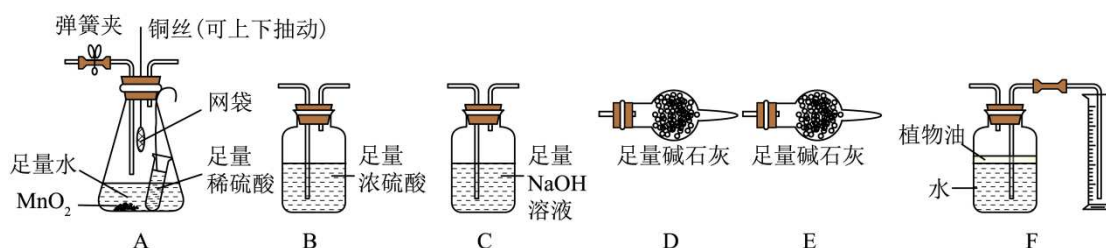
(1) 小组设计并实施实验如下表，完成相关内容。

实验操作	实验现象	实验结论
步骤 I. 取少量过碳酸钠样品和 $\text{MnO}_2$ 粉末于试管中，加足量水，将带火星的木条放在试管口。	_____。	过碳酸钠溶于水能产生氧气。
步骤 II. 取步骤 I 反应后的上层清液，滴加过量的稀盐酸，_____。	_____。	上层清液与稀盐酸反应能产生二氧化碳。

活动二：测定过碳酸钠的组成

**【设计并实施实验】**

为测定过碳酸钠 ( $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}_2$ ) 样品中 x、y 的比值，兴趣小组选用下图所示装置进行实验（省略胶皮管、夹持等装置，整个装置气密性良好）。



**【查阅资料】** 碱石灰是氢氧化钠和氧化钙的固体混合物； $\text{MnO}_2$  与稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  不反应。

实验 1：依次连接装置 A、F，将盛有一定质量的过碳酸钠样品的网袋慢慢浸没在锥形瓶内的水中，待完全反应后，恢复到室温，测得量筒中进入 224mL 水（该实验状况下，224mL 氧气质量为 0.32g）。

实验 2：先称量装置 C、D 的质量，再将“实验 1”反应后的装置 A 小心拆下，依次连接装置 A、B、C、D、E。慢慢倾斜装置 A，使试管中的稀硫酸逐渐流入锥形瓶中，待反应完全后，再打开弹簧夹通入一会儿  $\text{N}_2$ 。测得装置 C、D 分别增重 0.83g 和 0.05g。

(2) “实验 2”中装置 D 增重的原因是\_\_\_\_\_。



(3)根据实验数据计算，一定质量的过碳酸钠样品分解生成的碳酸钠与过氧化氢的质量比是\_\_\_\_\_（填最简整数比，下同），则该过碳酸钠样品（ $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}_2$ ）中  $x:y =$ \_\_\_\_\_。

【反思评价】

(4)“实验 1”中反应生成的氧气有部分残留在装置 A 中，没有全部进入装置 F，对测定氧气体积的影响是\_\_\_\_\_（填“偏大”“偏小”或“无影响”）。

(5)过碳酸钠的实际组成是  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ 。如果你计算的过碳酸钠组成中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的量偏大，试分析造成实验误差的原因可能是\_\_\_\_\_（写 1 条）。

【答案】(1) 带火星的木条复燃 将产生的气体通入澄清石灰水 有气泡产生，澄清石灰水变浑浊

(2)吸收气流从装置 C 中带出的水蒸气

(3) 53:17 1: 1

(4)无影响

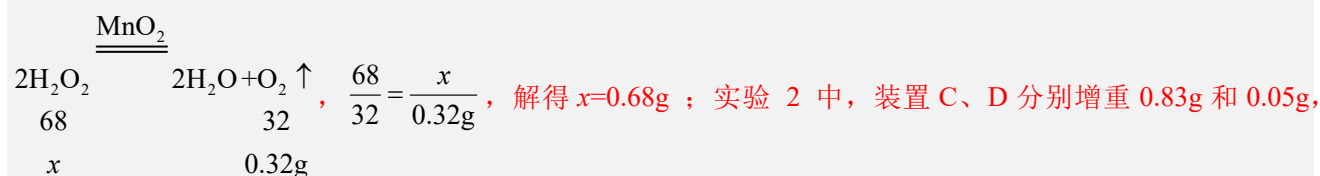
(5)装置 A 拆卸、连接时，空气中的  $\text{CO}_2$  被装置 C 吸收（合理即可）

【详解】（1）步骤 I：过碳酸钠遇水分解生成碳酸钠和过氧化氢，过氧化氢在  $\text{MnO}_2$  催化下分解产生氧气，氧气能使带火星木条复燃，所以现象为带火星的木条复燃。

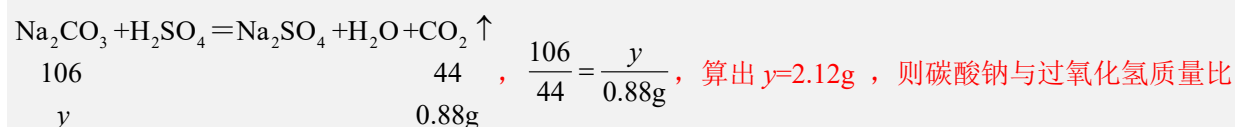
步骤 II：步骤 I 反应后上层清液含碳酸钠，碳酸钠与稀盐酸反应生成二氧化碳，二氧化碳能使石灰水变浑浊，则操作是将产生的气体通入澄清石灰水，现象为有气泡产生，澄清石灰水变浑浊。

（2）装置 A 中碳酸钠与稀硫酸反应生成  $\text{CO}_2$ ， $\text{CO}_2$  经装置 B（浓硫酸）干燥后进入装置 C（ $\text{NaOH}$  溶液）， $\text{NaOH}$  溶液吸收  $\text{CO}_2$ ，氢氧化钠溶液不具有吸水性，因此气流会带出水蒸气被 D 吸收，故 D 会增重。

（3）① 由实验 1， $m(\text{O}_2)=0.32\text{g}$ ，设有过氧化氢的质量为  $x$ 。



根据 2 问的分析， $\text{CO}_2$  质量  $=0.83\text{g}+0.05\text{g}=0.88\text{g}$ ，设碳酸钠的质量为  $y$ ，由



$2.12\text{g}:0.68\text{g}=53:17$ 。② 过碳酸钠样品中  $x:y = \frac{2.12\text{g}}{106} : \frac{0.68\text{g}}{34} = 1: 1$ ，故  $x:y=1:1$ 。

（4）实验 1 用排水法测氧气体积，恢复室温后，装置内压强与外界平衡，装置 A 中残留氧气不影响进入量筒水的体积，原来 A 中的空气被排出到 F 中，F 中是有气体进入才会排出水，则是等体积替换，所以对测定氧气体积无影响。

（5）若  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的偏大，根据质量守恒定律，即是二氧化碳的质量偏大；可能是“实验 1”后装置 A 拆卸、连接“实验 2”装置时，空气进入装置内，空气中的  $\text{CO}_2$  被装置 C 吸收， $\text{CO}_2$  质量偏大（或 B 装置中的空

气未排出，合理即可 )。

## ►考向 02 物质变质探究题◀

### ◆典例引领◆

**【典例 01】** (2025·四川广元·中考真题) 某化学兴趣小组发现装满碱石灰的塑料瓶已经膨胀破裂，同学们对此产生了兴趣，在老师的指导下进行了以下探究。

**【信息】** ①碱石灰由 NaOH 和 CaO 按一定比例混合而成，是一种常用的干燥剂；

②NaCl 溶液和 CaCl<sub>2</sub> 溶液都呈中性。

**【问题】** 根据资料及所学知识，同学们认为，这瓶“碱石灰”已经变质。

(1)①碱石灰在空气中易变质的原因是\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示，写一个即可)；

②这瓶已经变质的“碱石灰”中含有哪些物质？

**【预测】**

(2)同学们推测，这瓶已经变质的“碱石灰”中可能含有的物质有 CaO、NaOH、Ca(OH)<sub>2</sub>、\_\_\_\_\_ (填化学式)和 CaCO<sub>3</sub>。

**【实验】** 同学们讨论后根据以下实验方案进行实验

步骤	操作	现象	结论
步骤 I	取部分样品放入烧杯中，加足量水，搅拌	无放热现象	样品中不含 CaO 和 NaOH
步骤 II	将步骤 I 烧杯中的物质过滤	滤纸上有白色固体	样品中一定含有 CaCO <sub>3</sub>
步骤 III	取步骤 II 滤液加入试管中，向其中滴加过量 CaCl <sub>2</sub> 溶液，振荡，静置	产生白色沉淀	样品中一定含有 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
步骤 IV	向步骤 III 的上层清液中滴加无色酚酞溶液	溶液变红	

**【分析与结论】**

(3)同学们讨论后得出仅步骤 II 的结论不准确，原因是\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示)。

(4)步骤 IV 中溶液变红的现象说明步骤 III 的上层清液中含有\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(5)通过上述实验得出：这瓶变质的“碱石灰”中一定含有的物质是\_\_\_\_\_ (填化学式)。

**【答案】** (1)  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$  /  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(2) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(3)  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$

(4)NaOH

(5)Ca(OH)<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

【详解】(1) 碱石灰的主要成分是氧化钙(CaO)和氢氧化钠(NaOH)。氧化钙会与空气中的水反应, 化学方程式为  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ ; 氢氧化钠会与空气中的二氧化碳反应, 化学方程式为  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 因为碱石灰中的成分会与空气中物质反应, CaO 与水反应生成 Ca(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 反应生成 CaCO<sub>3</sub>, NaOH 与 CO<sub>2</sub> 反应生成 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 所以可能含有的物质有 CaO、NaOH、Ca(OH)<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 CaCO<sub>3</sub>。

(3) 仅步骤II得出样品中一定含有 CaCO<sub>3</sub> 不准确, 因为若样品中有 Ca(OH)<sub>2</sub> 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 它们会反应生成 CaCO<sub>3</sub> 沉淀, 化学方程式为  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaOH}$ 。

(4) 步骤IV中向步骤III的上层清液中滴加无色酚酞溶液变红, 说明溶液显碱性, 步骤III中加入过量 CaCl<sub>2</sub> 溶液将 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 完全反应, 此时溶液显碱性是因为含有 NaOH。

(5) 结合(3), 步骤I中无放热现象, 说明样品中不含 CaO 和 NaOH; 步骤III中产生白色沉淀, 说明样品中一定含有 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 步骤IV中溶液变红, 说明步骤II过滤后的滤液中有 NaOH, 而这个 NaOH 是由 Ca(OH)<sub>2</sub> 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 反应生成的, 所以样品中一定含有 Ca(OH)<sub>2</sub>。所以这瓶变质的“碱石灰”中一定含有的物质是 Ca(OH)<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。

## 方法透视

解题思路	<p>标准解题思路:</p> <p>第一步: 检验是否变质——核心是检验变质产物是否存在;</p> <p>第二步: 若已变质, 检验变质程度——核心是先完全除尽变质产物, 再检验原物质是否剩余;</p> <p>第三步: 拓展应用——除杂方案、保存方法设计。</p>
解题模板	<p>题型 1: NaOH 是否变质+变质程度检验模板</p> <p>1、取少量样品于试管中, 加水完全溶解, 加入 <b>过量的 Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/CaCl<sub>2</sub> 溶液</b>, 振荡静置, 若无白色沉淀生成, 说明样品未变质; 若有白色沉淀生成, 则证明样品已变质;</p> <p>2、取步骤 1 的上层清液, 滴加无色酚酞溶液/CuSO<sub>4</sub> 溶液, 若溶液变红/产生蓝色沉淀, 则证明样品部分变质; 若无明显现象, 则样品完全变质;</p> <p>题型 2: 变质物质除杂答题模板</p> <p>1、NaOH 中混有 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: 向样品溶液中加入适量的 Ca(OH)<sub>2</sub>/Ba(OH)<sub>2</sub> 溶液, 至不再产生沉淀, 过滤, 所得滤液即为 NaOH 溶液。</p> <p>2、CaCl<sub>2</sub> 中混有 CaCO<sub>3</sub>: 向样品中加入足量稀盐酸, 至不再产生气泡, 蒸发结晶, 得到纯净 CaCl<sub>2</sub> 固体。</p>

## 变式演练

**【变式 01】 (2025·江苏宿迁·中考真题)** 化学实践小组准备用面粉、水、食用小苏打等原料蒸制馒头，发现

有一包已过保质期的食用小苏打(标签显示: $\text{NaHCO}_3$  含量 $\geq 99\%$ )。他们对该食用小苏打是否变质及变质后对膨松效果的影响开展项目式探究。

**【资料 1】** ① $\text{NaHCO}_3$  受热易分解， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和杂质受热不分解。

②浓度小于  $0.83\%$  的  $\text{NaHCO}_3$  溶液与  $0.1\%$  的氯化钙溶液混合，无现象；浓度大于  $0.83\%$  的  $\text{NaHCO}_3$  溶液与  $0.1\%$  的氯化钙溶液混合，产生白色沉淀。

项目一：探究该食用小苏打是否变质

(1) **【作出猜想】** 猜想 1：未变质，成分为  $\text{NaHCO}_3$ ；猜想 2：完全变质，成分为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ；猜想 3：部分变质，成分为\_\_\_\_\_。

(2) **【进行实验】** 小组同学分别设计了定性和定量 2 个实验。

设计实验	实验现象、实验数据
实验 1：称取 2g 干燥样品与 250g 水配制成溶液，取少量溶液于试管中，向其中滴加 $0.1\%$ 的氯化钙溶液	产生白色沉淀，化学方程式为_____
实验 2：另称取 10g 干燥样品，加热至恒重(即质量不再变化)，再称重	剩余固体质量为 6.9g

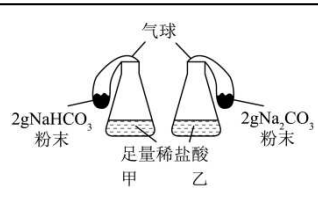
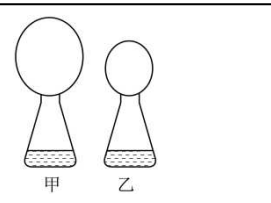
(3) **【证据推理】** 实验 2 中，样品中质量减少的物质是\_\_\_\_\_，样品中该物质的质量分数为\_\_\_\_\_，若测定过程中未加热至恒重，会导致该物质的质量分数\_\_\_\_\_ (填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

(4) **【获得结论】** 猜想\_\_\_\_\_成立。

项目二：探究变质后对膨松效果的影响

**【资料】** ①蒸制馒头需要经历和面、醒发和蒸制等过程，醒发过程中面团会产生酸性物质。②蒸制馒头过程中，产生的气体越多，馒头越膨松。

(5) **【进行实验】** 用足量的稀盐酸代替面团中的酸性物质进行实验。

设计实验	实验现象	实验结论
		相同条件下，_____

**【获得结论】** 变质的食用小苏打膨松效果变差。

(6) **【反思评价】** 蒸制馒头过程中，主要利用了  $\text{NaHCO}_3$  的化学性质有\_\_\_\_\_。

**【答案】** (1)  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

(3)  $\text{NaHCO}_3$       84%      偏小

(4)3

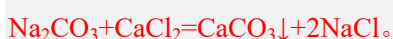
(5)NaHCO<sub>3</sub>与盐酸反应产生的二氧化碳更多

(6)受热能产生二氧化碳气体、能与酸反应产生二氧化碳气体

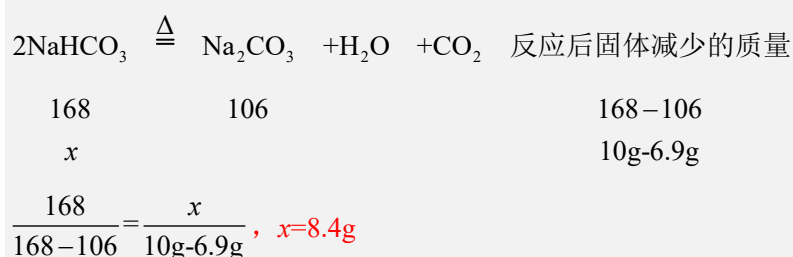
【详解】(1)猜想1:未变质,成分为NaHCO<sub>3</sub>;猜想2:完全变质,成分为Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;则猜想3:部分变质,成分为NaHCO<sub>3</sub>和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。

(2)实验1:称取2g干燥样品与250g水配制成溶液,溶液的溶质质量分数为: $\frac{2g}{2g+250g} \times 100\% = 0.79\%$ ,

浓度小于0.83%的NaHCO<sub>3</sub>溶液与0.1%的氯化钙溶液混合,无现象。取少量溶液于试管中,向其中滴加0.1%的氯化钙溶液,实验现象为产生白色沉淀,说明样品中含有碳酸钠,则反应的化学方程式为:



(3)因为NaHCO<sub>3</sub>受热易分解,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和杂质受热不分解。实验2中,样品中质量减少的物质是NaHCO<sub>3</sub>。设样品中NaHCO<sub>3</sub>的质量为x。



样品中该物质的质量分数为: $\frac{8.4g}{10g} \times 100\% = 84\%$

若测定过程中未加热至恒重,反应后固体的差量减小,会导致该物质的质量分数偏小。

(4)[获得结论]根据以上分析可知,猜想3成立。

(5)根据甲中的气球比乙中的气球膨胀更大,得出实验结论:相同条件下,NaHCO<sub>3</sub>与盐酸反应产生的二氧化碳更多。

(6)蒸制馒头过程中,主要利用了NaHCO<sub>3</sub>的化学性质有:受热能产生二氧化碳气体、能与酸反应产生二氧化碳气体。

【变式 02】 (2025·福建漳州·模拟预测) 兴趣小组围绕FeCO<sub>3</sub>展开了如下探究。

I. FeCO<sub>3</sub>的制备

查阅资料:

a.工业上常用FeSO<sub>4</sub>和碳酸盐反应制得白色不溶物FeCO<sub>3</sub>。

b.强碱性条件下,FeSO<sub>4</sub>在空气中容易氧化成灰绿色的物质而变质。

兴趣小组用不同的碳酸盐制备FeCO<sub>3</sub>,实验现象如下。

方案	实验内容	实验现象
----	------	------

一	将 $\text{NaHCO}_3$ 溶液滴入 $\text{FeSO}_4$ 溶液	产生白色沉淀，同时伴有气泡产生
二	将 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液滴入 $\text{FeSO}_4$ 溶液	产生白色絮状沉淀，少量沉淀显灰绿色

(1)为了进一步检验方案一的气体，小组同学将气体通入澄清石灰水，发现\_\_\_\_\_，说明产生了  $\text{CO}_2$ 。

(2)方案二中两种物质反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

(3)由表可知方案一的实验效果更好，原因是\_\_\_\_\_。

## II. $\text{FeCO}_3$ 的性质

查阅资料：a.  $\text{FeCO}_3$  在潮湿的空气中易变成红褐色的氢氧化铁  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 。

b. 含  $\text{Fe}^{3+}$  的溶液遇到  $\text{KSCN}$  溶液会产生血红色絮状物。

【提出问题】露置在空气中的  $\text{FeCO}_3$  固体是否变质？

【猜想与假设】猜想 1：不变质

猜想 2：部分变质

猜想 3：完全变质

【进行实验】

(4)取少量固体于试管中，加入\_\_\_\_\_，固体完全溶解，产生气泡；取少量反应后的溶液于试管中，滴入  $\text{KSCN}$  溶液，产生了\_\_\_\_\_。

【得出结论】说明猜想 2 成立。

【反思交流】

(5)保存  $\text{FeCO}_3$  应该\_\_\_\_\_。

## III $\text{FeCO}_3$ 的应用

(6)作催化剂： $\text{FeCO}_3$  作为催化剂应满足的条件是\_\_\_\_\_。

(7)作化工原料： $\text{FeCO}_3$  可作为生产铁盐的原料。净水中，铁盐可作为明矾的替代品，其作用是\_\_\_\_\_。

(8)作阻燃剂：灼烧  $\text{FeCO}_3$  会产生  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{CO}_2$ ，反应时会吸热。 $\text{FeCO}_3$  用于阻燃涉及的灭火原理是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)澄清石灰水变浑浊

(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{FeSO}_4 = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

(3)方案一产生白色沉淀且无变质现象/方案二有沉淀变质显灰绿色，方案一沉淀更纯净（合理即可）

(4) 稀盐酸/稀硫酸 血红色絮状物

(5)密封、干燥

(6)能改变反应速率，且反应前后自身质量、化学性质不变

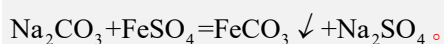
(7)吸附水中悬浮杂质，使其沉降

(8)降温至可燃物着火点以下，隔绝氧气

【详解】(1)  $\text{CO}_2$  与澄清石灰水（氢氧化钙溶液）反应生成碳酸钙白色沉淀和水，使澄清石灰水变浑浊，据此检验  $\text{CO}_2$ 。



(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{FeSO}_4$  发生复分解反应，交换成分生成  $\text{FeCO}_3$  沉淀和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，化学方程式为



(3) 对比实验现象，方案一沉淀为白色、无灰绿色（无变质），方案二有部分灰绿色（ $\text{FeSO}_4$  变质），故方案一实验效果更好。

(4)  $\text{FeCO}_3$  与酸（稀盐酸 / 稀硫酸）反应生成  $\text{CO}_2$  气体（有气泡），也能与  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  反应，可溶解固体；猜想 2 “部分变质”成立，则有  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  生成， $\text{Fe}(\text{OH})_3$  与酸反应生成  $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{Fe}^{3+}$  遇  $\text{KSCN}$  溶液产生血红色絮状物。

(5)  $\text{FeCO}_3$  在潮湿空气中易变质，需隔绝水和空气，故密封、干燥保存。

(6) 催化剂的定义：能改变反应速率，且反应前后自身质量、化学性质不变。

(7) 铁盐与明矾类似，可吸附水中悬浮杂质，使其沉降，达到净水目的。

(8) 在空气中灼烧  $\text{FeCO}_3$  吸热，可降温至可燃物着火点以下；生成的  $\text{CO}_2$  可隔绝氧气，共同起到阻燃作用。

**【变式 03】** (2025·广东肇庆·二模) 学习化学的重要途径之一是科学探究，请你完成以下探究活动。

**【探究活动一】** 九年级同学在化学实验操作训练中，为探究 B 试管中反应后溶液中溶质的成分，同学们进行了以下探究。

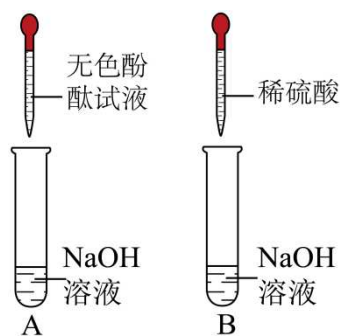


图1

**【猜想与假设】**

(1) 猜想一：  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

猜想二：  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$

猜想三： \_\_\_\_\_

猜想四： 有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{NaOH}$ 。

某兴趣小组的同学对以上猜想提出质疑，认为猜想四不合理，理由是\_\_\_\_\_。

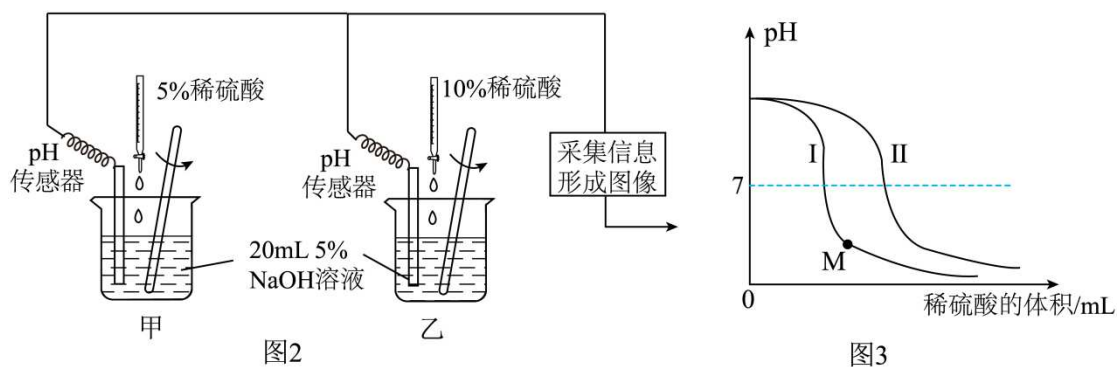
**【设计并进行实验】**

(2) 完成并记录以下实验：

实验步骤	实验现象	实验结论
I. 取少量 B 试管中反应后的溶液，滴加碳酸钠溶液	无明显现象	猜想二不成立

II. 另取少量 B 试管中反应后的溶液，滴加硝酸镁溶液	_____	猜想一不成立，猜想三成立
------------------------------	-------	--------------

为探究氢氧化钠溶液与稀硫酸反应过程中 pH 的变化，甲、乙两组同学按图 2 所示装置进行实验，测定出溶液 pH 变化如图 3 所示。



(3)甲组实验 pH 变化对应的曲线是\_\_\_\_\_ (填“I”或“II”)。若取 M 点对应溶液滴加紫色石蕊试液,现象是\_\_\_\_\_。

#### 【探究活动二】

在实验室里桌上有瓶敞口放置已久的 NaOH 溶液，同学们对溶质的成分产生了探究的欲望。

【提出问题】这瓶 NaOH 溶液一定变质了，其变质程度如何呢？

【提出猜想】

猜想一：NaOH 溶液部分变质

猜想二：NaOH 溶液完全变质

【查阅资料】BaCl<sub>2</sub> 溶液、Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 溶液、CaCl<sub>2</sub> 溶液呈中性。

【实验探究】

(4)氢氧化钠溶液变质的原因为\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示)。

(5)小华设计了如下实验进行探究，请根据表中内容填写：

实验步骤	现象	结论
步骤一	取少量 NaOH 溶液样品于试管中，向其中滴加足量的氯化钙溶液。	产生白色沉淀
步骤二	过滤，向滤液中滴加酚酞溶液。	酚酞溶液变红
		猜想_____成立

步骤一中滴加氯化钙溶液要“足量”，目的是\_\_\_\_\_。

【实验反思】

(6)下列物质中不能替代步骤一中所加试剂的是\_\_\_\_\_ (填序号)。

A. 稀盐酸；

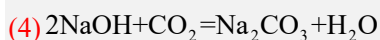
B. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 溶液；

C. BaCl<sub>2</sub> 溶液

【答案】(1) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 NaOH 能反应，不能共存

(2)产生白色沉淀

(3) II 溶液变成红色



(5) 一 将溶液中的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  完全除去，防止对  $\text{NaOH}$  的检验产生干扰

(6) A

【详解】(1) 稀硫酸与  $\text{NaOH}$  反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，若二者恰好完全反应，溶质只有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ；若稀硫酸过量，溶质为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ；若  $\text{NaOH}$  过量，溶质为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$ ，结合其它猜想，猜想三为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$ ；

$\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{NaOH}$  能反应 ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ )，不能共存，所以猜想四不合理。

(2) 猜想三成立，说明溶液中含有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$ ，滴加硝酸镁溶液， $\text{NaOH}$  与  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  发生反应  $2\text{NaOH} + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$ ，现象是产生白色沉淀。

(3) 甲组使用的是 5% 的稀硫酸，乙组使用的是 10% 的稀硫酸，相同体积下，乙组稀硫酸中的量更多，中和等量的  $\text{NaOH}$  溶液，甲组所需稀硫酸体积更大，所以甲组实验 pH 变化对应的曲线是 II；

M 点对应溶液 pH < 7，溶液呈酸性，滴加紫色石蕊试液，溶液变成红色。

(4) 氢氧化钠溶液与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钠和水，导致溶液变质，该反应的化学方程式为  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 步骤一产生白色沉淀，说明溶液中含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (发生的反应是  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ )；步骤二酚酞溶液变红，说明溶液中含有  $\text{NaOH}$ ，所以溶液部分变质，猜想一成立； $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液都呈碱性，都能使酚酞溶液变红。步骤一中滴加足量氯化钙溶液，是为了把  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  完全反应掉，避免其对后续检验  $\text{NaOH}$  造成干扰。

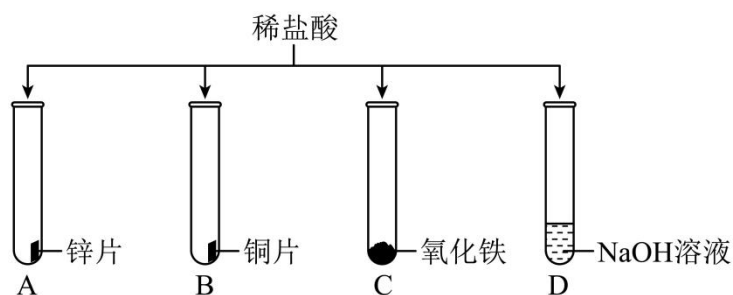
(6) 步骤一中所加试剂的目的是检验并除去  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。稀盐酸与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应会生成  $\text{CO}_2$  气体，同时也会与  $\text{NaOH}$  反应，不能用于检验并除去  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ； $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  溶液、 $\text{BaCl}_2$  溶液均呈中性，能与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成白色沉淀，即  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$ 、 $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ，且不与  $\text{NaOH}$  反应，可用于检验并除去  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

故选 A。

### ► 考向 03 反应后溶液中溶质成分探究题 ◀

#### ◆ 典例引领 ◆

【典例 01】 (2025·四川眉山·中考真题) 某化学兴趣小组为探究稀盐酸的化学性质做了如图实验。



(1)有气泡产生的是\_\_\_\_\_ (填字母序号)。

(2)C 中观察到固体逐渐减少，溶液变为黄色，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3)为探究 D 试管内反应后溶液中溶质的成分，该小组进行了以下探究。

【提出问题】

D 试管内反应后溶液中溶质的成分是什么？

【猜想与假设】

猜想一：NaCl；猜想二：NaCl 和 HCl；猜想三：\_\_\_\_\_。

【实验探究】

实验步骤	实验现象	实验结论
I.取少量 D 试管内的溶液，倒入盛有碳酸钠粉末的试管中	无明显现象	猜想二不成立
II.另取少量 D 试管内的溶液，滴加硫酸铜溶液	_____	猜想三成立,猜想一和二不成立

【实验结论】

综上所述，猜想三正确。

【反思与评价】

①能替代步骤 II 中所用硫酸铜溶液也可得到相同结论的物质是\_\_\_\_\_ (填字母序号)。

A. 无色酚酞试液    B. 铁粉    C. 稀硫酸    D. 氯化铁溶液

②在考虑反应后溶液中溶质成分时，除生成物外还需考虑\_\_\_\_\_。

【答案】(1)A

(2) $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$

(3) NaCl 和 NaOH    产生蓝色沉淀    A、D    反应物是否过量

【详解】(1) A、锌与稀盐酸反应生成氯化锌和氢气，产生气泡，符合题意；

B、在金属活动性顺序里，铜排在氢后，铜和稀盐酸不反应，不符合题意；

C、氧化铁与稀盐酸反应生成氯化铁和水，无气泡产生，不符合题意；

D、氢氧化钠与稀盐酸反应生成氯化钠和水，无气泡产生，不符合题意。

故选 A；

(2) C 中观察到固体逐渐减少, 溶液变为黄色, 该反应为氧化铁和稀盐酸反应生成氯化铁和水, 该反应的化学方程式为:  $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$ ;

(3) 猜想与假设: 氢氧化钠与稀盐酸反应生成氯化钠和水, 如果恰好完全反应, 则溶质为氯化钠, 如果盐酸过量, 则溶质为氯化钠, 氯化氢, 如果氢氧化钠过量, 则溶质为氯化钠、氢氧化钠, 故猜想三: NaCl 和 NaOH;

实验探究: II.另取少量 D 试管内的溶液, 滴加硫酸铜溶液, 硫酸铜能与氢氧化钠反应生成氢氧化铜和硫酸钠, 故产生蓝色沉淀, 说明含氢氧化钠, 说明猜想三成立;

反思与评价: ①A、无色酚酞试液在碱性溶液中变红, 在中性和酸性溶液中均不变色, 故加入无色酚酞试液, 溶液变红, 说明含氢氧化钠, 可以得到相同结论, 符合题意;

B、铁与氢氧化钠不反应, 不能得出相同的结论, 不符合题意;

C、氢氧化钠和稀硫酸反应生成硫酸钠和水, 无明显现象, 不能得到相同结论, 不符合题意;

D、氯化铁和氢氧化钠反应生成氢氧化铁和氯化钠, 产生红褐色沉淀, 说明含氢氧化钠, 可以得到相同的结论, 符合题意。

故选 AD;

②在考虑反应后溶液中溶质成分时, 除生成物外还需考虑反应物是否过量。

## 方法透视

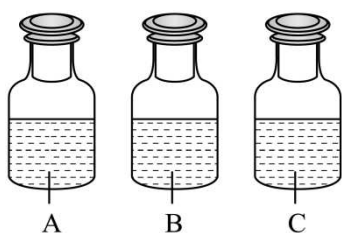
解题思路	<p>1、<b>写方程式：</b>写出对应反应的化学方程式，筛选出可溶性物质（难溶物不计入溶质）；</p> <p>2、<b>列猜想：</b>列出 3 种合理猜想，排除错误猜想；</p> <p>3、<b>定检验对象：</b>生成物一定存在，无需检验！只需检验是否有过量的可溶性反应物；</p> <p>4、<b>设计实验：</b>根据过量反应物的特征性质，选择检验试剂，对应现象得出结论。</p>								
解题模板	<p><b>题型 1：猜想书写模板（零错误）</b></p> <p>以反应 <math>A+B=C+D</math>（D 为沉淀/气体/水，C 为可溶性生成物）为例：</p> <p>猜想 1：恰好完全反应，溶质只有 C</p> <p>猜想 2：A 过量，溶质为 C 和 A</p> <p>猜想 3：B 过量，溶质为 C 和 B</p> <p><b>题型 2：实验设计与结论模板（以稀盐酸和 NaOH 反应为例，溶质一定有 NaCl，只需验过量的 HCl 或 NaOH）</b></p> <table><tr><td>实验目的</td><td>实验步骤</td><td>实验现象</td><td>实验结论</td></tr><tr><td>检验是否有 HCl 过量（H<sup>+</sup>）</td><td>取少量反应后溶液于试管中，加入活泼金属 Zn/Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液/紫色石蕊溶液</td><td>①有气泡产生/溶液变红 ②无明显现象</td><td>①猜想 2（HCl 过量）成立 ②猜想 2 不成立</td></tr></table>	实验目的	实验步骤	实验现象	实验结论	检验是否有 HCl 过量（H <sup>+</sup> ）	取少量反应后溶液于试管中，加入活泼金属 Zn/Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液/紫色石蕊溶液	①有气泡产生/溶液变红 ②无明显现象	①猜想 2（HCl 过量）成立 ②猜想 2 不成立
实验目的	实验步骤	实验现象	实验结论						
检验是否有 HCl 过量（H <sup>+</sup> ）	取少量反应后溶液于试管中，加入活泼金属 Zn/Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液/紫色石蕊溶液	①有气泡产生/溶液变红 ②无明显现象	①猜想 2（HCl 过量）成立 ②猜想 2 不成立						

	检验是否有 NaOH 过量 ( $\text{OH}^-$ )	取少量反应后溶液于试管中, 加入无色酚酞溶液/ $\text{CuSO}_4$ 溶液	①溶液变红/产生蓝色沉淀 ②无明显现象	①猜想 3 ( $\text{NaOH}$ 过量) 成立 ②猜想 3 不成立
	综合结论	上述两组实验均无明显现象	无明显现象	猜想 1 (恰好完全反应) 成立

### ◆变式演练◆

**【变式 01】** (2025·陕西·中考真题) 如图 A、B、C 是没有标签的三瓶无色溶液, 分别是  $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

溶液和稀盐酸中的一种, 请你与学习小组同学进行以下探究与学习。



任务一 鉴别 A、B、C 三瓶无色溶液

(1) 如图, 小明在小烧杯中加入一定量 A, 向其中滴加 2~3 滴无色酚酞溶液, 观察到溶液变红, 接着向该溶液中加入一定量 B, 只观察到溶液变为无色, 再向其中滴加一定量 C, 只观察到生成无色气泡, 生成气泡的化学反应方程式为\_\_\_\_\_。



依据上述实验现象, 你认为下列结论\_\_\_\_\_(填序号)是正确的。

- ①A 是  $\text{NaOH}$  溶液, B 是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, C 是稀盐酸
- ②A 是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, B 是稀盐酸, C 是  $\text{NaOH}$  溶液
- ③A 是  $\text{NaOH}$  溶液, B 是稀盐酸, C 是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液

(2) 小亮认为不用无色酚酞溶液也可以完成鉴别, 他用三支洁净的玻璃棒分别蘸取少量 A、B、C, 并在酒精灯火焰上加热, 最终无固体残留的那支玻璃棒所蘸的溶液一定是\_\_\_\_\_(填名称)。

(3) 小红提出仅通过 A、B、C 三种溶液任意两种相互倾倒直接混合的方法也能鉴别出 A、B、C, 你认为该方法\_\_\_\_\_(填“能”或“不能”)达到鉴别目的。

任务二 探究实验后废液中溶质的成分

**【提出问题】** 老师提出让同学们探究上面小明实验结束后, 烧杯内的溶液中溶质(除酚酞外)是什么?

**【做出猜想】**

(4) 小强认为废液中的溶质存在以下三个猜想。

猜想一:  $\text{NaCl}$  猜想二:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{HCl}$  猜想三:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$



上述小强的猜想中，你认为猜想\_\_\_\_\_是不合理的。

【实验验证】

(5)小强取少量废液于试管中，向其中滴加澄清石灰水，开始无明显现象，最后溶液变为红色，证明他的猜想\_\_\_\_\_是成立的。

【反思应用】

(6)若只用一种试剂即可鉴别出 KCl、K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、BaCl<sub>2</sub> 三种无色溶液，可以选择的试剂是\_\_\_\_\_ (只写一种)。

【答案】(1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  ③

(2)稀盐酸/盐酸

(3)不能

(4)三

(5)二

(6)稀硫酸（合理即可）

【详解】（1）在小烧杯中加入一定量 A，向其中滴加 2~3 滴无色酚酞溶液，观察到溶液变红，氢氧化钠溶液和碳酸钠溶液均显碱性，均能使无色酚酞试液变红，稀盐酸显酸性，不能使无色酚酞试液变色，故溶液变红，说明 A 中为氢氧化钠溶液或碳酸钠溶液，接着向该溶液中加入一定量 B，只观察到溶液变为无色，氢氧化钠能与稀盐酸反应生成氯化钠和水，氯化钠显中性，稀盐酸显酸性，均不能使无色酚酞试液变色，碳酸钠与稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，故只观察到溶液变为无色，说明 B 中为稀盐酸，A 中为氢氧化钠溶液，则 C 中是碳酸钠，再向其中滴加一定量 C，只观察到生成无色气泡，生成气泡的反应为碳酸钠和稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，该反应的化学方程式为： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ；由以上分析可知，A 中是氢氧化钠溶液，B 中是稀盐酸，C 中是碳酸钠溶液。

故选③；

（2）盐酸具有挥发性，加热过程中，氯化氢会挥发出去，故最终无固体残留的那支玻璃棒所蘸的溶液一定是稀盐酸；

（3）将三种溶液两两混合，氢氧化钠和稀盐酸反应生成氯化钠和水，氢氧化钠和碳酸钠不反应，无明显现象，碳酸钠和稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，产生气泡，故均无明显现象的是氢氧化钠溶液，均产生一次气泡的是稀盐酸和碳酸钠溶液，无法区分稀盐酸和碳酸钠溶液，故该方法不能达到鉴别目的；

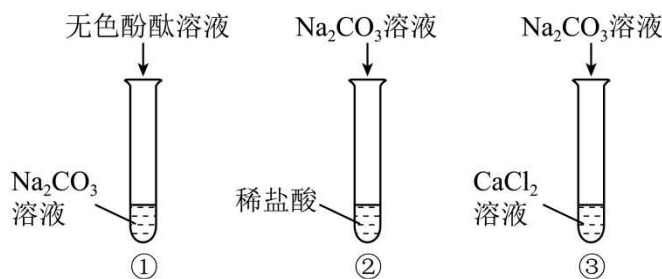
（4）碳酸钠溶液显碱性，能使无色酚酞试液变红，故滴加一定量 C 后，只观察到生成无色气泡，溶液没有变为红色，说明反应后溶液中一定不含碳酸钠，则猜想三是不合理的；

（5）取少量废液于试管中，向其中滴加澄清石灰水，澄清石灰水显碱性，如果废液中不含盐酸，则滴加澄清石灰水后，溶液立即变为红色，开始无明显现象，最后溶液变为红色，说明废液中含盐酸，氢氧化钙先与稀盐酸反应氯化钙和水，故开始无明显现象，待盐酸完全反应后，滴加澄清石灰水，溶液呈碱性，故最后溶液变为红色，故猜想二成立；

（6）氯化钾和稀硫酸不反应，无明显现象，碳酸钾和稀硫酸反应生成硫酸钾、二氧化碳和水，产生气泡，氯化钡和稀硫酸反应生成硫酸钡和盐酸，产生白色沉淀，现象不同，故可选择的试剂是稀硫酸。

**【变式 02】** (2026·陕西·一模) 碳酸钠在生产和生活中有着广泛的用途, 某兴趣小组围绕碳酸钠的性质进

行了如图所示实验, 并展开一系列探究。



(1) 上述实验试管①中观察到溶液变为红色, 原因是\_\_\_\_\_, 试管③中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 实验结束后, 小组同学将三支试管中所有物质倒入同一洁净的大烧杯中, 得到无色澄清透明溶液, 则倒入前试管②中的\_\_\_\_\_过量。

**【提出问题】** 大烧杯中溶液含有的溶质成分是什么? (酚酞不计)

**【做出猜想】**

猜想一:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ ; 猜想二:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{HCl}$ ; 猜想三:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{HCl}$ ;

(3) 你认为以上猜想中, 不合理的是猜想\_\_\_\_\_。

**【实验验证】**

(4) 为了验证猜想, 同学们设计了如下实验

实验操作	实验现象	实验结论
取少量大烧杯中溶液, 加入盛有少量氧化铁粉末的试管中	固体逐渐溶解, 溶液变为___色	猜想三成立

**【反思交流】**

(5) 某同学提出可以选用下列试剂中的\_\_\_\_\_ (填字母), 也能证明猜想三成立。

A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液

B.  $\text{AgNO}_3$  溶液

C.  $\text{NaOH}$  溶液

**【答案】** (1) 碳酸钠溶液呈碱性  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

(2)  $\text{HCl}$

(3) 二

(4) 黄

(5) A

**【详解】** (1) 碳酸钠溶液呈碱性, 能使无色酚酞溶液变红;

试管③中碳酸钠与氯化钙反应生成碳酸钙沉淀和氯化钠, 化学方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。

(2) 最终得到无色澄清透明溶液, 说明溶液呈酸性或中性 (酚酞在酸性和中性溶液中为无色), 且试管③中的碳酸钙沉淀消失, 说明其它试管中存在能与  $\text{CaCO}_3$  反应的物质, 因此试管②中的  $\text{HCl}$  过量。

(3) 不合理的是猜想二。原因: 试管③反应生成  $\text{CaCO}_3$ , 混合后溶液澄清, 说明  $\text{CaCO}_3$  沉淀被盐酸溶解,

因此溶液中一定含有  $\text{CaCl}_2$ ，猜想二缺少  $\text{CaCl}_2$ ，故不合理。

(4) 猜想三成立，说明溶液含  $\text{HCl}$ ，氧化铁与  $\text{HCl}$  反应生成氯化铁和水，氯化铁溶液呈黄色，因此现象为溶液变为黄色。

(5) A、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{HCl}$  反应会产生气泡 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ )，可证明存在  $\text{HCl}$ ，该选项正确。

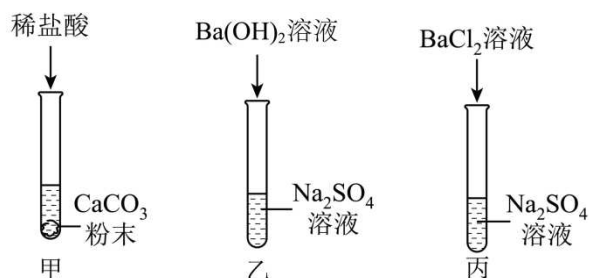
B、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{HCl}$  都能与  $\text{AgNO}_3$  生成  $\text{AgCl}$  白色沉淀，无法证明存在  $\text{HCl}$ ，该选项错误。

C、 $\text{NaOH}$  与  $\text{HCl}$  反应无明显现象，无法证明存在  $\text{HCl}$ ，该选项错误。

故选 A。

**【变式 03】** (2026·广西贵港·一模) 学习复分解反应后，某化学兴趣小组的同学对初中化学常见的五种物

质稀盐酸、 $\text{CaCO}_3$  粉末、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液、 $\text{BaCl}_2$  溶液之间的反应进行如图所示的实验探究。



(1) 试管甲中观察到的现象是\_\_\_\_\_。

(2) 试管丙中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3) 从微观角度解释试管乙和试管丙中都能发生反应的实质是\_\_\_\_\_。

(4) 将试管丙反应后的物质过滤，对滤液中溶质的成分进一步探究：

**【提出问题】** 滤液中溶质的成分是什么？

**【猜想假设】** 猜想一： $\text{NaCl}$ ；猜想二： $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ；猜想三：\_\_\_\_\_

**【设计实验】**

实验操作	实验现象	结论
步骤一：取少量滤液于试管中，加入适量 $\text{BaCl}_2$ 溶液	无明显现象	猜想_____不成立
步骤二：取少量滤液于试管中，加入适量稀硫酸	_____	猜想三成立

**【反思拓展】**

① 探究反应后溶液中溶质的成分，既要考虑生成物，又要考虑反应物是否有剩余。

②依据复分解反应发生的条件，步骤二中除可用稀硫酸外，还可选用\_\_\_\_\_（填字母序号）也能达到同样的实验目的。

a.稀盐酸 b.氢氧化钠溶液 c.碳酸钠溶液

【答案】(1)固体粉末溶解，产生气泡

(2)  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$

(3)  $\text{Ba}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀

(4)  $\text{NaCl}$ 、 $\text{BaCl}_2$  二 产生白色沉淀 c

【详解】(1)稀盐酸会与碳酸钙粉末反应生成二氧化碳气体，因此试管甲中观察到的现象是：固体粉末溶解，产生气泡。

(2)试管丙中  $\text{BaCl}_2$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  反应生成  $\text{BaSO}_4$  和  $\text{NaCl}$ ，化学方程式为： $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。

(3)从微观角度解释试管乙和试管丙中都能发生反应的实质是： $\text{Ba}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀或  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ 。

(4)将试管丙反应后的物质过滤，对滤液中溶质的成分进一步探究：

猜想假设：猜想一：氯化钡与硫酸钠恰好完全反应，反应后滤液溶质为  $\text{NaCl}$ ；

猜想二：当硫酸钠过量时，反应后滤液溶质为  $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ；

猜想三：当氯化钡过量时，反应后滤液溶质为  $\text{NaCl}$ 、 $\text{BaCl}_2$ ；

设计实验：步骤一：取少量滤液于试管中，加入适量  $\text{BaCl}_2$  溶液，无明显现象，说明不含有硫酸钠（硫酸钠与氯化钡反应生成硫酸钡沉淀和氯化钠），说明猜想二不成立；

步骤二：取少量滤液于试管中，加入适量稀硫酸，有白色沉淀生成，说明含有氯化钡（氯化钡与稀硫酸反应生成硫酸钡沉淀和盐酸），说明猜想三成立；

反思拓展：依据复分解反应发生的条件，生成物中有沉淀或气体或水，步骤二中验证猜想三正确，即为验证含有氯化钡和氯化钠，

a.稀盐酸与氯化钡不反应，无明显现象；

b.氢氧化钠溶液与氯化钡反应没有气体、沉淀、水，故无法反应，无明显现象；

c.碳酸钠溶液与氯化钡反应生成碳酸钡沉淀和氯化钠，该反应有沉淀生成，能够反应；

故选 c。

## ►考向 04 物质性质与变化规律探究题◀

### ◆典例引领◆

【典例 01】（2025·山东德州·中考真题）常温下， $\text{Fe}$ 、 $\text{CuO}$  均能与稀硫酸反应。兴趣小组的同学提出问题：二者混合后与稀硫酸反应的先后顺序受哪些因素影响？同学们设计实验方案进行如下探究。

提示：铁与氧化铜在溶液中不反应。

【实验探究一】铁和氧化铜用量的差异对反应先后顺序的影响

实验方案：向两份不同比例的混合粉末中，分别加入足量等体积、溶质质量分数为 9.8% 的稀硫酸，不断搅拌，观察实验现象。



实验记录：

实验序号	铁粉质量 / g	氧化铜质量 / g	9.8% 的稀硫酸	实验现象
①	0.56	1.6	足量	立即出现红色固体，无气泡产生，充分反应后上层清液呈蓝色。
②	1.68	1.6	足量	立即出现红色固体，红色固体不再增加后，产生大量气泡，充分反应后上层清液呈浅绿色。

【分析与结论】

- (1) 实验中均生成红色固体，相关反应的化学方程式为\_\_\_\_\_；\_\_\_\_\_。
- (2) 以上实验，铁、氧化铜两种物质中，先与稀硫酸发生反应的是\_\_\_\_\_。
- (3) 结论：在一定条件下，铁粉和氧化铜用量的差异\_\_\_\_\_（填“是”或“否”）会影响二者与稀硫酸反应的顺序。

【实验探究二】硫酸浓度对反应先后顺序的影响

实验方案：向两份相同比例的混合粉末中，分别加入足量等体积、溶质质量分数不同的稀硫酸，不断搅拌，观察实验现象。

实验记录：

实验序号	铁粉质量 / g	氧化铜质量 / g	稀硫酸浓度	实验现象
------	----------	-----------	-------	------

③	1.12	1.6	18.6%	立即出现红色固体，无气泡产生，充分反应后上层清液呈浅绿色。
④	1.12	1.6	23.7%	立即出现红色固体的同时产生大量气泡，充分反应后上层清液呈浅蓝色。

【分析与结论】

(4)实验④中产生大量气泡，该气体为\_\_\_\_\_。

(5)对比实验③和实验④，增大硫酸浓度会促进\_\_\_\_\_与硫酸的反应。

(6)增大硫酸浓度会影响红色固体的质量。两个实验中，红色固体质量的大小关系是：实验③\_\_\_\_\_实验④（填“大于”或“小于”）。

结论：硫酸浓度对铁、氧化铜与稀硫酸反应的顺序有一定影响。

【答案】(1)  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$        $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

(2)氧化铜/ $\text{CuO}$

(3)否

(4)氢气/ $\text{H}_2$

(5)铁/ $\text{Fe}$

(6)大于

【详解】(1) 实验中生成红色固体，是因为氧化铜与稀硫酸反应生成硫酸铜和水，该反应的化学方程式为：

$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ，铁与硫酸铜反应生成硫酸亚铁和铜，该反应的化学方程式为：

$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ ；

(2) 由实验现象可知，先出现红色固体，如果铁过量，在红色固体不再增加后，产生大量气泡，说明氧化铜先与硫酸反应生成硫酸铜和水，然后铁先与硫酸铜反应生成硫酸亚铁和铜，然后铁与硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气；

(3) 由表中数据可知，实验①②中铁粉的质量不同，其他因素相同，但是两个实验中均先出现红色固体，说明在一定条件下，铁粉和氧化铜用量的差异不会影响二者与稀硫酸反应的顺序，均是氧化铜先与硫酸反应生成硫酸铜和水，然后铁与硫酸铜反应生成硫酸亚铁和铜，最后铁有剩余，铁再与硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气，故填：否；

(4) 实验④中产生大量气泡，该气体为铁与硫酸反应生成的氢气；

(5) 对比实验③和实验④，两个实验中稀硫酸的浓度不同，其他因素相同，当稀硫酸浓度较低时，向混合粉末中加入稀硫酸，立即出现红色固体，无气泡产生，充分反应后上层清液呈浅绿色，说明此时氧化铜先与稀硫酸生成硫酸铜和水，然后铁与硫酸铜反应生成硫酸亚铁和铜，当稀硫酸浓度较高时，立即出现红色固体的同时产生大量气泡，充分反应后上层清液呈浅蓝色。说明铁与硫酸铜反应的同时，铁也与硫酸发生了反应，说明增大硫酸浓度会促进铁与硫酸的反应；



(6) 实验③中充分反应后上层清液呈浅绿色，说明上层清液中不含硫酸铜，则氧化铜中的铜元素完全转化到了铜单质中，实验④中充分反应后上层清液呈浅蓝色，说明上层清液中含硫酸铜，则氧化铜中的铜元素一部分转化到了铜单质中，一部分转化到了硫酸铜中，根据质量守恒定律，化学反应前后元素的种类和质量不变，则两个实验中，红色固体质量的大小关系是：实验③大于实验④。

## 方法透视

<p><b>解题思路</b></p>	<p>1、<b>明变量</b>：锁定探究的核心变量，明确无关变量；</p> <p>2、<b>设对照</b>：设计对比实验，只改变核心变量，其余条件完全相同；</p> <p>3、<b>得结论</b>：结论必须标注前提「在其他条件相同时」，再描述变量对实验的影响；</p> <p>4、<b>做评价</b>：排查实验是否严格控制变量、是否有其他因素干扰。</p>
<p><b>答题模板</b></p>	<p><b>模板 1：控制变量实验设计模板</b></p> <p>以探究过氧化氢溶液浓度对分解速率的影响为例，可直接迁移：</p> <p>取两支相同的试管，分别加入等体积、不同浓度的过氧化氢溶液，再分别加入等质量、等颗粒大小的二氧化锰，将两支试管置于相同温度的环境中，观察并比较产生气泡的速率/收集等体积气体所需的时间。</p> <p><b>模板 2：控制变量实验结论万能句式（阅卷标准得分句）</b></p> <p>在其他条件相同时，（自变量，如过氧化氢浓度）越（大/高），（因变量，如反应速率）越（快/慢）。</p> <p>避坑：必须加在其他条件相同时的前提，否则直接扣分。</p> <p><b>模板 3：金属活动性顺序探究模板（3 种万能方案）</b></p> <p>以验证 Fe、Cu、Ag 三种金属活动性为例：</p> <p>1.两金夹一盐：取 Fe、Ag 两种金属单质，分别放入等体积、等浓度的 <math>\text{CuSO}_4</math> 溶液中，观察现象。</p> <p>现象：Fe 表面有红色固体析出，Ag 表面无明显现象；</p> <p>结论：金属活动性 <math>\text{Fe} &gt; \text{Cu} &gt; \text{Ag}</math>。</p> <p>2.两盐夹一金：取 Cu 金属单质，分别放入等体积、等浓度的 <math>\text{FeSO}_4</math> 溶液、<math>\text{AgNO}_3</math> 溶液中，观察现象。</p> <p>现象：<math>\text{FeSO}_4</math> 溶液中无明显现象，<math>\text{AgNO}_3</math> 溶液中 Cu 表面有银白色固体析出；</p> <p>结论：金属活动性 <math>\text{Fe} &gt; \text{Cu} &gt; \text{Ag}</math>。</p> <p>3.逐级验证：取三种金属单质，分别放入等体积、等浓度的稀盐酸中，Fe 表面有气泡，Cu、Ag 无现象，证明 <math>\text{Fe} &gt; \text{Cu}</math>、<math>\text{Fe} &gt; \text{Ag}</math>；再将 Cu 放入 <math>\text{AgNO}_3</math> 溶液中，Cu 表面有银白色固体析出，证明 <math>\text{Cu} &gt; \text{Ag}</math>，最终得出 <math>\text{Fe} &gt; \text{Cu} &gt; \text{Ag}</math>。</p> <p><b>模板 4：催化剂验证模板（必须同时验证 3 点，缺一不可）</b></p> <p>以验证 <math>\text{MnO}_2</math> 是过氧化氢分解的催化剂为例：</p> <p>1.验证一变：取两支相同的试管，加入等体积、等浓度的过氧化氢溶液，一支加少量 <math>\text{MnO}_2</math>，另一支不加，观察到加 <math>\text{MnO}_2</math> 的试管产生气泡速率更快，证明 <math>\text{MnO}_2</math> 能改变过氧化氢的分解速率；</p>

- 2.验证质量不变：反应结束后，过滤、洗涤、干燥，称量  $\text{MnO}_2$  的质量，证明反应前后  $\text{MnO}_2$  的质量不变；
- 3.验证化学性质不变：将上述回收的  $\text{MnO}_2$  重新加入等体积、等浓度的过氧化氢溶液中，观察到仍能加快反应速率，证明  $\text{MnO}_2$  的化学性质不变。
- 结论：同时满足以上 3 点，证明  $\text{MnO}_2$  是该反应的催化剂。

### ◆变式演练◆

**【变式 01】** (2025·江苏连云港·中考真题) “鱼浮灵”是水产养殖中常见增氧剂，主要成分是过碳酸钠

( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )，遇水分解为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，能快速增加水体中溶解氧。学习小组对增氧原理进行探究。

已知：溶解氧是指水溶液中溶解  $\text{O}_2$  的浓度，单位  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，可用溶解氧传感器测定。

#### 【猜想】

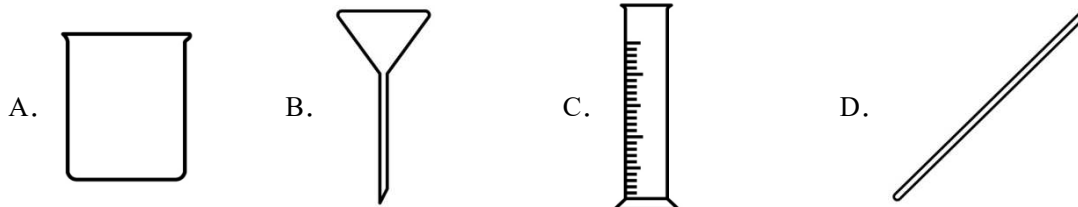
(1)“鱼浮灵”溶于水后，能快速增加水体中溶解氧的物质是什么？

猜想一： $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液。猜想二：\_\_\_\_\_。猜想三： $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液协同作用。

#### 【实验】

实验 I：配制一定质量分数的过碳酸钠溶液，测量其 pH。向过碳酸钠溶液中加入少量  $\text{MnO}_2$ ，有无色气体生成，该气体能使带火星木条复燃。反应后将混合物过滤，向滤液中加足量盐酸有无色气体产生。

(2)下列仪器在配制溶液过程中无需使用的是\_\_\_\_\_ (填字母)。



(3)室温下，测得过碳酸钠溶液的  $\text{pH}=10.5$ ，说明其溶液呈\_\_\_\_\_性。

(4)由实验 I 可知，过碳酸钠溶液中能使水体增氧(产生  $\text{O}_2$ )的物质为\_\_\_\_\_。

实验 II：室温下，在相同时间内用溶解氧传感器测量 80mL 的下列试剂，测得下表数据。

实验序号	i	ii	iii	iv
测量试剂	水	4% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液	4% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液	4% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液 + 2g $\text{Na}_2\text{CO}_3$
溶解氧 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	4.6	4.4	6.5	9.1

#### 【结论】

(5)由实验 I、II 得出的结论是：猜想\_\_\_\_\_ (填“一”或“二”或“三”)正确。

#### 【反思】

已知：①在一定 pH 范围内，pH 越大水体中的  $\text{H}_2\text{O}_2$  越易分解，溶解氧越大。

② $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液呈碱性，主要原因是溶液中部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{OH}^-$ 。质量分数相同的  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液， $\text{NaOH}$  溶液 pH 大。

(6)为验证溶液 pH 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的影响，还需补充完整以下实验方案：室温下，各取 80mL4%的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液于两只烧杯中，向烧杯中分别加入\_\_\_\_\_，在相同时间内用溶解氧传感器测定烧杯中溶液的溶解氧。

(实验中必须使用的试剂： $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaOH}$ )

(7)从微观粒子变化角度分析过碳酸钠溶于水后能快速增加水体中溶解氧的原因：\_\_\_\_\_。

【答案】(1) $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液

(2)B

(3)碱

(4) $\text{H}_2\text{O}_2$

(5)三

(6)2g $\text{NaCl}$  和 2g $\text{NaOH}$  固体溶解，冷却至室温

(7)部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解为  $\text{O}_2$

【详解】(1) 过碳酸钠( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )，遇水分解为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，猜想一为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，猜想三为二者协同作用，所以猜想二是  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液。

(2) 配制溶液步骤：计算、称量、量取、溶解，需烧杯、量筒、玻璃棒，漏斗用于过滤，无需；故选 B。

(3) pH>7 溶液显碱性，过碳酸钠溶液 pH=10.5>7，故显碱性。

(4) 过碳酸钠溶液加  $\text{MnO}_2$  有使带火星木条复燃的气体 ( $\text{O}_2$ )， $\text{MnO}_2$  是  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解催化剂，说明能产  $\text{O}_2$  的物质是  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。

(5) 实验 II 中：水溶解氧 4.6、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 4.4、 $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液 6.5、 $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  混合液 9.1。混合液溶解氧最大，说明  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  协同增氧，故猜想三正确。

(6) 验证 pH 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解影响，需控制单一变量（只有 pH 不同），其他条件相同。选  $\text{NaCl}$ （中性，作对照）、 $\text{NaOH}$ （碱性，改变 pH），且质量均为 2g（与实验 II 中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量一致，保证变量唯一），故加 2g $\text{NaCl}$  和 2g $\text{NaOH}$  固体溶解，冷却至室温。

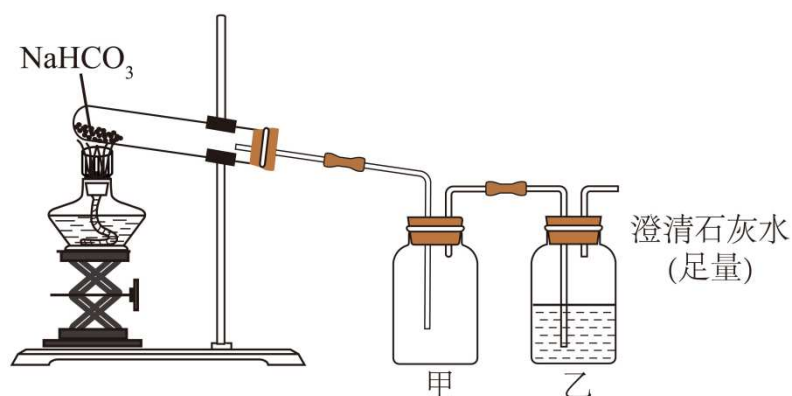
(7) 已知  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  能促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解，生成的  $\text{O}_2$  增加溶解氧，所以原理是部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解为  $\text{O}_2$ 。

【变式 02】(2025·安徽·中考真题)学习了“常见的酸、碱、盐”后，某化学兴趣小组为探究  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{NaOH}$

的性质，设计并进行了如下实验。

【实验一】探究  $\text{NaHCO}_3$  固体的稳定性

该小组用下图所示装置进行实验。



(1)实验进行一段时间后，观察到甲中\_\_\_\_\_（填实验现象）时，证明有水生成；乙中澄清石灰水变浑浊，原因是\_\_\_\_\_（用化学方程式表示）。

实验结论： $\text{NaHCO}_3$  固体受热能分解。

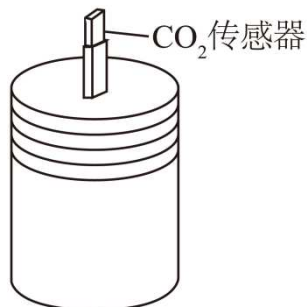
#### 【实验二】探究 $\text{NaHCO}_3$ 溶液的酸碱性

取少量  $\text{NaHCO}_3$  溶液于试管中，向其中滴加 1~2 滴酚酞溶液，溶液变为浅红色。

(2)实验结论： $\text{NaHCO}_3$  溶液呈\_\_\_\_\_性。

#### 【实验三】探究 $\text{NaHCO}_3$ 溶液的稳定性

常温下，在密闭容器（如图）中放入盛有 100mL 蒸馏水的烧杯，开启  $\text{CO}_2$  传感器，测得容器内  $\text{CO}_2$  浓度基本不变；将蒸馏水换成  $\text{NaHCO}_3$  的稀溶液，开启  $\text{CO}_2$  传感器，测得容器内  $\text{CO}_2$  浓度增大。



(3)用 100 mL 蒸馏水做实验的目的是\_\_\_\_\_。

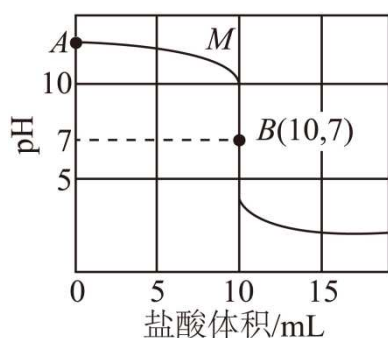
(4)实验三的结论是\_\_\_\_\_。

#### 【实验四】数字化实验探究 $\text{NaOH}$ 的性质

常温下，取一定量的  $\text{NaOH}$  溶液，分成两等份。

向一份  $\text{NaOH}$  溶液滴入稀盐酸，用传感器测定该过程中的变化，测定结果如图曲线 M。

向另一份  $\text{NaOH}$  溶液先通入一定量的  $\text{CO}_2$ ，充分反应后得到溶液 X。再向溶液 X 中滴入相同质量分数的稀盐酸，同时用传感器测定变化，得到随盐酸体积（mL）变化曲线 N（未在下图坐标系中画出）。



(5) 溶液 X 的 pH \_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”) A 点的 pH。

(6) 曲线 N 上横坐标为 10 时，对应溶液中的溶质是 \_\_\_\_\_ (填化学式)。

**【答案】** (1) 出现无色液滴  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(2) 碱

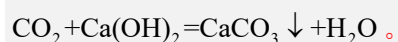
(3) 作对照实验或空白实验

(4) 常温下， $\text{NaHCO}_3$  溶液不稳定，能产生  $\text{CO}_2$

(5) 小于

(6)  $\text{NaCl}$ 、 $\text{CO}_2$  (合理答案均可)

**【详解】** (1) 碳酸氢钠受热分解生成碳酸钠、水和二氧化碳，甲中观察到有白雾产生，则证明有水生成；二氧化碳和石灰水中的氢氧化钙反应生成碳酸钙沉淀和水，反应的化学方程式为：



(2) 酚酞溶液遇碱性溶液变红色，则说明碳酸氢钠溶液呈碱性。

(3) 二氧化碳能溶于水，且能和水反应，则用 100mL 蒸馏水做实验的目的为作对照实验或空白实验。

(4) 加入碳酸氢钠溶液后，二氧化碳浓度增大，说明常温下碳酸氢钠不稳定，能产生二氧化碳。

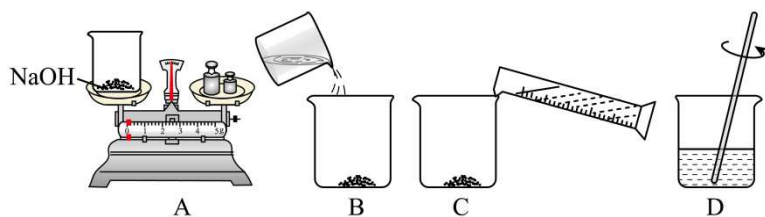
(5) 由于氢氧化钠和二氧化碳能反应生成碳酸钠和水，则溶液的碱性会减弱，故溶液 X 的 pH 小于 A 点的 pH。

(6) 由于  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ，横坐标为 10 时，M 曲线的溶液 pH=7，说明此时氢氧化钠和盐酸恰好反应，溶液中的溶质为氯化钠，钠离子和氯离子个数比为 1:1，而曲线 N 中，

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，即使氢氧化钠有剩余，由于  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ，当横坐标为 10 时，钠离子和氯离子个数比也为 1:1，则此时溶液中的溶质为氯化钠，且二氧化碳能溶于水，溶液中还有二氧化碳。

**【变式 03】** (2024·江苏连云港·中考真题) 物质的溶解性与化学变化密切相关。兴趣小组对“ $\text{CaSO}_4$  与  $\text{NaOH}$  能否发生复分解反应”进行探究。

(1) 配制 100g 质量分数为 10% 的  $\text{NaOH}$  溶液。主要操作流程如下：



①A 中应称量\_\_\_\_\_gNaOH 固体。

②D 中玻璃棒搅拌的目的是\_\_\_\_\_。

③用已配好的质量分数为 10%的 NaOH 溶液配制 20g 质量分数为 5%或 1%的 NaOH 溶液时，需计算所需质量分数为 10%的 NaOH 溶液的质量。计算依据是：溶液稀释前后，\_\_\_\_\_不变。

(2)利用配制的 NaOH 溶液进行实验，实验操作和现象记录如下：

实验操作	序号	NaOH 溶液的质量分数	饱和 $\text{CaSO}_4$ 溶液的体积	实验现象
	I	1%	5mL	无明显现象
	II	5%	5mL	少量沉淀
	III	10%	5mL	较多沉淀

#### 【查阅资料】

20℃时固体物质的溶解度见下表：

物质	$\text{CaSO}_4$	NaOH	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{BaSO}_4$
溶解度/g	0.26	108	0.17	19.5	0.0002

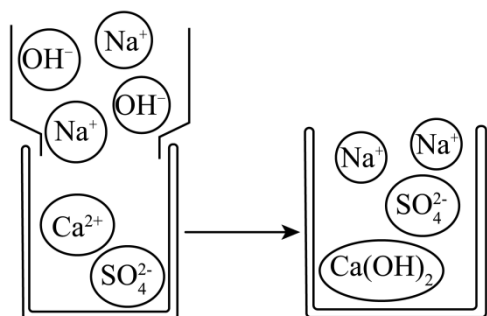
注：20℃时，溶解度在 0.01g~1g 之间的固体物质称为微溶物，小于 0.01 的固体物质称为难溶物。

#### 【分析交流】

①实验II、III中生成的沉淀为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。实验表明，饱和  $\text{CaSO}_4$  溶液与 NaOH 溶液能否发生复分解反应与\_\_\_\_\_有关。

#### 【微观解释】

饱和  $\text{CaSO}_4$  溶液与 NaOH 溶液反应生成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  沉淀的示意图如图所示。



②图中未发生化学变化的微粒是\_\_\_\_\_（填离子符号）。



③该反应的微观实质可表示为  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Ca}(\text{OH})_2 \downarrow$ 。当向  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液中滴加  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液时，也有白色沉淀产生，反应的微观实质用同样的方法可表示为\_\_\_\_\_。

【反思拓展】

④结合以上探究活动，下列说法正确的是\_\_\_\_\_（填字母）。

- a. 其他条件不变，将实验III中的  $\text{NaOH}$  溶液换成  $\text{KOH}$  溶液，也有沉淀产生
- b. 复分解反应中，溶解度较大的微溶物可向溶解度更小的微溶物或难溶物转化
- c. 向  $\text{CaSO}_4$  溶液中滴加  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液，生成的沉淀为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

【答案】(1) 10 加速固体溶解/加速氯化钠溶解 溶质的质量

(2)  $\text{NaOH}$  溶液的质量分数  $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$   $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$  a、b

【详解】(1) ①配制 100g 质量分数为 10% 的  $\text{NaOH}$  溶液，需要称量的  $\text{NaOH}$  的质量为：100g×10%=10g。

②溶解过程中玻璃棒搅拌的目的是：加速固体溶解或加速氯化钠溶解。

③溶液稀释是添加溶剂，添加溶剂不会导致溶质质量改变，所以溶液稀释前后，溶质的质量不变。

(2) ①根据表格信息，实验I、II、III的变量是  $\text{NaOH}$  溶液的质量分数，实验I中无明显现象，说明不产生沉淀，实验II中产生少量沉淀，实验III中产生较多沉淀，说明饱和  $\text{CaSO}_4$  溶液与  $\text{NaOH}$  溶液能否发生复分解反应与  $\text{NaOH}$  溶液的质量分数有关。

②根据微观示意图，该反应是  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{OH}^-$  反应生成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，图中未发生化学变化的微粒是： $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 。

③ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀、 $\text{NaOH}$ ，反应的实质是  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀，故填： $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ 。

④a、根据上述分析，实验III中反应的实质是  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{OH}^-$  反应生成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，其中  $\text{OH}^-$  由  $\text{NaOH}$  溶液提供，将  $\text{NaOH}$  溶液换成  $\text{KOH}$  溶液， $\text{KOH}$  溶液也能提供  $\text{OH}^-$ ，所以也有沉淀产生，a 正确；

b、根据资料，20℃下， $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{NaOH}$  的溶解度分别是 0.26g、108g，其中  $\text{CaSO}_4$  是微溶物，反应产生的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶解度是 0.17g，也是微溶物，但  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶解度较小，说明在复分解反应中，溶解度较大的微溶物可向溶解度更小的微溶物或难溶物转化，b 正确；

c、根据资料，20℃下， $\text{BaSO}_4$  的溶解度为 0.0002g，属于难溶物。向  $\text{CaSO}_4$  溶液中滴加  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液，反应产生  $\text{BaSO}_4$  沉淀和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，若  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  产生量较大，则  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  也是沉淀，所以白色沉淀一定有  $\text{BaSO}_4$ ，可能有  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，c 错误。

故选：ab。

► 考向 05 实验设计与评价类探究题 ◀

◆ 典例引领 ◆

**【典例 01】** (2025·湖南长沙·中考真题) 皮蛋（又叫松花蛋）是我国传统风味食品。小文同学准备制作皮

蛋参加爱心义卖活动，她将皮蛋粉（主要成分为：生石灰、纯碱和食盐）加水调制成糊状，裹在新鲜鸭蛋上，放入罐子中，用塑料膜密封保存。



去壳的松花蛋

- (1)新鲜鸭蛋中富含的营养物质是\_\_\_\_\_。
- (2)小文戴上手套后，将皮蛋粉加水调制成糊状时感觉到烫手，主要原因是生石灰与水反应\_\_\_\_\_热量（填“放出”或“吸收”）。
- (3)皮蛋的形成与糊状物质中的成分有关。小文经过思考，认为糊状物质中一定含有  $\text{NaOH}$ 、\_\_\_\_\_（填化学式）。
- (4)小文制作的皮蛋中未出现明显的“松花”。她查阅资料，发现不同离子对“松花”出现的影响如下表：

时间 有无“松花”出现 组别及离子	第 1 组 $\text{Cu}^{2+}$	第 2 组 $\text{Zn}^{2+}$	第 3 组 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$	第 4 组 $\text{Zn}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$
第 5 天	无	无	无	无
第 15 天	无	无	无	无
第 19 天	无	无	有	有

她推测加入  $\text{MgCl}_2$  有利于“松花”的出现，请你从上表中找出支持她观点的证据\_\_\_\_\_。

- (5)小文开展了以下探究实验，过程和结果如下：

甲组实验	乙组实验
注：两组实验使用的 $\text{NaOH}$ 溶液的体积、浓度相同， $\text{MgCl}_2$ 溶液的体积、浓度相同。	

该探究实验的目的是\_\_\_\_\_。

- (6)小文还想探究  $\text{MgCl}_2$  溶液的浓度对“松花”效果的影响，请你结合以上探究实验帮她设计一个实验方案\_\_\_\_\_（必选实验用品：蛋清、 $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{MgCl}_2$  溶液）。

【答案】(1)蛋白质

(2)放出

(3) $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

(4)第 19 天第 3 组、第 4 组出现了“松花”（合理即可）

(5)探究  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{MgCl}_2$  溶液的滴加顺序对“松花”出现的影响

(6)分别在 10g 蛋清中加入等体积等浓度的  $\text{NaOH}$  溶液，间隔相同时间后，各加入等体积不同浓度的  $\text{MgCl}_2$  溶液，相同时间后记录“松花”效果（合理即可）

【详解】（1）新鲜鸭蛋中富含的营养物质是蛋白质，故填：蛋白质；

（2）小文戴上手套后，将皮蛋粉加水调制成糊状时感觉到烫手，主要原因是生石灰与水反应生成氢氧化钙，该反应为放热反应，故填：放出；

（3）皮蛋粉（主要成分为：生石灰、纯碱和食盐）加水调制成糊状，生石灰与水反应生成氢氧化钙，氢氧化钙与碳酸钠（纯碱）反应生成碳酸钙和氢氧化钠，则糊状物质中一定含有  $\text{NaOH}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ，故填： $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ；

（4）结合表中数据可知，第 1 组中只有  $\text{Cu}^{2+}$  时，无“松花”出现、第 2 组中只有  $\text{Zn}^{2+}$  时，无“松花”出现；第 3 组和第 4 组在第 19 天时出现了松花”，则可推测出加入  $\text{MgCl}_2$  有利于“松花”的出现，故填：第 19 天第 3 组、第 4 组出现了“松花”（合理即可）；

（5）甲组实验是先加入  $\text{MgCl}_2$  溶液后加入  $\text{NaOH}$  溶液，19 天后未出现“松花”；乙组实验是先加入  $\text{NaOH}$  溶液后加入  $\text{MgCl}_2$  溶液，19 天后出现“松花”；两组实验其他条件均相同，只是试剂加入顺序不同，则该探究实验的目的是探究  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{MgCl}_2$  溶液的滴加顺序对“松花”出现的影响，故填：探究  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{MgCl}_2$  溶液的滴加顺序对“松花”出现的影响；

（6）探究  $\text{MgCl}_2$  溶液的浓度对“松花”效果的影响，则变量为  $\text{MgCl}_2$  溶液的浓度，其它条件均相同，则实验方案为分别在 10g 蛋清中加入等体积等浓度的  $\text{NaOH}$  溶液，间隔相同时间后，各加入等体积不同浓度的  $\text{MgCl}_2$  溶液，相同时间后记录“松花”效果（合理即可）。

## 方法透视

解题思路	1、方案设计：紧扣探究目的，设计原理正确、操作简单、现象明显、无干扰、有对照的实验；	
	2、方案评价：从 4 大维度逐一排查，找出核心缺陷，给出优化方向；	
	3、装置改进：针对原装置的核心缺陷，精准优化，解决对应问题。	
答题模板	模板 1：实验方案评价万能答题角度（直接套用）	
	评价维度	标准答题句式
	原理角度	①方案原理科学，能达到实验目的，严格控制变量，排除了干扰； ②方案原理错误，如未排除 $\text{CO}_3^{2-}$ 干扰，无法检验 $\text{Cl}^-$ ），不能达到实验目的。

操作角度	①操作简单易行，步骤简洁，实验误差小； ②操作步骤繁琐，如未进行洗涤干燥，会导致称量结果偏大，实验误差大。
安全环保角度	①实验无安全风险，设置了尾气处理装置，无污染物排放，符合绿色化学理念； ②实验存在 CO 有毒，无尾气处理安全隐患，会造成环境污染。
经济角度	①试剂廉价易得，用量节约，成本低； ②试剂价格昂贵，用量过多，成本过高，不适合量产/推广。

#### 模板 2：实验装置改进万能答题模板

装置缺陷	改进方案	答题句式
有毒气体未处理	增加尾气处理装置	在装置末端增加点燃的酒精灯/NaOH 溶液洗气瓶/气囊，目的是吸收/收集有毒的××气体，防止污染空气。
空气中的 CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O 干扰实验	增加防干扰装置	在装置末端增加盛有碱石灰的干燥管，目的是防止空气中的 CO <sub>2</sub> 和水蒸气进入吸收装置，避免实验结果偏大。
装置内残留气体未被完全吸收	增加赶气装置	反应结束后，向装置内通入氮气/稀有气体，目的是将装置内残留的××气体全部赶入吸收装置，确保完全吸收，避免结果偏小。
易发生倒吸	增加防倒吸装置	在吸收装置前增加安全瓶/在导管末端加装倒扣的漏斗，目的是防止液体倒吸，避免试管炸裂。

#### ◆变式演练◆

**【变式 01】**（2026·河北沧州·模拟预测）东光县是金丝小枣的重要产区之一。某校化学兴趣小组实践活动中发现：临近运河的一片枣林中枣树出现叶片发黄、坐果率低的现象，且土质坚硬板结、土壤表面有白色固体物质。同学们对此展开了科学探究。

**【查阅资料】**①东光金丝小枣适宜在 pH 值为 6.5~8.5 之间的沙壤土中生长。  
②运河沿岸部分农田，因地下水位变化，土壤中可溶性盐类易随水分上升至地表，水分蒸发后盐分结晶析出，使土壤表面发白、发硬、板结。

**【提出猜想】**金丝小枣生长状况不良的原因，可能是土壤的酸碱性不适宜它生长；也可能是土壤含盐量高，导致土壤板结、通透性降低，不利于根部呼吸，枝叶生长受阻。

任务I：检测土壤的酸碱性

### 【实验 1】

(1)取少量土壤样品于烧杯中，加入适量蒸馏水充分浸泡后过滤，得到土壤浸出液。用 pH 试纸测定土壤浸出液的酸碱度，记录数据如右表所示。进行三次测定的目的是\_\_\_\_\_。

测定次数	第一次	第二次	第三次
pH	11	10	11

### 【实验结论】

(2)由土壤浸出液的 pH 可知：土壤\_\_\_\_\_性较强，不符合金丝小枣适宜生长的 pH 范围。

任务II：探究土壤表面白色物质的成分

【提出问题】土壤表面白色物质的成分是什么？

【作出猜想】同学们查阅资料后认为，土壤含盐量高时，一定含有 NaCl，可能含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  中的一种或两种。

【实验 2】取土壤表面白色固体样品，加入适量蒸馏水充分溶解后过滤，得到待测溶液。取适量待测液于烧杯中，进行如图所示的实验。



【解释与结论】同学们依据实验现象得出结论：土壤表面白色固体物质中含有 NaCl 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

(3)步骤①中观察到的现象是\_\_\_\_\_。

(4)步骤②中反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(5)同学们认为步骤①中的稀盐酸可以用无色酚酞溶液代替，也能得到该结论。你认为该方案\_\_\_\_\_(选填“可行”或“不可行”)，原因是\_\_\_\_\_。

### 【拓展应用】

(6)有小组同学提出“可以使用熟石灰对该土壤进行改良”。对此观点，你的评价是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)避免测量误差

(2)碱

(3)有气泡产生

(4) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$

(5)不可行 无色酚酞溶液只能检验出碳酸钠的存在，但不能除去碳酸根离子，碳酸根离子会与步骤②中的氯化钡溶液反应生成碳酸钡沉淀，干扰对硫酸根离子的检验

(6)不能使用熟石灰对该土壤进行改良，是因为该土壤本身碱性较强，熟石灰显碱性，会使该土壤碱性更强

【详解】(1)进行三次测定的目的是避免测量误差；

(2)根据表格信息，三次测定中土壤浸出液的 pH 都在 10 或以上，说明土壤碱性较强，不符合金丝小枣适宜生长的 pH 范围；

(3)根据实验结论土壤表面白色固体物质中含有 NaCl 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，则步骤①滴加足量稀盐酸，

碳酸钠与稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，实验现象为有气泡产生；

(4) 根据实验结论土壤表面白色固体物质中含有  $\text{NaCl}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，则步骤①滴加足量稀盐酸，碳酸钠与稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，步骤②滴加适量氯化钡溶液，硫酸钠与氯化钡反应生成硫酸钡沉淀和氯化钠，化学方程式为  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ；

(5) 同学们认为步骤①中的稀盐酸可以用无色酚酞溶液代替，也能得到该结论，该方案不可行，原因是无色酚酞溶液只能检验出碳酸钠的存在，但不能除去碳酸根离子，碳酸根离子会与步骤②中的氯化钡溶液反应生成碳酸钡沉淀，干扰对硫酸根离子的检验；

(6) 不能使用熟石灰对该土壤进行改良，是因为该土壤本身碱性较强，熟石灰显碱性，会使该土壤碱性更强。

### 【变式 03】 (2026·湖南·模拟预测) “鱼浮灵”是水产养殖中常见增氧剂，主要成分是过碳酸钠

( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )，遇水分解为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，能快速增加水体中溶解氧。学习小组对增氧原理进行探究。

已知：溶解氧是指水溶液中溶解  $\text{O}_2$  的浓度，单位  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，可用溶解氧传感器测定。

#### 【猜想】

(1) “鱼浮灵”溶于水后，能快速增加水体中溶解氧的物质是什么？

猜想一：  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液。

猜想二：\_\_\_\_\_。

猜想三：  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液协同作用。

#### 【实验】

实验I：配制一定质量分数的过碳酸钠溶液，测量其 pH。向过碳酸钠溶液中加入少量  $\text{MnO}_2$ ，有无色气体生成，该气体能使带火星的木条复燃。反应后将混合物过滤，向滤液中加足量盐酸有无色气体产生。

(2) 室温下，测得过碳酸钠溶液的  $\text{pH} = 10.5$ ，说明其溶液呈\_\_\_\_\_性。

实验II：室温下，在相同时间内用溶解氧传感器测量 80 mL 的下列试剂，测得下表数据。

实验序号	i	ii	iii	iv
测量试剂	水	4% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液	4% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液	4% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液 +2g $\text{Na}_2\text{CO}_3$
溶解氧/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	4.6	4.4	6.5	9.1

#### 【结论】

(3) 由实验I、II得出的结论是：猜想\_\_\_\_\_ (选填“一”“二”或“三”) 正确。

#### 【反思】

已知：①在一定 pH 范围内，pH 越大水体中的  $\text{H}_2\text{O}_2$  越易分解，溶解氧越大。



②  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液呈碱性，主要原因是溶液中部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{OH}^-$ 。质量分数相同的  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液， $\text{NaOH}$  溶液 pH 大。

(4) 为验证溶液 pH 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的影响，还需补充完整以下实验方案：室温下，各取 80 mL 4% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液于两只烧杯中，向烧杯中分别加入\_\_\_\_\_，在相同时间内用溶解氧传感器测定烧杯中溶液的溶解氧。

(实验中必须使用的试剂： $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaOH}$ )

(5) 从微观粒子变化角度分析过碳酸钠溶于水后能快速增加水体中溶解氧的原因：\_\_\_\_\_。

**【答案】**(1)  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液

(2) 碱

(3) 三

(4) 2g  $\text{NaCl}$  和 2 g  $\text{NaOH}$  固体溶解，冷却至室温

(5) 部分  $\text{CO}_3^{2-}$  与水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解为  $\text{O}_2$

**【详解】**(1) 过碳酸钠( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ )，遇水分解为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，猜想一为  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，猜想三为二者协同作用，所以猜想二是  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液。

(2) pH>7 溶液显碱性，过碳酸钠溶液 pH=10.5>7，故显碱性。

(3) 实验 II 中：水溶解氧 4.6、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 4.4、 $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液 6.5、 $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  混合液 9.1。混合液溶解氧最大，说明  $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  协同增氧，故猜想三正确。

(4) 验证 pH 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解影响，需控制单一变量（只有 pH 不同），其他条件相同。选  $\text{NaCl}$ （中性，作对照）、 $\text{NaOH}$ （碱性，改变 pH），且质量均为 2g（与实验 II 中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量一致，保证变量唯一），故加 2g  $\text{NaCl}$  和 2g  $\text{NaOH}$  固体溶解，冷却至室温。

(5) 已知  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液部分与水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  能促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解，生成的  $\text{O}_2$  增加溶解氧，所以原理是部分与  $\text{CO}_3^{2-}$  水反应生成  $\text{OH}^-$ ， $\text{OH}^-$  促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解为  $\text{O}_2$ 。

## ► 考向 06 定量探究题 ◀

### ◆ 典例引领 ◆

**【典例 01】** (2025·山东威海·中考真题) 钙片中的化学

#### I、科学食用钙片

某品牌钙片标签上部分内容如图所示（除碳酸钙外，其他成分不含钙）。

药品：钙片（若干片）、5%的稀盐酸、10%的稀盐酸

**【主要原料】** 碳酸钙 维生素 D

**【功效及成分】** 补钙 每片碳酸钙的含量为 80%

**【规格】** 1.25g/片

**【服用方法】** 每日 2 次，每次 1 片

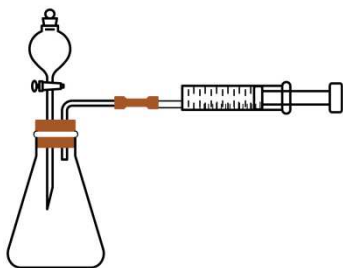


- (1)若按标签服用，每日可为人体补充钙元素的质量为\_\_\_\_\_g。
- (2)碳酸钙与胃酸反应后才能被人体吸收，发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (3)咀嚼服用可增大钙片与胃酸的接触面积，从而加快反应速率。请设计实验证明（仪器自选）。
- 药品：钙片（若干片）、5%的稀盐酸、10%的稀盐酸

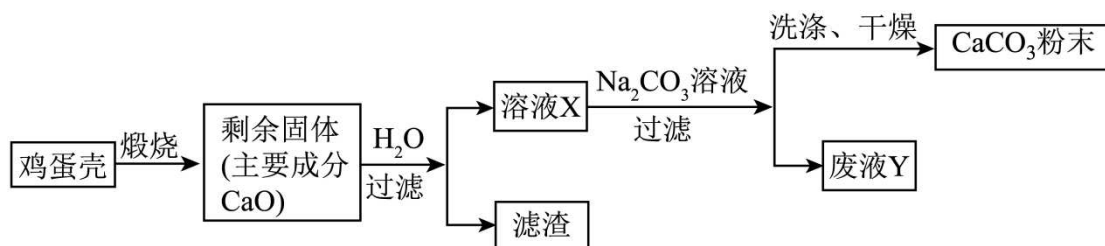
实验方案	实验现象	实验结论
_____	_____	钙片与稀盐酸的接触面积越大， 反应速率越快。

## II、动手制作“钙片”

鸡蛋壳的主要成分是碳酸钙，是一种天然的钙源。小林用图所示装置和未知浓度的稀盐酸测定鸡蛋壳中碳酸钙的含量，通过测量产生气体的体积达到实验目的（常温常压下，CO<sub>2</sub>的密度约为1.96g/L）。



- (4)为确保实验成功，该装置气密性必须良好，检查方法是\_\_\_\_\_。
- (5)小林按照如下步骤进行实验（其他仪器自选），请将实验步骤补充完整。
- 连接仪器并检查装置气密性；\_\_\_\_\_；根据实验数据进行计算。
- (6)确定鸡蛋壳中碳酸钙含量后，小林用如图所示流程制备碳酸钙粉末，并将其与淀粉浆按一定比例混合，倒入模具中，烘干，制得了简易“钙片”（假设鸡蛋壳中其他成分不溶于水且不参与反应）。



溶液X中的溶质是\_\_\_\_\_（填化学式）；废液Y中溶质的成分可能是\_\_\_\_\_（有几种情况写几种）。

**【答案】**(1)0.8

(2) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

(3) 室温下，取2片钙片，将其中一片研碎，分别加入2支试管中，再分别加入等体积5%（或10%）的稀盐酸，观察现象 研碎的钙片与稀盐酸反应产生气泡快

(4)关闭分液漏斗活塞，拉动注射器活塞，松手后注射器活塞回到原刻度

(5)称量一定质量的鸡蛋壳加入锥形瓶中，向分液漏斗中加入足量稀盐酸，打开活塞逐滴加入稀盐酸至不再产生气泡为止，关闭活塞，记录注射器读数

(6)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$        $\text{NaOH}$ ;  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

【详解】(1) 根据表中内容, 若按标签服用, 每日可为人体补充钙元素的质量为

$$1.25\text{g} \times 2 \times 80\% \times \left( \frac{40}{40+12+16 \times 3} \times 100\% \right) = 0.8\text{g}。$$

(2) 胃酸的主要成分为盐酸, 碳酸钙和盐酸反应生成氯化钙、水和二氧化碳, 反应的化学方程式为:



(3) 若想证明咀嚼服用可增大钙片与胃酸的接触面积, 从而加快反应速率, 则在室温下, 取 2 片钙片, 将其中一片研碎 (模拟咀嚼后的钙片), 分别加入 2 支试管中, 再分别加入等体积 5% (或 10%) 的稀盐酸, 观察现象;

观察到研碎的钙片与稀盐酸反应产生气泡快, 则说明钙片与稀盐酸的接触面积越大, 反应速率越快。

(4) 检查该装置气密性时, 关闭分液漏斗活塞, 拉动注射器活塞, 松手后注射器活塞回到原刻度, 则说明装置气密性良好。

(5) 检查装置气密性后, 称量一定质量的鸡蛋壳加入锥形瓶中, 向分液漏斗中加入足量稀盐酸, 打开活塞逐滴加入稀盐酸至不再产生气泡为止, 关闭活塞, 记录注射器读数, 根据注射器移动的体积则可知道产生的二氧化碳的体积。

(6) 氧化钙和水反应生成氢氧化钙, 则溶液 X 中的溶质为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;

氢氧化钙和碳酸钠反应生成碳酸钙沉淀和氢氧化钠, 恰好完全反应后, 废液 Y 中溶质的成分为  $\text{NaOH}$ ; 若氢氧化钙过量, 则废液 Y 中溶质的成分为  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 若碳酸钠过量, 则废液 Y 中溶质的成分为  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

## 方法透视

解题思路	1、明目标: 锁定计算核心 (如样品中碳酸钙的纯度、碳酸钠的质量分数);
	2、理原理: 通过化学反应, 将待测物质转化为可精准测量的气体/沉淀, 通过产物质量反推待测物质质量;
思路	3、梳流程: 明确实验每一步的作用, 锁定核心数据;
	4、做计算: 将纯净物质量代入化学方程式, 计算待测物质质量, 最终算出质量分数/纯度;
	5、析误差: 结合计算公式, 分析操作对测量值的影响, 判断结果偏大/偏小。
答题模板	模板 1: 定量计算标准步骤模板 (以石灰石样品中碳酸钙纯度计算为例)
	1、写方程式: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
	2、找已知量: 测得生成 $\text{CO}_2$ 的质量为 $m\text{ g}$ (纯净物质量, 不能直接用样品总质量)
	3、设未知量: 设样品中碳酸钙的质量为 $x$
	4、列比例式: $\frac{100}{x} = \frac{44}{m\text{ g}}$

解得：  $x = \frac{100m}{44} \text{ g}$

根据公式：样品中碳酸钙的纯度 =  $\frac{\text{样品总质量}}{\text{碳酸钙质量}}$  可计算石灰石样品中碳酸钙纯度。

### 模板 2：误差分析万能答题模板

结果偏差	核心原因	标准答题句式
结果偏大	测得的产物质量偏大	由于如盐酸挥发， $\text{CO}_2$ 中混有 $\text{HCl}$ 气体被吸收装置吸收；沉淀未洗涤，表面附着可溶性杂质，导致测得的 $\text{CO}_2$ /沉淀质量偏大，最终计算的样品纯度/质量分数）结果偏大。
结果偏小	测得的产物质量偏小	由于装置内残留的 $\text{CO}_2$ 未被完全吸收；反应不充分；沉淀洗涤时造成损失，导致测得的 $\text{CO}_2$ /沉淀质量偏小，最终计算的样品纯度/质量分数结果偏小。

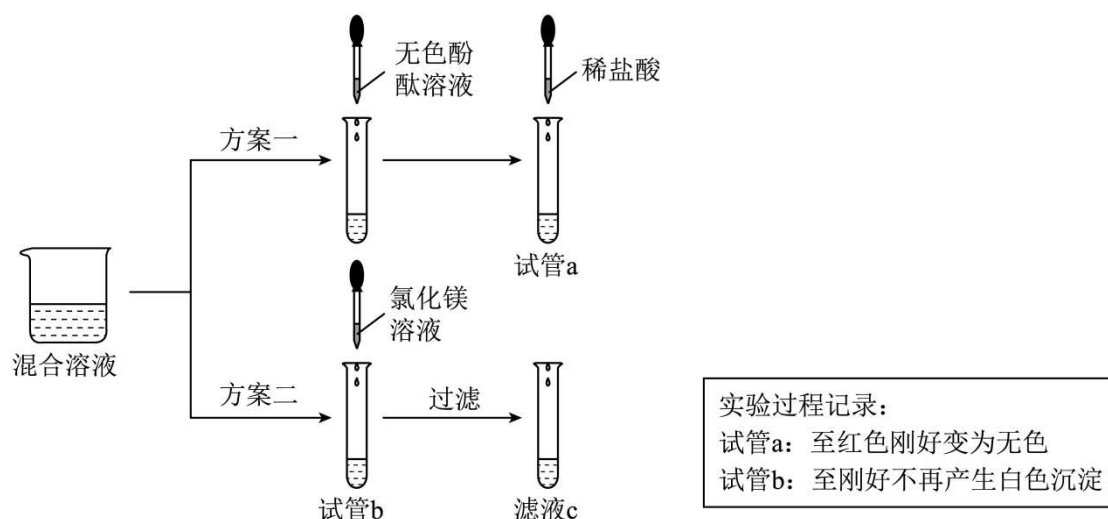
### ◆变式演练◆

**【变式 01】**（2025·黑龙江哈尔滨·中考真题）同学们在老师指导下开展了以“除杂质”为主题的探究活动。

（注：实验均在通常情况下进行；实验中不考虑稀盐酸挥发；氢氧化镁是不溶于水的白色固体。）

任务一：除去氯化钠固体中混有的氢氧化钠

**【设计与实验】**同学们将混合物溶于水后，设计以下方案并进行实验：



(1) 试管 a 中发生中和反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

交流后，同学们认为两个实验均恰好反应，最终能达到“除杂”目的。

**【老师引导】**初中阶段只通过现象判断“恰好反应”未必可靠，请大家用实验验证一下。

**【实验验证】**

(2)在老师指导下，同学们用 pH 计测定 a 中溶液的  $\text{pH} < 7$ ，则此时溶液显\_\_\_\_\_性；向滤液 c 中滴加氢氧化钠溶液，有白色沉淀产生，则滤液 c 中的溶质是\_\_\_\_\_(填化学式)。

【交流表达】

(3)同学们认为，虽然两种方法都能除去氢氧化钠，但都会引入新杂质，通过后续操作也可能无法得到纯净的氯化钠。“方案一”溶液中引入的杂质是\_\_\_\_\_。

【实验优化】同学们与老师交流后，优化了“方案一”并进行实验：实验中用 pH 计监测溶液的酸碱度，当滴加最后一滴稀盐酸后，发现溶液 pH 由大于 7 变为小于 7，将该溶液蒸发结晶得到纯净的氯化钠。

任务二：除去氯化钠固体中混有的一定质量的氢氧化钠

【问题引领】能否精准控制除杂试剂用量，使之与杂质恰好完全反应呢？

【实验步骤】准备：将一定质量的氯化钠和氢氧化钠混合物(含氢氧化钠 4g)，配制成 50g 溶液。

(4)计算：需向上述 50g 溶液中加入溶质质量分数为 7.3%的稀盐酸\_\_\_\_\_g。

操作：同学们用烧杯和电子天平称量了所需质量的稀盐酸，一次性倒入盛有 50g 上述溶液的烧杯中，混匀。(此过程操作规范、无液滴飞溅或溢出。)

检验：测定所得溶液的  $\text{pH} > 7$ 。

【分析交流】

(5)经观察、分析，同学们认为  $\text{pH} > 7$  的可能原因是：\_\_\_\_\_。由此，同学们通过\_\_\_\_\_(写操作过程)后，最终测得溶液的 pH 几乎接近 7，证实了自己的分析。

【总结评价】同学们通过以上探究活动，对“除杂”问题有了新的认识：在实际操作中，很难做到“适量”和“恰好”，但可以通过合理的操作使除杂效果不断优化。老师表扬了大家严谨求实的科学精神，并鼓励同学们：“要敢于质疑，勇于释疑！”

【答案】(1)  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

(2) 酸  $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$

(3)酚酞

(4)50

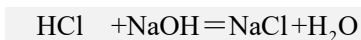
(5) 烧杯壁上有少量稀盐酸残留（合理即可） 用蒸馏水少量多次洗涤盛稀盐酸的烧杯，并将所有洗涤液倒入混合溶液 D 混匀

【详解】（1）试管 a 中的中和反应是氢氧化钠和稀盐酸反应生成氯化钠和水，反应的化学方程式为：  
 $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ；

（2）a 中溶液的  $\text{pH} < 7$ ，则此时溶液显酸性；  
氯化镁和氢氧化钠反应生成氢氧化镁沉淀和氯化钠，说明则滤液 c 中的溶质是剩余的氯化镁和原有以及生成的氯化钠，化学式为： $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ ；

（3）稀盐酸和氢氧化钠溶液恰好完全反应生成氯化钠和水，所以“方案一”溶液中引入的杂质是：酚酞；

（4）设需要溶质质量分数为 7.3%的稀盐酸的质量为  $x$ ，



36.5      40

$x \times 7.3\%$       4g

$$\frac{x \times 7.3\%}{4\text{g}} = \frac{36.5}{40}$$

$x=50\text{g}$ ;

(5) D 溶液 pH 大于 7，说明酸少了，排除了液滴飞溅溢出的可能性，还可能是烧杯壁上有少量稀盐酸残留，导致酸量不足；

改进方法是用蒸馏水少量多次洗涤盛稀盐酸的烧杯，并将所有洗涤液倒入混合溶液 D 混匀，从而使残留的稀盐酸充分反应。

**【变式 02】** (2026·辽宁朝阳·模拟预测) 拉瓦锡被称为“现代化学之父”，他的著名实验揭示了空气的组成。

现在，我们就沿着科学家的足迹，一起探究这个经典实验。

(1) 二百多年前，法国化学家拉瓦锡利用图 1 装置进行实验：

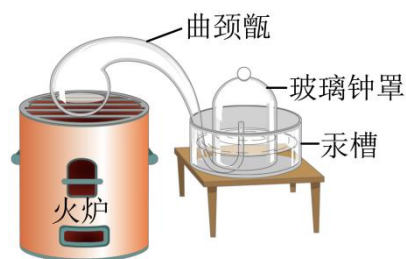


图1

资料卡片	
汞 (Hg)	氧化汞 (HgO)
汞是一种重金属，对人体有害有毒	
密度：13.59g/cm <sup>3</sup>	密度：11.14g/cm <sup>3</sup>
沸点：356.6℃	不能溶于水
加热过程中会变成汞	分解温度：500℃
蒸气与氧气反应	

图2

①拉瓦锡通过图 1 实验得出空气主要由氧气和\_\_\_\_\_（填化学式）组成。氧气约占空气总体积的\_\_\_\_\_。

②根据图 2 资料卡片判断反应物选用汞的优点中不可能的是\_\_\_\_\_（填选项序号）。

- A. 实验过程中没有污染
- B. 汞蒸气与氧气反应能将密闭容器空气中的氧气几乎耗尽
- C. 在汞槽中起到液封作用
- D. 生成的化合物加热分解又能得到汞和氧气

(2)小强同学对反应物进行优化,采用图3装置进行实验:选用实际容积为40mL的试管作反应容器,将过量的红磷放入试管,用橡皮塞塞紧试管,通过导管与润滑性很好的注射器组成如图3所示的实验装置。

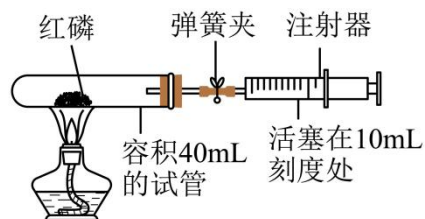


图3

①红磷在试管中反应的主要现象是\_\_\_\_\_,其化学方程式\_\_\_\_\_。

②若注射器内预留10mL体积,实验过程中始终夹紧弹簧夹,反应结束后,冷却到室温,再打开弹簧夹,注射器活塞理论上应从10mL刻度处缓慢移动至\_\_\_\_\_mL刻度处。

(3)小明对图3实验进行了如图4所示的改进。装置中气球的作用是\_\_\_\_\_;图4实验中,为了使氧气反应更充分,实验中可采取的措施是\_\_\_\_\_,若实验后未将气球中气体挤出,会导致测得氧气含量偏\_\_\_\_\_ (填“大”或“小”)。

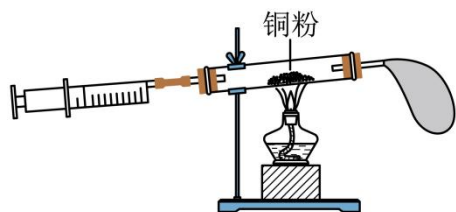


图4

(4)化学兴趣小组的同学利用数字化技术对“空气中氧气体积分数的测定”进行了再探究如图5,得到的数据曲线如图6所示。

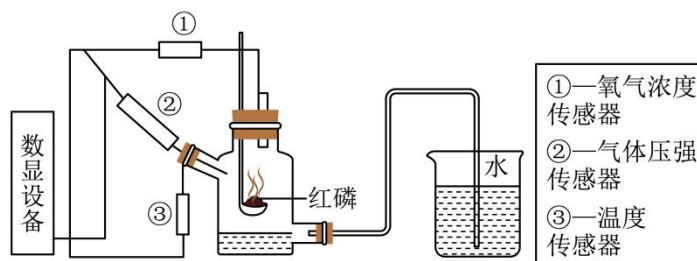


图5

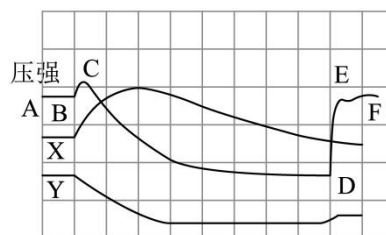


图6

图6压强曲线中,BC段气压变化的原因是\_\_\_\_\_,X曲线表示的是\_\_\_\_\_ (填“温度”或“氧气浓度”)。

【答案】(1)  $N_2$   $\frac{1}{5}$  A

(2) 产生大量白烟,放热  $4P+5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2P_2O_5$  2

(3) 形成密封装置,平衡装置内外气压,防止胶塞飞出 反复缓慢推拉注射器活塞 大

(4) 反应放热,装置内压强增大 温度

【详解】(1)①拉瓦锡通过图1实验得出空气主要由氧气和氮气( $N_2$ )组成;氧气约占空气总体积的 $\frac{1}{5}$ 。



②A、汞是重金属，汞蒸气有毒，实验过程会产生污染，不能体现选用汞的优点，符合题意；  
B、汞蒸气与氧气反应持续时间长，能将密闭容器内的氧气几乎耗尽，体现汞的优点，不符合题意；  
C、汞常温下是液态，在汞槽中起到液封作用，体现汞的优点，不符合题意；  
D、由资料卡片可知，生成的化合物加热分解又能得到汞和氧气，体现汞的优点，不符合题意；  
故选：A。

(2) ①红磷燃烧产生大量白烟，放热，红磷燃烧生成五氧化二磷，该反应化学方程式： $4P+5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2P_2O_5$ 。

②试管容积为 40mL，试管中氧气的含量约为  $40\text{mL} \times \frac{1}{5} = 8\text{mL}$ ，反应结束冷却至室温后，试管内压强减小，注射器活塞会向试管方向移动，补充被消耗的氧气体积。注射器初始在 10mL 刻度处，注射器活塞最终位置为  $10\text{mL} - 8\text{mL} = 2\text{mL}$ 。

(3) 气球的作用是缓冲气压，防止加热时装置内压强过大，冲开橡皮塞；同时平衡气压，使装置始终密闭，避免气体泄漏。

反复推拉注射器活塞，使空气在装置内循环流动，让铜粉与氧气充分接触。

若实验后未将气球中气体挤出，部分气体留在气球内，导致装置内压强比正常情况更低，注射器活塞会向左移动更多，最终读数偏小，计算出的氧气体积偏大，导致测得氧气含量偏大。

(4) 红磷燃烧放热，使装置内温度急剧升高，气体受热膨胀，压强增大，因此 BC 段气压上升。  
BC 段气压变化的原因是红磷燃烧反应放热，装置内压强增大，X 曲线先上升后缓慢下降后不变，故表示的是温度。

**【变式 03】** (2024·四川自贡·中考真题) 某化学兴趣小组研究盐与盐反应，将一定量的氯化钡溶液、硫酸

铜溶液混合，发现有大量白色沉淀产生，过滤后得到蓝色滤液。

(1) 该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

兴趣小组对蓝色滤液进行了以下探究。

**【提出问题】**

所得蓝色滤液含有的溶质是什么呢？

**【猜想假设】**

(2) 假设一：蓝色滤液含有的溶质为氯化铜。

假设二：蓝色滤液含有的溶质为氯化铜和硫酸铜。

假设三：蓝色滤液含有的溶质为\_\_\_\_\_。

**【设计实验】**

(3) 在不使用新药品的前提下，兴趣小组设计出下列实验确定蓝色滤液的成分。

	实验操作	实验现象	实验结论
I	①少量滤液滴加_____。	②_____。	假设二不成立。



II	③少量滤液滴加_____。	④_____。	假设三成立。
----	---------------	---------	--------

【拓展延伸】

(4)该化学兴趣小组在上述所得蓝色滤液中加入过量的氢氧化钠溶液，得到 9.8 克蓝色沉淀，则所用原硫酸铜溶液中溶质的质量为\_\_\_\_\_克。

【答案】(1)  $\text{BaCl}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{CuCl}_2$

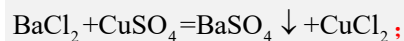
(2)氯化铜和氯化钡

(3) 氯化钡溶液 无白色沉淀生成 硫酸铜溶液 产生白色沉淀

(4)

16

【详解】(1) 氯化钡和硫酸铜反应生成硫酸钡和氯化铜，该反应的化学方程式为：



(2) 氯化钡和硫酸铜反应生成硫酸钡和氯化铜，如果恰好完全反应，则蓝色滤液含有的溶质为氯化铜，如果硫酸铜过量，则蓝色滤液含有的溶质为氯化铜和硫酸铜，如果氯化钡过量，则蓝色滤液含有的溶质为氯化铜和氯化钡；

(3) I、①氯化钡能与硫酸铜反应生成硫酸钡和氯化铜，故少量滤液滴加氯化钡溶液，无白色沉淀生成，说明不含硫酸铜，则假设二不成立；

II、②氯化钡能与硫酸铜反应生成硫酸钡和氯化铜，少量滤液滴加硫酸铜溶液，产生白色沉淀，说明含氯化钡，则假设三成立；

(4) 氯化钡和硫酸铜反应生成硫酸钡和氯化铜，即  $\text{BaCl}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{CuCl}_2$ ，氯化铜和氢氧化钠反应生成氢氧化铜和氯化钠，即  $2\text{NaOH} + \text{CuCl}_2 = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ，由化学方程式可知，原硫酸铜溶液中的铜元素完全转化到了氢氧化铜中，则铜元素的质量为： $9.8\text{g} \times \frac{64}{64+17 \times 2} \times 100\% = 6.4\text{g}$ ，则原硫酸铜溶液中硫酸铜的质量为： $6.4\text{g} \div \left( \frac{64}{64+96} \times 100\% \right) = 16\text{g}$ ，则原硫酸铜溶液中溶质的质量为 16g。

## 题●型●训●练

1. (2026·河北石家庄·一模) “诱蚊剂”搭配“灭蚊装置”抓捕灭蚊，可免除人们被蚊虫叮咬的困扰。某  $\text{CO}_2$  诱蚊剂(主要成分是酵母和蔗糖)通过酵母分解蔗糖产生  $\text{CO}_2$ ，模拟人体呼出的气体诱蚊。某兴趣小组探究并自制了  $\text{CO}_2$  诱蚊剂。

【查阅资料】①  $\text{CO}_2$  浓度越接近人体呼出气体，诱蚊效果越好；

②将过量的  $\text{CO}_2$  持续通入澄清石灰水中，会生成易溶于水的  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 。

(1)蔗糖分解属于\_\_\_\_\_ (填“物理”或“化学”)变化。

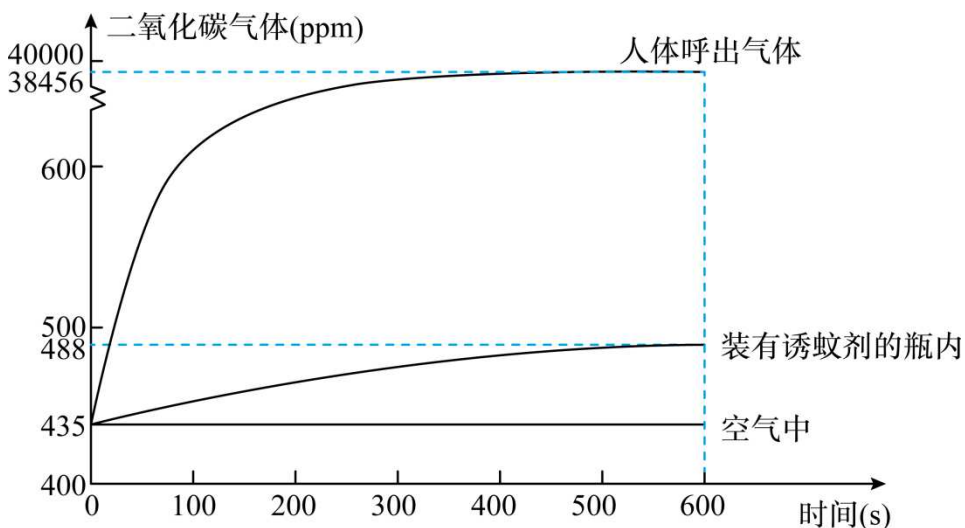
(2)为检验该  $\text{CO}_2$  诱蚊剂是否如宣传中所说“产生了  $\text{CO}_2$ ”，提前在塑料瓶中装入诱蚊剂。24 小时后用澄清石

灰水检验  $\text{CO}_2$ ，其原理是\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示)。振荡后，观察到石灰水无明显变化。

【猜想假设】

(3) 猜想一：未产生  $\text{CO}_2$ ；猜想二：产生  $\text{CO}_2$  的量较少；猜想三：产生  $\text{CO}_2$  的量过多，猜想三的依据是\_\_\_\_\_。

【实验探究】小组同学利用  $\text{CO}_2$  传感器测定人体呼出气体、装有  $\text{CO}_2$  诱蚊剂的瓶内(敞口)、空气中  $\text{CO}_2$  含量变化。实验结果如图所示：



【得出结论】

(4) 分析可得，猜想\_\_\_\_\_正确。

【实践应用】

(5) 该  $\text{CO}_2$  诱蚊剂在较封闭的环境下诱蚊效果更好，原因是\_\_\_\_\_。

【自制诱蚊剂】下表为兴趣小组为寻找合适的原料，利用家中常见的碳酸盐和酸反应进行的实验记录：

碳酸盐	纯碱	钙片(含碳酸钙)	鸡蛋壳
白醋	反应过快，混杂醋味	反应产生气体较少，成本高，混杂醋味	缓慢释放气体，成本低，混杂醋味
柠檬酸	反应过快	反应产生气体较少，成本高	缓慢释放气体，成本低，无异味

(6) 综上所述，自制家用  $\text{CO}_2$  诱蚊剂最佳原料为\_\_\_\_\_。

拓展延伸：

(7) 利用所学化学反应解决身边实际问题是学以致用体现。确定化学反应原理时，需要综合考虑各种因素，除上表中涉及的因素外，还需考虑\_\_\_\_\_ (任写一条)。

【答案】(1) 化学

(2)  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(3) 将过量的  $\text{CO}_2$  持续通入澄清石灰水中，会生成易溶于水的  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，从而使石灰水无明显变化

(4)二

(5)在较封闭的环境中，诱蚊剂产生的  $\text{CO}_2$  不容易扩散出去，能保持较高的浓度，从而对蚊虫有更好的引诱效果

(6)鸡蛋壳和柠檬酸

(7)是否安全（合理即可）

【详解】（1）蔗糖分解产生二氧化碳等，有新物质生成，属于化学变化；

（2）二氧化碳能与氢氧化钙反应生成碳酸钙和水，能使澄清石灰水变浑浊，故可用澄清石灰水检验二氧化碳，该反应的化学方程式为： $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

（3）将过量的  $\text{CO}_2$  持续通入澄清石灰水中，会生成易溶于水的  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，故石灰水无明显变化，可能是产生二氧化碳的量过多；

（4）从实验结果图可以看出，装有诱蚊剂的瓶内  $\text{CO}_2$  含量明显高于空气中的  $\text{CO}_2$  含量，但是比人体呼出气体中的  $\text{CO}_2$  含量少很多，说明产生  $\text{CO}_2$  的量较少，现象不明显，故观察到石灰水无明显变化，所以猜想二正确；

（5）在较封闭的环境中，诱蚊剂产生的  $\text{CO}_2$  不容易扩散出去，能保持较高的浓度，从而对蚊虫有更好的引诱效果，所以该诱蚊剂在较封闭的环境下诱蚊效果更好；

（6）分析表格可知，鸡蛋壳与柠檬酸反应时，能缓慢释放气体，成本低，且无异味，符合作为自制家用诱蚊剂原料的要求；而其他组合存在反应过快、成本高或有异味等不足，所以自制家用诱蚊剂最佳原料为鸡蛋壳和柠檬酸；

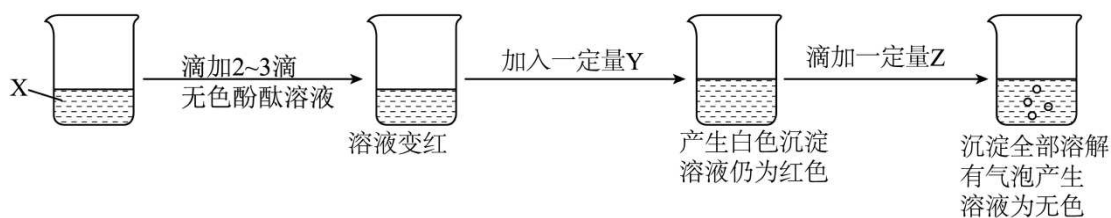
（7）确定化学反应原理时，需要综合考虑各种因素，除上表中涉及的因素外，还需考虑是否安全、操作是否方便等。

2. **（2026·陕西榆林·一模）** 实验室有三瓶失去标签的无色溶液，分别是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、 $\text{CaCl}_2$  溶液和稀盐酸中的一种，将它们记为 X、Y、Z。请你与学习小组同学进行以下探究与学习。

【查阅资料】 $\text{CaCl}_2$  溶液呈中性。

任务一 鉴别 X、Y、Z 三瓶无色溶液

甲同学进行如图所示实验：



(1)依据实验现象得出，无色溶液 Z 是\_\_\_\_\_（填名称）。

(2)写出上述实验过程中产生白色沉淀的化学反应方程式\_\_\_\_\_。

(3)乙同学提出仅通过 X、Y、Z 三种溶液任意两种相互倾倒直接混合的方法也能鉴别出 X、Y、Z，你认为该方法\_\_\_\_\_（填“能”或“不能”）达到鉴别目的。

## 任务二 探究实验后废液中溶质的成分

【提出问题】老师提出让同学们探究上面甲同学实验结束后，烧杯内的溶液中溶质（除酚酞外）是什么？

【做出猜想】丙同学认为废液中的溶质存在以下三个猜想。

猜想一： $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$     猜想二： $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$     猜想三： $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{HCl}$

(4)上述猜想中，你认为猜想\_\_\_\_\_是不合理的，理由是\_\_\_\_\_。

【实验验证】

(5)丙同学取少量废液于试管中，向其中滴加  $\text{NaOH}$  溶液，开始无明显现象，最后溶液变为红色，证明猜想\_\_\_\_\_是成立的。

【拓展应用】

(6)鉴别不同物质的原则是依据物质性质的差异设计实验，且实验中要产生不同的明显实验现象。下列鉴别物质所用方法不正确的是\_\_\_\_\_（填字母）。

- A. 浓硫酸与稀硫酸：分别取样，加入水中
- B. 羊毛纤维和棉纤维：分别取样，灼烧闻气味
- C.  $\text{KNO}_3$  溶液与  $\text{KCl}$  溶液：分别滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液
- D.  $\text{N}_2$  与  $\text{CO}_2$ ：将带火星的木条分别伸入气体中

【答案】(1)稀盐酸

(2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

(3)能

(4) 一  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液呈碱性，能使酚酞变红，而废液为无色，不可能含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ （答案合理即可）

(5)三

(6)D

【详解】（1）在 X 溶液中滴加 2~3 滴无色酚酞溶液，观察到溶液变红，说明 X 溶液显碱性，碳酸钠溶液显碱性，稀盐酸显酸性，氯化钙溶液呈中性，说明 X 为碳酸钠溶液；接着向该溶液中加入一定量的 Y，产生白色沉淀，溶液仍为红色，氯化钙与碳酸钠反应生成碳酸钙沉淀和氯化钠，说明 Y 为氯化钙溶液，同时说明碳酸钠过量；再向其中滴加一定量 Z，沉淀全部溶解，有气泡产生，说明 Z 为稀盐酸。故填：稀盐酸。

（2）产生白色沉淀的化学反应是碳酸钠与氯化钙反应生成碳酸钙和氯化钠，该反应的化学方程式为：

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。故填： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ 。

（3）碳酸钠与氯化钙反应有白色沉淀产生，碳酸钠与盐酸反应有气泡产生，氯化钙与盐酸不反应，无明显现象，每一种物质与其他两种物质均有不同现象，所以仅通过 X、Y、Z 三种溶液任意两种相互倾倒直接混合的方法也能鉴别出 X、Y、Z。故填：能。

（4）碳酸钠溶液显碱性，能使无色酚酞试液变红，所以滴加一定量 Z 后，溶液为无色，说明反应后溶液中不可能含有碳酸钠，则猜想一是不合理的。故填：一； $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液呈碱性，能使酚酞变红，而废液为无色，不可能含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ （答案合理即可）。

(5) 取少量废液于试管中，向其中滴加氢氧化钠溶液，氢氧化钠溶液显碱性，如果废液中不含盐酸，则滴加氢氧化钠溶液，溶液立即变为红色，开始无明显现象，最后溶液变为红色，说明废液中含盐酸，氢氧化钠先与稀盐酸反应生成氯化钠和水，所以开始无明显现象，待盐酸完全反应后，滴加氢氧化钠溶液，溶液呈碱性，所以最后溶液变为红色，故猜想三成立。故填：三。

(6) A. 浓硫酸溶于水放热，稀硫酸溶于水无明显现象，现象不同，可鉴别，不符合题意；  
B. 羊毛纤维灼烧有烧焦羽毛气味，棉纤维灼烧有烧纸气味，现象不同，可鉴别，不符合题意；  
C. 氯化钾与硝酸银反应生成白色沉淀，硝酸钾与硝酸银不反应，现象不同，可鉴别，不符合题意；  
D. 氮气和二氧化碳均不支持燃烧，带火星的木条伸入后均熄灭，现象相同，无法鉴别，符合题意。  
故选：D。

3. (2025·宁夏·中考真题) 同学们在实验室帮助老师清理实验用品时，发现了表面有污渍的铝片、铜片以及有锈迹的铁片，于是对这三种废旧金属展开了一系列探究活动。

【实验准备】除去金属表面污渍及锈迹

物理方法：

(1) 用\_\_\_\_\_的方法除去铝片、铜片表面污渍；

化学方法：

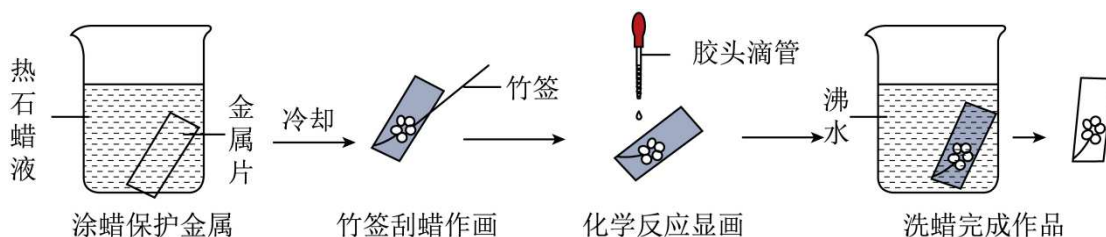
(2) 写出除去铁片表面铁锈（主要成分为氧化铁）的化学方程式\_\_\_\_\_。

活动一：比较硬度

(3) 运用所学方法，设计实验比较铁片和铝片的硬度（简明写出实验操作及现象）\_\_\_\_\_，得出铁的硬度大于铝。

活动二：制作书签

利用处理后的金属片制作书签，三种金属片依次按照如图所示过程进行操作（石蜡不与所滴加试剂反应）。



在“化学反应显画”的操作中，需沿图案凹槽滴入试剂，通过化学反应显现图案。

(4) 滴入的试剂是稀硫酸，则\_\_\_\_\_的金属片表面没有显现图案。

(5) 滴入的试剂是\_\_\_\_\_溶液，则三种金属片上均可显现图案。

【交流反思】

(6) 上述操作中没有验证出 Al、Fe 的金属活动性顺序，请你设计实验进行验证\_\_\_\_\_（写出一组试剂即可）。

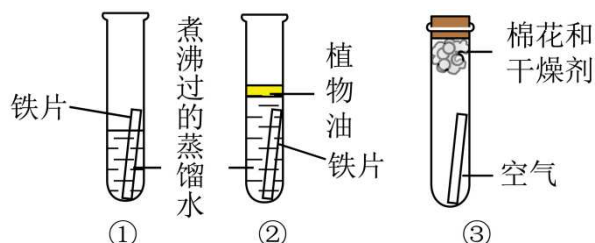
【活动总结】此次活动利用废旧金属制作了书签，还验证了 Al、Fe、Cu 的金属活动性顺序。

活动三：保护金属

金属的锈蚀带来了损失，保护金属、防止金属锈蚀已成为科学研究和技术领域中的重要课题。同学们以铁生锈为例展开探究。

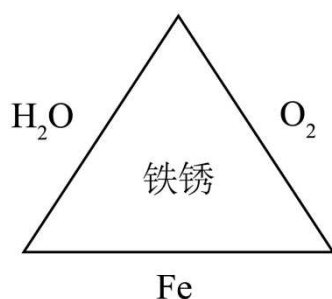
【提出问题】铁生锈需要哪些条件？

【进行实验】取处理后的铁片，按如图所示进行实验。



【实验现象】放置一周后，可观察到\_\_\_\_\_。

【实验结论】得出铁生锈的条件，并建构了铁生锈条件的认知模型，如图所示。



【交流表达】

(7)防止铁质书签生锈的方法是\_\_\_\_\_（写一种即可）。

(8)保护金属资源除防止金属锈蚀外，请你再提出一条合理化建议\_\_\_\_\_。

【拓展延伸】

(9)金属的锈蚀会造成损失，但利用其原理也会为人类服务，如食品包装袋中的脱氧剂（主要成分为铁粉），就是利用铁生锈的原理对食品进行保鲜。由此，对你的启示是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)打磨

(2)  $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$  /  $Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

(3)取样相互刻画，铝片上有明显划痕

(4)铜

(5)硝酸银

(6) 将铝片放入硫酸亚铁溶液中，若铝片表面有黑色固体析出，说明铝的金属活动性比铁强（合理即可）

①中铁片生锈，②③中铁片不生锈

(7)涂油（合理即可）

(8)回收利用废旧金属/合理开采金属矿物/寻找金属的代用品（合理即可）

(9)某些事物对人类是利有弊的（合理即可）

【详解】（1）用打磨的方法可除去铝片、铜片表面污渍。

（2）铁锈的主要成分是氧化铁，氧化铁能与盐酸（或硫酸）反应，从而除去铁锈，氧化铁与稀盐酸反应生



成氯化铁和水，化学方程式为  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，氧化铁与稀硫酸反应生成硫酸铁和水，化学方程式为  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 比较金属硬度可采用相互刻画的方法，若铝片上有明显划痕，说明铁的硬度大于铝。

(4) 金属活动性  $\text{Al} > \text{Fe} > \text{H} > \text{Cu}$ ，铜位于氢之后，不能与稀硫酸反应，所以滴入稀硫酸，铜的金属片表面没有显现图案。

(5) 铝、铁、铜的金属活动性都比银强，都能与硝酸银溶液反应，从而显现图案，所以滴入硝酸银溶液，三种金属片上均可显现图案。

(6) 要验证  $\text{Al}$ 、 $\text{Fe}$  的金属活动性顺序，可将铝片放入硫酸亚铁溶液中，若铝片表面有黑色固体析出，说明铝的金属活动性比铁强；或把铁片放入硫酸铝溶液中，无明显现象，说明铁的金属活动性比铝弱；铁生锈是铁与空气中的氧气、水发生反应的结果。①中铁片与水、氧气同时接触，会生锈；②中铁片只与水接触，③中铁片只与氧气接触，都不易生锈。

(7) 防止铁生锈的方法有保持表面洁净干燥、涂油、刷漆等，这些方法能隔绝铁与氧气、水的接触。

(8) 保护金属资源的措施除防止金属锈蚀外，还有回收利用废旧金属、合理开采金属矿物、寻找金属的代用品等。

(9) 铁生锈原本是有害的，但可利用其原理制成脱氧剂保鲜食品，说明某些事物对人类是利有弊的。

4. (2024·广东揭阳·二模) 化学兴趣小组以“助力碳中和”为主题，设计并开展如下项目式探究活动。

项目一：探究厨房中的温室效应

【查阅资料】I.  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  等气体能产生温室效应；

II. 相同条件下，阳光照射时，温室气体含量越高环境升温越快；

III. 点燃天然气后，周围空气中的  $\text{CO}_2$  含量会升高。

【进行实验】

(1) 小组同学利用厨房用品中的纯碱和 \_\_\_\_\_ 反应制  $\text{CO}_2$ ，并用塑料瓶 A 收集，该反应的实质是 \_\_\_\_\_。再用相同的塑料瓶 B，收集一瓶使用天然气前厨房中的空气样品，按图 1 连接装置(气密性良好)。

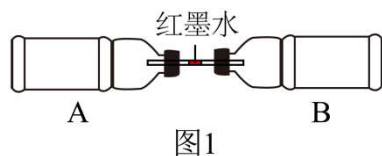


图1

(2) 标记塑料管内红墨水停留的位置，将装置移至室外，置于阳光下照射一段时间后，观察到红墨水处于标记位置的 \_\_\_\_\_ (填“左”或“右”)侧。小组同学得出结论：能增强温室效应，并可用该装置验证；将装置拿回厨房，点燃天然气一段时间后，用排尽  $\text{CO}_2$  的塑料瓶 A 收集炉灶周围的空气。冷却至室温后连接装置，重复(2)实验，观察到相同现象。

【分析讨论】

(3) 部分同学认为一定是天然气燃烧产生的  $\text{CO}_2$  增强了厨房中的温室效应。有同学认为该说法不严谨，理由

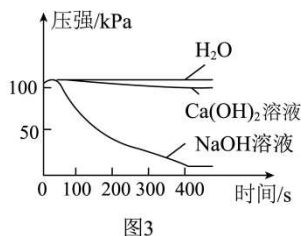
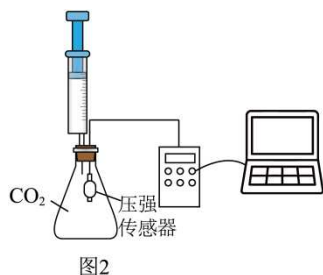


是\_\_\_\_\_。

【得出结论】使用天然气会增强厨房中的温室效应。

项目二：探究使用不同物质吸收  $\text{CO}_2$  的可行性

【进行实验】同学们分别使用等体积的  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  饱和溶液和溶质质量分数为 40% 的  $\text{NaOH}$  溶液，利用图 2 装置分别进行 3 次实验，测得瓶内压强随时间变化的曲线如图 3 所示：

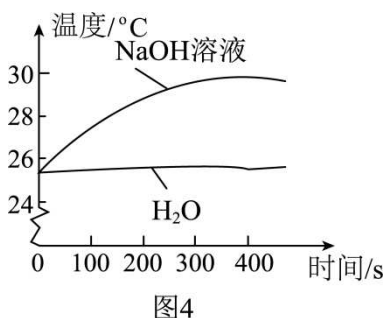


(4)  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应化学方程式为\_\_\_\_\_。

(5) 结合图 3 数据分析，实验使用三种物质中，对  $\text{CO}_2$  吸收效果最好是\_\_\_\_\_。

【分析讨论】

(6) 有同学提出，反应中的能量变化也会导致压强变化。于是，小组同学将压强传感器更换为温度传感器，重新进行了部分实验，实验数据如图 4 所示。由数据可知，与  $\text{NaOH}$  溶液的反应是\_\_\_\_\_ (填“吸热反应”或“放热反应”)。



(7) 结合图 4 数据综合分析，图 3 中  $\text{NaOH}$  溶液对应曲线在 100s-300s 内压强变化的原因是\_\_\_\_\_。

【得出结论】吸收  $\text{CO}_2$  时，要多角度考虑其方案的可行性。

【答案】(1) 食醋(或醋酸) 氢离子和碳酸根离子结合生成水分子和二氧化碳分子

(2) 右

(3) 天然气燃烧可能产生甲烷等其他温室气体，也会增强温室效应

(4)  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(5) 40% 的  $\text{NaOH}$  溶液

(6) 放热反应

(7) 反应初期， $\text{NaOH}$  溶液与  $\text{CO}_2$  反应使瓶内压强减小，同时反应放热使瓶内气体受热膨胀导致压强增大，气体减少的影响较大；后期反应逐渐停止，温度恢复至室温，压强主要受气体减少影响而继续减小

【详解】(1) 纯碱（碳酸钠）与食醋（含醋酸）反应可制  $\text{CO}_2$ ；

该反应是复分解反应，实质是氢离子和碳酸根离子结合生成水分子和二氧化碳分子。

(2) 塑料瓶 A 中  $\text{CO}_2$  含量比塑料瓶 B 中高, 根据资料 II, 相同条件下, 阳光照射时, 温室气体含量越高环境升温越快, A 瓶内温度升高更快, 压强更大, 所以红墨水处于标记位置的右侧。

(3) 天然气主要成分是甲烷, 燃烧除生成  $\text{CO}_2$ , 还可能有未完全燃烧的甲烷等, 甲烷也是温室气体, 所以不能确定一定是  $\text{CO}_2$  增强了温室效应。

(4) 二氧化碳与氢氧化钠溶液反应生成碳酸钠和水, 化学方程式为  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 由图 3 可知, 用溶质质量分数为 40% 的  $\text{NaOH}$  溶液时, 瓶内压强下降幅度最大, 说明 40% 的  $\text{NaOH}$  溶液对  $\text{CO}_2$  吸收效果最好。

(6) 由图 4 可知,  $\text{CO}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应时, 温度升高, 所以该反应是放热反应。

(7) 反应初期,  $\text{NaOH}$  溶液与  $\text{CO}_2$  反应使瓶内压强减小, 同时反应放热使瓶内气体受热膨胀导致压强增大, 气体减少的影响较大; 后期反应逐渐停止, 温度恢复至室温, 压强主要受气体减少影响而继续减小。

5. (2025·福建泉州·模拟预测) 化学兴趣小组同学将氢氧化钠溶液滴入硫酸铜溶液进行实验时, 观察到产生不同颜色的沉淀于是对沉淀的成分、性质及产生过程展开探究。

【查阅资料】

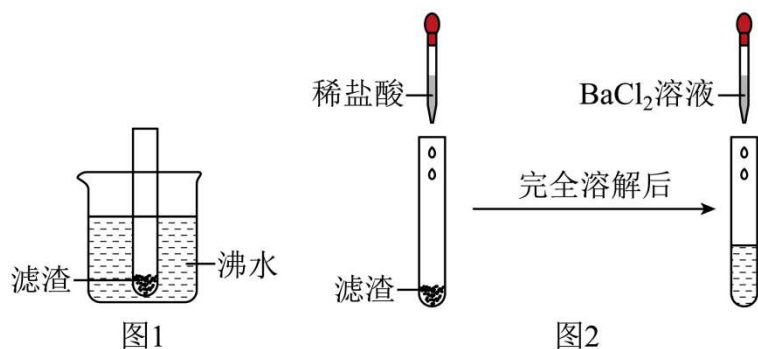
I. 氢氧化铜是一种难溶于水的蓝色物质, 在  $80^\circ\text{C}$  时分解生成氧化铜和水;

II. 碱式硫酸铜  $[\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4]$  是一种难溶于水的绿色物质, 可溶于酸, 在沸水中不分解;

III. 硫酸钡是一种难溶于水且难溶于酸的白色物质。

【实验一】检验氢氧化钠溶液与硫酸铜溶液反应产生沉淀的成分。

将反应后的混合物过滤, 滤渣经多次洗涤后备用。甲、乙两位同学分别取滤渣进行如下图 1 和图 2 所示实验



(1) 甲同学观察到图 1 实验中的滤渣经沸水加热后出现\_\_\_\_\_色, 证明该滤渣中含有氢氧化铜。写出图 1 试管中涉及的化学方程式\_\_\_\_\_。

(2) 乙同学观察到图 2 实验中, 滴入  $\text{BaCl}_2$  溶液后产生白色沉淀, 认为滤渣中含有\_\_\_\_\_。

(3) 丙同学提出质疑, 滴入  $\text{BaCl}_2$  溶液产生白色沉淀, 可能是滤渣没有洗净造成的。并设计实验进行验证: 取最后一次洗涤液样品于试管中, 滴加适量的\_\_\_\_\_, 若观察到\_\_\_\_\_则证明滤渣已经洗净。

【实验二】利用传感技术揭示氢氧化钠溶液与硫酸铜溶液反应的基本过程。

取 1.6% 的硫酸铜溶液 10mL 于烧杯中, 逐滴滴入 0.4% 的氢氧化钠溶液, 传感器测得烧杯中溶液 pH 变化如左下图 3; 实验现象如下表 1:

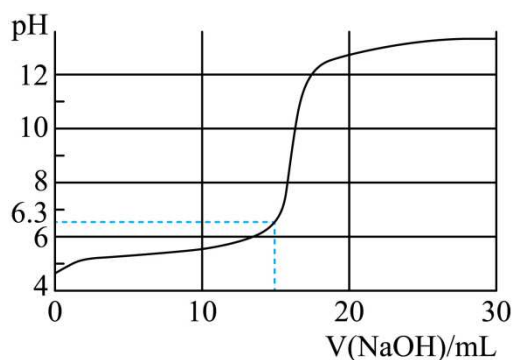


图3

表 1

氢氧化钠溶液的体积 /mL	实验现象		
	绿色沉淀	蓝色沉淀	上层清液颜色
0.00~2.00	产生	无	蓝色
2.00~15.00	增加	无	浅蓝色
15.00~18.00	减少	产生	无色
18.00~20.00	更少	增加	无色

(4)硫酸铜溶液呈\_\_\_\_\_ (填“酸”、“碱”或“中”)性。

(5)硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应产生蓝色沉淀的条件是\_\_\_\_\_。

(6)根据上述表 1 现象可推知碱式硫酸铜可以与氢氧化钠发生反应，简述判断依据\_\_\_\_\_。

#### 【联想与启示】

(7)反应物种类和反应条件相同时，若反应物的质量比不同，生成物可能不同。再举一例说明\_\_\_\_\_。

【答案】(1) 黑  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

(2)碱式硫酸铜/ $\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4$

(3) 氯化钡溶液 无白色沉淀生成

(4)酸

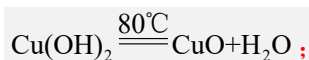
(5) $\text{pH} \geq 6.3$

(6)随着氢氧化钠加入，绿色沉淀减少，蓝色沉淀增多

(7)氧气充足时，碳完全燃烧生成二氧化碳，氧气不足时，碳不完全燃烧生成一氧化碳

【详解】(1) 氢氧化铜是一种难溶于水的蓝色物质，在  $80^\circ\text{C}$  时分解生成氧化铜和水；氧化铜是黑色的，故甲同学观察到图 1 实验中的滤渣经沸水加热后出现黑色，说明该滤渣中含有氢氧化铜；

图 1 试管中涉及的反应为氢氧化铜在  $80^\circ\text{C}$  时分解生成氧化铜和水，该反应的化学方程式为：



(2) 碱式硫酸铜可溶于酸，则加入稀盐酸后，碱式硫酸铜能与稀盐酸反应生成氯化铜、硫酸铜和水，硫酸铜能与氯化钡反应生成硫酸钡和氯化铜，则滴入氯化钡溶液后产生白色沉淀，说明滤渣中含有碱式硫酸铜；

(3) 氢氧化钠与硫酸铜反应生成了硫酸钠，如果滤渣没有洗净，会导致滤渣表面附着硫酸钠，硫酸钠能与氯化钡反应生成硫酸钡和氯化钠，故取最后一次洗涤液样品于试管中，滴加适量的氯化钡溶液，若观察到无白色沉淀生成，说明滤渣已经洗净；

(4) 由图可知，一开始 pH 小于 7，说明硫酸铜溶液呈酸性；

(5) 由表中数据可知，在加入氢氧化钠溶液体积达到 15mL 时，有蓝色沉淀生成，说明有氢氧化铜生成，此时溶液 pH=6.3，所以当溶液 pH≥6.3 时，氢氧化钠与硫酸铜反应生成蓝色沉淀；

(6) 根据表中信息可知，随着氢氧化钠加入，绿色沉淀减少，蓝色沉淀增多，所以可知碱式硫酸铜与氢氧化钠可以发生反应；

(7) 反应物种类和反应条件相同时，若反应物的质量比不同，生成物可能不同，如氧气充足时，碳完全燃烧生成二氧化碳，氧气不足时，碳不完全燃烧生成一氧化碳。

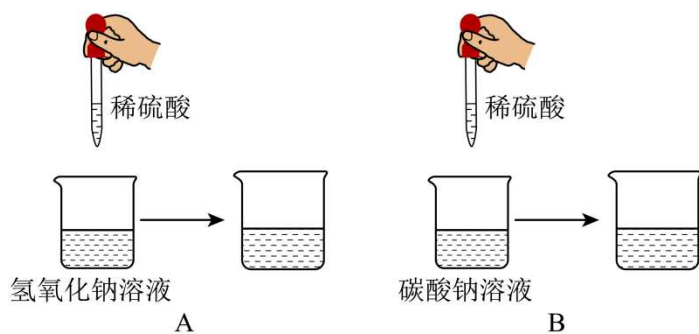
6. **(2026·湖南长沙·一模)** 化学兴趣小组的同学们在老师的指导下开展实验探究活动，研究如何确定酸、碱、盐之间发生反应后，所得溶液中的溶质组成。

【资料卡片】I. 不考虑反应中间过程生成碳酸氢钠或硫酸氢钠；

II. 碳酸钡、硫酸钡难溶于水，其中碳酸钡可与酸反应，硫酸钡难与酸反应。

【探究 1】两种可溶于水的物质反应后溶液中的溶质组成有几种情况？

【实验活动 1】小长同学将稀硫酸分别滴入氢氧化钠溶液和碳酸钠溶液中，如图所示：



(1) 这两个实验所得的溶液中溶质组成均有\_\_\_\_\_（填数字）种可能情况。

【探究 2】当溶液中溶质可能情况不止一种时，如何确定其成分。

【实验活动 2】

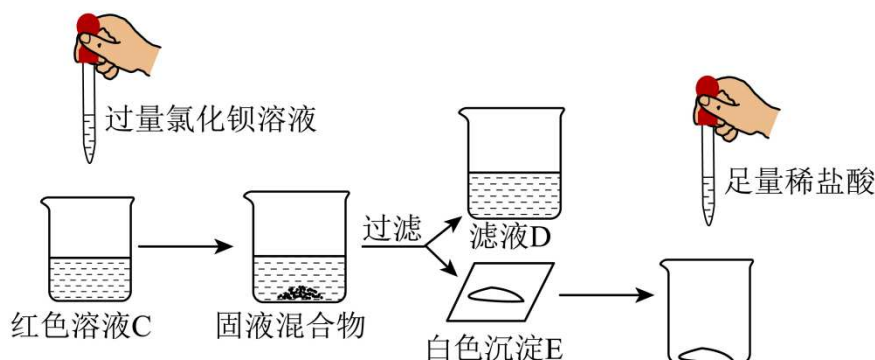
(2) 小长向反应后的烧杯 A 中滴加几滴酚酞溶液，观察到溶液变红，说明烧杯 A 溶液中的溶质为\_\_\_\_\_（填化学式）。

【实验活动 3】小郡将上述反应后的烧杯 A 中的溶液和烧杯 B 中的溶液一起倒入烧杯 C 中，观察到溶液仍为红色。

【猜想与假设】

(3)针对溶液 C 中的溶质,小郡提出了自己的观点:一定没有\_\_\_\_\_ (填化学式),可能有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

【实验活动 4】确定溶液 C 中溶质成分。



【实验结论】

(4)结合实验中的\_\_\_\_\_现象,证明  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  确实存在。

【反思提升】

(5)小组同学经讨论认为:要确定  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  是否存在,可以只加入一种试剂,请你写出该检验方法:

\_\_\_\_\_。

(6)在验证反应后所得溶液中的溶质组成时,只需验证\_\_\_\_\_ (填“可能”或“一定”)存在的物质即可。

【答案】(1)3

(2)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaOH}$

(3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$

(4)白色沉淀 E 中加入足量稀盐酸后,白色沉淀部分消失,产生气泡

(5)取少量烧杯 C 中的溶液于试管中,加入过量稀盐酸,若产生气泡,则确定烧杯 C 溶液中含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,若没有气泡产生,则烧杯 C 溶液中没有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

(6)可能

【详解】(1)两个反应均满足:反应后一定生成可溶的生成物,分三种情况讨论:①恰好完全反应,溶质只有生成物;②酸过量,溶质为生成物和过量硫酸;③碱或碳酸钠过量,溶质为生成物和过量反应物,因此均有 3 种可能。

(2)烧杯 A 是稀硫酸和氢氧化钠的反应,滴加酚酞后溶液变红,说明溶液呈碱性,氢氧化钠过量,因此溶质为过量的  $\text{NaOH}$  和反应生成的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

(3)混合后溶液仍为红色,说明溶液呈碱性, $\text{H}_2\text{SO}_4$  是酸性物质,会和碱性物质反应,因此一定不存在  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

(4)溶液中一定含  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,因此沉淀 E 中一定有不溶于酸的  $\text{BaSO}_4$ ;若存在  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,沉淀中还会有可溶于酸的  $\text{BaCO}_3$ ,加入足量稀盐酸后,会观察到白色沉淀部分溶解,有气泡产生,即可证明碳酸钠存在。

(5)碳酸钠中的碳酸根离子可以和酸中的氢离子反应生成二氧化碳气体,因此加入足量稀盐酸,通过观察是否产生气泡即可检验碳酸钠,故确定  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  是否存在的该检验方法为取少量烧杯 C 中的溶液于试管中,加入过量稀盐酸,若产生气泡,则确定烧杯 C 溶液中含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,若没有气泡产生,则烧杯 C 溶液中没有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

(6) 反应后的生成物是一定存在的，不需要验证，只需验证可能过量存在的反应物即可，故填：可能。

7. (2024·黑龙江绥化·中考真题) 实验室有一瓶开封且久置的氢氧化钠溶液，某化学小组设计如下方案对其变质情况进行探究。

【提出问题】该氢氧化钠溶液中溶质的成分是什么？

【猜想假设】

(1) 猜想一：氢氧化钠 猜想二：\_\_\_\_\_ 猜想三：碳酸钠

【设计实验】

(2)

实验步骤	实验现象	实验结论
步骤一：取适量样品于试管中加入_____充分反应	有_____产生	猜想二成立
步骤二：取步骤一试管中的物质过滤，向滤液中加入 $\text{CuCl}_2$ 溶液	有_____产生	

【反思拓展】

(3) 某同学提出可用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液代替步骤一中加入的试剂进行实验，大家一致认为此方案不可行，理由是\_\_\_\_\_。

(4) 氢氧化钠变质的原因是\_\_\_\_\_（用化学方程式表示），因此氢氧化钠应\_\_\_\_\_保存。

(5) 分别取两份完全变质的氢氧化钠样品于试管中，向其中一份加入稀盐酸有气泡产生，另一份加入氢氧化钡溶液有白色沉淀产生，然后将两支试管中的所有物质倒入同一废液缸中，得到澄清溶液，所得溶液中溶质一定有\_\_\_\_\_。

【答案】(1) 氢氧化钠和碳酸钠

(2) 过量的氯化钙溶液 白色沉淀 蓝色沉淀

(3)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液和碳酸钠反应会生成氢氧化钠，影响对氢氧化钠的检验

(4)  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  密封

(5) 氯化钠和氯化钡

【详解】(1) 氢氧化钠的变质是二氧化碳与氢氧化钠溶液反应生成碳酸钠和水；

猜想一：若氢氧化钠未变质，则溶质成分为氢氧化钠；

猜想二：若氢氧化钠部分变质，溶质成分为氢氧化钠和碳酸钠；

猜想三：若氢氧化钠完全变质，溶质成分为碳酸钠；

(2) 步骤一：根据实验结论是猜想二成立，即溶质的成分是氢氧化钠和碳酸钠，碳酸钠与氯化钙溶液反应生成氯化钠和白色沉淀碳酸钙，则取适量样品于试管中加入过量的氯化钙溶液充分反应，可观察到有白色沉淀产生，过量的氯化钙溶液可以检验并完全除去碳酸钠，防止对后续氢氧化钠的检验产生干扰；



步骤二：取步骤一试管中的物质过滤，向滤液中加入  $\text{CuCl}_2$  溶液，氢氧化钠与  $\text{CuCl}_2$  溶液反应生成氯化钠和蓝色沉淀氢氧化铜，则可观察到有蓝色沉淀产生；

(3) 由于  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液和碳酸钠反应会生成氢氧化钠，影响后续对氢氧化钠的检验，所以不能用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液代替步骤一中加入的试剂进行实验；

(4) 氢氧化钠变质的原因是氢氧化钠与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钠和水，反应的化学方程式为：  
 $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，因此氢氧化钠应密封保存；

(5) 分别取两份完全变质的氢氧化钠样品于试管中，向其中一份加入稀盐酸有气泡产生，碳酸钠与盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，另一份加入氢氧化钡溶液有白色沉淀产生，碳酸钠和氢氧化钡反应生成碳酸钡沉淀和氢氧化钠，然后将两支试管中的所有物质倒入同一废液缸中，得到澄清溶液，说明第一支试管中过量的稀盐酸与碳酸钡反应生成氯化钡、二氧化碳和水，则溶液中一定有生成的氯化钠和氯化钡。

8. (2025·山东青岛·一模) 随着人们对生活品质的追求，市场上涌现出众多宣称“零添加防腐剂”的绿色食品。这类食品包装内常放置有一包独立的保鲜剂，该保鲜剂不与食品直接接触，且符合食品安全标准。化学兴趣小组的同学对此产生兴趣，展开探究。

#### 【查找资料】

I. 食物腐败是因为微生物在食物中生长。微生物只要得到养分，再加上充足的氧气和水，在适当的条件下就会迅速生长，因而只要缺失一种条件就可以防止食物腐败。

II. 常见的具有吸水性的几种物质：①浓硫酸②生石灰③铁粉④硅胶（无色透明粒状固体，无毒无害）

#### 【资料分析】

(1) 你认为①~④的物质中，不适合用作食品保鲜剂的是\_\_\_\_\_，理由是\_\_\_\_\_。

【实验探究】小组同学找来一包在空气中放置一段时间的食品保鲜剂，通过阅读说明书得知其有效成分是上述①~④物质中的一种。

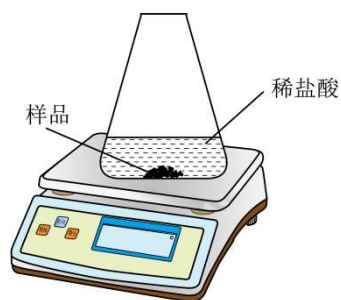
(2) 观察外观：保鲜剂为红棕色粉末，部分结块。由此推测：原保鲜剂的有效成分是铁粉，其保鲜原理是\_\_\_\_\_；红棕色粉末的存在可能是由于保鲜剂已变质。

为探究这包久置保鲜剂的变质程度，进行如下实验：

(3) 取少量该保鲜剂于试管中，加入过量稀盐酸（原保鲜剂除有效成分外其他成分不与酸反应），观察到的现象是：红棕色粉末减少、\_\_\_\_\_；溶液由无色变为黄色。最终变为浅绿色。由此可推知，该久置保鲜剂为部分变质。请写出一个上述实验过程中发生反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(4) 测定该久置保鲜剂中铁的含量。将 10.0g 保鲜剂样品放入锥形瓶中，不断加入稀盐酸（如图），反应过程中锥形瓶中物质的质量变化如下表。请计算该保鲜剂中铁粉的质量分数？（写出计算过程）





加入稀盐酸的总质量/g	50	100	150
锥形瓶中剩余物质的质量/g	59.9	109.8	159.8

【答案】(1) ①浓硫酸 浓硫酸具有强烈的腐蚀性

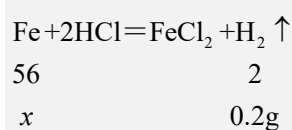
(2)铁粉能与氧气、水反应，铁生锈消耗氧气和水，可达到保鲜目的

(3) 有气泡产生  $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$  /  $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$  /  $Fe + 2FeCl_3 = 3FeCl_2$

(4)

解：根据质量守恒定律，生成氢气的总质量为  $10.0g + 150g - 159.8g = 0.2g$ ；

设该保鲜剂中铁粉的质量为  $x$ 。



$$\frac{56}{2} = \frac{x}{0.2g}$$

解得：  $x = 5.6g$

该保鲜剂中铁粉的质量分数为  $\frac{5.6g}{10.0g} \times 100\% = 56\%$ ，

答：该保鲜剂中铁粉的质量分数为 56%。

【详解】(1) ①浓硫酸具有强烈的腐蚀性，不能与食品接触，否则会对人体造成伤害，所以不适合用作食品保鲜剂；

(2) 观察外观：保鲜剂为红棕色粉末，部分结块，由此推测：原保鲜剂的有效成分是铁粉，铁与氧气、水同时接触会发生锈蚀，生成铁锈，铁粉生锈的过程中会消耗氧气和水，从而达到保鲜的目的；

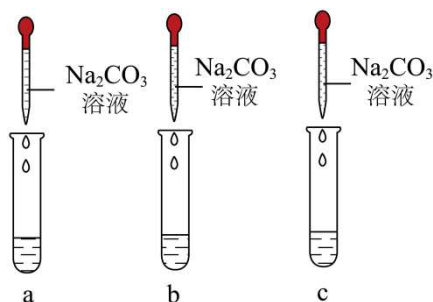
(3) 根据结论该久置保鲜剂为部分变质，故保鲜剂中有红棕色的氧化铁和铁，氧化铁与稀盐酸反应生成氯化铁和水，化学方程式为：  $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$ ，溶液由无色变为黄色，待氧化铁反应完全，铁与稀盐酸反应生成氯化亚铁和氢气，化学方程式为：  $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$ ；会观察到有气泡产生，铁能与氯化铁反应生成氯化亚铁，化学方程式为：  $Fe + 2FeCl_3 = 3FeCl_2$ ；所以溶液最终变为浅绿色；

(4) 见答案。

9. (2024·甘肃白银·中考真题) 某校化学课上, 老师让同学们设计实验鉴别稀盐酸、食盐水和澄清石灰水三种无色溶液并进行性质实验。同学们设计实验如下:

(1)第1兴趣小组: 用紫色石蕊溶液鉴别三种溶液, 他们如此设计的理由是\_\_\_\_\_;

第2兴趣小组: 分别用三支试管取少量上述三种溶液, 各加入一定量的碳酸钠溶液, 观察现象:



(2)a 中有气泡产生, 证明 a 中溶液是\_\_\_\_\_。

(3)b 中产生\_\_\_\_\_ (填实验现象), 证明 b 中溶液是澄清石灰水。

c 中无明显现象。

第3兴趣小组: 为进一步探究稀盐酸和澄清石灰水反应后所得溶液中溶质的成分, 进行如下探究活动。

#### 【假设猜想】

(4)该组同学的猜想如下:

猜想一: 只有\_\_\_\_\_

猜想二: 有  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{HCl}$

猜想三: 有  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

猜想四: 有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

其他各兴趣小组的同学对以上猜想提出质疑, 认为猜想四不合理, 理由是\_\_\_\_\_。

#### 【实验探究】

(5)为证明其余猜想是否正确, 第3兴趣小组的同学们进行了如下实验:

实验步骤	实验现象	实验结论
(1) 取少量反应后的溶液于试管中, 加入 $\text{CuCl}_2$ 溶液, 观察现象。	无明显现象	猜想_____不成立
(2) 用镊子将锌粒放入试管中, 向其中滴加反应后的溶液, 观察现象。	有_____产生	猜想二成立
(3) 取少量反应后的溶液于试管中, 加入硝酸银溶液, 观察现象。	有白色沉淀生成	猜想一成立

#### 【交流评价】

(6)老师对同学们能用多种方法进行探究, 并且能够得出结论给予表扬, 同时指出上述实验探究中有明显的

错误。同学们经过反思后发现了错误，错误的原因是\_\_\_\_\_。

【反思拓展】

(7)在分析化学反应后所得物质的成分时，除考虑生成物外还需考虑\_\_\_\_\_。

【答案】(1)稀盐酸显酸性，能使紫色石蕊溶液变红，食盐水即氯化钠溶液显中性，不能使紫色石蕊溶液变色，澄清的石灰水即氢氧化钙溶液显碱性，能使紫色石蕊溶液变蓝

(2)稀盐酸

(3)白色沉淀

(4)  $\text{CaCl}_2$ /氯化钙       $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  不能共存

(5) 三      气泡

(6)氯化钙、盐酸均能与硝酸银反应生成氯化银白色沉淀，故加入硝酸银溶液，产生白色沉淀，不能说明猜想一成立

(7)反应物是否有剩余

【详解】(1) 由于稀盐酸显酸性，能使紫色石蕊溶液变红，食盐水即氯化钠溶液显中性，不能使紫色石蕊溶液变色，澄清的石灰水即氢氧化钙溶液显碱性，能使紫色石蕊溶液变蓝。所以用紫色石蕊溶液鉴别三种溶液。故填：稀盐酸显酸性，能使紫色石蕊溶液变红，食盐水即氯化钠溶液显中性，不能使紫色石蕊溶液变色，澄清的石灰水即氢氧化钙溶液显碱性，能使紫色石蕊溶液变蓝。

(2) 由于稀盐酸与碳酸钠反应生成氯化钠、水和二氧化碳气体，所以 a 中有气泡产生，证明 a 中溶液是稀盐酸。故填：稀盐酸。

(3) 由于澄清石灰水即氢氧化钙溶液与碳酸钠反应生成碳酸钙白色沉淀和氢氧化钠，所以 b 中产生白色沉淀，证明 b 中溶液是澄清石灰水。故填：白色沉淀。

(4) 由于稀盐酸和澄清石灰水即氢氧化钙溶液反应生成氯化钙和水，结合猜想二、三分析可知，猜想一：只有氯化钙。故填：氯化钙。

由于  $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  反应生成氯化钙和水，所以  $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  不能共存，即猜想四不合理。故填： $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  不能共存。

(5) (1) 取少量反应后的溶液于试管中，加入  $\text{CuCl}_2$  溶液，无明显现象。说明没有氢氧化铜生成，即反应后所得溶液中没有氢氧化钙，所以猜想三不成立。故填：三。

(2) 由于猜想二成立，说明反应后的溶液中含有盐酸，盐酸与锌粒反应生成氯化锌和氢气，所以用镊子将锌粒放入试管中，向其中滴加反应后的溶液，有气泡产生。故填：气泡。

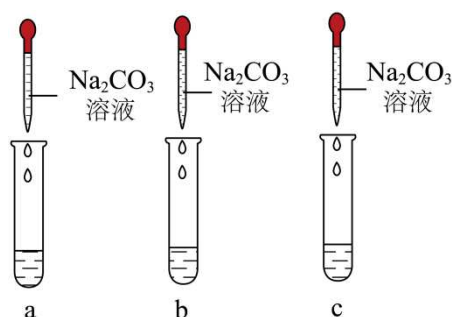
(6) 由于实验步骤(3)取少量反应后的溶液于试管中，加入硝酸银溶液，氯化钙与硝酸银反应生成氯化银白色沉淀，盐酸与硝酸银反应也生成氯化银白色沉淀，所以取少量反应后的溶液于试管中，加入硝酸银溶液，有白色沉淀生成，猜想一不一定成立。故填：氯化钙、盐酸均能与硝酸银反应生成氯化银白色沉淀，故加入硝酸银溶液，产生白色沉淀，不能说明猜想一成立；

(7) 由于发生化学反应时反应物不一定正好完全反应，即某种反应物可能有剩余，所以在分析化学反应后所得物质的成分时，除考虑生成物外还需考虑反应物是否有剩余。故填：反应物是否有剩余。

10. **(2025·宁夏银川·二模)** 某校化学课上，老师让同学们设计实验鉴别稀盐酸、食盐水和澄清石灰水三种无色溶液并进行性质实验。同学们设计实验如下所示：

**【进行实验】**

第1兴趣小组：分别用三支试管取少量上述三种溶液各加入一定量的碳酸钠溶液，观察现象。



(1)①a 中有气泡产生，证明 a 中溶液是\_\_\_\_\_。

②b 中产生\_\_\_\_\_ (填实验现象)，证明 b 中溶液是澄清石灰水。

③c 中无明显现象。

**【反思提高】**

(2)你还能用\_\_\_\_\_ 鉴别稀盐酸、食盐水和澄清石灰水。

第2兴趣小组：为进一步探究稀盐酸和澄清石灰水反应后所得溶液中溶质的成分，进行如下探究活动

**【假设猜想】**

(3)该组同学的猜想如下：

猜想一：只有\_\_\_\_\_ (填化学式)

猜想二：有  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{HCl}$

猜想三：有  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

猜想四：有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{HCl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  其他各兴趣小组的同学对以上猜想提出质疑，认为猜想四不合理，理由是\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示)。

**【实验探究】**

(4)为证明其余猜想是否正确，第3兴趣小组的同学们进行了如下实验：

实验方案	实验现象	实验结论
①取少量反应后的溶液于试管中，向其中通入二氧化碳，观察现象	无明显现象	猜想_____不成立
②用镊子将锌粒放入试管中，向其中滴加反应后的溶液，观察现象	有_____产生	猜想二成立
③取少量反应后的溶液于试管中，加入硝酸银	有白色沉淀生成	

溶液		
----	--	--

**【交流评价】**

(5)老师对同学们能用多种方法进行探究并且能够得出结论给予表扬，同时指出上述实验探究方案 ③中有明显的错误。错误的原因是\_\_\_\_\_。

**【反思拓展】**

(6)在分析化学反应后所得物质的成分时，除考虑生成物外还需考虑\_\_\_\_\_。

**【答案】**(1) 稀盐酸 白色沉淀

(2)紫色石蕊试液（合理即可）

(3)  $\text{CaCl}_2$   $2\text{HCl}+\text{Ca}(\text{OH})_2=\text{CaCl}_2+2\text{H}_2\text{O}$

(4) 三 气泡

(5)硝酸银也能与氯化钙反应生成氯化银白色沉淀

(6)反应物是否过量

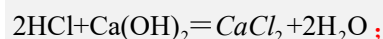
**【详解】**（1）①碳酸钠能与稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，故 a 中有气泡产生，说明 a 中溶液是稀盐酸；

②b 中溶液是澄清石灰水，氢氧化钙能与碳酸钠反应生成碳酸钙和氢氧化钠，故 b 中产生白色沉淀；

（2）稀盐酸显酸性，能使紫色石蕊试液变红，食盐水显中性，不能使紫色石蕊试液变色，澄清石灰水显碱性，能使紫色石蕊试液变蓝，现象不同，故可用紫色石蕊试液鉴别稀盐酸、食盐水和澄清石灰水；

（3）氢氧化钙与稀盐酸反应生成氯化钙和水，如果恰好完全反应，则溶质为氯化钙，如果氢氧化钙过量，则溶质为氯化钙、氢氧化钙，如果稀盐酸过量，则溶质为氯化钙、氯化氢，故猜想一：只有  $\text{CaCl}_2$ ；

氢氧化钙能与稀盐酸反应生成氯化钙和水，不能共存，故猜想四不合理，该反应的化学方程式为：



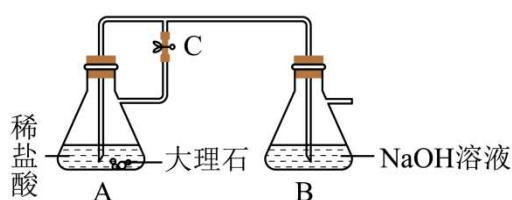
（4）①取少量反应后的溶液于试管中，向其中通入二氧化碳，二氧化碳能与氢氧化钙反应生成碳酸钙和水，故无明显现象，说明不含氢氧化钙，则猜想三不成立；

②用镊子将锌粒放入试管中，向其中滴加反应后的溶液，观察现象，锌能与稀盐酸反应生成氯化锌和氢气，故有气泡产生，说明含盐酸，说明猜想二成立；

（5）硝酸银与盐酸、氯化钙均能反应生成氯化银白色沉淀，故加入硝酸银溶液，产生白色沉淀，不能说明含盐酸，不能说明猜想二成立；

（6）由以上分析可知，在分析化学反应后所得物质的成分时，除考虑生成物外还需考虑反应物是否过量。

11. **（2025·宁夏银川·三模）**某兴趣小组设计如下图所示实验制取二氧化碳并模拟“碳捕捉”。



### 【学习交流】

(1)打开弹簧夹 C，向 A 中加入稀盐酸后，观察到 A 中的实验现象是\_\_\_\_\_，请写出 B 中发生反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(2)一段时间后，待装置 A 中反应停止，不再产生气泡，取下装置 A 和装置 B 上的塞子，将装置 A 和装置 B 中反应后的溶液倒入同一个废液缸，观察到有白色沉淀产生。待反应结束后，将所得混合物过滤，得到白色固体和无色滤液，同学们对无色滤液中的溶质成分产生好奇。

【提出问题】无色滤液的溶质成分是什么？

### 【做出猜想】

猜想 1：\_\_\_\_\_

猜想 2：NaCl、NaOH

猜想 3：NaCl、NaOH、CaCl<sub>2</sub>

猜想 4：NaCl、NaOH、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

【实验验证】小组同学为了验证猜想 2、猜想 3、猜想 4 分别进行如下实验：

(3)小丽取少量滤液于试管中，向滤液中滴加碳酸钠溶液，观察到无明显现象，由此她认为猜想\_\_\_\_\_不正确。

(4)小明取少量滤液于试管中，向滤液中滴加一滴稀盐酸，观察到无气泡产生，因此他认为猜想 4 不正确，小聪认为他的结论不合理，理由是\_\_\_\_\_。

(5)为进一步明确无色滤液中溶质的成分，他们又设计并完成了如下实验：

实验步骤	实验现象	实验结论
步骤①：先向滤液中加入过量氯化钙溶液	_____	猜想 2 正确
步骤②：向步骤①反应后得到的溶液中滴加_____溶液	产生蓝色絮状沉淀	

### 【反思评价】

(6)实验结束后，同学们经交流与讨论后认为：探究反应后所得溶液的溶质成分时，不仅要考虑可溶性的生成物，还要考虑\_\_\_\_\_。

【答案】(1) 大理石表面产生气泡，大理石固体逐渐减少  $2\text{NaOH}+\text{CO}_2=\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{H}_2\text{O}$

(2)NaCl/NaCl、CaCl<sub>2</sub>/NaCl、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(3)3

(4)滴加的稀盐酸量少，先与氢氧化钠反应，即使溶液中有碳酸钠也不会产生气泡

(5) 无明显现象 硫酸铜/氯化铜（合理即可）

(6)反应物的用量

【详解】（1）A 中大理石（主要成分碳酸钙）与稀盐酸反应生成氯化钙、水和二氧化碳气体，所以现象是大理石表面产生气泡，大理石固体逐渐减少；

B 中二氧化碳与氢氧化钠溶液反应生成碳酸钠和水，化学方程式为  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) A 中碳酸钙和稀盐酸反应生成氯化钙、水和二氧化碳，B 中二氧化碳和氢氧化钠反应生成碳酸钠和水。将 A、B 中溶液混合有白色沉淀产生，是因为碳酸钠和氯化钙反应生成碳酸钙沉淀

( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ )。因此无色滤液中一定含有  $\text{NaCl}$ ，一定不含  $\text{HCl}$ ，可能含有  $\text{NaOH}$ ，若  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  过量，会含有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，若  $\text{CaCl}_2$  过量，会含有  $\text{CaCl}_2$ 。结合其他猜想，猜想 1 可以是： $\text{NaCl}$ ； $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ ； $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

(3) 碳酸钠溶液与氯化钙溶液反应会生成碳酸钙白色沉淀，向滤液中滴加碳酸钠溶液无明显现象，说明滤液中不含氯化钙，所以猜想 3 不正确。

(4) 氢氧化钠和碳酸钠混合溶液中，滴加少量稀盐酸时，稀盐酸先与氢氧化钠发生中和反应 ( $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ )，无明显现象，当氢氧化钠完全反应后，稀盐酸才与碳酸钠反应产生二氧化碳气体，所以仅滴加一滴稀盐酸无气泡产生，不能说明溶液中没有碳酸钠。

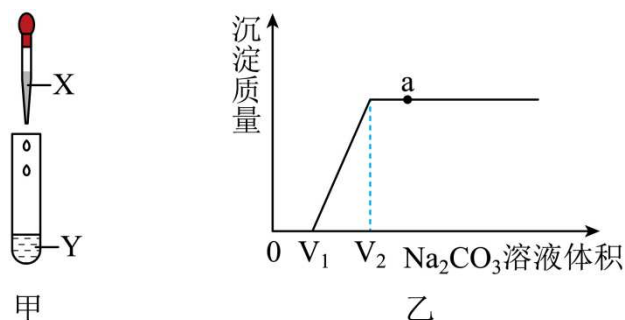
(5) 步骤①加入过量氯化钙溶液，若溶液中含有碳酸钠，碳酸钠会与氯化钙反应生成碳酸钙白色沉淀，猜想 2 正确，说明不含碳酸钠，则现象是无明显现象；

步骤②要证明猜想 2 正确，即证明溶液中含有氢氧化钠，氢氧化钠与含铜离子的可溶性盐溶液反应会产生蓝色絮状沉淀（氢氧化铜），所以可滴加  $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{CuSO}_4$  等溶液。

(6) 探究反应后所得溶液溶质成分时，不仅要考虑反应生成的可溶性物质，还要考虑反应物的用量（或反应物是否有剩余），因为它们也可能存在于溶液中影响溶质成分。

12. (2025·河北唐山·三模) 化学学习小组探究氢氧化钠、氢氧化钙的化学性质，并做了延伸探究。

【探究一】氢氧化钠是否与稀盐酸发生反应。



(1) 松松按如图甲所示装置进行实验，将 X 溶液滴入 Y 溶液中，测定试管内溶液 pH 由 1 变到 10，则\_\_\_\_\_（选填“X”或“Y”）是  $\text{NaOH}$  溶液。由此他得出结论：氢氧化钠溶液与稀盐酸发生了反应。

(2) 为进一步验证上述反应后溶液中含有  $\text{NaOH}$ ，将试管中溶液倒入烧杯中，向其中加入  $\text{CuSO}_4$  溶液观察有蓝色沉淀产生，反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

【探究二】氢氧化钙与稀盐酸的反应

若再按如图 7 甲所示装置进行实验，若 X 溶液为稀盐酸，Y 溶液为澄清石灰水，将 X 溶液滴入 Y 溶液中。

【提出问题】反应后试管内溶液中的溶质成分是什么？

【查阅资料】 $\text{CaCl}_2$  溶液呈中性。



【作出猜想】溶液中溶质成分可能有三种情况：

①CaCl<sub>2</sub>      ②CaCl<sub>2</sub> 和 Ca(OH)<sub>2</sub>      ③CaCl<sub>2</sub> 和 HCl

【设计实验】南南将试管内溶液倒入烧杯中，向其中逐滴加入稀碳酸钠溶液的同时，充分搅拌，直至过量。

【分析讨论】

(3)实验过程中南南记录了产生沉淀质量与碳酸钠溶液体积之间的关系如图乙所示。请根据图像写出实验过程中的现象：先观察到无色溶液中\_\_\_\_\_，随后看到了溶液中\_\_\_\_\_。

【得出结论】

(4)猜想\_\_\_\_\_（填序号）正确。

【反思讨论】

(5)结合图乙分析，下列说法正确的是\_\_\_\_\_（填字母）。

A. 溶液质量逐渐增大

B. a 点对应溶液中含有的微粒只有 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、H<sub>2</sub>O

C. 氯化钙的质量先增大后减小

D. 氯化钠的质量逐渐增大至碳酸钠溶液体积为 V<sub>2</sub> 后不变

(6)大家经过本次探究活动深刻认识到，图像分析在实验中非常实用，通过图像我们不仅可以定量记录实验过程呈现的客观证据，并通过图像体现出的规律，帮我们分析出很多有用的结论：比如同一体系下不同反应的发生常常存在\_\_\_\_\_；不同阶段的粒子种类情况；各成分的质量变化情况等等。

【答案】(1)X

(2)CuSO<sub>4</sub> + 2NaOH = Cu(OH)<sub>2</sub>↓ + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

(3) 有气泡冒出      有白色沉淀生成

(4)③

(5)AD

(6)先后顺序

【详解】(1)因为溶液 pH 由 1 变到 10，说明是碱加入到酸中，所以 X 是 NaOH 溶液。

(2)氢氧化钠与硫酸铜反应生成氢氧化铜蓝色沉淀和硫酸钠，方程式是

CuSO<sub>4</sub> + 2NaOH = Cu(OH)<sub>2</sub>↓ + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>；

(3)根据图像，先没有沉淀；则溶液中溶质是 CaCl<sub>2</sub> 和 HCl（猜想③），开始加入碳酸钠时，碳酸钠先与盐酸反应生成二氧化碳气体，盐酸反应完后，碳酸钠再与氯化钙反应生成碳酸钙白色沉淀，故填：有气泡产生；产生白色沉淀。

(4)由图像可知，加入碳酸钠溶液先有气体生成，说明溶液中含有盐酸（HCl），所以溶质是 CaCl<sub>2</sub> 和 HCl，猜想③正确。

(5) A、加入碳酸钠溶液，碳酸钠与盐酸反应时  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ，溶液质量增加

106

44

（加入碳酸钠溶液质量，且生成二氧化碳气体质量小于加入碳酸钠溶液质量）；碳酸钠与氯化钙反应时

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{CaCO}_3\downarrow$ ，溶液质量也增加（加入碳酸钠溶液质量，生成碳酸钙沉淀质量小于

106

100

加入碳酸钠溶液质量 )，所以溶液质量逐渐增大，A 正确。

B、a 点是碳酸钠与氯化钙恰好完全反应，溶液中含有的微粒有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ，因为  $\text{Ca}^{2+}$  已全部转化为碳酸钙沉淀，B 错误。

C、氯化钙质量在碳酸钠与盐酸反应时，不参与反应，质量不变；碳酸钠与氯化钙反应时，氯化钙质量逐渐减小，不是先增大，C 错误。

D、碳酸钠与盐酸反应生成氯化钠，与氯化钙反应也生成氯化钠，直到碳酸钠溶液体积为  $V_2$  时，反应结束，氯化钠质量不再变化，所以氯化钠的质量逐渐增大至碳酸钠溶液体积为  $V_2$  后不变，D 正确。

故填 AD。

(6) 碳酸钠先与盐酸反应，再与氯化钙反应，同一体系下不同反应的发生常常存在先后顺序，故填：先后顺序。

13. (2026·安徽·一模) 牙膏是人们生活中不可缺少的必需品，对口腔卫生护理具有重要作用。化学兴趣小组对某品牌牙膏的成分产生了兴趣并展开相关探究。

任务一：探究某牙膏的酸碱性

(1) 小组同学对该牙膏进行处理后，测得其 pH 为 7.5，则该牙膏显\_\_\_\_\_ (填“酸”“碱”或“中”)性。

任务二：探究某牙膏中摩擦剂的成分

查阅资料：I. 摩擦剂是牙膏的主体原料，一般为碳酸钙、水合硅石( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )，与牙刷共同作用，通过摩擦去除食物残渣及牙垢。

II.  $\text{SiO}_2$  难溶于水也不与稀盐酸反应。牙膏中除摩擦剂外的其余成分可溶于水但不与稀盐酸反应。

III. 氟元素能有效预防龋齿，多数牙膏中均添加了氟化物。

(2) 请你推测牙膏中的摩擦剂可能具有的物理性质是\_\_\_\_\_ (写一条即可)。

(3) 同学们对该牙膏进行处理，得到摩擦剂后进行实验：

实验操作	实验现象	实验结论
取少量摩擦剂于试管中，加入少量稀盐酸	固体部分溶解，有气泡产生，将产生的气体通入澄清石灰水，观察到_____	摩擦剂中含有碳酸钙和水合硅石

①上述实验中有气泡产生的化学方程式为\_\_\_\_\_。

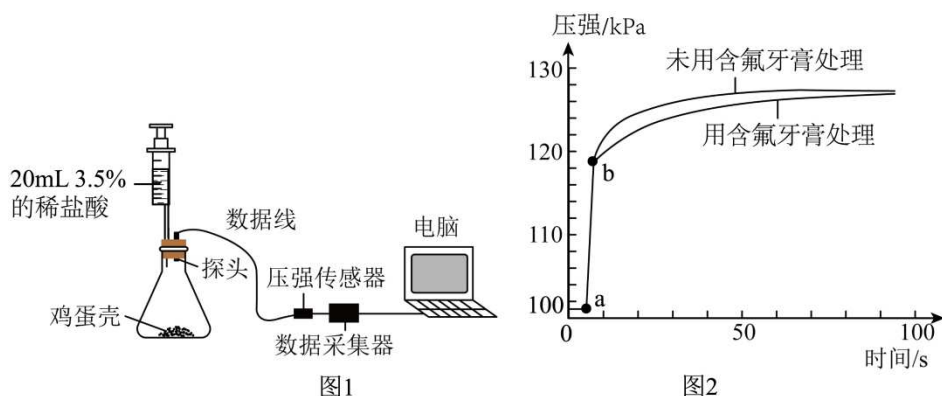
②经过反思，同学们认为上述实验设计不严谨，他们对上述实验方案进行如下改进：\_\_\_\_\_ (填具体改进的操作)，重新进行实验，证明了该牙膏的摩擦剂中只含有碳酸钙。

任务三：探究含氟牙膏保护牙齿的原理

查阅资料：含氟牙膏(含氟成分为  $\text{NaF}$ )能与  $\text{CaCO}_3$  反应，在其表面生成氟化钙保护层。

【拓展探究】小组同学以鸡蛋壳(主要成分为  $\text{CaCO}_3$ )为牙齿的替代物，模拟含氟牙膏保护牙齿的过程：如图 1 所示，分别向锥形瓶中加入 0.5 g 用含氟牙膏处理过的鸡蛋壳和 0.5 g 未用含氟牙膏处理过的鸡蛋壳，连接好装置，将注射器中 20 mL 3.5% 的盐酸(模拟形成龋齿的酸性环境)快速注入锥形瓶，测得锥形瓶内压强随

时间的变化情况如图 2 所示。



(4) 图 2 中 a~b 段压强增大的主要原因是\_\_\_\_\_。

(5) 该实验证明含氟牙膏对牙齿有保护作用，理由是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)碱

(2)难溶于水/硬度较大（合理即可）

(3) 澄清石灰水变浑浊  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  取少量摩擦剂于试管中，加入过量稀盐酸

(4)盐酸快速注入锥形瓶，挤压了瓶内气体，使瓶内压强迅速增大

(5)其他条件相同时，相同时间内用含氟牙膏处理过的鸡蛋壳与盐酸反应后锥形瓶内压强更小，说明反应产生的气体更少，即蛋壳表面形成了保护层（合理即可）

【详解】（1） $\text{pH} > 7$  的溶液显碱性，牙膏  $\text{pH}$  为 7.5，因此显碱性。

（2）摩擦剂需要在刷牙时起到摩擦作用，推测其物理性质为难溶于水（避免溶解在唾液中）、硬度较大（能有效摩擦牙垢）等。

（3）碳酸钙与稀盐酸反应生成二氧化碳，二氧化碳能使澄清石灰水变浑浊。

①碳酸钙与盐酸反应生成氯化钙、水、二氧化碳，化学方程式为  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

②原实验加入少量稀盐酸，虽然固体部分溶解，但无法确定是否含有不溶于稀盐酸的水合硅石，改进方案可以是：取少量摩擦剂于试管中，加入过量稀盐酸，观察固体是否全部溶解。

（4）a~b 段压强迅速增大，是因为盐酸快速注入锥形瓶，挤压了瓶内气体，使瓶内压强迅速增大。

（5）对比两条曲线，其他条件相同时，相同时间内用含氟牙膏处理过的鸡蛋壳与盐酸反应后锥形瓶内压强更小，说明反应产生的气体更少，即蛋壳表面形成了保护层。

14. （2025·四川乐山·中考真题）化学小组同学对“白色的硫酸铜粉末溶于水后得到的蓝色溶液”进行探究。

经讨论后认为可能是溶液中存在的某种离子使该溶液呈蓝色。

【作出猜想】

(1)猜想一： $\text{Cu}^{2+}$ 使溶液呈蓝色；猜想二：\_\_\_\_\_使溶液呈蓝色；猜想三： $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 使溶液呈蓝色。

【进行实验】小组同学设计实验方案如下：

实验方案	实验现象
①向 $\text{CuSO}_4$ 溶液中加入过量的 $\text{NaOH}$ 溶液	产生蓝色沉淀，溶液由蓝色变为无色
②向 $\text{CuSO}_4$ 溶液中加入过量的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液	产生白色沉淀，溶液仍然为蓝色

(2)实验①中加入过量的  $\text{NaOH}$  溶液的目的是\_\_\_\_\_。

(3)写出实验②中发生反应的化学方程式\_\_\_\_\_。

(4)小组同学受到实验①和②的启发，又设计出③和④对照实验：

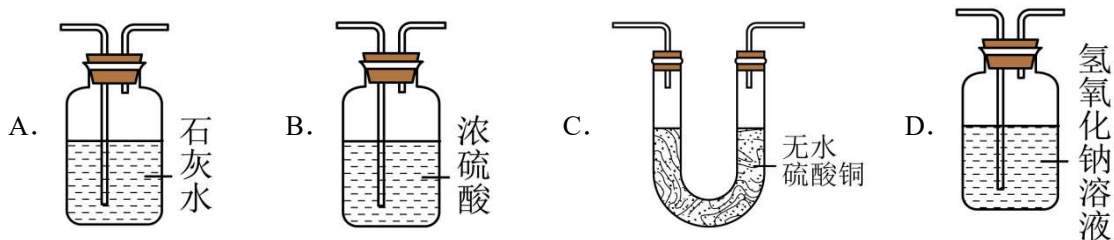
实验方案	实验现象
③将足量的铝丝浸入到硫酸铜溶液中	铝丝表面附着一层红色固体，溶液由蓝色变为无色
④将足量的铜丝浸入到硝酸银溶液中	_____

#### 【得出结论】

(5)小组同学根据实验现象分析，上述猜想\_\_\_\_\_正确。

#### 【拓展应用】

(6)利用所学知识并结合以上信息验证某气体 X 中含有二氧化碳和水蒸气，则应选择的装置以及正确的连接顺序是  $\text{X} \rightarrow$ \_\_\_\_\_。



【答案】(1)  $\text{SO}_4^{2-}$  /硫酸根离子

(2)使  $\text{CuSO}_4$  溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$  全部转化为沉淀

(3)  $\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

(4)铜丝表面附着一层银白色固体，溶液由无色变为蓝色

(5)一

(6)CA

【详解】(1) 硫酸铜溶液中有三种微粒，水分子、铜离子、硫酸根离子，水是无色液体而硫酸铜溶液为蓝色，则可能与铜离子、硫酸根离子有关。结合猜想一、猜想三，则猜想二为硫酸根离子使溶液呈蓝色。

(2) 加入过量的 NaOH 溶液，可以将  $\text{Cu}^{2+}$  全部转化为沉淀，溶液中其他离子不变，从而观察溶液的颜色是否与铜离子有关，故填：使  $\text{CuSO}_4$  溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$  全部转化为沉淀。

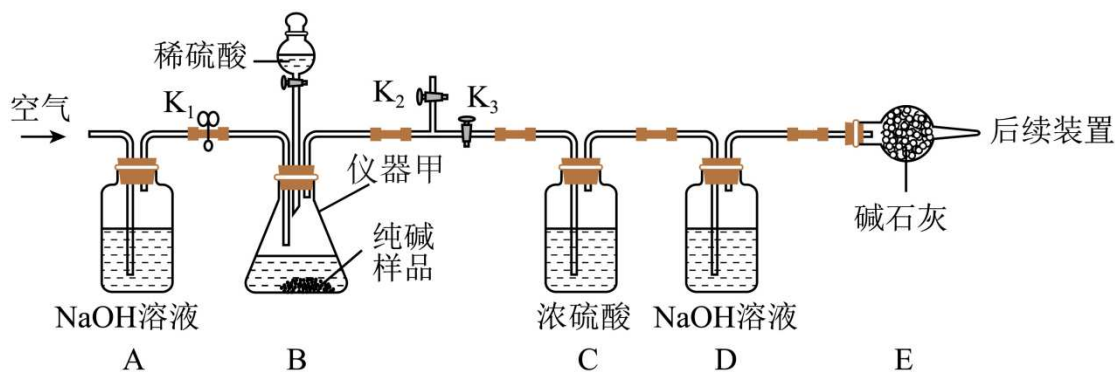
(3) 硫酸铜与硝酸钡反应生成硫酸钡和硝酸铜，化学方程式为： $\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 。

(4) 铜丝与硝酸银反应的现象为：铜丝表面附着一层银白色固体，溶液由无色变为蓝色。

(5) 根据实验现象分析，当  $\text{Cu}^{2+}$  存在时溶液均为蓝色，而当只存在硫酸根离子，不存在铜离子时溶液不是蓝色，从而推出硫酸铜溶液呈蓝色与  $\text{Cu}^{2+}$  有关，这与猜想一相符，故填：一。

(6) 验证某气体 X 中含有二氧化碳和水蒸气，需要用到澄清石灰水和无水硫酸铜，若存在二氧化碳，澄清石灰水会变浑浊；若存在水蒸气，无水硫酸铜会变蓝；由于澄清石灰水中有水，为避免水蒸气被带出影响 X 中水蒸气的检验，所以先验证 X 中的水蒸气，再验证二氧化碳，故填：CA。

15. (2026·山东青岛·一模) 碳酸钠俗称纯碱，在生活和生产中都有广泛的应用。工业上制得的纯碱样品，可能含有  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{NaCl}$  中的一种或两种杂质，为了确定其成分，进行如下实验探究。实验装置（气密性良好）和主要的实验步骤如下（碱石灰是氢氧化钠和氧化钙的固体混合物）。



步骤①：称量 D 装置质量为 200 g，将 10.6 g 纯碱样品放入甲中，\_\_\_\_\_，缓缓鼓入一段时间空气；

步骤②：关闭活塞  $K_1$  和  $K_2$ ，打开  $K_3$ ，加入足量稀硫酸，待甲中不再产生气泡时，打开活塞  $K_1$ ，缓缓鼓入空气；

步骤③：一段时间后再称量装置 D，质量为 204.84 g。

请回答以下问题：

(1) 仪器甲的名称为\_\_\_\_\_。

(2) 补充步骤①空白处的操作\_\_\_\_\_。

(3) 装置 E 的作用是\_\_\_\_\_。

(4) 步骤②打开  $K_1$  后，鼓入空气的目的是\_\_\_\_\_。

(5) 通过计算，可以判断纯碱样品中\_\_\_\_\_含  $\text{NaHCO}_3$ （填“一定”、“一定不”或“可能”）。

(6) 另取适量样品，加入 ag 溶质质量分数为 14.6% 的稀盐酸，恰好完全反应，再将所得溶液蒸干后得到固体的质量为 W，当 W 满足\_\_\_\_\_条件时，样品中含有  $\text{NaCl}$ 。

【答案】(1)锥形瓶

(2)打开活塞  $K_1$  和  $K_2$ ，关闭活塞  $K_3$

(3)防止空气中的二氧化碳进入装置 D 中，影响实验结果

(4)使生成的二氧化碳全部进入 D 中，被氢氧化钠溶液完全吸收

(5)一定

(6)  $> 0.234ag$

【详解】(1) 仪器甲的名称为锥形瓶；

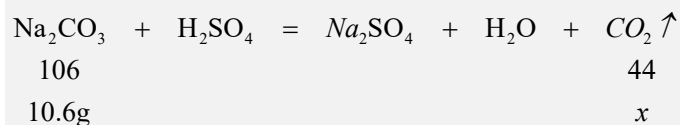
(2) 步骤①：称量 D 装置质量为 200g，将 10.6g 纯碱样品放入甲中，打开活塞  $K_1$  和  $K_2$ ，关闭活塞  $K_3$ ，缓缓鼓入一段时间空气，防止装置内的二氧化碳影响实验结果；

(3) 碱石灰是氢氧化钠和氧化钙的固体混合物，能吸收二氧化碳，则装置 E 的作用是防止空气中的二氧化碳进入装置 D 中，影响实验结果；

(4) 步骤②打开  $K_1$  后，鼓入空气的目的是使生成的二氧化碳全部进入 D 中，被氢氧化钠溶液完全吸收，以免影响对生成二氧化碳质量的测量；

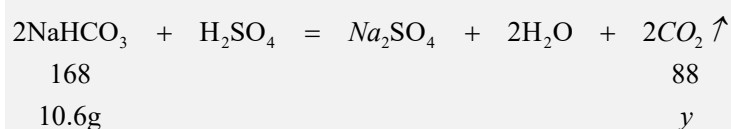
(5) 碳酸钠、碳酸氢钠均能与稀硫酸反应生成硫酸钠、二氧化碳和水，二氧化碳与氢氧化钠反应生成碳酸钠和水，则 D 装置增重的质量为生成二氧化碳的质量，即  $204.84g - 200g = 4.84g$ ，

设 10.6g 碳酸钠反应生成二氧化碳的质量为  $x$ ，



$$\frac{106}{44} = \frac{10.6g}{x}, x = 4.4g$$

设 10.6g 碳酸氢钠反应生成二氧化碳的质量为  $y$ ，



$$\frac{168}{88} = \frac{10.6g}{y}, y \approx 5.6g$$

10.6g 纯碱样品生成的二氧化碳质量为 4.84g，大于 4.4g、小于 5.6g，氯化钠与稀硫酸不反应，则纯碱样品中一定含有碳酸氢钠；

(6) 另取适量样品，加入  $ag$  溶质质量分数为 14.6% 的稀盐酸，恰好完全反应，由第 (5) 小问分析可知，纯碱样品中一定含有碳酸氢钠，碳酸钠、碳酸氢钠均能与稀盐酸反应生成氯化钠、二氧化碳和水，根据质量守恒定律，化学反应前后元素种类及质量不变，则生成氯化钠中氯元素的质量等于盐酸中氯元素的质量，将所得溶液蒸干后得到固体是氯化钠，若固体中氯元素的质量大于盐酸中氯元素的质量，则纯碱样品中有氯化钠，即  $W \times \left( \frac{35.5}{58.5} \times 100\% \right) > ag \times 14.6\% \times \left( \frac{35.5}{36.5} \times 100\% \right)$ ，解得  $W > 0.234ag$ ，因此当  $W$  满足  $> 0.234ag$  条



件时，样品中含有 NaCl。

16. (2026·黑龙江哈尔滨·一模) 某中学化学兴趣小组的同学们在化学老师的帮助下，以氢氧化钠为核心，针对溶液和常见的酸、碱、盐等知识进行了一系列的整理与复习。请根据信息回答下列问题：

(提示：以下实验均在 20℃ 的恒温条件下进行；实验中操作规范，不考虑水分蒸发、稀盐酸挥发以及氢氧化钠等物质与空气接触等问题。)

任务一：对实验室中一瓶密封完好的氢氧化钠样品（标签如下图所示）进行研究。

氢氧化钠  
化学式：NaOH  
成分：氢氧化钠、氯化钠  
氢氧化钠含量≥98%  
保存方式：密封保存

【提出问题 1】为什么氢氧化钠必须密封保存？

【知识回顾】氢氧化钠必须密封保存的原因是：

(1) 氢氧化钠曝露在空气中容易吸收水分而\_\_\_\_\_（填“潮解”或“分解”）；

(2) 氢氧化钠能与空气中的\_\_\_\_\_（填化学式）反应生成碳酸钠而变质。

【提出问题 2】为什么该氢氧化钠样品中含有氯化钠？

【理论研究】

(3) 同学们通过扫描该氢氧化钠样品包装上生产商提供的二维码，追溯到了该氢氧化钠样品的生产方法：在真空环境中通电分解氯化钠的水溶液，生成物为氢氧化钠、氯气（Cl<sub>2</sub>）和另一种气体单质，请写出此反应的化学方程式\_\_\_\_\_，此反应前后，\_\_\_\_\_（填元素符号）的化合价发生了改变。据此，同学们知道了该氢氧化钠样品中含有氯化钠的原因。

【提出问题 3】该氢氧化钠样品中氢氧化钠的含量（即氢氧化钠样品中氢氧化钠的质量分数）是否达到标签上的含量要求？

【实验探究】同学们为了研究该氢氧化钠样品中氢氧化钠的含量是否达到标签上的含量要求，进行了如下实验：



【分析与结论】

(4) 通过对实验数据的分析，同学们得出：该氢氧化钠样品中氢氧化钠的实际含量为\_\_\_\_\_%，没有达到标签上的含量要求的结论。

【提出问题 4】如何使该氢氧化钠样品中氢氧化钠的含量达到标签上的含量要求？



【查阅资料】20℃时，氢氧化钠的溶解度为 109g，氯化钠的溶解度为 36g。

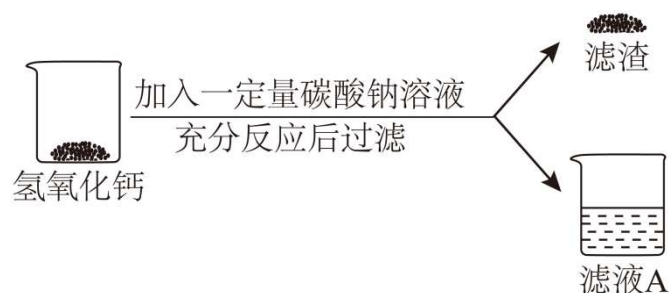
(提示：不考虑氢氧化钠和氯化钠同时在水中溶解时的相互影响。)

【设计与实验】

(5)取 100g 该氢氧化钠样品于烧杯中，加入 10g 水，充分溶解后过滤，将所得固体物质干燥，称量。按照该方法进行实验，理论上可以得到固体物质的质量为\_\_\_\_\_g，此时所得固体物质中氢氧化钠的含量大于 99%，达到了标签上的含量要求。

任务二：在实验室中制取氢氧化钠溶液。

【进行实验】南南同学通过以下实验制取氢氧化钠溶液。



(6)写出该实验中发生反应的化学方程式\_\_\_\_\_。

【提出问题 5】滤液 A 中含有哪些离子？

【实验探究】

(7)南南同学认为滤液 A 中一定含有 OH<sup>-</sup>和\_\_\_\_\_ (填离子符号)；他取少量滤液 A 于试管中，通入少量二氧化碳气体，观察到溶液中产生白色浑浊，据此他得出滤液 A 中还含有 Ca<sup>2+</sup>的结论。溶液中产生白色浑浊的微观原因是：在溶液中，二氧化碳分子与 OH<sup>-</sup>反应生成水分子和\_\_\_\_\_ (填离子符号)，该离子与 Ca<sup>2+</sup>结合形成白色沉淀。

【拓展延伸】

(8)小岗同学另取一定量滤液 A，并将滤液 A 蒸干，得到 63.4g 固体，再向所得固体中加入过量稀盐酸充分反应，将反应后的溶液蒸干，得到固体 93g，请计算：滤液 A 中 Na<sup>+</sup>个数与 Ca<sup>2+</sup>个数的最简整数比为\_\_\_\_\_。

【答案】(1)潮解

(2)CO<sub>2</sub>

(3)  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$  Cl<sup>-</sup>、H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O、Cl<sub>2</sub>

(4)96

(5)85.5

(6)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaOH}$

(7) Na<sup>+</sup> CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

(8)14:1

【详解】(1) 氢氧化钠固体具有强吸湿性，能吸收空气中的水蒸气并在表面形成溶液，此物理变化称为“潮解”。

(2) NaOH 与 CO<sub>2</sub> 发生反应生成碳酸钠和水。

(3) 电解氯化钠水溶液，通常得到氢氧化钠、氯气和氢气，根据质量守恒定律，参加反应物质是氯化钠和水，产物有氢氧化钠、氯气和另一种气体单质，那另一种应该是氢气。所以化学方程式： $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$ 。反应前氯元素在 NaCl 中为-1 价，氢元素在 H<sub>2</sub>O 中为+1 价；反应后氯气中氯为 0 价，氢气中氢为 0 价，因此化合价发生改变的元素是 Cl 和 H。

(4) 设样品中 NaOH 质量为  $x$ ，则 NaCl 质量为  $(100-x)$  g。

根据化学方程式： $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  可知，每 40 g NaOH 生成 58.5 g NaCl，则生成 NaCl 质量为

$$\frac{58.5}{40}x = 1.4625x;$$

$$1.4625x + (100 - x)\text{g} = 144.4\text{g};$$

解得： $x = 96\text{g}$

氢氧化钠的质量分数为： $\frac{96\text{g}}{100\text{g}} \times 100\% = 96\%$ 。

$96\% < 98\%$ ,

该氢氧化钠样品中氢氧化钠的实际含量为 96%，没有达到标签上的含量要求的结论。

(5) 100g 样品中：NaOH：96g、NaCl：4g

20℃时，NaOH 溶解度为 109g，即 10g 水最多溶解 10.9g NaOH；NaCl 溶解度为 36g，即 10g 水最多溶解 3.6g NaCl。

未溶解部分：

$$\text{NaOH: } 96\text{g} - 10.9\text{g} = 85.1\text{g}$$

$$\text{NaCl: } 4\text{g} - 3.6\text{g} = 0.4\text{g}$$

过滤后所得固体总质量 =  $85.1\text{g} + 0.4\text{g} = 85.5\text{g}$ ；此时固体中 NaOH 含量 =  $\frac{85.1\text{g}}{85.5\text{g}} \times 100\% \approx 99.5\% > 99\%$ ，达标。

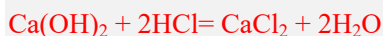
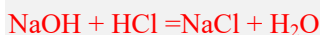
(6) 氢氧化钙与碳酸钠反应生成氢氧化钠和碳酸钙， $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaOH}$ 。

(7) 滤液 A 是反应后的溶液，氢氧化钙与碳酸钠反应生成氢氧化钠和碳酸钙，滤液 A 中一定含有 OH<sup>-</sup>和钠离子 (Na<sup>+</sup>)。他取少量滤液 A 于试管中，通入少量二氧化碳气体，观察到溶液中产生白色浑浊，据此他得出滤液 A 中还含有 Ca<sup>2+</sup>的结论。钙离子与碳酸根离子形成碳酸钙沉淀；通入 CO<sub>2</sub> 时，CO<sub>2</sub> 与 OH<sup>-</sup>反应生成 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 和水，CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 再与 Ca<sup>2+</sup>结合成 CaCO<sub>3</sub> 白色沉淀，故微观原因中生成的离子为 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>。

(8) 根据以上分析可知，滤液 A 是反应后的溶液，溶质为 NaOH 和 Ca(OH)<sub>2</sub>；

滤液 A 蒸干得 63.4g 固体，成分为 NaOH 和 Ca(OH)<sub>2</sub>。

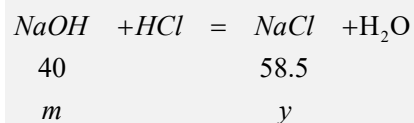
加入过量稀盐酸后，发生的反应是：



最终蒸干得 93g 固体，为 NaCl 和 CaCl<sub>2</sub> 的混合物。

设原固体中：

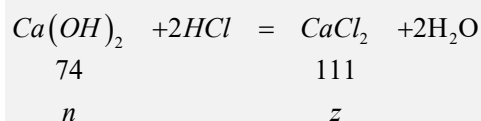
NaOH 质量为  $m$ ，生成 NaCl 质量  $y$ 。



$$\frac{40}{58.5} = \frac{m}{y}$$

$$y = \frac{58.5m}{40}$$

Ca(OH)<sub>2</sub> 质量为  $n$ ，生成 CaCl<sub>2</sub> 质量  $z$ 。



$$\frac{74}{111} = \frac{n}{z}$$

$$z = \frac{111n}{74}$$

列方程组：

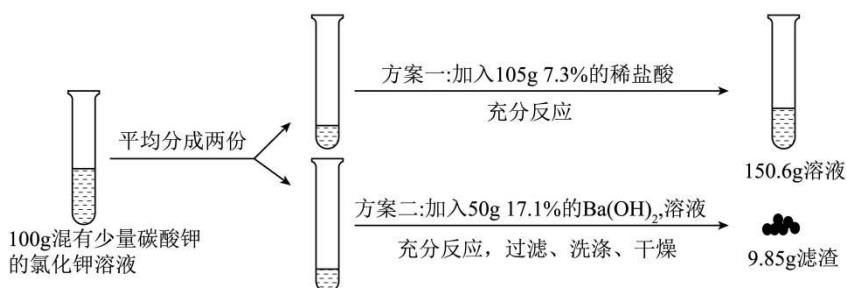
$$\textcircled{1} \quad m + n = 63.4\text{g}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{58.5}{40}m + \frac{111}{74}n = 93\text{g}$$

$$m = 56\text{g}, \quad n = 7.4\text{g}$$

滤液 A 中 NaOH、Ca(OH)<sub>2</sub> 微粒个数比 =  $\frac{56\text{g}}{40} : \frac{7.4\text{g}}{74} = 14:1$ ，则 Na<sup>+</sup>个数与 Ca<sup>2+</sup>个数的最简整数比为 14:1。

17. (2026·黑龙江哈尔滨·一模) 某中学化学兴趣小组的同学们在化学老师的指导下开展了以“除去氯化钾溶液中混有的碳酸钾，得到氯化钾溶液”为目的的实验活动，实验过程如下图所示，请根据信息回答下列问题：



(1)通过讨论，大家一致认为“方案二”所使用除杂试剂的种类错误，同学们的理由是\_\_\_\_\_。

(2)若用 36.5%的浓盐酸稀释得到 7.3%的稀盐酸 105g，所需水的质量为\_\_\_\_\_g；

(3)写出“方案一”中发生反应的化学方程式\_\_\_\_\_；

(4)“方案一”中生成二氧化碳的质量为\_\_\_\_\_g;

(5)通过对实验数据分析可知,“方案一”所得的 150.6g 溶液中的溶质有\_\_\_\_\_ (填化学式), 据此同学们认为, 两种方案都没有达到实验目的;

(6)经过小组同学的讨论, 大家认为: 除杂过程需要对除杂试剂的种类、用量, 以及实验操作都进行合理精准的控制, 才能达到实验目的。例如: 若要除去 100g 上述氯化钾溶液中的少量碳酸钾, 理论上需要向 100g 上述氯化钾溶液中, 加入质量分数为 10%的氯化钙溶液的质量为\_\_\_\_\_g, 充分反应后需要进行的实验操作是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)反应会引入新的杂质氢氧化钾 (或新杂质), 没法得到纯净的氯化钾溶液

(2)84

(3) $K_2CO_3+2HCl=2KCl+H_2O+CO_2\uparrow$

(4)4.4

(5)KCl 、 HCl/HCl、 KCl

(6) 222 过滤

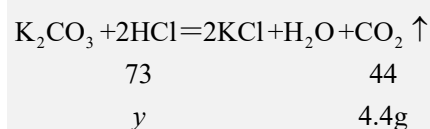
【详解】(1) 方案二使用  $Ba(OH)_2$  溶液虽能与  $K_2CO_3$  反应生成  $BaCO_3$  沉淀, 但同时生成  $KOH$ ,  $K_2CO_3+Ba(OH)_2=BaCO_3\downarrow+2KOH$ ; 反应后溶液中引入新杂质  $KOH$ , 无法得到纯净的  $KCl$  溶液, 违背“除杂不引杂”原则。

(2) 设需 36.5% 浓盐酸质量为  $x$ , 根据稀释前后溶质的质量不变, 则  $x\times 36.5\%=105g\times 7.3\%$ ,  $x=21g$ , 则需加水质量:  $105g-21g=84g$ 。

(3) 碳酸钾与盐酸反应生成氯化钾、水和二氧化碳, 反应的化学方程式:  $K_2CO_3+2HCl=2KCl+H_2O+CO_2\uparrow$ 。

(4) 根据质量守恒定律, 反应前总质量 =  $50g+105g=155g$ , 反应后溶液质量 =  $150.6g$ , 故生成  $CO_2$  质量 =  $155g-150.6g=4.4g$ 。

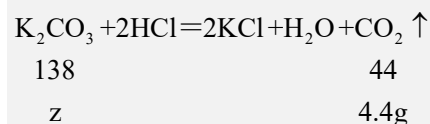
(5) 设: 生成 4.4 g  $CO_2$ 需  $HCl$  质量为  $y$ 。



$$\frac{73}{44}=\frac{y}{4.4g}, y=7.3g$$

加入的  $HCl$  总量为  $105g\times 7.3\%=7.665g$ ,  $7.665g>7.3g$ , 说明  $HCl$  过量。因此, 溶液中溶质为:  $KCl$  和  $HCl$

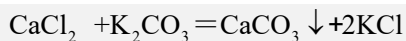
(6) 设: 生成 4.4 g  $CO_2$ 需  $K_2CO_3$  质量为  $z$ 。



$$\frac{138}{44}=\frac{z}{4.4g}, z=13.8g$$

则 100g 原溶液中含  $K_2CO_3$  质量为  $=13.8g\times 2=27.6g$ 。

设: 加入质量分数为 10%的氯化钙溶液的质量为  $m$ 。



111 138

$m \times 10\%$  27.6g

$$\frac{138}{111} = \frac{27.6\text{g}}{m \times 10\%}, m = 222\text{g}.$$

根据反应生成  $\text{CaCO}_3$  沉淀，需通过过滤分离沉淀，获得纯净  $\text{KCl}$  溶液。

18. (2025·山东济南·中考真题) 化学小组的同学利用实验室制取氧气以及工业炼铁的化学原理进行实验探究。请根据题目要求，回答下列问题：

$\text{H}_2\text{O}_2$  制取氧气的实验原理。

(1) 用  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液( $\text{MnO}_2$  作催化剂)制氧气的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 收集氧气时可以用\_\_\_\_\_ (填“向上”或“向下”)排空气法。

催化剂对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的影响。小组同学设计的实验装置如图 1 所示，用电子秤称量 0.04g、0.08g、0.12g 的  $\text{MnO}_2$  粉末，分别加入三只锥形瓶中，用注射器各量取 8mL 3% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，连接装置，将  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液注入锥形瓶中，用压强传感器测量各锥形瓶中压强，压强随时间(前 100s)的变化曲线如图 2。

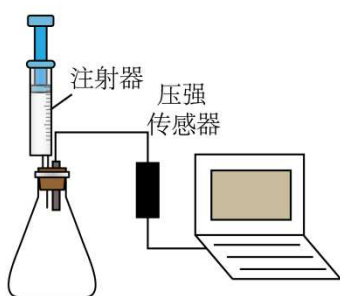


图1

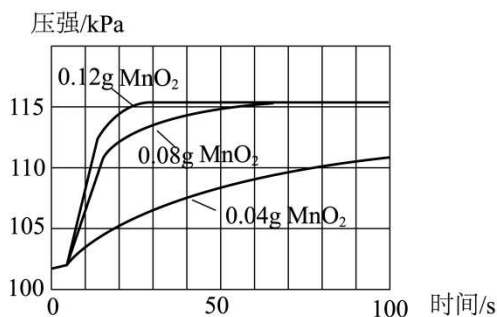


图2

(3) 根据图 2 提供的信息，从控制合适的反应速率和节约试剂的角度分析，催化分解 8mL 3% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液制氧气时， $\text{MnO}_2$  的最佳用量为\_\_\_\_\_ (填“0.04g”“0.08g”“0.12g”之一)。

(4)  $\text{MnO}_2$  催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  制氧气时，氧气的最终产量与  $\text{MnO}_2$  的用量\_\_\_\_\_ (填“有关”或“无关”)。

(5) 金属铂也可以催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  制氧气。小组同学设计如图 3 所示装置制取氧气，实验过程中，若观察到安全管内液面不断上升，说明锥形瓶内压强过大，此时可采取的合理安全措施是\_\_\_\_\_ (写出两条即可)。

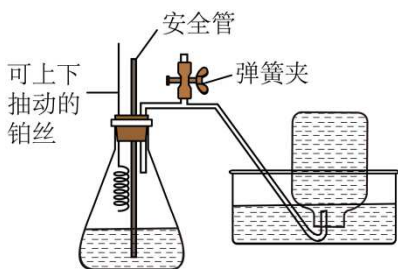
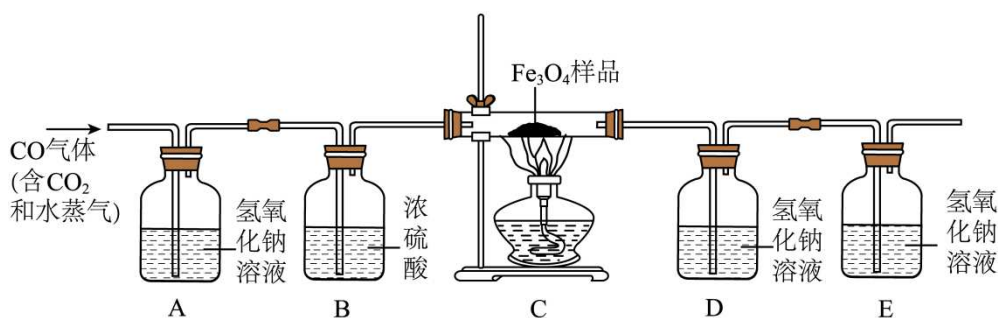


图3

用  $\text{CO}$  (含少量  $\text{CO}_2$  和水蒸气) 测定某  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  样品(杂质为固体且不反应)中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数。实验装置如图所示，检查装置的气密性，进行实验。(假设发生的化学反应都充分反应)



(6)装置 B 的作用是\_\_\_\_\_。

(7)在装置 C 的硬质玻璃管中加入该  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  样品 15g，充分反应后继续通 CO 至硬质玻璃管冷却，测得装置 A 质量增加 2.2g，装置 D 质量增加 8.8g，此时装置 C 的硬质玻璃管中固体的总质量为\_\_\_\_\_g (精确至 0.1g)，该  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  样品中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数为\_\_\_\_\_ (精确至 0.1%)。

(8)从环保角度考虑，该实验装置存在的不足之处是\_\_\_\_\_。

【答案】(1)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

(2)向上

(3)0.08g

(4)无关

(5)将铂丝向上提起，使其与  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液脱离接触；或将锥形瓶浸入冷水中

(6)吸收 CO 中的水蒸气，防止对实验结果产生干扰

(7) 11.8g 77.3%

(8)没有尾气处理装置

【详解】(1) 用  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液( $\text{MnO}_2$  作催化剂)制氧气的化学方程式为:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ ;

(2) 氧气密度比空气大，可以用向上排空气法；

(3) 从控制合适的反应速率和节约试剂的角度分析，需要找反应速率适中且  $\text{MnO}_2$  用量少的情况。观察图 2，0.08 g  $\text{MnO}_2$  催化时，反应速率比较合适，同时比较节约试剂，故  $\text{MnO}_2$  的最佳用量为 0.08 g；

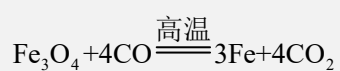
(4) 根据催化剂的定义，催化剂能改变其他物质的反应速率，但不能改变生成物的质量，生成物的质量与反应物的质量有关，即在本题中氧气的最终产量只与  $\text{H}_2\text{O}_2$  的量有关，与  $\text{MnO}_2$  的用量无关；

(5) 安全管内液面不断上升，说明锥形瓶内压强过大，为了安全，可采取的措施有：一是可将铂丝向上提起，使其与  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液脱离接触，这样可以极大的减缓产生氧气的速率；二是可将锥形瓶浸入冷水中，降低温度，使气体体积收缩，压强减小；

(6) 装置 B 中的浓硫酸具有吸水性，作用是吸收 CO 中的水蒸气，防止对实验结果产生干扰；

(7) 装置 D 质量增加 8.8g，增加的质量是反应生成的  $\text{CO}_2$  的质量。以  $\text{CO}_2$  的质量作为已知量，分别计算生成的铁和参加反应的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的质量，即可按题意逐一解答。

解：设参加反应的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的质量为  $x$ ，生成  $\text{Fe}$  的质量为  $y$ 。



232 168 176

$x$   $y$  8.8g

$$\frac{232}{176} = \frac{11.6\text{g}}{8.8\text{g}} \quad x = 11.6\text{g}$$

$$\frac{168}{176} = \frac{y}{8.8\text{g}} \quad y = 8.4\text{g}$$

装置 C 的硬质玻璃管中固体总质量为生成的铁和样品中杂质的质量，即：8.4g+(15g-11.6g)=11.8g

该  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  样品中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的质量分数为： $\frac{11.6\text{g}}{15\text{g}} \times 100\% \approx 77.3\%$ ；

(8) CO 是有毒气体，直接排放到空气中会污染环境，而该实验装置中没有对尾气 CO 进行处理的装置。