

# 实验校本评量

## 实验手册

(2026年5月4日)

## 高中化学

马来西亚华文独立中学

**(MICSS)**

## 编辑说明

本手册是根据董教总华文独中工委统一课程委员会化学学科委员会所拟定的《高中化学课程标准》（简称“课标”）编写。有关课标拟定时参考了我国教育部颁发的中学新课程纲要以及世界其他国家或地区高中化学课程纲要及标准。在此框架下，实验是高中理科学习的核心环节，是将抽象理论转化为具体认知的关键桥梁。本手册作为考试局高中理科实验校本评量的工具，旨在建立一套科学、系统的实验教学评价体系。

本手册的编写特色体现在以下两个方面：

- (1) 校本评量的核心在于“以评促教、以评促学”。本手册设计的评量方案贯穿实验全过程 - 从操作规范、数据采集到分析论证，每个环节都有明确的思维导向和能力要求。我们不仅关注实验结果的准确性，更重视科学思维的培养：你如何提出假设？如何设计对照？如何分析误差？如何从数据中发现规律？
- (2) 手册精选的实验项目既涵盖课程标准要求，又融入独中特色，在保障基础技能训练的同时，为学生提供了拓展探究的空间。每个实验的探讨都经过精心设计，力求客观反映学生的综合科学素养。

本手册承蒙专家学者及多位独中资深教师悉心审阅，在实验设计与内容编修方面提供了宝贵意见。谨此一并致以诚挚谢意。

我们相信，真正的科学教育发生在动手实践和深度思考的交汇处。愿这本手册能成为学生探索科学世界的指引，在严谨的实验过程中培养求真务实的科学精神，在探究体验中收获发现与成长的喜悦。

对于手册中疏漏不足之处，敬请大家不吝指正。

董总考试局

2026年1月

# 实验室安全准则

## 引言

实验室安全是我们的首要任务。本准则旨在保护您、您的朋友及环境。任何实验的重要性都不足以让我们以安全为代价进行操作。您不仅要对自身安全负责，也需对周围人员的安全负责。请始终阅读、理解并遵守这些规则。

---

## 第 1 部分：个人安全与准备

### 个人防护装备 (PPE)：

- **安全眼镜/护目镜：** 在实验室内必须始终佩戴，即使您未进行操作。
- **实验服：** 必须穿着系好扣子的实验服，以保护皮肤和衣物。
- **手套：** 进行涉及危险化学品操作时，请佩戴合适的耐化学腐蚀手套。使用前检查是否有破洞。接触公共表面（如门把手、键盘、电话）前需脱掉手套。
- **包趾鞋：** 鞋子必须完全包裹脚部。不允许穿凉鞋、人字拖或露趾鞋。
- **合适着装：** 穿着能覆盖和保护皮肤的衣物。避免宽松袖子、悬挂首饰和围巾。长发应束起。

### 个人卫生：

- **禁止饮食：** 实验室内严禁食用食物、饮料或嚼口香糖。
  - **禁止化妆：** 请勿涂抹唇膏、化妆品或佩戴隐形眼镜。
  - **勤洗手：** 处理化学品后、离开实验室前以及脱掉手套后，需用肥皂和水彻底洗手。
- 

## 第 2 部分：实验开始前

### 了解危害：

- **开始前，** 请阅读整个实验步骤及所有相关的安全数据表 (SDS)。
- **明确所有安全设备的位置和正确使用方法：** 洗眼器、安全淋浴、灭火器、灭火毯和急救箱。
- **规划工作。** 理解实验步骤并预判潜在危险。

## 化学品处理：

- **禁止品尝或直接闻化学品：** 如需辨别气味，请用手轻轻将气体扇向鼻子。
- **标识清晰：** 所有容器必须清楚标示内容物和危险警告。
- **使用通风柜：** 任何产生挥发性、有毒或易燃蒸汽的操作必须在功能正常的通风橱内进行。

---

## 第 3 部分：实验过程中

### 一般行为：

- **专注操作：** 始终保持负责任和专业的态度。禁止奔跑、嬉闹或恶作剧。
- **保持工作区整洁：** 杂乱易导致事故。立即清理溅出物并妥善处理废弃物。
- **减少分心：** 避免因非工作事宜使用个人手机。

### 具体操作：

- **加热物质：** 切勿加热密闭容器。加热试管时，管口勿朝向自己或他人。使用沸石或破碎的瓷片以防止暴沸。
- **玻璃器皿：** 使用前检查是否有缺损或裂痕。勿使用已损坏的玻璃器皿。学习如何将玻璃管插入和取出塞子。
- **废物处理：** 将所有化学和生物废弃物弃置于相应标识的容器中。除非有明确指示，严禁将化学品倒入水槽。

---

## 第 4 部分：紧急情况处理

### 了解应急程序：

- **溅洒：** 提醒区域内他人。对于少量、无危险的溅洒，使用相应的溅洒处理包立即清理。对于大量或危险品溅洒，撤离该区域并立即通知指导老师/实验室主管。
- **火灾：** 提醒实验室内所有人。对于小的、局限的火灾（如烧杯内），可用表面皿覆盖灭火，或在受过培训的情况下使用灭火器。对于较大的火情，立即**撤离**并触发火警。

### 化学品喷溅：

- **皮肤/衣物上：** 立即在安全淋浴下用大量水冲洗受影响部位至少 15 分钟。在淋浴时脱掉受污染的衣物。

- **眼睛内：** 立即使用洗眼器。撑开眼睑并用流水冲洗至少 15 分钟。
  - **受伤：** 所有伤害，无论多轻微，都须立即向指导老师或实验室主管报告。
- 

## 第 5 部分：实验结束后

### 清理：

- 清洗所有玻璃器皿和设备，并放回指定存放位置。
  - 用消毒剂或肥皂水擦拭实验台面。
  - **废物处理：** 确保所有化学和生物废弃物已根据指示进行处理。
  - **个人卫生：** 离开实验室前，用肥皂和水彻底洗手。
- 

### 最后提醒：

如果您对任何操作步骤的安全性存有疑虑，请**立即停止并咨询**您的指导老师或实验室主管。在未确定操作安全之前，切勿继续。

# 目录

	页数
<b>实验室安全准则</b>	i
<b>图目录</b>	vi
<b>基础化学</b>	
通过化学计量分析与重量法验证氧化铜(II)的化学式	1
通过化学计量分析与重量法验证硫酸锌的化学式	5
离子化合物与共价化合物的电导率	9
离子与共价化合物在水和有机溶剂中的溶解性	12
离子与共价化合物的熔点和沸点	15
<b>无机化学</b>	
利用化学测试对选定金属阳离子进行定性分析	17
利用化学测试对选定阴离子进行定性分析	25
使用定性分析鉴定未知化合物	31
使用碳酸钠和碳酸氢钠表征碳化合物的性质	35
二氧化硫气体的制备与性质表征	39
<b>物理化学</b>	
中和热的测定	44
影响反应速率的因素	48
食醋中乙酸含量的测定	53
电解与电镀	57

<b>有机化学</b>	
醛与酮的化学性质	62
乙酸乙酯的制备	66
尼龙-66 的制备	70
<b>参考答案</b>	<b>73</b>
<b>参考文献</b>	<b>118</b>
<b>附录</b>	<b>119</b>

## 图目录

图		页数
1.1	在持续氧气流下于硬质玻璃管内加热铜粉的实验装置。	2
2.1	干燥所得铜粉的实验装置。	7
3.1	测试离子和共价化合物在熔融状态下电导率的实验装置。	10
9.1	测试碳酸钠和碳酸氢钠热稳定性的实验装置。	37
9.2	浓盐酸与碳酸钠和碳酸氢钠反应的实验装置。	37
10.1	二氧化硫制备的实验装置。	41
11.1	测定盐酸与氢氧化钠溶液中和热的实验装置。	46
12.1	研究浓度、温度和颗粒大小（表面积）对碳酸钙与盐酸反应速率影响的通用实验装置。	50
13.1	用氢氧化钠标准溶液滴定食醋以测定其乙酸含量的实验装置。	54
14.1	使用石墨阳极和铁棒阴极进行饱和食盐水电解的实验装置。	59
14.2	使用锌板对铁钉进行电镀的实验装置。	60
16.1	制备乙酸乙酯的实验装置。	68

## 通过化学计量分析与重量法验证氧化铜(II)的化学式

### 问题陈述

通过化学计量分析和重量法测定的氧化铜(II)化学式是什么？

### 实验目的

1. 通过实验观察确定氧化铜(II)的化学式。
2. 通过实验数据确定氧化铜(II)的化学式。
3. 提高观察和数据分析能力。

### 实验原理

加热是为了提供铜与氧气反应形成氧化铜(II)所需的活化能。反应前后需称量铜粉的质量。质量的增加对应于形成氧化铜(II)过程中吸收的氧气。通过比较消耗的铜的质量与获得的氧的质量，并利用它们各自的原子质量，可以确定 Cu:O 的摩尔数之比。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
铜粉	-	2.0 g
氧气	纯氧	-
瓷舟	-	1
硬质玻璃管	-	1
电子天秤	-	1
本生灯	-	1
铁架台	-	1
药匙	-	1

## 注意事项

1. 一旦铜粉完全从红棕色变为黑色，表明氧化铜(II)已形成，即停止加热。
2. 在测量质量前，将瓷舟冷却至室温，以防止热漂移误差。
3. 将瓷舟在干燥器（如果实验室有）中冷却至室温，以防止吸收水分。
4. 重复加热-冷却-称重循环，直至瓷舟及其内容物[氧化铜(II)]的质量保持恒定，以确保完全氧化。

## 实验步骤

1. 使用电子天秤称量一个干净干燥的瓷舟的质量。记录质量为  $m_1$ 。
2. 使用电子天秤称量装有 2.0 g 细铜粉的瓷舟的质量。记录质量为  $m_2$ 。
3. 将装有细铜粉的瓷舟放入硬质玻璃管中。
4. 在使氧气流持续流过样品上方的同时，强烈加热硬质玻璃管。

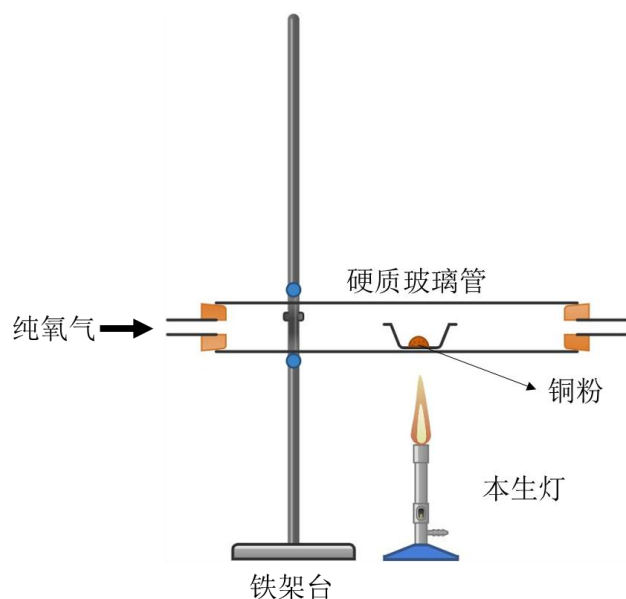


图 1.1: 在持续氧气流下于硬质玻璃管内加热铜粉的实验装置。

5. 加热 20 分钟后停止。将硬质玻璃管和瓷舟在干燥器中冷却至室温，以防止吸收水分。
6. 使用电子天平称量冷却后的瓷舟及其内部氧化铜(II)的质量。
7. 重复加热、冷却和称重过程，直至冷却后的瓷舟及其内部氧化铜(II)的质量保持恒定。记录此质量为  $m_3$ 。
8. 使用记录的数据确定氧化铜(II)的化学式。

## 实验结果

数据记录	质量, $m$ (g)
瓷舟的质量, $m_1$	
装有 2.0 g 细铜粉的瓷舟的质量, $m_2$	
冷却后的瓷舟及其内部氧化铜(II)的质量, $m_3$	
细铜粉的质量	
氧化铜(II)的质量	
所用氧气的质量	

氧化铜(II)中的 Cu:O 摩尔数之比:

(相对原子质量: Cu = 63.5, O = 16)

氧化铜(II)的化学式:

## 思考与讨论

1. 为什么实验结果可能与理论比值有偏差? 解释你的答案。
2. 如何确认铜和氧气已完全反应生成氧化铜(II)?
3. 如果加热后最终质量减少, 这将如何影响实验式(最简式)的计算?
4. 为什么让纯氧气流过样品, 而不是依赖环境空气? 使用空气会如何影响结果?
5. 我们能否使用类似的方法测定氧化镁的化学式? 解释你的答案。

6. 电子天秤可测量至四位小数（如 0.1234 g）。在记录实验室单个化学样品的质量时，通常应记录到几位小数？请说明理由。
  
7. 当对同一样品进行三次质量测量，每次读数都略有不同时，如何判断质量已稳定并可视作恒定值？

## 通过化学计量分析与重量法验证硫酸锌的化学式

### 问题陈述

通过化学计量分析和重量法测定的硫酸锌化学式是什么？

### 实验目的

1. 通过实验观察确定硫酸锌的化学式。
2. 通过实验数据确定硫酸锌的化学式。
3. 提高观察和数据分析能力。

### 实验原理

化合物的化学式可以通过金属与盐溶液之间的置换反应来确定。在本实验中，固定质量的锌粉与过量的硫酸铜(II)溶液反应，置换出金属铜。通过称量消耗的锌的质量和生成的铜的质量，可以计算出 Zn:Cu 的摩尔数之比。结合已知的  $\text{SO}_4^{2-}$  离子电荷，该比值可用于推导硫酸锌的化学式。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
锌粉	分析纯	1.5 - 2.0 g
硫酸铜(II)溶液	1.0 mol L <sup>-1</sup>	80.0 mL
蒸馏水	-	130.0 mL
酒精	-	20.0 mL
盐酸	1.0 mol L <sup>-1</sup>	20.0 mL
电子天秤	-	1
坩埚钳	-	1
蒸发皿	直径 10 cm	1
玻璃棒	-	1

量筒	25 mL	1
干燥器	-	1
三脚架	-	1
本生灯	-	1
带石棉的金属网	-	1
药匙	-	1

## 注意事项

1. 使用倾析法倾倒溶液时，需注意以下操作要点：
  - 搅拌溶液 2 - 3 分钟以确保均匀，然后静置 10 - 15 分钟。这使得不溶性颗粒完全沉降。
  - 用玻璃棒引导，将上清液小心地倾倒入蒸发皿中。确保沉淀物留在原容器底部不受干扰。
2. 使用本生灯温和地干燥铜粉，或将铜粉在 60 - 70 °C 的干燥箱（如果实验室有）中干燥 20 分钟以去除水分，同时尽量减少氧化。

## 实验步骤

1. 使用电子天秤称量一个干净干燥的蒸发皿的质量。记录质量为  $m_1$ 。
2. 使用电子天秤称量装有 1.5 - 2.0 g 锌粉的蒸发皿的质量。记录质量为  $m_2$ 。
3. 向蒸发皿中加入 25.0 mL 饱和硫酸铜(II)溶液，然后用玻璃棒搅拌混合物以确保反应完全。
4. 从蒸发皿中倒出上层清液。用蒸馏水清洗蒸发皿内壁 2 - 3 次，然后倾析出溶液。再用 5.0 mL 酒精重复上述步骤。
5. 将蒸发皿及其内部的铜粉放在带石棉的金属网和三脚架上，用本生灯温和加热干燥。
6. 用坩埚钳将蒸发皿转移到干燥器中，冷却至室温。
7. 重复加热、冷却和称重过程，直至冷却后的蒸发皿及其内部铜粉的质量保持恒定。
8. 使用 20.0 mL 1.0 mol L<sup>-1</sup> 的盐酸洗涤铜粉。倾去液体，再用蒸馏水洗涤一次。
9. 将铜粉放入烘箱中，在 80 - 100 °C 下干燥 5 分钟，或将其在空气中彻底晾干。记录此质量为  $m_3$ 。

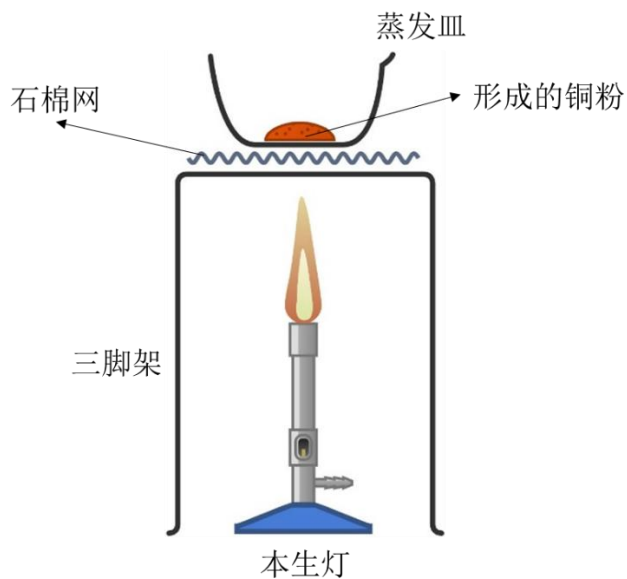


图 2.1：干燥所得铜粉的实验装置。

## 实验结果

数据记录	质量, $m$ (g)
蒸发皿的质量, $m_1$	
装有锌粉的蒸发皿的质量, $m_2$	
冷却后的蒸发皿及其内部铜粉的质量, $m_3$	
锌粉的质量	
铜粉的质量	

Zn:Cu 摩尔数之比:

(相对原子质量: Zn = 65, Cu = 63.5)

硫酸锌的化学式:

## 思考与讨论

1. 如果在步骤 4 中不使用蒸馏水清洗蒸发皿内壁，对所得铜粉的质量有何影响？解释你的答案。
2. 说出使用蒸馏水后再使用酒精清洗所得铜粉的两个优点。
3. 为什么蒸发皿需要在带石棉的金属网上加热？
4. 如何测试所得铜粉的纯度？解释你的答案。
5. 如果硫酸铜(II)溶液被氯化钠污染，这将如何影响计算出的化学式？解释你的答案。
6. 在锌粉与硫酸铜溶液反应的过程中，描述你观察到的现象并解释其变化。
7. 请举一个在日常生活中适用的置换反应实例。

## 离子化合物与共价化合物的电导率

### 问题陈述

五水合硫酸钠粉末与石蜡的电导率有何区别？

### 实验目的

1. 利用电解法测定五水合硫酸钠粉末和石蜡的电导率。
2. 测定五水合硫酸钠粉末和石蜡在不同状态下的电导率。

### 实验原理

离子化合物仅在熔融或溶解状态下导电（因存在可移动离子），而大多数共价化合物不导电，特殊情况除外，如石墨（具有离域电子）或在水中能电离的极性分子。固态离子化合物和典型的分子型共价化合物不导电，因为它们的电荷/电子无法自由移动。这解释了为什么离子化合物是良好的电解质，而共价物质通常充当绝缘体。一个简单的电导率测试可以证明这些性质 - 离子溶液能形成闭合电路，而纯共价物质则不能。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
五水合硫酸钠粉末	-	5.0 g
石蜡	-	5.0 g
电池	1.5 V	2
电流表	-	1
连接导线	-	2
变阻器	-	1
坩埚	-	2
碳电极	-	4

泥三角	-	1
三脚架	-	1
本生灯	-	1
药匙	-	1

## 实验步骤

1. 用连接导线将电池与碳电极连接起来。
2. 将几药匙的五水合硫代硫酸钠粉末放入坩埚中。
3. 打开开关，观察电流表。
4. 使用水浴加热熔化五水合硫代硫酸钠粉末，并测试其熔融状态下的电导率。记录观察结果。
5. 用石蜡代替五水合硫代硫酸钠粉末，重复上述步骤。

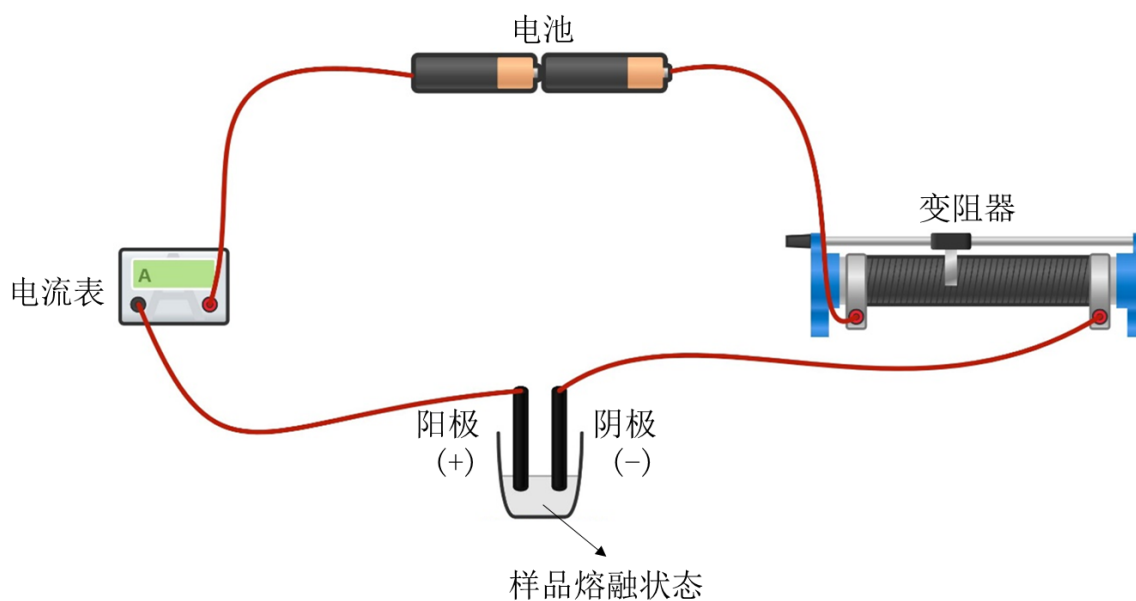


图 3.1: 测试离子和共价化合物在熔融状态下电导率的实验装置。

## 实验结果

化学化合物	电导率	
	粉末状态	熔融状态
五水合硫代硫酸钠		
石蜡		

## 思考与讨论

1. 根据你的结果，化学键类型如何影响化合物的导电能力？
2. 五水合硫代硫酸钠在粉末状态和熔融状态下测试时，其电导率如何变化？解释你的答案。
3. 在另一个实验中，用盐酸代替石蜡，发现盐酸溶于水后能够导电。解释你的答案。

## 离子与共价化合物在水和有机溶剂中的溶解性

### 问题陈述

氯化钠和己烷在水与有机溶剂中的溶解性有何区别？

### 实验目的

1. 测定氯化钠和己烷在水与有机溶剂中的溶解性。

### 实验原理

化合物的溶解性取决于其键类型和溶剂的极性。离子化合物易溶于极性溶剂（如水），这是由于强的离子-偶极相互作用，水分子能够稳定分离的离子。然而，它们不溶于非极性有机溶剂，因为这些溶剂无法克服离子晶格能。另一方面，非极性共价化合物不溶于水，但易溶于非极性有机溶剂，这归因于相似的伦敦色散力。“相似相溶”原理概括了这种行为：极性溶剂溶解极性或离子化合物，而非极性溶剂溶解非极性化合物。这解释了为何离子化合物在水中（因存在自由离子）能导电，而在有机溶剂中不能；共价化合物的行为则因其极性和电离能力而异[实验 3]。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
氯化钠	-	4.0 g
己烷	-	4.0 mL
水	-	10.0 mL
环己烷	-	10.0 mL
试管	15 mm × 150 mm	4
量筒	10 mL	2

## 注意事项

1. 对于环己烷和己烷等高易燃溶剂，关键的预防措施是严格消除所有点火源，包括明火、高温表面和静电。应在通风橱内操作，以防止火灾或爆炸。

## 实验步骤

1. 将 2.0 g 氯化钠加入盛有 5.0 mL 水的试管中，剧烈振荡。
2. 观察并记录氯化钠在水中的溶解性。
3. 将 2.0 g 氯化钠加入盛有 5.0 mL 环己烷的试管中，剧烈振荡。
4. 观察并记录氯化钠在环己烷中的溶解性。
5. 用 2.0 mL 己烷代替氯化钠，重复上述步骤。

## 实验结果

化学化合物	溶解性	
	水	环己烷
氯化钠		
己烷		

## 思考与讨论

1. 根据你的观察，哪类化合物易溶于水？请使用极性和化学键概念解释你的答案。
2. 为什么水被称为离子化合物的“通用溶剂”，而对共价化合物则不是？
3. 在另一个实验中，使用乙醇来溶解氯化钠和己烷。预测你的观察结果并解释你的答案。

4. 分离和回收环己烷与己烷混合物的可靠方法是什么？说明理由。

## 离子与共价化合物的熔点和沸点

### 问题陈述

氯化钠和石蜡的熔点与沸点有何区别？

### 实验目的

1. 测定氯化钠和石蜡的熔点与沸点。

### 实验原理

离子化合物由于其巨大的离子晶格中存在强大的静电作用力，因而具有高熔点和沸点，需要大量的能量才能破坏其结构。它们的熔点和沸点取决于离子电荷、大小和晶格能。相比之下，共价化合物的情况各异：简单分子由于分子间作用力较弱（范德华力、氢键），具有较低的熔点和沸点；而巨型共价网络由于其刚性的共价键，表现出极高的熔点和沸点。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
氯化钠	-	5.0 g
石蜡	-	5.0 g
坩埚	-	2
泥三角	-	1
三脚架	-	1
本生灯	-	1
温度计	100 °C	1

## 实验步骤

1. 将 5.0 g 氯化钠放入坩埚中加热。
2. 观察并记录氯化钠的变化。
3. 用 5.0 g 石蜡代替氯化钠，重复上述步骤。

## 实验结果

化学化合物	观察现象
氯化钠	
石蜡	

## 思考与讨论

1. 你如何根据熔点和沸点测定，通过实验确认一种固体化合物是离子化合物还是共价化合物？
2. 在另一个实验中使用了氧化镁，并发现其熔点高于氯化钠。解释这一现象。
3. 水和硫化氢两者都是共价化合物，但是为何水（沸点 100 °C）的沸点高于硫化氢（H<sub>2</sub>S，沸点 -60 °C）？解释你的答案。

## 利用化学测试对选定金属阳离子进行定性分析

### 问题陈述

如何使用特定试剂区分  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$ ，以及它们在定性分析过程中的可观测变化？

### 实验目的

1. 进行定性分析以鉴定  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$ 。
2. 应用化学知识和实验技能鉴定未知化合物。

### 实验原理

常见阳离子的定性分析涉及基于其与组别特异性试剂（如盐酸、硫化氢和碳酸铵）的选择性沉淀反应，进行系统的分离和鉴定。阳离子分为五组：第 I 组形成不溶性氯化物（ $\text{Ag}^+$ ， $\text{Pb}^{2+}$ ）；第 II 组生成酸不溶性硫化物（ $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Cd}^{2+}$ ）；第 III 组阳离子产生碱不溶性硫化物，但它们的氢氧化物具有不同的溶解度。例如， $\text{Fe}^{3+}$  氢氧化物不溶于碱，而  $\text{Zn}^{2+}$  氢氧化物是两性的，可溶于过量碱；第 IV 组以碳酸盐形式沉淀（ $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{Ba}^{2+}$ ）；而第 V 组保持可溶性（ $\text{Na}^+$ ， $\text{K}^+$ ）。鉴定依赖于溶解度原理（ $K_{\text{sp}}$ ）、pH 依赖性反应和特征性观察，如沉淀颜色（白色的氯化银、黑色的硫化铜）或配合物形成（蓝色的  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ）。该方法将经典的湿化学技术与平衡和配位化学的基本概念相结合，用于实际的阳离子分析。

### 化学品与器材

#### A. $\text{Fe}^{2+}$ 和 $\text{Fe}^{3+}$

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
硫酸铁 (II) 溶液	$0.2 \text{ mol L}^{-1}$	8.0 mL
盐酸	$0.2 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
过氧化氢	60%	10.0 mL
六氰合铁(II)酸钾溶液	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL

氢氧化钠溶液	$0.2 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
酸化的硫氰化钾	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
六氰合铁(III)酸钾溶液	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL
三氯化铁溶液	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL
试管	12 mm × 120 mm	3
白色滴板	-	1
滴管	-	7
试管夹	-	1

B.  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$ 

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
硫酸锌溶液	$0.2 \text{ mol L}^{-1}$	3.0 mL
硫酸铜(II)溶液	$0.2 \text{ mol L}^{-1}$	4.0 mL
浓氢氧化钠溶液	$2.0 \text{ mol L}^{-1}$	20.0 mL
浓氨水	$6.0 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
蒸馏水	-	-
试管	12 mm × 120 mm	6
本生灯	-	1
滴管	-	5
滤纸	-	-
试管架	-	1

C.  $\text{Ag}^+$ 

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
硝酸银溶液	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL
盐酸	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
硝酸	$0.1 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL

氯化钠溶液	0.1 mol L <sup>-1</sup>	5.0 mL
氨水	0.1 mol L <sup>-1</sup>	10.0 mL
氢氧化钠溶液	0.1 mol L <sup>-1</sup>	10.0 mL
试管	12 mm × 120 mm	5
滴管	-	5
试管架	-	1

## 注意事项

1. 亚铁盐溶液需在每个分析步骤前新鲜配制，以尽量减少 Fe<sup>2+</sup> 离子被空气氧化为 Fe<sup>3+</sup>。
2. 为获得最佳视觉评估效果，观察时将试管置于纯白纸前以增强颜色对比度。
3. 如果实验室条件不允许，白色滴板可以用白瓷板代替。
4. 温和均匀地加热试管，使其内容物受热均匀。加热液体时，将热源集中在液面下方以避免暴沸。
5. 处理浓碱时，优先考虑安全，以避免严重烧伤或伤害。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。在通风良好的区域（例如通风橱）工作以降低吸入风险。
6. 实验中使用酸化试剂是为了确保所有碳酸根和亚硫酸根离子完全反应，防止形成干扰性沉淀。
7. 逐滴加入试剂，以免错过初始观察现象，因为实验需要监测两个连续的反应阶段。
8. 小心处理实验中产生的化学废料。

## 实验步骤

### A. Fe<sup>2+</sup> 和 Fe<sup>3+</sup>

#### Fe<sup>2+</sup> 的检验

1. 向一支试管中加入 3.0 mL 新配制的硫酸铁（II）溶液。
2. 将滴管插入硫酸铁（II）溶液液面以下，缓慢注入氢氧化钠溶液。观察并记录试管中的变化。
3. 几分钟后再次观察并记录试管中的变化。
4. 再次向一支新试管中加入 3.0 mL 新配制的硫酸铁（II）溶液，然后加入 2 滴酸化的硫氰化钾溶液。观察试管中的变化。

5. 向混合物中加入 1.0 mL 过氧化氢。观察并记录试管中的变化。
  6. 在白色滴板上滴加 2 滴新配制的硫酸铁(II)溶液, 随后加入 1 滴盐酸和 1 滴六氰合铁(III)酸钾溶液。观察白色滴板上的变化。
- 

### Fe<sup>3+</sup> 的检验

1. 向一支试管中加入 3.0 mL 三氯化铁溶液。观察并记录溶液颜色。
2. 然后, 向试管中逐滴加入氢氧化钠溶液。观察并记录试管中的变化。
3. 在白色滴板上滴加 2 滴三氯化铁溶液, 随后加入 2 滴酸化的硫氰化钾。观察白色滴板上的变化。
4. 清洗白色滴板。接着滴加 2 滴三氯化铁溶液, 随后加入 1 滴盐酸和 1 滴六氰合铁(II)酸钾溶液。观察白色滴板上的变化。

### B. Zn<sup>2+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup>

#### Zn<sup>2+</sup> 的检验

1. 向一支试管中加入 3.0 mL 硫酸锌溶液。
  2. 向试管中逐滴加入浓氢氧化钠溶液, 直至观察到反应。将所得沉淀物平均分到 2 支试管中, 分别标记为 A 和 B。
  3. 向试管 A 中加入过量的浓氢氧化钠溶液。观察并记录试管中的变化。
  4. 向试管 B 中加入浓氨水。观察并记录试管中的变化。
- 

#### Cu<sup>2+</sup> 的检验

1. 向一支试管中加入 2.0 mL 硫酸铜(II)溶液。观察并记录溶液颜色。
2. 向试管中逐滴加入浓氢氧化钠溶液。观察并记录试管中的变化。
3. 使用蒸馏水过滤并洗涤所得沉淀。在一支新试管中加热洗涤后的沉淀。观察并记录试管中的变化。
4. 向一支试管中加入 2.0 mL 硫酸铜(II)溶液, 随后加入 2.0 mL 浓氨水。观察并记录试管中的变化。
5. 然后, 持续向试管中逐滴加入浓氨水。观察并记录试管中的变化。

C.  $\text{Ag}^+$ 

1. 分别取 1.0 mL 硝酸银溶液加入 2 支不同的试管，标记为 A 和 B。
2. 向试管 A 中加入几滴盐酸和少量硝酸。观察并记录试管中的变化。
3. 向试管 B 中加入几滴氯化钠溶液和少量硝酸。观察并记录试管中的变化。
4. 向一支新试管中加入 1.0 mL 硝酸银溶液，随后加入几滴盐酸，标记为 C。
5. 沉淀产生后，边振荡边向试管 C 中加入氨水。观察并记录试管中的变化。
6. 向一支新试管中逐滴加入 1.0 mL 硝酸银溶液和氢氧化钠溶液，标记为试管 D。观察试管中的变化。
7. 将试管 D 静置 3 分钟。观察并记录试管中的变化。
8. 向一支新试管中逐滴加入 1.0 mL 硝酸银溶液和氢氧化钠溶液，标记为试管 E。
9. 一旦形成沉淀，边振荡边向试管 E 中逐滴加入氨水。观察并记录试管中的变化。

## 实验结果

A.  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  $\text{Fe}^{2+}$  的检验

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	向硫酸铁(II)溶液中缓慢加入氢氧化钠溶液			
2	几分钟后再次观察(向硫酸铁(II)溶液中缓慢加入氢氧化钠溶液后)			
3	向硫酸铁(II)溶液中加入酸化的硫氰化钾溶液			

4	在加入酸化的硫氰化钾溶液和硫酸铁(II)溶液后, 加入过氧化氢溶液			
5	向硫酸铁(II)溶液中加入酸化的六氰合铁(III)酸钾溶液			

### Fe<sup>3+</sup> 的检验

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	三氯化铁溶液的颜色			
2	向三氯化铁溶液中加入氢氧化钠溶液			
3	向三氯化铁溶液中加入酸化的硫氰化钾溶液			
4	向三氯化铁溶液中加入盐酸和六氰合铁(II)酸钾溶液			

### B. Zn<sup>2+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup>

#### Zn<sup>2+</sup> 的检验

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	向硫酸锌溶液中逐滴加入浓氢氧化钠溶液			
2	向试管 A 中加入浓氢氧化钠溶液			
3	向试管 B 中加入浓氨水			

**Cu<sup>2+</sup> 的检验**

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	硫酸铜(II)溶液的颜色			
2	向硫酸铜(II)溶液中加入浓氢氧化钠溶液			
3	加热所得沉淀			
4	向硫酸铜(II)溶液中逐滴加入浓氨水			
5	向硫酸铜(II)溶液中加入过量浓氨水			

**C. Ag<sup>+</sup>**

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	试管 A: 硝酸银溶液 + 盐酸 + 硝酸			
2	试管 B: 硝酸银溶液 + 氯化钠溶液 + 硝酸			
3	试管 C: 硝酸银溶液 + 盐酸 + 氨水, 然后振荡			
4	试管 D: 硝酸银溶液 + 氢氧化钠溶液, 然后静置			

5	试管 E: 硝酸银溶液 + 氢氧化钠 溶液, 然后一旦沉淀产 生, 逐滴加入氨水并振 荡			
---	--	--	--	--

## 思考与讨论

1. 以使用氢氧化钠溶液作为试剂来鉴定金属阳离子  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$ 。陈述每种金属阳离子的观察现象。
2. 如果你用酸化的硫氰化钾检验  $\text{Fe}^{3+}$  时显示出淡红色而不是深红色, 可能的原因是什么?
3. 评估使用氢氧化钠溶液和氨水区分  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  的可靠性。哪个测试更具决定性? 为什么?
4. 为什么  $\text{Ag}^+$  与盐酸形成白色沉淀但溶于氨水, 而  $\text{Cu}^{2+}$  与氨水形成蓝色配合物?
5. 为实验室设计一个流程图, 用于分离和鉴定混合样品中的这些金属阳离子。

## 利用化学测试对选定阴离子进行定性分析

### 问题陈述

如何使用特定试剂区分  $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $NO_3^-$ ，以及它们在定性分析过程中的可观测变化？

### 实验目的

1. 进行定性分析以鉴定  $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $NO_3^-$ 。
2. 应用化学知识和实验技能鉴定未知化合物。

### 实验原理

阴离子 ( $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $NO_3^-$ ) 的定性分析依赖于能产生可观测变化 (如沉淀形成、气体释放或颜色变化) 的选择性化学反应。 $S^{2-}$  与硝酸铅(II)形成黑色沉淀, 与酸反应释放硫化氢气体。 $SO_4^{2-}$  在酸性介质中与氯化钡反应生成白色沉淀。 $SO_3^{2-}$  与酸作用产生二氧化硫气体, 使酸化的重铬酸钾试纸变绿。 $CO_3^{2-}$  与酸反应释放二氧化碳气体, 使澄清石灰水变浑浊。 $NO_3^-$  通过棕色环试验鉴定, 它与硫酸亚铁和浓硫酸形成亚硝基配合物。这些独特的反应使得能够系统地地区分这些阴离子。

### 化学品与器材

#### A. $S^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ 和 $SO_3^{2-}$

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
硫化铁(II)	固体	-
稀硫化钠溶液	-	少量
稀硝酸铅(II)溶液	-	少量
稀氯化钡溶液	-	10.0 mL
稀亚硫酸钠溶液	-	3.0 mL

稀硫酸钠溶液	-	3.0 mL
浓盐酸	2.0 mol L <sup>-1</sup>	10.0 mL
浓硫酸	2.0 mol L <sup>-1</sup>	10.0 mL
试管	12 mm × 120 mm	9
滴管	-	6
蓝色石蕊试纸	-	4
试管架	-	1

B. CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 和 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
碳酸钙	固体	3 - 4 块
硝酸钾	粉末	少量
饱和硫酸亚铁溶液	-	5.0 mL
稀硝酸钾溶液	-	少量
饱和澄清石灰水	-	5.0 mL
浓盐酸	2.0 mol L <sup>-1</sup>	5.0 mL
浓硫酸	-	少量
浓硝酸	-	少量
铜片	-	2 块
试管	12 mm × 120 mm	10
带导管的橡胶塞	-	1
本生灯	-	1
试管夹	-	1
试管架	-	1

## 注意事项

1. 由于反应会产生硫化氢气体和二氧化氮气体，实验应在通风橱或通风柜中进行。
2. 温和均匀地加热试管，使其内容物受热均匀。加热液体时，将热源集中在液面下方以避免暴沸。
3. 浓酸必须在通风橱中处理，以防产生有毒烟雾、放热反应和化学灼伤。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。酸可能释放危险蒸气或气体。这些烟雾如果被吸入，会导致严重的呼吸道刺激、肺损伤甚至化学性肺炎。
4. 实验结束后将剩余的化学溶液倒入废液瓶。
5. 清洗未反应或反应不完全的硫化铁（II）和铜片，并在下次实验中重复使用。

## 实验步骤

### A. $S^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ 和 $SO_3^{2-}$

#### $S^{2-}$ 的检验

1. 将一小块硫化铁（II）放入试管中，加入 2.0 mL 浓硫酸。观察并记录试管中的变化。
2. 同时，将湿润的蓝色石蕊试纸靠近试管口。观察并记录石蕊试纸的变化。
3. 向一支新试管中加入 3.0 mL 稀硫化钠溶液，随后加入 1 - 2 滴稀硝酸铅(II)溶液。观察并记录试管中的变化。

---

#### $SO_4^{2-}$ 的检验

1. 向第三支盛有少量稀氯化钡溶液的试管中加入 3.0 mL 浓硫酸。观察并记录试管中的变化。
2. 然后，向混合物中加入少量浓硝酸。再次观察并记录试管中的变化。

---

#### $SO_4^{2-}$ 和 $SO_3^{2-}$ 的检验

1. 分别向不同的试管中加入 3.0 mL 稀硫酸钠溶液和稀亚硫酸钠溶液。
2. 然后，向每支试管中加入少量稀氯化钡溶液。观察并记录各试管中的变化。
3. 接着，向每支试管中加入少量浓盐酸并轻轻振荡。再次观察并记录各试管中的变化。
4. 同时，将湿润的蓝色石蕊试纸靠近每个试管口。观察并记录石蕊试纸的变化。

B.  $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{NO}_3^-$  $\text{CO}_3^{2-}$  的检验

1. 将几块碳酸钙放入一支干净的试管中。在另一支试管中准备 3.0 - 4.0 mL 饱和澄清石灰水。
2. 然后，向盛有碳酸钙的试管中加入 2.0 - 3.0 mL 浓盐酸。立即用带导管的橡胶塞塞住试管，并将导管的另一端连接到盛有饱和澄清石灰水的第二支试管中。
3. 观察并记录两支试管中的变化。

 $\text{NO}_3^-$  的检验

1. 向一支新试管中加入少量硝酸钾粉末，随后加入少量浓硫酸和铜片。
2. 温和加热混合物。观察并记录试管中的变化。
3. 在另一支新试管中，加入 2.0 mL 新配制的饱和硫酸铁 (II) 溶液。然后加入 1.0 mL 稀硝酸钾溶液，同时轻轻振荡混合物以确保混合均匀。
4. 将试管倾斜 45 度，沿试管壁缓慢加入 1.0 mL 浓硫酸。不要摇晃，并缓慢将试管直立放置。
5. 片刻后，观察并记录试管中的变化。

## 实验结果

A.  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{SO}_3^{2-}$ 

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	向硫化铁 (II) 中加入浓硫酸			
2	向硫化钠溶液中加入几滴稀硝酸铅 (II) 溶液			
3	向浓硫酸中加入少量稀氯化钡溶液，然后加入浓硝酸			

4	向稀硫酸钠溶液中加入少量稀氯化钡溶液，然后加入盐酸			
5	向稀亚硫酸钠溶液中加入少量稀氯化钡溶液，然后加入盐酸			

### B. $\text{CO}_3^{2-}$ 和 $\text{NO}_3^-$

序	实验步骤	观察现象	化学方程式	结论
1	向碳酸钙中加入浓盐酸			
2	向少量硝酸钾粉末中加入浓硫酸和铜片，并加热			
3	向新配制的饱和硫酸铁(II)溶液中加入稀硝酸钾溶液，随后加入浓硫酸			

### 思考与讨论

1. 在你的测试中，加入浓盐酸或浓硝酸如何帮助区分  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{SO}_3^{2-}$ ? 用观察到的结果支持你的答案。
2. 如果一个未知样品对  $\text{S}^{2-}$  和  $\text{SO}_3^{2-}$  都给出了阳性结果，你将如何解决这种不确定性?

3. 在用酸检验  $\text{CO}_3^{2-}$  时，为什么使用石灰水作为确认试验很重要，而不是仅仅依赖于观察冒泡现象？
  
4. 在一些学生的测试中，棕色环形成但立即消失了。这表明样品或技术存在什么问题？
  
5. 为实验室设计一个流程图，用于分离和鉴定混合样品中的这些阴离子。

## 利用定性分析鉴定未知化合物

### 问题陈述

如何通过系统分析未知化合物的物理和化学性质来确定其身份？

### 实验目的

1. 通过分析未知化合物的物理和化学性质来确定其身份。
2. 进行系统鉴定离子化合物的实验。

### 实验原理

定性分析通过基于离子独特反应模式的系统化学测试来鉴定离子。该过程依赖于选择性沉淀、特征性颜色变化、气体释放和溶解性差异来区分离子。对于阳离子， $\text{NH}_4^+$  的检测是通过其与氢氧化钠溶液加热时释放氨气； $\text{Al}^{3+}$  形成两性氢氧化物，可溶于过量氢氧化钠溶液；而  $\text{Mg}^{2+}$  产生非两性氢氧化物。 $\text{SO}_4^{2-}$  通过与  $\text{Ba}^{2+}$  形成酸不溶性白色沉淀来鉴定， $\text{Cl}^-$  则产生可溶于氨水的银盐沉淀。这些测试利用了基本的化学原理，包括溶度积常数、两性性质和配离子形成。该方法遵循逻辑顺序以防止测试间的干扰，从  $\text{NH}_4^+$  检测开始，然后进行沉淀反应。每个确认测试都旨在产生独特的视觉结果，从而明确鉴定目标离子，同时通过受控的实验条件考虑潜在的交叉反应性。

### 化学品和器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
未知溶液 (标记为 'X')	-	10.0 mL
硝酸钡溶液	$0.5 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
硝酸	$0.5 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
硝酸银溶液	$0.5 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL
浓氢氧化钠溶液	$2.0 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
试管	15 mm × 150 mm	3

滴管	-	4
红色石蕊试纸	-	1
量筒	5 mL	1
滤纸	-	1
过滤漏斗	-	1
试管架	-	1

## 注意事项

1. 所有涉及硝酸钡溶液的操作应在通风橱中进行，因为它有毒且有吸入风险。整个实验过程中需佩戴手套和安全护目镜。
2. 处理浓碱时，优先考虑安全，以避免严重烧伤或伤害。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。在通风良好的区域（例如通风橱）工作以降低吸入风险。

## 实验步骤

1. 向试管中加入 3.0 mL 溶液 ‘X’，随后加入几滴稀硝酸。观察并记录试管中的变化。
2. 然后，向同一试管中加入一些硝酸钡溶液。观察并记录试管中的变化。
3. 如果形成白色沉淀，向同一试管中加入过量硝酸钡溶液并进行过滤。
4. 向滤液中加入硝酸银溶液和稀硝酸。观察并记录混合物的变化。
5. 如果没有沉淀形成，向同一试管中加入硝酸银溶液和稀硝酸。观察并记录试管中的变化。
6. 向一支新试管中加入 1.0 mL 溶液 ‘X’，随后加入过量浓氢氧化钠并加热。将湿润的红色石蕊试纸靠近试管口。观察并记录石蕊试纸的变化。
7. 向另一支试管中加入 3.0 mL 溶液 ‘X’，随后逐滴加入浓氢氧化钠直至过量。观察并记录试管中的变化。

## 实验结果

序	实验步骤	观察现象	化学方程式
1	向溶液 ‘X’ 中加入几滴稀硝酸		
2	向同一试管中加入硝酸钡溶液		
3	向滤液中加入硝酸银溶液和稀硝酸		
4	加热溶液 ‘X’ 与过量浓氢氧化钠溶液的混合物		
5	向溶液 ‘X’ 中逐滴加入浓氢氧化钠溶液		
6	向溶液 ‘X’ 中逐滴加入过量浓氢氧化钠溶液		

## 思考与讨论

- 设计一个流程图，用于分离和鉴定混合物中的这五种离子。
- 为什么在分析其他阳离子 ( $Al^{3+}$  和  $Mg^{2+}$ ) 之前先测试  $NH_4^+$  至关重要？氨气会如何干扰后续的测试？
- 解释在测试  $Al^{3+}$  和  $Mg^{2+}$  时加入过量浓氢氧化钠溶液的目的。它们的反应有何不同？
- 在测试  $SO_4^{2-}$  时，为什么要在硝酸钡溶液测试中加入稀硝酸？如果省略酸会怎样？

5. 你的未知物给出以下结果：
- 与氢氧化钠溶液无气体产生（排除  $\text{NH}_4^+$ ）
  - 与氢氧化钠溶液产生白色沉淀（不溶于过量碱）
  - 在加入稀硝酸的硝酸钡溶液中产生白色沉淀
- 可能的身份是什么？请逐步说明理由。

## 使用碳酸钠和碳酸氢钠表征碳化合物的性质

### 问题陈述

如何使用碳酸钠和碳酸氢钠来表征碳化合物的性质？

### 实验目的

1. 测定碳酸钠和碳酸氢钠的性质。
2. 通过应用基本实验技能进行实验。

### 实验原理

使用碳酸钠和碳酸氢钠表征碳化合物是基于它们与酸性有机化合物的反应。羧酸是较强的酸 ( $pK_a \sim 4 - 5$ )，能与碳酸钠和碳酸氢钠两者反应，因释放二氧化碳气体而产生气泡。酚是较弱的酸 ( $pK_a \sim 10$ )，仅与碳酸钠反应，形成酚盐但不释放二氧化碳气体，而醇是中性的，与两种试剂均不反应。此测试有助于根据酸性强度区分羧酸、酚和醇。碳酸氢钠选择性更高，仅与较强的酸（如羧酸）反应，而碳酸钠则与羧酸和酚都反应。是否存在气泡（二氧化碳气体）是关键观察指标。局限性包括弱酚类反应不明显，以及一些取代酚（如苦味酸）行为类似羧酸。此方法在定性有机分析中用于初步官能团鉴定很有用。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
碳酸钠	-	8.0 g
碳酸氢钠	-	8.0 g
浓盐酸	2.0 mol L <sup>-1</sup>	10.0 mL
酚酞指示剂	-	5.0 mL
饱和澄清石灰水	-	20.0 mL
试管	18 mm × 180 mm	8

导管	-	1
电子天秤	-	1
滴管	-	1
本生灯	-	1
带夹子的铁架台	-	1
气球	-	2
橡皮筋	-	1

## 注意事项

1. 浓酸必须在通风橱中处理，以防有毒烟雾、放热反应和化学灼伤。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。酸可能释放危险蒸气或气体。这些烟雾如果被吸入，会导致严重的呼吸道刺激、肺损伤甚至化学性肺炎。
2. 确保实验中使用的浓盐酸是过量的。
3. 在放入气球前，确保实验中使用的碳酸钠和碳酸氢钠的摩尔浓度相同。

## 实验步骤

### A. 测试碳酸钠和碳酸氢钠的溶解性

1. 分别向两支独立的试管中加入约 1.0 g 碳酸钠和碳酸氢钠。
2. 然后，向两支试管中各加入几滴水并振荡。触摸两支试管的底部。
3. 继续向两支试管中各加入 10.0 mL 水，随后加入 1 - 2 滴酚酞指示剂。观察并记录试管中的变化。

### B. 测试碳酸钠和碳酸氢钠的热稳定性

1. 将 5.0 g 碳酸钠放入一支新试管中，然后使用导管将此试管与另一支盛有饱和澄清石灰水的试管连接起来。
2. 用本生灯加热盛有碳酸钠的试管。观察并记录盛有饱和澄清石灰水的试管中的变化。
3. 使用碳酸氢钠重复步骤 1 和 2。观察并记录盛有饱和澄清石灰水的试管中的变化。

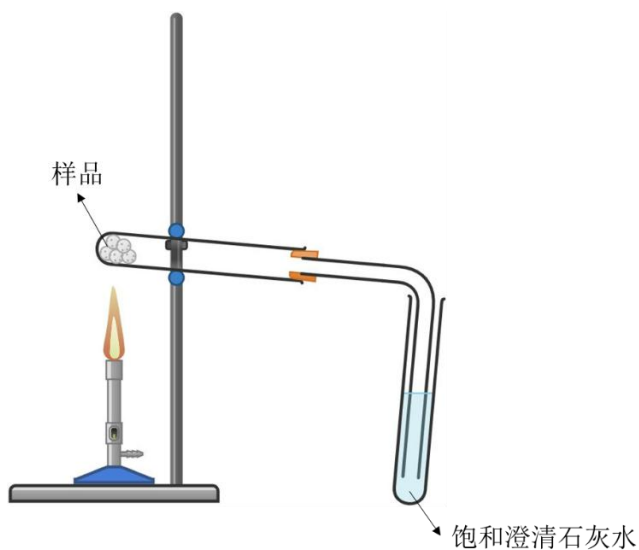


图 9.1: 测试碳酸钠和碳酸氢钠热稳定性的实验装置。

### C. 测试与酸反应产生气体的量

1. 分别向两支独立的试管中各加入 5.0 mL 浓盐酸。
2. 在气球内，分别装入 1.06 g 碳酸钠和 0.84 g 碳酸氢钠。
3. 将气球套在试管口上并密封紧。
4. 同时，将碳酸钠和碳酸氢钠倒入浓盐酸中。比较两个反应的反应活性，观察并记录气球的变化。

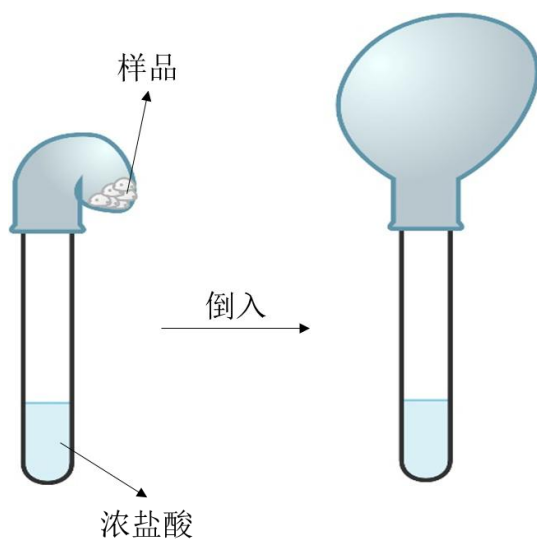


图 9.2: 浓盐酸与碳酸钠和碳酸氢钠反应的实验装置。

## 实验结果

化学化合物	实验步骤	观察现象	结论
碳酸钠	与水反应		
	饱和澄清石灰水澄 清度		
	反应活性及气球膨 胀		
碳酸氢钠	与水反应		
	饱和澄清石灰水澄 清度		
	反应活性及气球膨 胀		

## 思考与讨论

1. 碳酸钠和碳酸氢钠溶于水时为何出现不同的观察现象？
2. 为什么浓盐酸与碳酸钠和碳酸氢钠都产生气泡？
3. 化合物的  $pK_a$  如何决定它是与碳酸氢钠反应还是仅与碳酸钠反应？
4. 实验中使用的哪种碳酸盐是鉴定酸性物质更具选择性的试剂？解释你的答案。
5. 你如何使用碳酸钠和碳酸氢钠来区分脂肪族羧酸和芳香族羧酸？(与有机化学-羧酸相关)

## 二氧化硫气体的制备与性质表征

### 问题陈述

如何在实验室中制备二氧化硫气体，并利用定性分析方法对其进行表征？

### 实验目的

1. 在实验室中制备二氧化硫气体。
2. 利用定性分析所制备的二氧化硫气体进行表征。
3. 测定所制备二氧化硫气体的物理和化学性质。

### 实验原理

制备二氧化硫气体，我们从亚硫酸钠开始，加入稀酸如盐酸或硫酸。反应迅速发生，生成二氧化硫气体以及盐和水。由于该气体比空气重，我们可以用向上排空气法收集。二氧化硫气体有几个识别特征：它具有类似燃烧火柴的强烈刺激性气味；当将其通入水中时，会使溶液呈酸性，使蓝色石蕊试纸变红。两个重要的化学测试可确认其存在：它能使紫色的高锰酸钾溶液褪色，也能使溴水或碘水的棕色褪去。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
亚硫酸钠	粉末	20.0 g
浓硫酸	75%	50.0 mL
品红溶液	洋红色或粉红色	5.0 mL
酸化的高锰酸钾溶液	$0.01 \text{ mol L}^{-1}$	5.0 mL
石蕊溶液	-	少量
稀氯化铁 (III) 溶液	-	5.0 mL
氯化钡溶液	-	5.0 mL

浓氢氧化钠溶液	3.0 mol L <sup>-1</sup>	少量
圆底烧瓶	250 mL	1
分液漏斗	50 mL	1
烧杯	50 mL	1
本生灯	-	1
脱脂棉	-	少量
带夹子的铁架台	-	2
集气瓶	200 mL	1
试管	18 mm × 180 mm	7
玻璃片	7 cm × 7 cm	2
玻璃导管	直角	2
台钳	-	1
带孔橡胶塞	-	1
滴管	-	1

## 注意事项

1. 为控制反应速率，浓硫酸应逐滴加入亚硫酸钠粉末中。
2. 浓酸必须在通风橱中处理，以防有毒烟雾、放热反应和化学灼伤。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。酸可能释放危险蒸气或气体。这些烟雾如果被吸入，会导致严重的呼吸道刺激、肺损伤甚至化学性肺炎。
3. 处理浓碱时，优先考虑安全，以避免严重烧伤或伤害。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。在通风良好的区域（例如通风橱）工作以降低吸入风险。
4. 必须在通风橱和通风良好的区域进行实验，因为硫化氢气体具有刺激性气味且有毒。避免直接接触气体，并穿戴适当的个人防护装备，包括手套和安全护目镜。
5. 试管口必须用氢氧化钠溶液浸湿的脱脂棉密封，以防止实验过程中气体泄漏。

## 实验步骤

### 二氧化硫气体的制备

1. 将约 20.0 g 亚硫酸钠粉末放入圆底烧瓶中。
2. 向分液漏斗中加入约 50.0 mL 75% 的浓硫酸。
3. 用带夹子的铁架台固定圆底烧瓶，然后用带孔的橡胶塞塞紧。
4. 用台钳固定分液漏斗，安装在铁架台上，并通过橡胶塞与圆底烧瓶连接。
5. 向试管中加入 5.0 mL 品红溶液，并用一个新的带夹子的铁架台固定。
6. 用浓氢氧化钠溶液浸湿的脱脂棉密封试管口，并通过橡胶塞用玻璃导管连接到圆底烧瓶。
7. 将 75% 的浓硫酸逐滴加入亚硫酸钠粉末中，并加热圆底烧瓶。观察并记录品红溶液的变化。
8. 使用集气瓶收集二氧化硫气体。
9. 向烧杯中加入 20.0 mL 蒸馏水，并将收集的二氧化硫气体通入其中以制备二氧化硫溶液。

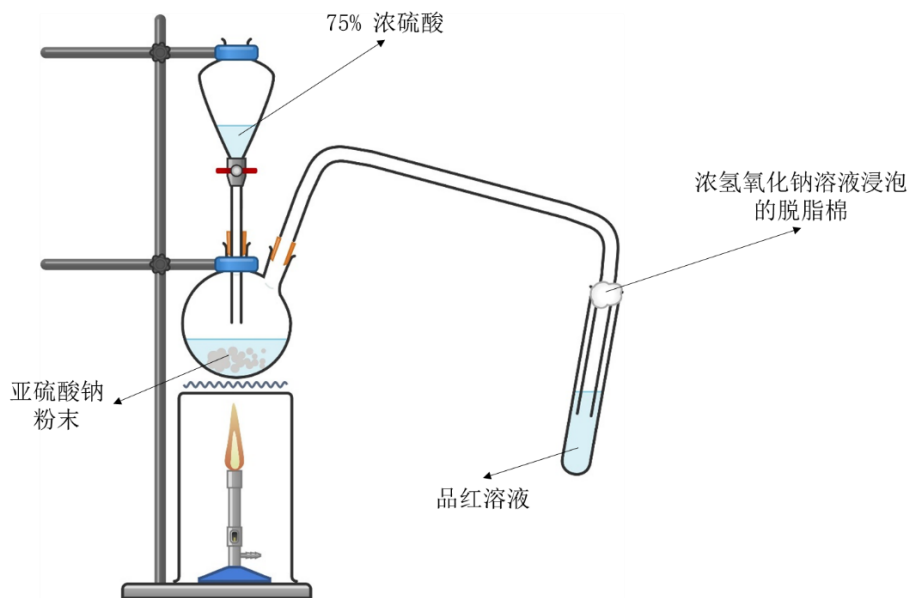


图 10.1: 二氧化硫制备的实验装置。

### 二氧化硫气体的检验

1. 用滴管向盛有石蕊溶液的试管中加入几滴二氧化硫溶液。观察并记录试管中的变化。
2. 延长二氧化硫溶液的作用时间，或再向盛有石蕊溶液的试管中加入几滴二氧化硫溶液。再次观察并记录试管中的变化。

- 向新试管中加入 3.0 mL 二氧化硫溶液，随后加入几滴酸化的高锰酸钾溶液。观察并记录试管中的变化。
- 分别用稀氯化铁(III)溶液和氯化钡溶液代替酸化的高锰酸钾溶液，重复步骤 3。观察并记录各试管中的变化。

## 实验结果

序	实验步骤	观察现象	结论
1	亚硫酸钠粉末与浓硫酸反应		
2	通入品红溶液中		
3	向石蕊溶液中加入几滴二氧化硫溶液		
4	逐滴加入酸化的高锰酸钾溶液		
5	逐滴加入稀氯化铁(III)溶液		
6	逐滴加入氯化钡溶液		

## 思考与讨论

- 在**实验结果** (3) - (6) 的反应中，二氧化硫溶液作为氧化剂还是还原剂？提供配平的化学方程式。
- 以下试剂能否用于选择性除去与二氧化碳气体混合的二氧化硫气体？解释你的答案。
  - 氢氧化钠溶液
  - 碳酸钠溶液
  - 氯化钡溶液
  - 酸化的高锰酸钾溶液

3. 一名学生不小心将花瓣放入盛有二氧化硫气体的集气瓶中。预测并解释你的观察结果。
  
4. 二氧化硫气体如何导致酸雨？用相关方程式写出你的答案。
  
5. 当在有双氧水存在的情况下，向二氧化硫溶液中逐滴加入氯化钡时，观察到白色沉淀形成。该白色沉淀不溶于稀盐酸。解释该现象并提出产物名称。

## 中和热的测定

### 问题陈述

在量热器中，盐酸与氢氧化钠中和过程中的温度如何变化？

### 实验目的

1. 加深对中和热的理解。
2. 测定强酸与强碱之间的中和热。
3. 分析中和热实验中的偏差及其原因。

### 实验原理

中和热测量的是  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$  离子结合形成水时的能量变化（强酸-强碱反应为  $-57.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ ）。使用量热法，我们追踪温度变化，通过公式  $Q = mc\Delta t$  计算释放的能量，然后考虑生成水的物质的量来确定摩尔中和热。强电解质由于完全电离而产生一致的结果，而热损失等实验误差可能导致偏差。这一基础热化学概念在工业过程中有实际应用，并为研究更复杂的反应奠定了基础。该实验展示了化学系统中能量传递的核心原理，同时强调了精确测量所需的细致技术。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
盐酸	$0.5 \text{ mol L}^{-1}$	150.0 mL
氢氧化钠溶液	$0.55 \text{ mol L}^{-1}$	150.0 mL
烧杯	500 mL	1
	100 mL	1
皱纸	-	-
硬纸板	中心有孔	1
温度计	$10 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$	1

量筒	50 mL	2
玻璃棒	-	1

## 注意事项

1. 出于安全和环境考虑，建议使用酒精温度计代替水银温度计。
2. 实验中的皱纸可以用棉絮或泡沫聚苯乙烯（Styrofoam）代替。

## 实验步骤

1. 将皱纸放入 500 mL 烧杯中，然后将 100 mL 烧杯小心地嵌套在里面，确保两个烧杯的边缘在同一水平面上对齐。
2. 用皱纸填充烧杯之间的空隙，并用硬纸板盖住 500 mL 烧杯，以达到实验过程中保温、隔热和最小化热损失的目的。
3. 向 100 mL 烧杯中倒入 50.0 mL 浓度为  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸。测量并记录盐酸的初始温度。测量温度后清洗温度计。
4. 使用量筒量取 50.0 mL 浓度为  $0.55 \text{ mol L}^{-1}$  的氢氧化钠溶液。测量并记录其初始温度。测量温度后清洗温度计。
5. 将 50.0 mL 浓度为  $0.55 \text{ mol L}^{-1}$  的氢氧化钠溶液倒入盐酸中，并用玻璃棒轻轻搅拌混合物。立即用硬纸板盖住两个烧杯的边缘。
6. 将温度计穿过硬纸板中心的孔插入。观察并记录温度计的变化。最高温度表明反应的终止温度。
7. 将上述步骤重复三次，并记录实验数据。

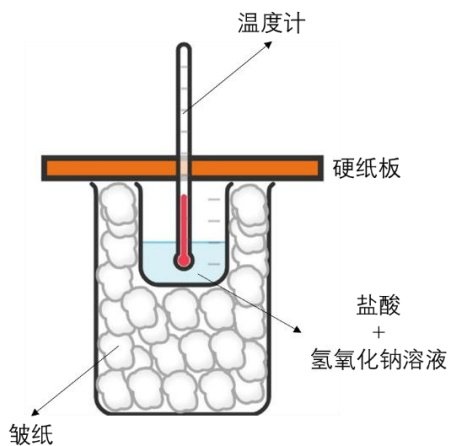


图 11.1: 测定盐酸与氢氧化钠溶液中中和热的实验装置。

## 实验结果

试验 次数	初始温度 (°C)			最终温度 (°C)	温差 (°C)
	盐酸	氢氧化钠溶液	平均值, $t_1$	$t_2$	$t_2 - t_1$
1					
2					
3					

本实验的中和热 =

## 思考与讨论

1. 为什么在实验中使用等体积的酸和碱溶液很重要?
2. 如果在相同体积下使用  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸代替  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸, 温度变化会有何不同?
3. 为什么弱酸和弱碱之间的中和热低于强酸和强碱?

4. 实验中使用了略微过量的碱浓度而不是酸。解释原因。
  
5. 如果你用 100 mL 浓度为  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸和 100 mL 浓度为  $0.55 \text{ mol L}^{-1}$  的氢氧化钠溶液重复实验，温度变化会有何不同？解释你的答案。

## 影响反应速率的因素

### 问题陈述

盐酸浓度的变化、反应温度的变化以及碳酸钙颗粒大小（表面积）的变化如何影响碳酸钙与盐酸的反应速率？

### 实验目的

1. 研究盐酸浓度对反应速率的影响。
2. 研究反应温度对反应速率的影响。
3. 研究碳酸钙颗粒大小（表面积）对反应速率的影响。
4. 练习使用气体收集法测量反应速率。

### 实验原理

碳酸钙与盐酸的反应是产生二氧化碳的经典反应示例。反应速率是衡量反应物消耗或产物生成快慢的指标。在本实验中，通过监测随时间产生的二氧化碳气体体积来测量速率。根据碰撞理论，要发生反应，粒子必须以足够的能量（大于活化能）和/或正确的取向发生碰撞。所研究的因素通过改变成功碰撞的频率和/或能量来影响反应速率：

- 浓度：增加盐酸的浓度会增加每单位体积的  $\text{H}^+$  离子数量。这导致与大理石表面的碰撞频率更高，从而提高了反应速率。
- 温度：升高温度为粒子提供更多动能。更大比例的碰撞将拥有等于或大于活化能的能量，从而显著提高反应速率。
- 颗粒大小（表面积）：将固体破碎成更小的碎片会增加其总表面积。这为与  $\text{H}^+$  离子发生碰撞提供了更多的接触点，从而导致更高的反应速率。

## 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
碳酸钙	小颗粒	14.0 g
	大颗粒	2.0 g
	粉末状	2.0 g
盐酸	0.5 mol L <sup>-1</sup>	50.0 mL
	0.75 mol L <sup>-1</sup>	150.0 mL
	1.0 mol L <sup>-1</sup>	50.0 mL
锥形瓶	250 mL	3
带架子和夹子的气体注射器	100 mL (气体注射器)	1
带塞子的导管	-	1
量筒	50 mL 和 100 mL	各 1 个
秒表	-	1
电子天秤	-	1
水浴	30 °C, 40 °C 和 50 °C	各 100 mL
钳子	-	1
药匙	-	1

## 注意事项

1. 浓酸必须在通风橱中处理，以防有毒烟雾、放热反应和化学灼伤。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。酸可能释放危险蒸气或气体。这些烟雾如果被吸入，会导致严重的呼吸道刺激、肺损伤甚至化学性肺炎。
2. 将锥形瓶的瓶口朝向远离自己和他人的方向。

## 实验步骤

### 通用设置

1. 使用导管将锥形瓶连接到气体注射器。
2. 确保塞子与锥形瓶紧密贴合，并且气体注射器读数为零。
3. 使用电子天平称量所需颗粒大小的固定质量的碳酸钙。

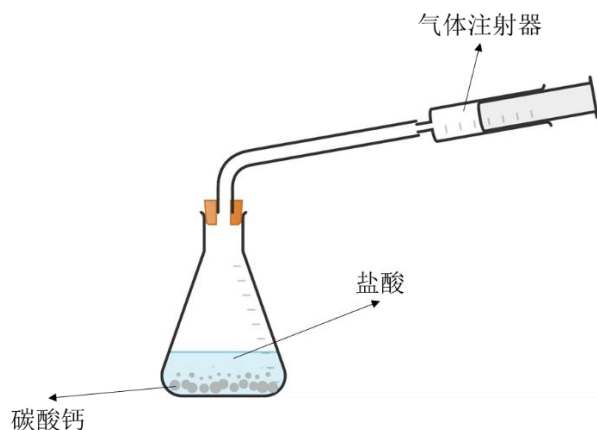


图 12.1: 研究浓度、温度和颗粒大小（表面积）对碳酸钙与盐酸反应速率影响的通用实验装置。

#### A. 研究酸浓度的影响

1. 使用量筒，向锥形瓶中倒入 50.0 mL 浓度为  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸。
2. 向酸中加入 2.0 g 小颗粒碳酸钙，迅速插入塞子，并启动秒表。
3. 每隔 30 秒记录一次注射器中二氧化碳气体的体积，持续 5 分钟。
4. 使用 50.0 mL 浓度为  $0.75 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸，然后使用 50.0 mL 浓度为  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸重复实验，保持碳酸钙的质量和大小以及温度恒定。

#### B. 研究温度的影响

1. 将 50.0 mL 浓度为  $0.75 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸放入锥形瓶中，并将其置于水浴中几分钟以达到  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
2. 向温热的酸中加入 2.0 g 小颗粒碳酸钙，迅速插入塞子，并启动秒表。
3. 每隔 30 秒记录一次注射器中二氧化碳气体的体积，持续 5 分钟。
4. 分别在  $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  下使用相同的酸和碳酸钙重复实验。

### C. 研究颗粒大小（表面积）的影响

1. 在室温下，向锥形瓶中倒入 50.0 mL 浓度为  $0.75 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸。
2. 加入 2.0 g 大颗粒碳酸钙，迅速插入塞子，并启动秒表。
3. 每隔 30 秒记录一次注射器中二氧化碳气体的体积，持续 5 分钟
4. 使用 2.0 g 小颗粒和粉末状碳酸钙重复实验，保持酸的浓度和体积不变。

## 实验结果

### A. 研究酸浓度的影响

酸的浓度 ( $\text{mol L}^{-1}$ )	二氧化碳体积 (mL)										
	时间 (秒)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
0.5											
0.75											
1.0											

### B. 研究温度的影响

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	二氧化碳体积 (mL)										
	时间 (秒)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
30											
40											
50											

## C. 研究颗粒大小（表面积）的影响

颗粒大小 时间 (秒)	二氧化碳体积 (mL)									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
粉末										
小颗粒										
大颗粒										

## 思考与讨论

- 绘制各实验结果图表，并回答下列问题。
  - 曲线上任意一点切线的斜率代表什么？
  - 为什么初始斜率被认为是初始反应速率最可靠的量度？
  - 为什么高酸浓度和低酸浓度的曲线最终都在相同的最终体积处趋于平缓？
- 本实验中主要的误差或不确定性来源是什么？将它们分类为随机误差或系统误差。
- 基于你关于碳酸钙与盐酸反应的实验数据，比较酸浓度和颗粒大小对反应速率的影响。哪个因素表现出更显著的影响？证明你的答案。
- 提出对实验步骤或仪器的两项具体改进，以提高结果的可靠性或准确性。对于每一项，解释它将如何带来更好的数据。

## 食醋中乙酸含量的测定

### 问题陈述

如何使用酸碱滴定法测定食醋中的乙酸含量？

### 实验目的

1. 使用酸碱滴定法测定食醋中的乙酸百分比。
2. 培养实验操作和数据处理技能。

### 实验原理

食醋中的乙酸百分比通过酸碱滴定法测定，其中标准化的氢氧化钠溶液以 1:1 的摩尔比中和乙酸（ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ ）。酚酞指示剂在终点时变为粉红色，从而可以根据所用氢氧化钠溶液的体积和摩尔浓度计算乙酸的浓度。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
食醋	$\sim 0.5 \text{ mol L}^{-1}$	100.0 mL
氢氧化钠标准溶液	$0.5 \text{ mol L}^{-1}$	100.0 mL
酚酞指示剂	-	少量
移液管	25 mL	1
滴定管	50 mL	1
锥形瓶	250 mL	3
带夹子的铁架台	-	1

## 实验步骤

1. 用 25 mL 移液管移取 25.0 mL 食醋至 250 mL 锥形瓶中。然后，向其中加入几滴酚酞指示剂。
2. 用标准氢氧化钠溶液润洗滴定管 2 - 3 次。将标准氢氧化钠溶液加入滴定管中，记录初始读数。
3. 将标准氢氧化钠溶液逐滴滴定到食醋中，同时振荡锥形瓶。
4. 当锥形瓶中的混合物变粉红并保持稳定半分钟不褪色时，表明达到滴定终点。
5. 记录滴定管上的最终读数，并计算所用标准氢氧化钠溶液的体积。
6. 将上述步骤重复三次。

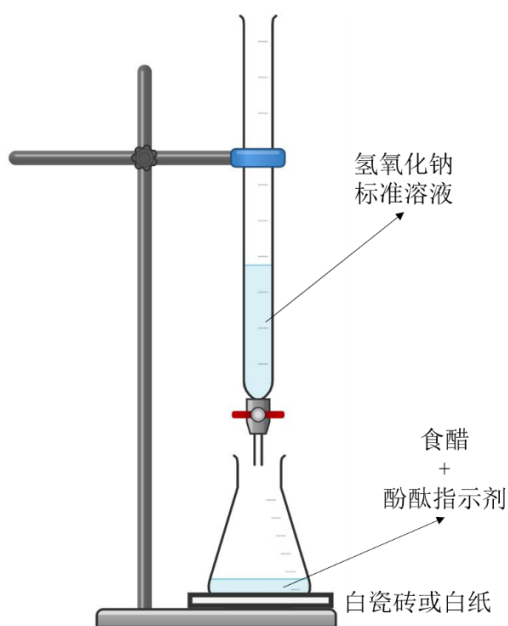


图 14.1: 用氢氧化钠标准溶液滴定食醋以测定其乙酸含量的实验装置。

## 数据分析

a. 食醋质量 = 食醋体积 × 食醋密度

其中，食醋密度可通过比重测定

b. 食醋中乙酸质量 = 乙酸的物质的量 × 乙酸的摩尔质量

其中，乙酸的物质的量与中和反应中消耗的标准氢氧化钠溶液的物质的量相同

c. 食醋中乙酸百分比 =  $\frac{\text{食醋中乙酸质量}}{\text{食醋质量}} \times 100\%$

d. 根据三次实验结果计算食醋中乙酸的百分比。

## 实验结果

氢氧化钠标准溶液的浓度 =  $\quad\quad\quad$  mol L<sup>-1</sup>

溶液	项目	实验重复		
		1	2	3
氢氧化钠标准溶液	滴定管初读数/mL			
	滴定管终读数/mL			
	消耗体积/mL			
	平均消耗体积/mL			
食醋	密度/g mL <sup>-1</sup>			
	体积/mL			
食醋中乙酸百分比				

## 思考与讨论

1. 用氢氧化钠溶液滴定食醋时，为什么使用酚酞而不是甲基橙作为指示剂？
2. 在此滴定中，终点与等当点有何不同？
3. 为什么可以用氢氧化钠溶液的质量来计算乙酸的质量？
4. 稀释误差如何影响最终的乙酸百分比？可以采取哪些策略来防止这些误差？
5. 如果使用不纯的食醋（含有其他酸），百分比会如何变化？

6. 葡萄酒（含乙酸）常用于烹饪中以嫩化肉类并增添风味。除这两个目的外，在此过程中使用葡萄酒还有何其他作用？

## 电解与电镀

### 问题陈述

如何应用电解原理在金属物体上电镀另一种金属？

### 实验目的

1. 加深对电解和电镀的理解。
2. 了解无氰镀锌的简单操作。
3. 培养实验技能和观察能力。

### 实验原理

电解和电镀是利用电流驱动化学反应的电化学过程。电解涉及通过电流将电解质（熔融态或溶解在水中）分解为其组成元素。该过程在电解池中进行，氧化发生在阳极（正极），还原发生在阴极（负极）。电解所产生的物质  $n$ ，必定与通过的电量（quantity of electricity） $Q$  成正比，而与其他因素无关。一个常见的例子是水的电解，在阴极产生氢气，在阳极产生氧气。

电镀是电解的一个实际应用，用于在另一种材料表面沉积一层薄薄的金属。在此过程中，待镀物体作为阴极，而电镀金属作为阳极，两者都浸入含有电镀金属离子的电解质溶液中。当电流流动时，溶液中的金属离子被还原并沉积到阴极上，形成均匀的涂层。电镀的质量取决于电流密度、电镀时间、电解质成分和表面处理等因素。该技术广泛用于增强外观（例如镀金或镀银）、提高耐腐蚀性（例如钢上镀铬）或增加电子元件的导电性。

这两个过程都依赖于氧化还原反应和离子在外加电压下的运动。电解将化合物分解为更简单的物质，而电镀则使用相同的原理在表面构建金属层。这些过程具有重要的工业应用，从金属提纯和精炼到制造和装饰性表面处理。理解其基本原理对于在实际应用中优化效率和实现预期结果至关重要。

## 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
饱和食盐水	-	适量
浓氢氧化钠溶液	2 mol L <sup>-1</sup>	50.0 mL
浓盐酸	1 mol L <sup>-1</sup>	50.0 mL
酚酞指示剂	-	少量
淀粉-碘化钾试液	-	适量
氯化锌	固体	3.5 g
氯化钾	固体	12.5 g
硼酸	固体	1.5 g
稀硝酸	0.01 mol L <sup>-1</sup>	50.0 mL
蒸馏水	-	适量
锌片	-	1
待镀铁件	-	1
带支管的 U 型管	-	1
烧杯	150 mL	2
单孔橡胶塞	-	2
石墨电极	-	1
铁棒	-	1
铁钉	-	1
试管	12 mm × 120 mm	2
电子天秤	-	1
温度计	-	1
低压直流电源	6 - 12 V	1
砂纸	-	1
玻璃棒	-	1
连接导线	-	数条

带夹子的铁架台	-	1
镊子	-	1
药匙	-	1

## 注意事项

1. U 型管中应仅装入刚好浸没电极的饱和食盐水，避免溶液过多。
2. 若实验室没有 U 型管，可用电解槽替代。
3. 出于安全和环境考虑，建议使用酒精温度计代替水银温度计。
4. 电解中只能使用精制饱和食盐水。

## 实验步骤

### A. 饱和食盐水的电解

1. 用带夹子的铁架台固定带支管的 U 型管。向 U 型管中注入饱和食盐水，并加入少量酚酞指示剂。
2. 用单孔橡胶塞盖住 U 型管的每个口。将石墨电极和铁棒分别作为阳极和阴极插入单孔橡胶塞。
3. 用连接导线将两个电极连接到低压直流电源（6 - 12 V）。观察并记录 U 型管中的变化。
4. 电解 2 - 3 分钟后，用试管收集阴极产生的气体并点燃。另一方面，使用淀粉-碘化钾试液检验阳极产生的气体。观察并记录现象。

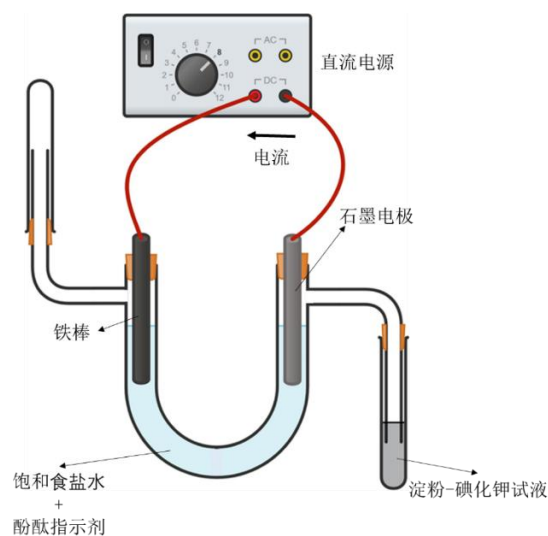


图 14.1：使用石墨阳极和铁棒阴极进行饱和食盐水电解的实验装置。

## B. 铁钉的锌电镀

1. 向烧杯中加入 50.0 mL 蒸馏水，随后加入 3.5 g 氯化锌、12.5 g 氯化钾和 1.5 g 硼酸。搅拌混合物直至溶解，并将溶液 pH 调节至 5 - 6。
2. 用细砂纸打磨铁钉直至其表面光滑。用水清洗铁钉。
3. 将铁钉浸入 80 °C 的 2 mol L<sup>-1</sup> 氢氧化钠溶液中 5 分钟以去除油污。用水清洗浸过的铁钉。
4. 然后，将铁钉浸入 45 °C 的浓盐酸中 2 分钟。用水清洗浸过的铁钉。
5. 继续将铁钉浸入 1:100 (体积比) 的稀硝酸中 3 - 5 秒。用水清洗浸过的铁钉。
6. 将电解质 (步骤 1) 加入烧杯。使用锌板作为阳极，铁钉作为阴极，将它们连接到 6 V 直流电源。
7. 让电镀过程进行 20 - 25 分钟。观察并记录烧杯中的变化。

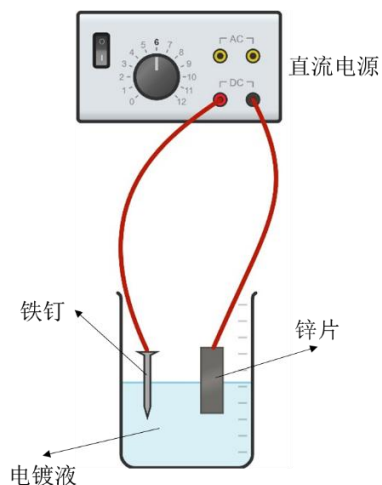


图 14.2: 使用锌板对铁钉进行电镀的实验装置。

## 实验结果

### A. 饱和食盐水的电解

序	实验步骤	观察现象	结论
1	连接到低压直流电源 (6 - 12 V) 后 U 型管中的变化		
2	收集阴极气体并点燃		
3	阳极产生的气体并用淀粉-碘化钾测试液检验		

**B. 铁钉的锌电镀**

序	实验步骤	观察现象	结论
1	锌片上的变化		
2	铁钉上的变化		

**思考与讨论**

1. 饱和食盐水电解过程中在阴极和阳极产生什么气体？识别每种气体并解释其形成过程。
2. 为什么电解过程中需要饱和食盐水？解释你的答案。
3. 为什么在电镀开始前用浓氢氧化钠溶液清洗铁钉？解释你的答案。
4. 电极清洁度（例如，打磨铁钉）如何影响电镀结果？解释你的答案。
5. 铜和金可进行电镀测试，其外观和导电性表现可能存在哪些差异？

## 醛与酮的化学性质

### 问题陈述

哪些化学测试可以可靠地鉴别醛和酮？每个测试背后的化学原理是什么？

### 实验目的

1. 加深对醛类化学性质的理解。
2. 加深对酮类化学性质的理解。

### 实验原理

醛和酮是羰基化合物，其特征是存在极性的 C=O 基团，其中碳原子带部分正电荷 ( $\delta^+$ )，氧原子带部分负电荷 ( $\delta^-$ )。这种极性使得羰基碳极易受到亲核试剂的攻击，构成了这些化合物大多数反应的基础。醛 (R-CHO) 和酮 (R-CO-R') 之间的关键区别在于它们的结构：醛的羰基碳上至少连接一个氢原子，而酮则连接两个烷基或芳烃基。这种结构差异使得醛通常比酮更具反应性，原因是空间位阻较小且羰基碳的亲电性更强。

亲核加成反应是醛和酮的基础反应，其中格氏试剂、氰化物离子或醇等亲核试剂会攻击亲电的羰基碳。醛在这些加成反应中更易反应，因为其羰基碳的空间位阻较小且缺电子性更强。氧化反应进一步突出了它们的差异：醛可以使用温和的氧化剂（如托伦斯试剂或斐林溶液）轻松氧化成羧酸，而酮除非在剧烈条件下发生碳-碳键断裂，否则难以被氧化。另一方面，还原反应将醛和酮都转化为醇，醛生成一级醇，酮生成二级醇。

羟醛缩合是另一个关键反应，发生在具有  $\alpha$ -氢的化合物中，导致形成  $\beta$ -羟基羰基化合物。此外，醛和酮表现出酮-烯醇互变异构，它们在酮式 (C=O) 和烯醇式 (C=C-OH) 之间相互转换，烯醇负离子是进一步反应（如卤化）的关键中间体。

## 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
硫酸铜(II)溶液	2%	少量
丙酮	分析纯	5.0 mL
乙醛	40%	少量
硝酸银溶液	4%	5.0 mL
氢氧化钠溶液	10%	10.0 mL
溴水	-	10.0 mL
氨水	2%	少量
席夫试剂	-	2.0 mL
酸化的高锰酸钾溶液	$0.01 \text{ mol L}^{-1}$	10.0 mL
烧杯	250 mL	2
本生灯	-	1
试管	15 mm × 150 mm	8
滴管	-	2
试管夹	-	1

## 注意事项

1. 在进行银镜测试前，彻底清洗所有玻璃器皿（包括内壁）。
2. 银镜测试中使用新鲜的银氨溶液。
3. 在银镜测试期间，避免在热水浴中摇晃玻璃器皿，并且不要加入过量氨水，以免干扰银的沉积。
4. 配制斐林溶液时，避免加入过量硫酸铜溶液，以防止在斐林测试加热时形成黑色沉淀（氧化铜）而非所需的红色沉淀[氧化铜（I）]。

## 实验步骤

### A. 银镜测试

1. 向一支洁净的试管中加入 1.0 mL 浓度为 4% 硝酸银溶液，然后逐滴加入氨水并轻轻摇晃，直至初始的棕色沉淀完全溶解（即得到托伦试剂）。
2. 向制备好的托伦试剂中加入 3 滴 40% 乙醛，轻轻摇晃，然后置于 70 - 95 °C 水浴中几分钟。观察并记录试管中的变化。

### B. 斐林溶液测试

1. 向一支试管中加入 2.0 mL 氢氧化钠溶液，随后加入 4 - 5 滴硫酸铜(II)溶液。轻轻摇晃混合物直至形成蓝色悬浮液（即斐林溶液）。
2. 然后，向制备好的斐林溶液中加入 0.5 mL 浓度为 40% 乙醛，轻轻摇晃，并加热混合物至沸腾。观察并记录试管中的变化。

### C. 溴水测试

1. 向一支试管中加入 2.0 - 3.0 mL 溴水，随后加入 1 - 2 滴乙醛，并将混合物静置几分钟。观察并记录试管中的变化。

### D. 酸化高锰酸钾溶液测试

1. 向一支试管中加入 2.0 - 3.0 mL 酸化的高锰酸钾溶液，随后加入 1 - 2 滴乙醛，并将混合物静置几分钟。观察并记录试管中的变化。

### E. 席夫试剂测试

1. 向一支试管中加入 2.0 mL 席夫试剂，随后加入几滴乙醛。观察并记录试管中的变化。

使用丙酮重复所有上述测试，不改变所用溶液或试剂的量以及特定的反应条件。

## 实验结果

序	测试	观察现象	
		乙醛	丙酮
1	银镜测试		
2	斐林溶液测试		
3	溴水测试		
4	酸化高锰酸钾溶液测试		
5	席夫试剂测试		

## 思考与讨论

1. 写出实验中所有产生阳性测试结果的化学反应方程式（席夫试剂测试除外）。
2. 为什么实验中乙醛和丙酮记录到不同的观察现象？解释你的答案。
3. 如果实验中使用了甲酸、果糖和蔗糖，预测它们的观察现象并解释你的答案。
4. 解释如果试剂浓度未得到仔细控制，为什么某些酮类化合物可能在特定的羰基测试中给出假阳性结果。
5. 比较醛和酮的氧化产物。为什么醛可以被氧化成羧酸，而酮则需要更强烈的条件？

## 乙酸乙酯的制备

### 问题陈述

如何在实验室中由乙醇和乙酸制备乙酸乙酯？

### 实验目的

1. 理解酯化反应原理。
2. 掌握实验室制备乙酸乙酯的方法。

### 实验原理

乙酸乙酯的制备基于酸催化酯化原理，特别是费歇尔酯化反应。在该反应中，乙酸和乙醇在浓硫酸存在下发生可逆反应。硫酸起双重作用：一是作为催化剂，通过质子化乙酸的羰基，增强其亲电性，便于乙醇进行亲核攻击；二是作为脱水剂，吸收反应生成的水，根据勒沙特列原理（Le Chatelier's principle）使平衡向生成酯的方向移动。混合物在回流下加热以加速反应，同时防止挥发性组分损失。反应后，粗产物通过用碳酸钠溶液洗涤以中和任何未反应的酸来进行纯化。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
乙酸	无水	20.0 mL
乙醇	无水或 95%	25.0 mL
浓硫酸	98%	5.0 mL
碳酸钠溶液	饱和	10.0 mL
沸石或陶瓷碎片	-	少量
蒸馏烧瓶	250 mL	1
带石棉网的三脚架	-	1
本生灯	-	1

量筒	25 mL	1
锥形瓶	100 mL	2
分液漏斗	100 mL	1
温度计	100 °C	1
冷凝管	-	1

## 注意事项

1. 制备乙酸乙酯时，反应混合物不应加热过高温度，因为这可能促进副反应，形成杂质。
2. 为防止暴沸并确保均匀沸腾，在开始加热前向烧瓶中加入沸石或陶瓷碎片。一旦开始沸腾，立即减小火力以维持温和回流。
3. 轻轻旋动溶液混合物，因为反应放热且防止飞溅。
4. 浓酸必须在通风橱中处理，以防有毒烟雾、放热反应和化学灼伤。始终穿戴适当的 PPE - 手套、眼部防护（护目镜或面罩）和实验服。酸可能释放危险蒸气或气体。这些烟雾如果被吸入，会导致严重的呼吸道刺激、肺损伤甚至化学性肺炎。
5. 出于安全和环境考虑，建议使用酒精温度计代替水银温度计。

## 实验步骤

1. 组装回流装置（圆底烧瓶 + 垂直放置的冷凝管）。
2. 向烧瓶中加入 25.0 mL 乙醇。在轻轻旋动的同时，缓慢加入 5.0 mL 浓硫酸。让其冷却。
3. 加入 20.0 mL 冰醋酸和少许沸石。旋动混合。
4. 将混合物加热回流 20 - 30 分钟。这允许反应在升高温度下进行，而不会损失挥发性反应物或产物。
5. 搭建蒸馏装置。将反应混合物从回流烧瓶转移至蒸馏烧瓶（如果重新组装装置，可以使用同一个烧瓶）。
6. 蒸馏混合物，收集沸程在 75 - 80 °C 之间的馏分（乙酸乙酯的沸点范围）。将此馏分收集在一个干净、干燥的锥形瓶或烧杯中。
7. 将粗馏出物（含有乙酸乙酯、水及未反应的乙醇/酸）转移至分液漏斗。

8. 向分液漏斗中加入 10.0 mL 饱和碳酸钠溶液。需要剧烈振荡并频繁放气，以释放中和未反应酸所产生的二氧化碳气体。
9. 让液层完全分离。下层是碳酸钠水溶液。排掉并弃去这下层。
10. 将有机层（乙酸乙酯，上层）转移至一个干燥的量筒中，并记录其体积。
11. 使用提供的密度（乙酸乙酯 =  $0.9 \text{ g cm}^{-3}$ ），计算百分比产率。

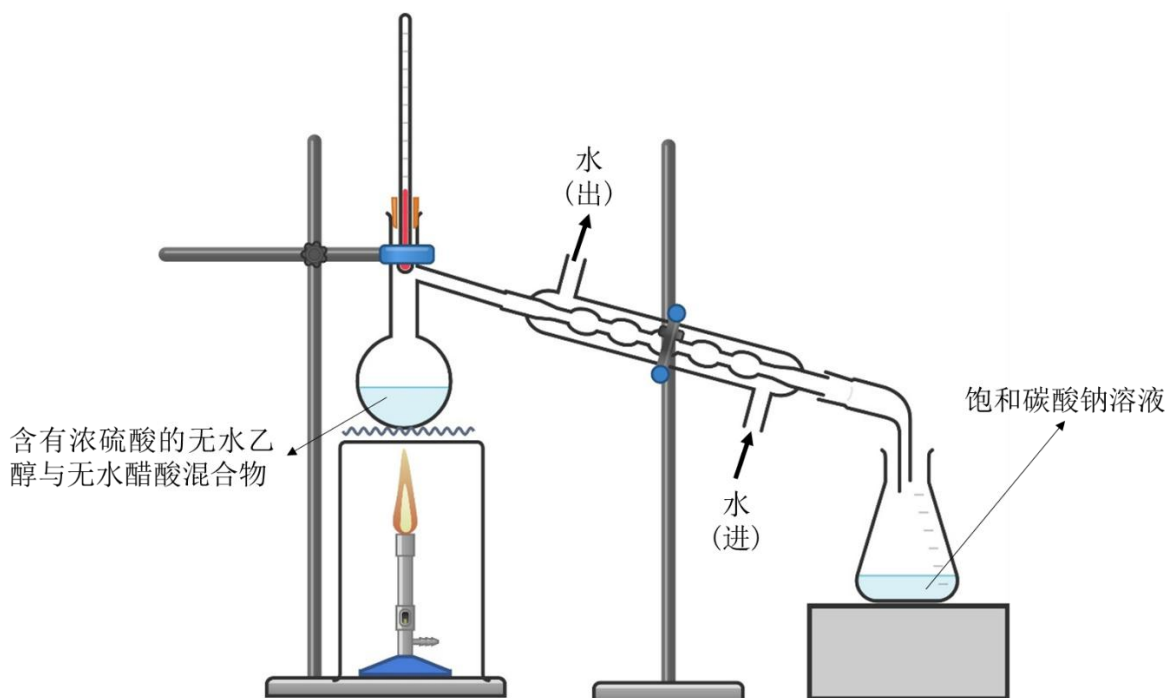


图 16.1：制备乙酸乙酯的实验装置。

## 实验结果

乙酸乙酯的产率 = %

## 思考与讨论

1. 该反应机理被描述为酸催化。以乙酸乙酯的形成为例，写出相关的配平化学反应方程式。
2. 将收集到的乙酸乙酯倒入饱和碳酸钠溶液中。解释此步骤的目的，写出相关反应的配平化学方程式和观察现象。
3. 乙酸乙酯的实验产率通常低于理论产率。讨论两个可能导致此产率损失的原因，并提出对步骤的改进以最小化每种损失。
4. 描述一种可用于确认产物为酯的化学测试（除气味外）。说明所使用的试剂和你会观察到的阳性结果。
5. 在进阶实验中，酯依次用碳酸钠溶液和水洗涤。解释在用碳酸钠洗涤之后，为什么还需要用水洗涤。正在去除的是什么杂质？

## 尼龙-66 的制备

### 问题陈述

如何在实验室中由 1,6-己二胺和己二酰氯制备尼龙-66?

### 实验目的

1. 通过尼龙-66 的制备理解聚合原理。

### 实验原理

尼龙-6,6 的制备根本上是进行逐步缩聚反应，该过程要求两种单体（1,6-己二胺和己二酸）之间具有精确的 1:1 化学计量平衡，以获得高分子量。这种精确的平衡首先通过形成一种称为“尼龙盐”（己二酸己二胺盐）的中间体来确保，该盐从含有等摩尔量二胺和二酸的溶液中结晶出来，保证了每个分子两端的反应活性相等。在工业上，聚合本身通过熔融缩聚进行，干燥的尼龙盐在惰性气体和压力下被加热到高温（270 - 280 °C）。随着反应的进行，温度升高，压力逐渐降低，以利于除去水（缩聚副产物），从而驱动平衡向聚合物形成方向移动。

### 化学品与器材

化学品/器材	浓度/规格	体积/数量
氢氧化钠	颗粒状	3.20 g
1,6-己二胺	-	2.32 g
蒸馏水	-	100.0 mL
去离子水	-	适量
己二酰氯	-	3.66 g
环己烷或庚烷	-	100.0 mL
稀盐酸	3%	适量
烧杯	50 mL	1

烧杯	500 mL	2
量筒	10 mL	1
量筒	250 mL	1
镊子	-	1
电子天秤	-	1
玻璃棒	-	1

## 注意事项

- 1,6-己二胺具有腐蚀性。其蒸气对眼睛和上呼吸道有刺激性。如发生皮肤接触，用大量流动水彻底冲洗。如误吞，立即漱口并饮用牛奶或蛋清。暴露于高热、明火或接触氧化剂可能引起燃烧。
- 对于环己烷或庚烷等高易燃溶剂，关键的预防措施是严格消除所有点火源，包括明火、高温表面和静电 - 应在通风橱内操作以防止火灾或爆炸。

## 实验步骤

- 在烧杯中加入 100.0 mL 蒸馏水，溶解 2.32 g 1,6-己二胺和 3.20 g 氢氧化钠。标记该烧杯为 A。
- 在另一烧杯中加入 100.0 mL 环己烷或庚烷，溶解 3.66 g 己二酰氯。标记该烧杯为 B。
- 将烧杯 B 中的混合物沿着玻璃棒侧壁缓慢倒入烧杯 A 中，可以观察到在界面处形成半透明的薄膜。
- 用玻璃棒小心地钩住界面处的聚合物薄膜，缓慢而平稳地向上拉，将连续的尼龙丝缠绕在玻璃棒上，直到没有更多材料形成或某一反应物层耗尽。
- 用 3% 稀盐酸洗涤聚合物薄膜，然后用去离子水冲洗以中和它。
- 使聚合物薄膜变得干燥。
- 称量所得产物的质量并计算百分比产率。

## 实验结果

尼龙-66 的质量 =            g

尼龙-66 的百分比产率 =            %

## 思考与讨论

1. 说出上述实验中的聚合类型并解释你的答案。
2. 合成的尼龙通常用稀盐酸洗涤，然后再用水洗涤。解释这种酸洗的目的是什么？
3. 为什么在上述实验中使用稀盐酸？解释你的答案。
4. 尼龙是最早实现商业化的合成聚合物之一。根据你的知识，说出两个使得这种材料具有如此多功效的基本化学原理。
5. 在工业生产中，通常会在反应混合物中加入少量乙酸。简要解释其作用。

## 实验 1 通过化学计量分析与重量法验证氧化铜(II)的化学式

### 假设

如果铜粉在空气中完全氧化，所得化合物的质量增加将对应于 1:1 的 Cu:O 摩尔数之比，从而证实氧化铜的化学式。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：氧气的质量

反应性变数/变量：氧化铜的化学式

固定性变数/变量：铜粉的质量

### 思考与讨论

1. 为什么实验结果可能与理论比值有偏差？解释你的答案。

原因	解释
氧化不完全	导致铜不完全氧化为氧化铜
加热不充分	
加热不充分	
铜因飞溅损失	
吸收水分	可能导致形成氢氧化铜作为中间体
过热	导致氧化铜分解为氧气和铜金属

2. 如何确认铜和氧气已完全反应生成氧化铜(II)？

方法	观察现象
加入稀盐酸	如果反应后没有固体残留，表明完全转化为氧化铜

3. 如果加热后最终质量减少，这将如何影响实验式（最简式）的计算？

结果	原因	影响
加热后最终质量减少	表明反应过程中吸收的氧气量较少	高的铜氧比 (> 1:1)

4. 为什么让纯氧气流过样品，而不是依赖环境空气？使用空气会如何影响结果？

原因	影响
环境空气中的氧气浓度低于纯氧气	在环境空气下反应更慢或不完全
铜是一种不活泼的金属	

5. 我们能否使用类似的方法测定氧化镁的化学式？解释你的答案。

答案	解释
不能	镁是一种活泼金属，在加热下剧烈反应。

6. 电子天秤可测量至四位小数（如 0.1234 g）。在记录实验室单个化学样品的质量时，通常应记录到几位小数？请说明理由。

小数	理由
4	为完整保留测量所得的原始数据，任何舍入或数据处理都应在后续计算中进行，而非在记录环节执行。
	显示的所有数字，包括最后一位，都属于有效数字。若将数值舍入至三位小数，会错误地将其减少为 3 位有效数字，从而导致丧失该电子天秤本应提供的测量精度。

7. 当对同一样品进行三次质量测量，每次读数都略有不同时，如何判断质量已稳定并可视为恒定值？

因素	解释
精密判定准则	若三次测量值之间的差异处于天秤标称的精度范围或允许误差内，即可认定质量已达到恒定。
稳定性评估	测量值围绕某一中心值呈现微小且无规律的波动，即表明测量已达到稳定状态。

### 结论

本实验证实了氧化铜的经验式为 1:1 的  $\text{CuO}$ ，与理论比例一致。与理想比例的微小偏差可能是由于氧化不完全或吸收水分所致。这表明了化学计量分析和重量分析法在确定化学成分方面的有效性。

## 实验 2 通过化学计量分析与重量法验证硫酸锌的化学式

### 假设

如果铜元素在饱和硫酸铜溶液中被锌元素完全置换，所得铜粉的质量增加将对应于 1:1 的 Zn:Cu 摩尔比，从而证实硫酸锌的化学式。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：锌粉的质量

反应性变数/变量：硫酸锌的化学式

固定性变数/变量：饱和硫酸铜溶液的体积

### 思考与讨论

1. 如果在步骤 4 中不使用蒸馏水清洗蒸发皿内壁，对所得铜粉的质量有何影响？解释你的答案。

影响	解释
最终产品质量会比预期大	获得的铜粉表面可能被干燥后的硫酸锌晶体污染

2. 说出使用蒸馏水后再使用酒精清洗所得铜粉的两个优点。

洗涤剂	优点
蒸馏水	去除水溶性杂质（例如，残留的盐或酸），而不引入新杂质
酒精	在温和加热下加速干燥过程，并最大限度地减少氧化

3. 为什么蒸发皿需要在带石棉的金属网上加热？

原因
在铜粉干燥过程中均匀受热

4. 如何测试所得铜粉的纯度？解释你的答案。

方法	解释
视觉检查	纯铜粉呈红棕色均匀颗粒
	褪色为黑色或绿色斑点表明存在 $\text{CuO}$ 或 $\text{Cu}_2\text{O}$ ; 存在异质颗粒表明存在非铜污染物
酸测试	纯铜粉不与非氧化性酸（如盐酸或硫酸）反应
	产生气泡（ $\text{H}_2$ 气体）表明存在活泼金属（如 $\text{Zn}$ ）作为杂质
氧化物检测	纯铜粉与乙酸不反应
	如果存在 $\text{CuO}$ 或 $\text{Cu}_2\text{O}$ ，由于形成乙酸铜，溶液会呈蓝绿色
加热测试	纯铜粉可能因表面氧化而略微变暗，但保留金属特性
	质量显著增加表明杂质被氧化（如 $\text{Zn}$ 氧化为 $\text{ZnO}$ ）；释放有色气体（例如，来自硫酸铜溶液的 $\text{SO}_2$ ）

5. 如果硫酸铜(II)溶液被氯化钠污染，这将如何影响计算出的化学式？解释你的答案。

影响	解释
无影响	氯化钠在该反应中是旁观离子
	不直接参与置换反应（不与锌或铜反应）

6. 在锌粉与硫酸铜溶液反应的过程中，描述你观察到的现象并解释其变化。

观察现象	解释
蓝色溶液逐渐变浅，最终变为无色	溶液呈现蓝色是由于其中含有的 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 水合 $\text{Cu}^{2+}$ 。当这些离子被还原成金属铜时，其浓度逐渐降低，导致溶液颜色褪去。
有暗红棕色沉淀生成	$\text{Cu}^{2+}$ 从 $\text{Zn}$ 原子获得电子，被还原成单质 $\text{Cu}$ 。
锌粉逐渐溶解或体积明显减小	$\text{Zn}$ 原子失去电子形成 $\text{Zn}^{2+}$ 进入溶液，这一氧化过程导致固态锌逐渐溶解。

反应混合物接触时可能感到温热	该反应为放热反应，当 Cu 置换 $\text{Cu}^{2+}$ 时会释放热能
----------------	--

7. 请举一个在日常生活中适用的置换反应实例。

实例
金矿开采与回收、镀锌铁钉与屋顶材料、铁制炊具烹饪、铜管替代铅管、碱性电池、传统摄影显影或地下水除铁工程。

### 结论

本实验证实了硫酸锌的经验式为 1:1 的  $\text{ZnSO}_4$ ，与理论比例一致。与理想比例的微小偏差可能是由于加热所得铜粉时发生轻微氧化所致。这表明了化学计量分析和重量分析法在确定化学成分方面的有效性。

### 实验 3 离子化合物与共价化合物的电导率

#### 假设

五水合硫代硫酸钠在熔融态可以导电，但在粉末状时不能导电，而石蜡在固态和熔融态都不能导电。

#### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用化合物的类型

反应性变数/变量：所用化合物的电导率

固定性变数/变量：电解中使用的电极

#### 思考与讨论

1. 根据你的结果，化学键类型如何影响化合物的导电能力？

键合类型	导电性
离子化合物或离子键	在熔融或溶解时可以导电，因为它们的离子成为可移动的电荷载体，但在固态时不能导电，因为离子被固定在一定位置。
共价化合物或共价键	在任何状态下都不能导电，因为它们的电子被紧紧地束缚在分子键中，没有自由离子或电子。

2. 五水合硫代硫酸钠在粉末状态和熔融状态下测试时，其电导率如何变化？解释你的答案。

状态	导电性
粉末状或固态	五水合硫代硫酸钠呈离子晶格结构， $\text{Na}^+$ 和 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 通过强离子键结合。因此，离子不能自由移动，只能在原位振动。因此，粉末状的五水合硫代硫酸钠不能导电。
熔融态	五水合硫代硫酸钠的离子结构被破坏，释放出自由移动的 $\text{Na}^+$ 和 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 。可移动的离子可以向带相反电荷的电极移动。因此，熔融态的五水合硫代硫酸钠可以导电。

3. 在另一个实验中，用盐酸代替石蜡，发现盐酸溶于水后能够导电。解释你的答案。

解释
因为盐酸发生电离，产生可自由移动的离子，这些离子可以作为电荷载体。

### 结论

离子化合物在熔融态可以导电，但在固态（粉末状）不能导电，而共价化合物在所有状态下都不能导电。

## 实验 4 离子与共价化合物在水和有机溶剂中的溶解性

### 假设

氯化钠溶于水但不溶于环己烷。另一方面，己烷不溶于水但溶于环己烷。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用化合物的类型

反应性变数/变量：所用化合物在水和环己烷中的溶解度

固定性变数/变量：使用的氯化钠质量 或 使用的己烷、水和环己烷的体积

### 思考与讨论

1. 根据你的观察，哪类化合物易溶于水？请使用极性和化学键概念解释你的答案。

观察现象	解释	
	极性概念	键合概念
离子化合物溶于水	水分子中带正电或 $\delta^+$ 的氢原子吸引阴离子，而带负电或 $\delta^-$ 的氧原子吸引阳离子。	强的离子-偶极相互作用克服了离子化合物的晶格能，使固体溶解。

2. 为什么水被称为离子化合物的“通用溶剂”，而对共价化合物则不是？

解释	
离子化合物	共价化合物
极性分子通过形成强的离子-偶极相互作用有效溶解离子化合物，水分子中带正电或 $\delta^+$ 的氢吸引阴离子，而其带负电或 $\delta^-$ 的氧吸引阳离子，克服了离子晶格能 (ionic lattice energy)。	非极性共价化合物缺乏电荷分离，不能与水分子形成强的相互作用。

3. 在另一个实验中，使用乙醇来溶解氯化钠和己烷。预测你的观察结果并解释你的答案。

预测	解释
氯化钠在乙醇中溶解性差	乙醇的极性不足以克服氯化钠强的离子晶格能。
己烷与乙醇混溶	其非极性烃链与己烷之间存在弱的伦敦色散力 (London dispersion forces)。

4. 分离和回收环己烷与己烷混合物的可靠方法是什么？说明理由。

方法	理由
分馏法	环己烷 ( $\approx 80.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 与己烷 ( $\approx 68.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 之间存在 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的沸点差。这一温差完全满足采用分馏柱进行分离的要求，因为分馏柱能通过多次汽化-冷凝循环实现组分的有效分离。

## 结论

离子化合物溶于水，而共价化合物溶于有机溶剂。

## 实验 5 离子与共价化合物的熔点和沸点

### 假设

氯化钠的熔点和沸点高于石蜡。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用化合物的类型

反应性变数/变量：化合物的熔点和沸点

固定性变数/变量：使用的氯化钠和石蜡的质量

### 思考与结论

1. 你如何根据熔点和沸点测试，通过实验确认一种固体化合物是离子化合物还是共价化合物

化学化合物	所需温度	解释
离子化合物	较高温度	其晶格结构 (lattice structure) 中的强静电力 (electrostatic forces)
共价化合物	较低温度	较弱的分子间作用力 (intermolecular forces)

2. 在另一个实验中使用了氧化镁，并发现其熔点高于氯化钠。解释这一现象。

解释	
电荷密度	离子大小
氧化镁含有 $Mg^{2+}$ 和 $O^{2-}$ ，氯化钠含有 $Na^+$ 和 $Cl^-$	氧化镁的离子尺寸小于氯化钠
氧化镁的电荷大于氯化钠，导致更强的静电吸引力，增加了破坏其离子晶格 (ionic lattice) 所需的能量	较小的离子允许更紧密的堆积，增强库仑力 (Coulombic forces) 并增加晶格能。

3. 水和硫化氢两者都是共价化合物，但是为何水（沸点  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）的沸点高于硫化氢（ $\text{H}_2\text{S}$ ，沸点  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）？解释你的答案。

解释	
吸引力	分子大小和形状
水形成氢键，因为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 氧的高电负性强烈吸引共享电子</li> <li>• 极性的 O-H 键产生大的偶极矩 (dipole moment)</li> <li>• 氧上的孤对电子与相邻分子的氢原子相互作用</li> </ul>	尽管硫化氢比水更大更重，但水中的氢键效应占主导地位
硫化氢中存在弱偶极-偶极力，因为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 硫的电负性低于氧</li> <li>• S-H 键极性较弱</li> <li>• 主要依赖于较弱的偶极-偶极力和伦敦色散力（范德华力）</li> <li>• 无氢键（硫原子尺寸较大且电负性较低）</li> </ul>	

## 结论

离子化合物具有较高的熔点和沸点，而共价化合物具有较低的熔点和沸点。

## 实验 6 利用化学测试对选定金属阳离子进行定性分析

### 假设

如果将特征化学测试应用于含有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$  的水溶液，那么每种金属阳离子由于其独特的化学性质将产生不同的视觉变化，从而可以进行准确鉴定。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用试剂的类型

反应性变数/变量：观察现象

固定性变数/变量：金属阳离子的浓度 或 所用试剂的纯度

### D 思考与讨论

1. 以使用氢氧化钠溶液作为试剂来鉴定金属阳离子  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$ 。陈述每种金属阳离子的观察现象。

金属阳离子	观察现象
$\text{Fe}^{2+}$	浅绿色溶液最初形成白色沉淀，迅速转变为灰绿色中间体，最后沉降为红棕色沉淀
$\text{Fe}^{3+}$	黄色溶液形成红棕色沉淀
$\text{Zn}^{2+}$	无色溶液形成白色沉淀，但沉淀溶于过量氢氧化钠溶液
$\text{Cu}^{2+}$	蓝色溶液形成蓝色沉淀
$\text{Ag}^+$	无色溶液形成白色沉淀

2. 如果你用酸化的硫氰化钾检验  $\text{Fe}^{3+}$  时显示出淡红色而不是深红色，可能的原因是什么？

原因	解释
$\text{Fe}^{3+}$ 浓度低	样品可能含有痕量 $\text{Fe}^{3+}$ ，低于浓缩样品或使用更灵敏的方法测试的检测限
酸化不足	血红色的 $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ 复合物在确保 pH 小于 2，通过加入过量酸性条件下形成最佳稀酸实现
稀释或过期试剂	陈旧或过度稀释的硫氰酸钾可能使用新鲜、浓缩的硫氰酸钾产生弱颜色
氧化还原干扰	还原剂可能将 $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ，从而测试还原剂或预氧化样品降低颜色强度
竞争离子干扰	$\text{PO}_4^{3-}$ 或 $\text{F}^-$ 可通过形成无色复合物使用螯合剂预处理样品物掩蔽 $\text{Fe}^{3+}$

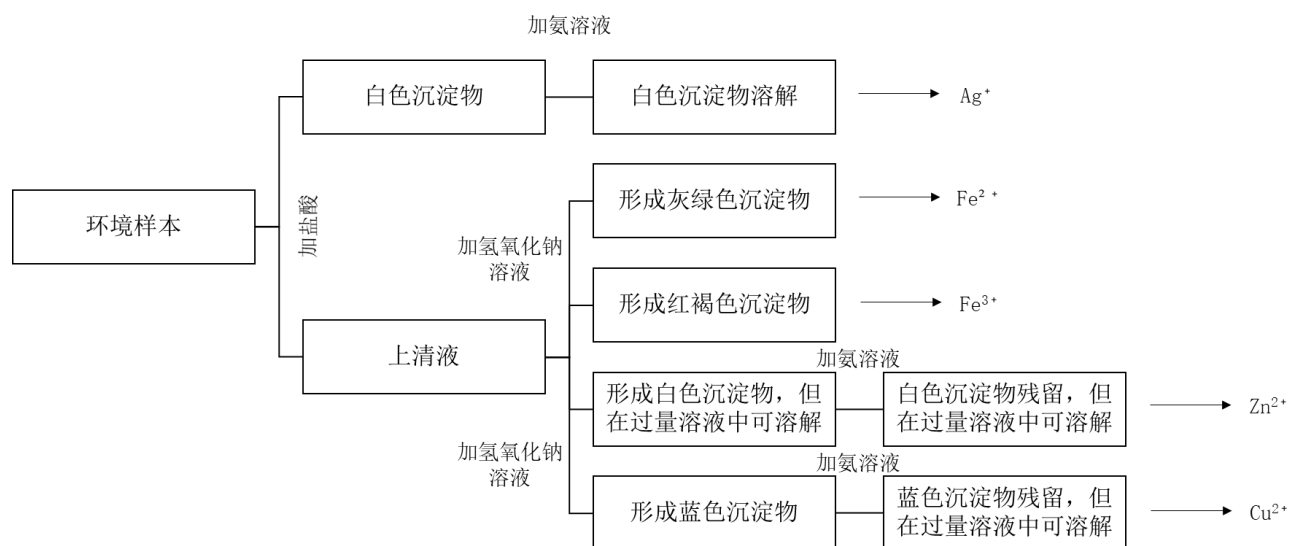
3. 评估使用氢氧化钠溶液和氨水区分  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  的可靠性。哪个测试更具决定性？为什么？

可靠性和确定性	
氢氧化钠	氨溶液
可靠性和确定性较低 <ul style="list-style-type: none"> <li>需要过量的逐滴加入</li> <li>其他两性离子，如 <math>\text{Al}^{3+}</math> 和 <math>\text{Pb}^{2+}</math>，可能模仿 <math>\text{Zn}^{2+}</math></li> </ul>	可靠性和确定性较高 <ul style="list-style-type: none"> <li>明显的颜色变化提供了明确的鉴定</li> <li>与氢氧化钠溶液相比，其他离子的干扰较少</li> </ul>

4. 为什么  $\text{Ag}^+$  与盐酸形成白色沉淀但溶于氨水，而  $\text{Cu}^{2+}$  与氨水形成蓝色配合物？

金属阳离子	解释	
	盐酸	氨溶液
$\text{Ag}^+$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 形成白色沉淀（氯化银），因为其溶度积低</li> <li>• 氯化银的晶格能超过其水合能，使其不溶</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氯化银溶解形成无色复合物 <math>\{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+\}</math></li> <li>• 氨溶液配体通过强配位键（高稳定常数，high stability constant）稳定 <math>\text{Ag}^+</math></li> </ul>
$\text{Cu}^{2+}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{Cu}^{2+}</math> 不与盐酸反应，因为铜的活性低于氢</li> <li>• 因此，铜不能置换氢</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 最初形成蓝色沉淀[氢氧化铜(II)]，然后溶于过量氨溶液形成深蓝色复合物 <math>\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}</math></li> <li>• <math>\text{Cu}^{2+}</math> 的 <math>d^9</math> 电子构型有利于四氨配位，吸收橙色区域的光，因此呈蓝色</li> </ul>

5. 为实验室设计一个流程图，用于分离和鉴定混合样品中的这些金属阳离子。



## 结论

本实验通过利用沉淀、络合和氧化还原化学原理的独特化学反应，成功演示了  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Ag}^+$  的鉴定。

## 实验 7 利用化学测试对选定阴离子进行定性分析

### 假设

如果将特征化学测试应用于含有  $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $NO_3^-$  的固体或水溶液，那么每种阴离子由于其独特的化学性质将产生不同的视觉变化，从而可以进行准确鉴定。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用试剂的类型

反应性变数/变量：观察现象

固定性变数/变量：阴离子的浓度 或 所用试剂的纯度

### 思考与讨论

1. 在你的测试中，加入浓盐酸或浓硝酸如何帮助区分  $SO_4^{2-}$  和  $SO_3^{2-}$ ？用观察到的结果支持你的答案。

阴离子	观察现象	解释
$SO_4^{2-}$	无反应	盐酸或硝酸不能进一步质子化硫酸根
$SO_3^{2-}$	产生气泡并释放刺激性气体	盐酸或硝酸质子化亚硫酸根，释放二氧化硫

2. 如果一个未知样品对  $S^{2-}$  和  $SO_3^{2-}$  都给出了阳性结果，你将如何解决这种不确定性？

阴离子	方法	观察现象
$SO_3^{2-}$	将二氧化硫通入酸化的重铬酸钾溶液	橙色溶液变绿
	将二氧化硫通入酸化的高锰酸钾溶液	紫色溶液褪色
$S^{2-}$	将硫化氢通入乙酸铅溶液	形成黑色固体（硫化铅）

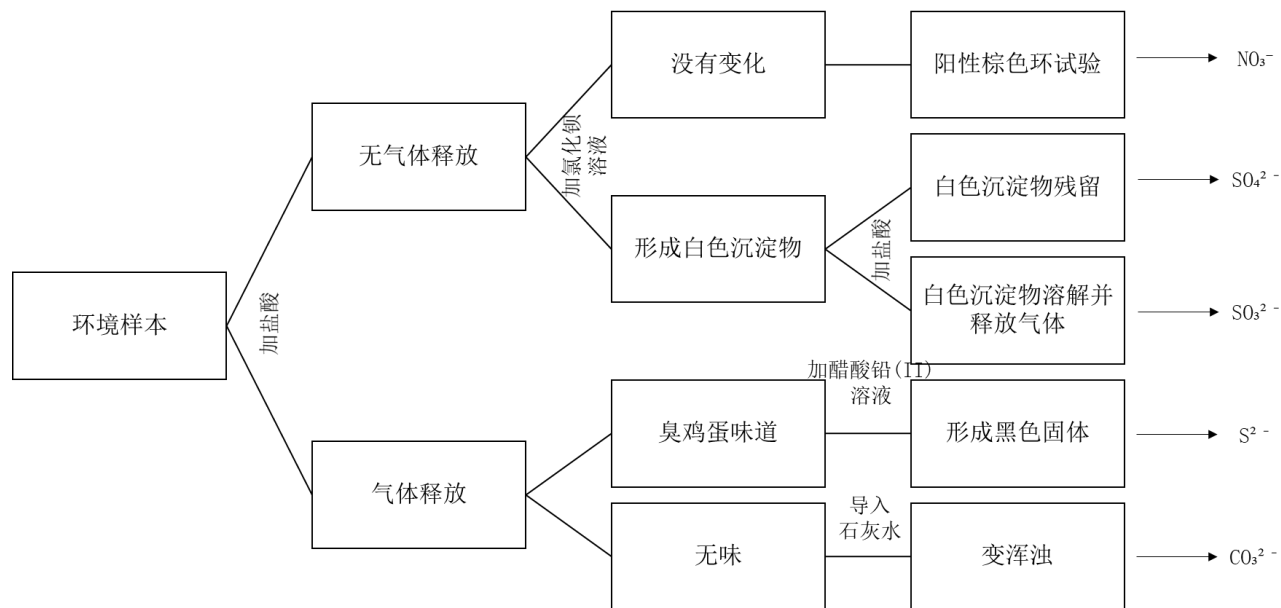
3. 在用酸检验  $\text{CO}_3^{2-}$  时，为什么使用石灰水作为确认试验很重要，而不是仅仅依赖于观察冒泡现象？

原因	解释
伪阳性	其他阴离子在用盐酸处理时也可能产生气泡
无法鉴定气体	气泡可能是二氧化碳、硫化氢甚至是样品中夹带的空气
二氧化碳的独特性	只有二氧化碳与石灰水形成不溶性白色沉淀

4. 在一些学生的测试中，棕色环形成但立即消失了。这表明样品或技术存在什么问题？

原因	解释
分层技术不当	加入浓硫酸太快或摇动试管，导致棕色环在稳定前分散
$\text{NO}_2^-$ 干扰	$\text{NO}_2^-$ 是比 $\text{NO}_3^-$ 更强的还原剂，反应更快，产生短暂存在的氮氧化物
试剂降解	旧的硫酸亚铁溶液中 $\text{Fe}^{2+}$ 不足，无法将硝酸根离子还原为一氧化氮，后者会进一步与硫酸亚铁溶液反应形成棕色环
	稀硫酸酸度不足以形成棕色环
$\text{NO}_3^-$ 浓度低	痕量 $\text{NO}_3^-$ 产生微弱的环，该环会消散

5. 为实验室设计一个流程图，用于分离和鉴定混合样品中的这些阴离子。



## 结论

本实验通过利用沉淀、络合和氧化还原化学原理的独特化学反应，成功演示了  $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $NO_3^-$  的鉴定。

## 实验 8 使用定性分析鉴定未知化合物

### 假设

如果对未知溶液 ( $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Cl}^-$ ) 进行系统的定性分析——包括溶解度测试、焰色反应、沉淀反应和气体释放——那么可以通过将观察到的化学和物理性质与已知参考数据相匹配来确定其身份，因为每种离子或官能团都表现出独特且可预测的反应模式。

### 变数/变量

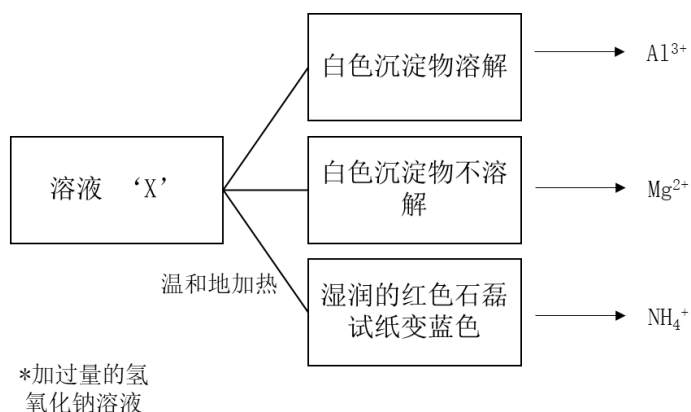
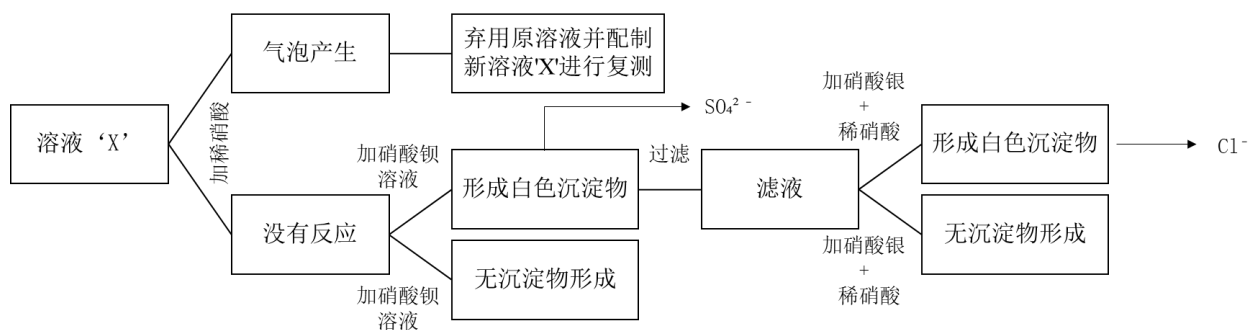
操纵性变数/变量：所用试剂的类型

反应性变数/变量：观察现象

固定性变数/变量：未知溶液 ‘X’

### 思考与讨论

1. 设计一个流程图，用于分离和鉴定混合物中的这五种离子。



2. 为什么在分析其他阳离子 ( $\text{Al}^{3+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$ ) 之前先测试  $\text{NH}_4^+$  至关重要? 氨气会如何干扰后续测试?

原因	解释
释放氨气	氨气可能通过形成络合离子掩蔽 $\text{Al}^{3+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 的存在, 干扰后续测试, 导致伪阴性结果

3. 解释在测试  $\text{Al}^{3+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  时加入过量浓氢氧化钠溶液的目的。它们的反应有何不同?

原因	解释
确认两性	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{Al}^{3+}</math> 形成氢氧化铝, 由于其两性性质, 溶于过量氢氧化钠溶液</li> <li><math>\text{Mg}^{2+}</math> 形成氢氧化镁, 不具有两性, 不溶解</li> </ul>
消除伪阳性	过量氢氧化钠溶液确保 $\text{Al}^{3+}$ 完全沉淀并随后溶解, 避免部分反应

4. 在测试  $\text{SO}_4^{2-}$  时, 为什么要在硝酸钡溶液测试中加入稀硝酸? 如果省略酸会怎样?

加入稀硝酸时

原因	解释
消除干扰离子	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{CO}_3^{2-}</math> 和 <math>\text{SO}_3^{2-}</math> 会与 <math>\text{Ba}^{2+}</math> 形成白色沉淀</li> <li>稀硝酸酸化介质, 将 <math>\text{CO}_3^{2-}</math> 和 <math>\text{SO}_3^{2-}</math> 转化为二氧化碳和二氧化硫</li> <li>只有 <math>\text{SO}_4^{2-}</math> 形成硫酸钡, 不溶于酸</li> </ul>
确认特异性	在酸性条件下只有硫酸钡存在, 明确确认 $\text{SO}_4^{2-}$

省略稀硝酸时

原因	解释
伪阳性	可能形成白色碳酸钡和亚硫酸钡沉淀, 模仿硫酸钡, 导致错误地识别 $\text{SO}_4^{2-}$
结果不确定	仅基于白色沉淀无法区分 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$

5. 你的未知物给出以下结果：
- 与氢氧化钠溶液无气体产生（排除  $\text{NH}_4^+$ ）
  - 与氢氧化钠溶液产生白色沉淀（不溶于过量碱）
  - 在加入稀硝酸的硝酸钡溶液中产生白色沉淀

可能的身份是什么？请逐步说明理由。

化合物身份	解释
硫酸镁	加热未知溶液与氢氧化钠时无气体释放，表明不存在 $\text{NH}_4^+$
	加入氢氧化钠溶液形成白色沉淀，表明存在 $\text{Al}^{3+}$ 或 $\text{Mg}^{2+}$
	然而，白色沉淀不溶于过量氢氧化钠溶液，表明存在 $\text{Mg}^{2+}$ ，因为氢氧化镁不具有两性性质
	$\text{SO}_4^{2-}$ 是酸稳定盐，不会溶于稀硝酸

### 结论

本实验通过使用特定试剂测试其反应，通过定性分析鉴定了一种未知化合物。基于溶解度规则和两性行为的系统方法，通过沉淀形成和气体释放等明显的观察现象确认了化合物的身份。

## 实验 9 使用碳酸钠和碳酸氢钠表征碳化合物的性质

### 假设

如果一种有机化合物是碳酸钠或碳酸氢钠，那么其在水中的溶解度、热稳定性以及与稀盐酸的反应可用于表征它。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：使用的碳酸盐和碳酸氢盐的类型

反应性变数/变量：观察到的反应（水溶性、热稳定性及与稀盐酸的反应）

固定性变数/变量：使用的碳酸盐和碳酸氢盐的质量（水溶性和热稳定性）**或** 使用的碳酸盐和碳酸氢盐的摩尔浓度 **或** 使用的稀盐酸的浓度（与稀盐酸的反应）

### 思考与讨论

1. 碳酸钠和碳酸氢钠溶于水时为何出现不同的观察现象？

观察现象	解释
碳酸钠比碳酸氢钠更易溶	碳酸钠中的 $\text{CO}_3^{2-}$ 比碳酸氢钠中的 $\text{HCO}_3^-$ 离子更强烈地水合（被水分子包围）

2. 为什么浓盐酸与碳酸钠和碳酸氢钠都产生气泡？

碳酸盐和碳酸氢盐	解释
碳酸钠	$\text{CO}_3^{2-}$ 与浓盐酸中的 $\text{H}^+$ 反应，形成碳酸，碳酸立即分解为二氧化碳气体和水 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$
碳酸氢钠	$\text{HCO}_3^-$ 直接与 $\text{H}^+$ 反应，释放二氧化碳气体，比碳酸钠更快，因为它只需要 1 个质子 $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$

3. 化合物的  $pK_a$  如何决定它是与碳酸氢钠反应还是仅与碳酸钠反应？

酸性	解释
$pK_a \sim 4 - 5$ (例如, 羧酸)	与碳酸钠和碳酸氢钠都反应, 产生二氧化碳气体, 因为它们足够强, 可以质子化 $CO_3^{2-}$ 和 $HCO_3^-$
$pK_a \sim 10$ (例如, 酚类)	只与碳酸钠反应, 形成酚盐, 不释放二氧化碳气体, 因为它们太弱, 无法质子化 $HCO_3^-$ , 但可以与更强的碱 $CO_3^{2-}$ 反应
$pK_a \sim 16$ 及以上 (例如, 醇类)	与两种试剂都不反应, 因为它们的酸性不足以质子化 $CO_3^{2-}$ 或 $HCO_3^-$

4. 实验中使用的哪种碳酸盐是鉴定酸性物质更具选择性的试剂? 解释你的答案。

选择性试剂	解释
碳酸氢钠	仅与强酸(如羧酸)反应, 这些酸可以质子化其弱碱 $HCO_3^-$ , 释放二氧化碳气体(产生冒泡现象)

5. 你如何使用碳酸钠和碳酸氢钠来区分脂肪族羧酸和芳香族羧酸? (与有机化学-羧酸相关)

测试	脂肪族羧酸	芳香族羧酸
与碳酸钠反应	迅速产生气泡	迅速产生气泡
与碳酸氢钠反应		缓慢或不产生气泡

## 结论

本实验表明碳酸钠易溶解且耐热, 但碳酸氢钠溶解较少且在加热时分解。两者与稀盐酸反应都产生二氧化碳气体。

## 实验 10 二氧化硫气体的制备与性质表征

### 假设

如果二氧化硫气体是通过亚硫酸钠与硫酸反应制备的，那么该气体可以通过其刺激性气味、酸性性质以及试剂颜色的变化来有效表征。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：使用的亚硫酸钠的质量

反应性变数/变量：气味以及化学试剂颜色的变化

固定性变数/变量：所用材料的浓度

### 思考与讨论

- 在**实验结果** (3) - (6) 的反应中，二氧化硫溶液作为氧化剂还是还原剂？提供配平的化学方程式。

氧化剂	观察现象	化学方程式
与饱和氢硫酸溶液	形成黄色或乳白色沉淀	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

还原剂	观察现象	化学方程式
与酸化的高锰酸钾溶液	紫色酸化的高锰酸钾溶液完全褪色	$5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
与稀的三氯化铁溶液	黄棕色溶液变为浅绿色	$\text{SO}_2 + 2\text{FeCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$
与氯化钡溶液，随后加入过氧化氢和稀盐酸	在稀盐酸中形成白色沉淀	$\text{H}_2\text{SO}_3$ (从二氧化硫溶液) + $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4$ (白色沉淀) + $2\text{HCl}$

2. 以下试剂能否用于除去与二氧化碳气体混合的二氧化硫气体？解释你的答案。

- a) 氢氧化钠溶液                      b) 碳酸钠溶液                      c) 氯化钡溶液  
d) 酸化的高锰酸钾溶液

能否消除二氧化硫气体	试剂	解释
能	酸化的高锰酸钾溶液	只有二氧化硫气体反应，试剂褪色表明二氧化硫气体被吸收
不能	氢氧化钠溶液	能与二氧化硫气体和二氧化碳气体都反应
	碳酸钠溶液	
	氯化钡溶液	

3. 一名学生不小心将花瓣放入盛有二氧化硫气体的集气瓶中。预测并解释你的观察结果。

观察现象	解释
花瓣颜色随时间褪色或变白	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 二氧化硫气体作为还原剂和漂白剂</li> <li>• 与花瓣中的有色有机色素反应，破坏其共轭双键</li> <li>• 漂白通过还原作用发生</li> </ul>
花瓣变得萎蔫和皱缩	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 二氧化硫溶解在花瓣上的水分中，形成亚硫酸</li> <li>• 形成的酸破坏细胞膜，导致失水和萎蔫</li> </ul>
花瓣可能变褐或半透明	使蛋白质变性并破坏细胞结构，导致腐烂

4. 二氧化硫气体如何导致酸雨？用相关方程式写出你的答案。

二氧化硫导致酸雨	解释	化学方程式
二氧化硫气体排放到大气中	化石燃料燃烧、工业过程和车辆	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
二氧化硫气体氧化为三氧化硫气体	在大气中，二氧化硫气体与氧气和羟基自由基反应	$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ $SO_2 + OH\cdot \rightarrow HOSO_2\cdot$ $HOSO_2\cdot + O_2 \rightarrow HO_2\cdot + SO_3$
形成硫酸	形成硫酸（云或雨）中形成硫酸	$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
	二氧化硫直接溶于水形成亚硫酸，后者进一步被氧化	$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4$ $H_2SO_3 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2SO_4$
酸雨降落到地面	硫酸在雨水中解离，降低其pH值	$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

5. 当在有双氧水存在的情况下，向二氧化硫溶液中逐滴加入氯化钡时，观察到白色沉淀形成。该白色沉淀不溶于稀盐酸。解释该现象并提出产物名称。

反应步骤	解释	产物名称
与水反应	二氧化硫溶于水形成亚硫酸，部分解离成 $HSO_3^-$ （亚硫酸氢根离子）和 $SO_3^{2-}$ （亚硫酸根离子）	硫酸钡
存在过氧化氢	过氧化氢作为氧化剂将 $SO_3^{2-}$ 氧化成 $SO_4^{2-}$ （硫酸根离子）	
与氯化钡溶液反应	$SO_4^{2-}$ 与 $Ba^{2+}$ 反应形成硫酸钡	
与稀盐酸反应	硫酸钡不溶于稀盐酸，因为其产物溶解度低，且 $SO_4^{2-}$ 是弱碱，不与稀盐酸中的 $H^+$ 反应	

## 结论

本实验通过亚硫酸钠与浓硫酸反应制备了二氧化硫气体，随后通过系统的表征测试确认了其身份和性质。

## 实验 11 中和热的测定

### 假设

如果强酸和强碱在水溶液中进行中和反应，则实验测定的中和热应接近理论值  $-57.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ 。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用的酸和碱的类型

反应性变数/变量：酸和碱之间的中和热

固定性变数/变量：酸和碱的体积

### 思考与讨论

1. 为什么在实验中使用等体积的酸和碱溶液很重要？

原因	解释
确保可比的热容量	等体积（假设密度相近）意味着两种溶液对系统的热容量（ $mc$ ）贡献相等。
维持化学计量平衡	等体积的等浓度溶液确保 $\text{H}^+$ 的摩尔数 = $\text{OH}^-$ 的摩尔数，防止过量未反应的离子改变热量测量。
最小化实验误差	体积不等可能导致混合不完全或热量分布不均，增加 $\Delta t$ 的不确定性。

2. 如果在相同体积下使用  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸代替  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸，温度变化会有何不同？

原因	解释
中和热保持不变	因为对于强酸强碱反应，它是强度性质。
更大的 $\Delta t$	两倍的 $\text{H}^+$ 离子与 $\text{OH}^-$ 反应，释放双倍的热能（因为中和热是按每摩尔 $\text{H}_2\text{O}$ 形成计）。

3. 为什么弱酸和弱碱之间的中和热低于强酸和强碱？

原因	解释
电离 (Ionization) 耗能	<ul style="list-style-type: none"> <li>弱酸和弱碱在水中仅部分解离。</li> <li>它们需要能量输入来断裂键并分别释放 <math>H^+</math> 和 <math>OH^-</math>。</li> <li>电离消耗的能量减少了中和过程中释放的净热量。</li> </ul>
净中和热	弱酸弱碱的中和热是吸热的电离 (形成 $H^+$ 或 $OH^-$ 吸收的能量) 和放热的中和反应的总和。

4. 实验中使用了略微过量的碱浓度而不是酸。解释原因。

原因	解释
确保完全中和	保证酸中的所有 $H^+$ 完全反应
实验精确度	补偿体积或浓度的潜在测量误差
清晰的终点识别	<ul style="list-style-type: none"> <li>使溶液在完成时呈弱碱性</li> <li>有助于在使用 pH 指示剂时验证中和反应</li> </ul>
准确的热量测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>确保所有酸都对测量的热量有贡献</li> <li>防止因未反应的酸导致中和热被低估</li> </ul>

5. 如果你用 100 mL 浓度为  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  的盐酸和 100 mL 浓度为  $0.55 \text{ mol L}^{-1}$  的氢氧化钠溶液重复实验，温度变化会有何不同？解释你的答案。

变化	解释
中和热保持不变	因为这是强酸强碱反应的强力性质。

## 结论

本实验测定盐酸和氢氧化钠溶液的中和热为  $-57.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ ，与强酸-强碱反应的理论预期相符。

## 实验 12 影响反应速率的因素

### 假设

如果使用更高浓度的酸、更高的水浴温度和更小的碳酸钙颗粒，则它们都会导致更快的反应速率。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：盐酸的浓度、水浴的温度和碳酸钙的颗粒大小

反应性变数/变量：反应速率

固定性变数/变量：碳酸钙的质量和盐酸的体积

### 思考与讨论

1. a) 曲线上任意一点切线的斜率代表什么？

定义
曲线在任何特定点的切线斜率代表该精确时刻的瞬时反应速率。

b) 为什么初始斜率被认为是初始反应速率最可靠的量度？

原因	解释
已知浓度	开始时，反应物浓度恰好是按制备的且处于最大值，确保测量的速率与初始条件直接关联。
无复杂因素	避免了反应后期出现的混杂因素（例如反应物浓度降低、可能干扰的产物积累以及潜在的副反应）。
公平比较	使用初始斜率可以在不同实验（例如不同浓度）之间进行直接有效的比较，因为它捕获了只有预期变量不同时的速率。

c) 为什么高酸浓度和低酸浓度的曲线最终都在相同的最终体积处趋于平缓?

原因	解释
限制反应物相同	两个反应都在限制反应物 - 通常是碳酸钙 - 完全耗尽时停止。由于两个实验中使用了相同质量的碳酸钙，它产生相同理论最大量的二氧化碳气体。酸浓度仅影响反应速率，而不影响限制反应物耗尽后形成的产物总量。
碳酸钙质量相同	
产物总量由限制反应物决定	

2. 本实验中主要的误差或不确定性来源是什么? 将它们分类为随机误差或系统误差。

#### 随机误差

随机误差	主要来源
计时不一致	启动/停止秒表时的人为反应时间差异
	在精确时间间隔读取气体注射器时的轻微变化
气体注射器摩擦	注射器活塞摩擦力的波动，导致“卡住”和运动不均
大理石碎片表面不规则	大理石碎片孔隙率和表面质地的自然变化影响反应性
轻微温度波动	环境温度在实验期间变化影响反应速率

#### 系统误差

系统误差	主要来源
气体注射器校准	零点误差 (例如, 注射器起始点不在确切 0 mL) 影响所有体积读数
酸浓度漂移	盐酸中水分随时间蒸发, 逐渐增加浓度
气体泄漏	装置 (塞子、管子) 中的微小泄漏导致气体体积持续记录偏低
反应不完全	由于实际限制 (例如过早结束测量) 导致反应在完全完成前停止

3. 基于你关于碳酸钙与盐酸反应的实验数据，比较酸浓度和颗粒大小对反应速率的影响。哪个因素表现出更显著的影响？证明你的答案。

答案	论证
颗粒大小	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 这是因为减小颗粒大小会指数级增加可用于碰撞的表面积。</li> <li>• 粉末为 <math>H^+</math> 离子同时攻击提供了数百万个活性位点。</li> <li>• 增加浓度虽然也增加了碰撞频率，但只是向仍然有限的表面积添加了更多反应粒子。</li> </ul>

4. 提出对实验步骤或仪器的两项具体改进，以提高结果的可靠性或准确性。对于每一项，解释它将如何带来更好的数据。

改进措施	解释
使用水浴控制温度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 保持恒温确保每次重复实验时粒子的动能相同。</li> <li>• 这消除了一个主要的随机误差来源，在测试其他变量时得到更一致和可重复的结果。</li> </ul>
使用磁力搅拌器保持恒定混合	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 恒定搅拌保持固体反应物周围 <math>H^+</math> 离子的均匀浓度，并迅速移除产物层。</li> <li>• 这确保反应进行的速率真正取决于本体浓度和温度，而不是扩散限制，从而得到更一致和可靠的速率数据。</li> </ul>
使用更浓的酸储备溶液进行精确稀释	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用精确的体积计量玻璃器皿进行稀释确保酸浓度具有高精度。</li> <li>• 这保证反应速率的任何差异确实是由于预期的浓度变化，而不是制备误差，使得关于浓度效应的结论更有效。</li> </ul>

## 结论

本实验证实颗粒大小（表面积）对增加大理石与盐酸的反应速率具有最显著的影响，其次是温度，然后是酸浓度。

## 实验 13 食醋中乙酸含量的测定

### 假设

如果用标准氢氧化钠溶液滴定食醋样品，那么可以准确测定食醋中醋酸的百分比，因为标准氢氧化钠溶液与醋酸之间的反应是化学计量的（1:1 比例），允许基于达到中和所需的标准氢氧化钠溶液的体积进行精确计算。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：所用标准氢氧化钠溶液的体积

反应性变数/变量：食醋中醋酸的百分比

固定性变数/变量：所用物料的浓度

### 思考与讨论

1. 用氢氧化钠溶液滴定食醋时，为什么使用酚酞而不是甲基橙作为指示剂？

原因	解释	指示剂 pH 范围
反应性质（弱酸 vs 强碱）	滴定过程生成碱性盐（醋酸钠），使得溶液在等当点时呈弱碱性。	酚酞 pH 范围 8.2 - 10.0 （偏碱性） 甲基橙 pH 范围 3.1 - 4.4 （偏酸性）

2. 在此滴定中，终点与等当点有何不同？

特征	终点	等当点
定义	观察到指示剂（酚酞）变色的点 （实验）	碱的摩尔数 = 酸的摩尔数的精确化学计量点（理论）
确定方式	通过指示剂视觉检测	根据化学计量计算得出
误差来源	无或理想情况	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 由于指示剂滞后导致轻微过量</li> <li>• 人为判断失误或随机误差</li> </ul>

3. 为什么可以用氢氧化钠溶液的质量来计算乙酸的质量？

原因	解释
摩尔浓度	溶液中氢氧化钠溶液的质量由其摩尔浓度固定
化学计量关系	反应是化学计量的 (1:1)，氢氧化钠溶液的质量直接关系到醋酸的质量

4. 稀释误差如何影响最终的乙酸百分比？可以采取哪些策略来防止这些误差？

稀释误差	解释
食醋过度稀释或氢氧化钠溶液稀释不足	低估食醋中醋酸百分比，因为滴定需要更少的氢氧化钠溶液
食醋稀释不足或氢氧化钠溶液过度稀释	高估食醋中醋酸百分比，因为滴定需要更多的氢氧化钠溶液

预防措施	解释
精确测量溶液	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用移液管测量食醋，而不是量筒，以获得更好的准确性</li> <li>如果需要稀释，使用容量瓶制备稀释溶液</li> <li>事先标定氢氧化钠溶液以确认其确切摩尔浓度</li> <li>将氢氧化钠溶液储存在密封容器中，防止长时间吸收大气中的二氧化碳降低其浓度</li> </ul>
设备校准	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期校准移液管、滴定管和容量瓶以确保体积准确性</li> <li>如果使用固体制备氢氧化钠溶液，使用电子天秤</li> </ul>
技术改进	<ul style="list-style-type: none"> <li>读取滴定管或移液管体积时避免视差（在弯月面底部平视读取）</li> <li>正确冲洗设备 [使用分析物（食醋）冲洗移液管；使用滴定剂（氢氧化钠溶液）冲洗滴定管后再填充]</li> <li>接近终点时逐滴加入氢氧化钠溶液并不断旋摇，避免过量</li> <li>如果滴定管尖端有气泡，在滴定前先排气</li> </ul>

验证步骤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 进行多次平行试验（至少 3 次）以检查一致性</li> <li>• 与已知标准品比较结果</li> <li>• 同时使用 pH 计和酚酞以获得更精确的终点</li> </ul>
------	---

5. 如果使用不纯的食醋（含有其他酸），百分比会如何变化？

百分比变化	解释
高估真实的醋酸百分比	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氢氧化钠溶液与所有酸性质子反应，而不仅仅是醋酸</li> <li>• 1 mol 柠檬酸消耗 3 mol 氢氧化钠溶液</li> </ul> $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{O}$

6. 葡萄酒（含乙酸）常用于烹饪中以嫩化肉类并增添风味。除这两个目的外，在此过程中使用葡萄酒还有何其他作用？

目的	解释
微生物稳定性	葡萄酒中含有的酒精（乙醇）与酸性成分（如乙酸）能够营造出轻微抑制微生物生长的环境。虽然这不能替代规范的食物安全操作，但有助于在食材准备阶段延长肉品的新鲜度。
酸致变性	葡萄酒中含有的有机酸（如乙酸）能够破坏肌肉蛋白质中的氢键。这种由酸引发的蛋白质展开（变性）作用会削弱肉类的结缔组织。
胶原蛋白增溶作用	酸性环境有助于将坚韧的胶原蛋白转化为可溶性明胶，这一过程对于结缔组织含量较高的肉类部位尤为有效。

## 结论

本实验通过氢氧化钠溶液滴定成功测定了食醋中的醋酸含量为 X%，证明了酸碱滴定用于定量分析的可靠性，同时强调了精确测量和使用标准溶液以最小化误差的重要性。

X 是食醋中醋酸的百分比。

## 实验 14 电解与电镀

### 假设

如果使电流通过 (1) 惰性电极间的浓盐水溶液，则阴极和阳极将分别形成氢气和氯气；以及 (2) 以铁钉为阴极、锌为阳极的硫酸锌溶液，则铁钉将形成保护性锌涂层，均体现了氧化还原反应的基本原理。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：电解和电镀中使用的电极类型

反应性变数/变量：电解中产生的气体体积和电镀中铁钉上的锌涂层

固定性变数/变量：电解和电镀中应用的电压或所用溶液的浓度

### 思考与讨论

1. 饱和食盐水电解过程中在阴极和阳极产生什么气体？识别每种气体并解释其形成过程。

电极	产生的气体	解释
阴极	氢气	点燃时听到‘噗’声，酚酞指示剂在阴极变红
阳极	氯气	黄绿色气体使淀粉-碘化钾试液变蓝

2. 为什么电解过程中需要饱和食盐水？解释你的答案。

原因	解释
高导电性	<ul style="list-style-type: none"> <li>盐水含有高浓度的 <math>\text{Na}^+</math> 和 <math>\text{Cl}^-</math>，显著提高导电性</li> <li>允许更有效的电流流动，加速电解过程</li> </ul>
$\text{Cl}^-$ 的选择性放电	<ul style="list-style-type: none"> <li>在盐水中，高 <math>\text{Cl}^-</math> 浓度有利于氯气生产</li> <li>在稀盐水中，水分子比 <math>\text{Cl}^-</math> 更容易被氧化，产生氧气</li> </ul>
最小化竞争反应	盐水减少了不需要的副反应（如氧气生成），确保氢气和氯气的最大产率

3. 为什么在电镀开始前用浓氢氧化钠溶液清洗铁钉？解释你的答案。

原因	解释
去除表面污染物	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氢氧化钠溶液作为强效脱脂剂，分解可能干扰镀层附着的有机残留物（如指纹、机油）</li> <li>• 氢氧化钠不直接溶解铁锈，但有助于松动和清除腐蚀产物，便于后续冲洗或擦洗</li> </ul>
活化金属表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氢氧化钠溶液微观蚀刻铁钉表面，产生更粗糙的纹理以便电镀时锌更好地附着</li> <li>• 去除可能阻止均匀镀层的钝化氧化层</li> </ul>

4. 电极清洁度（例如，打磨铁钉）如何影响电镀结果？解释你的答案。

影响	解释
提高锌层附着力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 去除铁锈、氧化层和污垢，暴露新鲜、活泼的铁表面</li> <li>• <math>Zn^{2+}</math> 更牢固地结合到清洁的金属上，防止镀后剥落或剥落</li> </ul>
均匀的涂层厚度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 光滑的表面确保电镀期间电流分布均匀</li> </ul>
减少电解质污染	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 来自脏钉子的杂质导致暗淡、粗糙的镀层或副反应</li> </ul>
加速电镀过程	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 清洁表面电阻低，允许有效的电子转移</li> </ul>

5. 铜和金可进行电镀测试，其外观和导电性表现可能存在哪些差异？

其他金属	外观	导电性
铜	光亮的红金色涂层	优于镀锌铁钉
金	黄色的闪亮涂层	优于镀锌铁钉

## 结论

本实验通过将盐水分解为氢气和氯气成功演示了电解原理，同时电镀有效地在铁钉上镀覆了锌层，证实了氧化还原反应的作用。

## 实验 15 醛与酮的化学性质

## 假设

由于醛的羰基碳上直接连接一个氢原子，而酮则连接两个烷基，醛在氧化测试中将表现出比酮更高的反应性。

## 变数/变量

操纵性变数/变量：使用的羰基化合物

反应性变数/变量：不一样测试的观察结果

固定性变数/变量：所用溶液和试剂的浓度或体积

## 思考与结论

1. 写出实验中所有产生阳性测试结果的化学反应方程式（席夫试剂测试除外）。

测试	乙醛
银镜测试	$\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$
斐林溶液测试	$\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Cu}^{2+} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{COONa} + \text{Cu}_2\text{O} + 4\text{H}^+$
溴水测试	$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{HBr}$
酸化的高锰酸钾溶液测试	$\text{CH}_3\text{COH} \xrightarrow{\text{酸化高锰酸钾溶液}} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2. 为什么实验中乙醛和丙酮记录到不同的观察现象？解释你的答案。

原因	解释	
	乙醛	丙酮
结构差异	• C-H 键允许氧化成羧酸	• C-C 键断裂仅在剧烈条件下发生
	• 低空间位阻 (steric hindrance)	• 高空间位阻 (庞大的 $\text{CH}_3$ 基团)
	• 羰基碳更具 $\delta^+$ 性	• 烷基供电子, 降低 $\delta^+$ 性

3. 如果实验中使用了甲酸、果糖和蔗糖，预测它们的观察现象并解释你的答案。

观察结果

化合物	测试		
	银镜测试	斐林溶液测试	酸化的高锰酸钾溶液测试
甲酸	形成银镜	形成红色沉淀	紫色溶液褪色
果糖	形成银镜	形成红色沉淀	紫色溶液褪色
蔗糖	无变化	无变化	无变化

解释

化合物	测试		
	银镜测试	斐林溶液测试	酸化的高锰酸钾溶液测试
甲酸	结构上类似于醛，含有 $-CHO$ 官能团		
果糖	果糖互变异构为葡萄糖（一种醛糖），暴露出醛基 $-CHO$ 官能团从而反应		
蔗糖	<ul style="list-style-type: none"> <li>糖苷键阻碍了其葡萄糖和果糖组分的反应性羰基</li> <li>没有游离的醛基可用于反</li> </ul>		

4. 解释如果试剂浓度未得到仔细控制，为什么某些酮类化合物可能在特定的羰基测试中给出假阳性结果。

原因	解释
氧化剂过量使用	过强或过浓的氧化剂可能通过断裂 $C-C$ 键强行氧化酮
过度碱性条件	过量的碱可以将酮转化为烯二醇，后者互变异构为醛并发生反应

5. 比较醛和酮的氧化产物。为什么醛可以被氧化成羧酸，而酮则需要更强烈的条件？

原因	解释
羰基碳上存在 C-H 键	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 醛的羰基碳上直接连接一个氢原子，该氢原子在氧化过程中可以作为质子被移除，形成羧酸</li> <li>• 酮的羰基碳上连接两个烷基，因此氧化需要 C-C 键断裂（比 C-H 键断裂困难得多）</li> </ul>
无需断裂强 C-C 键	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 只有 C-H 键被断裂，它比 C-C 键弱</li> <li>• 需要强氧化剂来断裂 C-C 键，通常导致较小酸或酮和二氧化碳气体的混合物</li> </ul>

### 结论

本实验和理论分析表明，由于结构差异，特别是羰基碳上氢原子的存在与否，醛（R-CHO）和酮（R-CO-R'）表现出不同的化学行为。

## 实验 16 乙酸乙酯的制备

## 假设

乙酸乙酯可以通过在浓硫酸存在下，乙醇和乙酸的酸催化酯化反应合成。

## 变数/变量

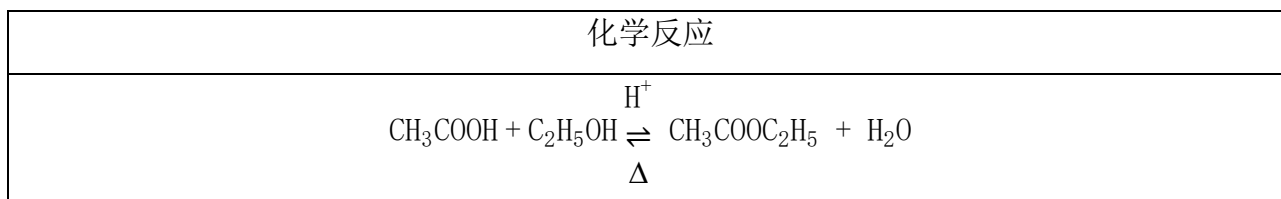
操纵性变数/变量：-

反应性变数/变量：乙酸乙酯的产率百分比

固定性变数/变量：所用化学品的体积、所用化学品的浓度 或 收集乙酸乙酯蒸气时应用的温度

## 思考与讨论

1. 该反应机理被描述为酸催化。以乙酸乙酯的形成为例，写出相关的配平化学反应方程式。



2. 将收集到的乙酸乙酯倒入饱和碳酸钠溶液中。解释此步骤的目的，写出相关反应的配平化学方程式和观察现象。

解释	化学方程式	观察现象
中和/去除酸性杂质	$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 剧烈冒泡起泡</li> <li>• 形成两层截然不同的层系</li> </ul>

3. 乙酸乙酯的实验产率通常低于理论产率。讨论两个可能导致此产率损失的原因，并提出对步骤的改进以最小化每种损失。

可能的损失原因	讨论	改进建议
可逆反应和平衡限制	酯化反应是可逆的。即使有脱水剂（浓硫酸），一些水仍然存在，使平衡向反应物移动，降低酯产率。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用过量乙醇（较便宜的原料）。这推动平衡向酯形成方向移动（沙特列原理）。</li> <li>• 或者，使用更有效的脱水剂（例如分子筛）在反应过程中吸收水分。</li> </ul>
实验过程中挥发性化合物的损失	乙酸乙酯和乙醇是高度挥发性的。在蒸馏、转移或洗涤步骤中，蒸气可能逸出，或液滴可能粘附在装置表面。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用精确蒸馏技术：仅在正确的沸点范围（77 - 78° C）内收集馏分，以避免反应物共蒸馏</li> <li>• 转移后用挥发性溶剂（例如丙酮）冲洗玻璃器皿以回收粘附的产品。</li> <li>• 确保装置连接气密以防止蒸气泄漏。</li> </ul>
反应不完全或副反应	副反应，如乙醇脱水生成乙烯或乙醚，消耗反应物，降低酯产率。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 严格控制反应温度以避免过热，从而尽量减少副反应。</li> <li>• 使用防暴沸颗粒确保沸腾顺畅。</li> </ul>

4. 描述一种可用于确认产物为酯的化学测试（除气味外）。说明所使用的试剂和你会观察到的阳性结果。

化学测试	使用的试剂	观察现象
碱性水解 或 皂化反应	氢氧化钠溶液、盐酸和酚酞指示剂	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 由于形成羧酸，酯的气味消失。</li> <li>• 随着酯水解消耗碱，粉红色褪去。</li> </ul>

5. 在进阶实验中，酯依次用碳酸钠溶液和水洗涤。解释在用碳酸钠洗涤之后，为什么还需要用水洗涤。正在去除的是什么杂质？

水洗的重要性	解释	杂质
去除水溶性离子盐和残留碱	这些离子盐溶解在水层中，但可能在有机层中形成乳液或留下痕量吸附。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 乙酸钠（来自乙酸）</li> <li>• 硫酸钠（来自硫酸）</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>或</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 碳酸钠</li> </ul>

## 结论

本实验通过酸催化酯化成功合成了乙酸乙酯，尽管由于可逆反应、步骤损失和/或不完全反应，产率低于理论值。

## 实验 17 尼龙-66 的制备

### 假设

尼龙-66 可以通过 1,6-己二胺和己二酰氯的缩聚反应合成。

### 变数/变量

操纵性变数/变量：-

反应性变数/变量：尼龙-66 的质量 **或** 尼龙-66 的产率百分比

固定性变数/变量：所用化学品的重量

### 思考与结论

1. 说出上述实验中的聚合类型并解释你的答案。

聚合类型	解释
缩聚反应	<ul style="list-style-type: none"> <li>在成键过程中消除了一分子水。</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>或</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>聚合物链通过任何具有相容官能团的物种之间的反应逐渐构建。</li> </ul>

2. 合成的尼龙通常用稀盐酸洗涤，然后再用水洗涤。解释这种酸洗的目的是什么？

目的	解释
通过溶解和去除任何未反应的己二胺单体来纯化聚合物的	<ul style="list-style-type: none"> <li>微量的碱性起始单体 1,6-己二胺可能残留在固体聚合物中。</li> <li>稀盐酸与这种碱性二胺中和，将不溶于水的二胺转化为水溶性盐。</li> <li>新形成的盐易溶于酸性水溶液并被冲洗掉。</li> </ul>

3. 为什么在上述实验中使用稀盐酸？解释你的答案。

解释
稀酸的强度足以质子化游离的胺单体，但不足以攻击聚合物主链。

4. 尼龙是最早实现商业化的合成聚合物之一。根据你的知识，说出两个使得这种材料如此有用和多才多艺的基本化学原理。

基本化学原理
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 强的分子间作用力需要更多能量来克服（也可接受：高拉伸强度、耐久性或高熔点）</li> <li>• C-C 和 C-H 单键允许自由旋转，赋予分子链段柔韧性（也可接受：高柔韧性）</li> </ul>

5. 在工业生产中，通常会在反应混合物中加入少量乙酸。简要解释其作用。

功能	解释
链终止剂 <b>或</b> 分子量调节剂	乙酸与增长中的聚合物链的末端胺基（-NH <sub>2</sub> ）反应，阻止其进一步反应。

## 结论

本实验通过缩聚反应成功合成了尼龙-66，尽管由于步骤损失和/或不完全反应，产率低于理论值。

## 参考文献

KSSM SPM CHEMISTRY PAPER 3 EXPERIMENTS BILINGUAL (2025).

王存宽, & 林耀. (2018). *化学实验手册 上册*. 浙江教育出版社.

王存宽, & 林耀. (2019). *化学实验手册 中册*. 浙江教育出版社.

王存宽, & 林耀. (2019). *化学实验手册 下册*. 浙江教育出版社.

姓名：\_\_\_\_\_ 完成日期：\_\_\_\_\_

年級：\_\_\_\_\_ 指導老師：\_\_\_\_\_

### 实验标题

简洁、具描述性且信息明确的短语，用于清晰陈述实验的主题

### 问题陈述

清晰、简明的问题或挑战描述，需要解决它才能实现预期成果。

### 假设

对某一观察现象的可检验预测，可作为实验问题的初步答案，并通过实验加以验证或反驳。

### 实验目的

清晰、简明的陈述，用于描述实验旨在实现的目标，以指导实验过程并聚焦项目方向。

### 实验变数/变量

操纵性变数/变量：在实验中刻意改变或控制的因素，用以观察其对其他变量/变量产生的影响。

反应性变数/变量：在实验中测量和观察的因素，用于检验其是否受到操纵变量/变量的影响。

固定性变数/变量：在实验过程中保持恒定不变的因素。

### 化学品与器材

化学品与器材	浓度/规格	体积/数量

**注意事项（若有）**

1. 在实验前和实验中规划的安全措施与误差控制策略，旨在学生、设备或环境不受到损害，并确保获得准确可靠的结果。

**实验步骤（可以标识插图呈现）**

1. 用于检验假设的实验详细步骤说明，通常包括定义变量/变量、列出材料、按时间顺序概述每个操作步骤，并明确数据收集和分析方法，以确保实验的可重复性和可靠性。
2. 用于检验假设的实验详细步骤说明，通常包括定义变量/变量、列出材料、按时间顺序概述每个操作步骤，并明确数据收集和分析方法，以确保实验的可重复性和可靠性。
3. 用于检验假设的实验详细步骤说明，通常包括定义变量/变量、列出材料、按时间顺序概述每个操作步骤，并明确数据收集和分析方法，以确保实验的可重复性和可靠性。

**实验结果**

X	Y

**思考与讨论**

1. 为什么实验报告中需要思考与讨论的部分？

实验报告中的思考与讨论部分要求分析实验结果：解释其含义，与假设及现有实验进行对比，识别误差来源和实验局限性，并提出未来实验方向。

2. 为什么实验报告中需要思考与讨论的部分？

实验报告中的思考与讨论部分要求分析实验结果：解释其含义，与假设及现有实验进行对比，识别误差来源和实验局限性，并提出未来实验方向。

3. 为什么实验报告中需要思考与讨论的部分？

实验报告中的思考与讨论部分要求分析实验结果：解释其含义，与假设及现有实验进行对比，识别误差来源和实验局限性，并提出未来实验方向。

**结论**

实验结果简要总结、假设检验评估、潜在误差来源与局限性分析，以及实验中发现的更广泛意义。