

普通高中教科书

化 学

HUA XUE

实验部分

必修
第二册



学 校 _____

班 级 _____

姓 名 _____

学 号 _____

上海科学技术出版社

普通高中教科书

化 学

实验部分

必修 第二册

上海科学技术出版社

主 编：麻生明 陈 寅
副 主 编：唐增富 孙兴文
编写人员：（以姓氏笔画为序）
匡云艳 刘永梅 余 瑾 闻 吴 魏晓芳

责任编辑：孙 伟 王美淞 胡恺岩
封面设计：诸梦婷

普通高中教科书 化学实验部分 必修 第二册
上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会组织编写

出 版 上海世纪出版(集团)有限公司 上海科学技术出版社
(上海市闵行区号景路 159 弄 A 座 9F - 10F 邮政编码 201101)

发 行 上海新华书店
印 刷 上海中华印刷有限公司
版 次 2022 年 1 月第 1 版
印 次 2023 年 1 月第 3 次
开 本 890 毫米 × 1240 毫米 1/16
印 张 3.25
字 数 76 千字
书 号 ISBN 978 - 7 - 5478 - 5571 - 3/G · 1088
定 价 3.60 元
价格依据文号 沪价费〔2017〕15 号

版权所有 • 未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分 • 违者必究
如发现印装质量问题或对内容有意见建议,请与本社联系。电话: 021 - 64848025
全国物价举报电话: 12315

目录

实验 1 比较碳酸钠、碳酸氢钠的化学性质	1
实验 2 铁及其化合物的性质(学生必做实验)	6
实验 3 化学能转变为电能(学生必做实验)	10
实验 4 如何测定菠菜中铁元素的含量	13
实验 5 大理石与盐酸的反应速率	19
实验 6 化学反应速率的影响因素(学生必做实验)	23
实验 7 烃的结构与性质实验	27
实验 8 乙醇的主要性质(学生必做实验)	32
实验 9 乙酸的主要性质(学生必做实验)	36
实验 10 搭建球棍模型认识有机物分子结构的特点(学生必做实验)	40
实验 11 影响净水剂聚合氯化铝制备因素的探究	43

实验 1 比较碳酸钠、碳酸氢钠的化学性质



问题和背景

碳酸钠与碳酸氢钠是生活中常见的食品添加剂，常添加在酵母、膨松剂、泡腾片及饮料中。请思考下列问题：

- 酵母和膨松剂用的多为碳酸氢钠，酸度调节剂则一般用碳酸钠，这是为什么？
- 作为碳酸盐的碳酸钠、碳酸氢钠都可以与柠檬酸反应产生二氧化碳，但维生素 C 泡腾片中大多使用碳酸氢钠，这又是为什么？

我们知道，物质的性质决定了物质的用途，碳酸氢钠与碳酸钠用途上的一些差异也是源于两者性质的差别。



探索和研究

【实验目的】

1. 学会由事实进行预测并验证的探究物质性质的一般方法。
2. 掌握碳酸钠与碳酸氢钠性质的差异，理解两者的不同用途。
3. 学会用设计对比实验的方法研究物质性质的差异。

【实验原理】

依据下列事实预测碳酸钠与碳酸氢钠可能存在的性质差异。

1. 面食在发酵过程中易形成酸性物质，在制作面食过程中多用碳酸钠作为酸度调节剂而较少用碳酸氢钠，尝试说出其中的道理。

2. 面包、蛋糕、馒头等在蒸制时，常用膨松剂或泡打粉来产生气体，从而得到多孔结构。膨松剂或泡打粉的主要成分中多用碳酸氢钠较少用碳酸钠。由此你能否预测碳酸钠与碳酸氢钠性质上可能存在的差别？

3. 在服用维生素 C 泡腾片前,先将其溶解于水中,释放出有效成分,可提高吸收率、减少副作用。泡腾片在溶于水的同时放出大量二氧化碳气体使片剂迅速崩解,大多利用碳酸氢钠与酸反应而较少用碳酸钠与酸反应产生二氧化碳。你预测可能的原因是什么?若用 HZ 代表其中的酸(HZ 为强酸),请尝试分别写出碳酸钠、碳酸氢钠与 HZ 反应的化学方程式或离子方程式。

【实验准备】

仪器: 培养皿(60 mm)、烧杯(50 mL 和 100 mL)、试管(20 mm×180 mm 和 18 mm×150 mm)、Y 形试管(15 mm×150 mm)、量筒(10 mL 和 50 mL)、结晶皿(125 mm)、酒精灯、滴定管(25 mL)、升降台、方座支架、pH 计、数据采集器、气体压力传感器、滴数传感器、pH 传感器、磁力搅拌子、磁力搅拌器、药匙、电子天平、称量纸。

试剂: Na_2CO_3 固体、 NaHCO_3 固体、澄清石灰水、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、蒸馏水等。

实验装置图: 图 1、图 2、图 3 是实验过程中可能用到的实验装置。

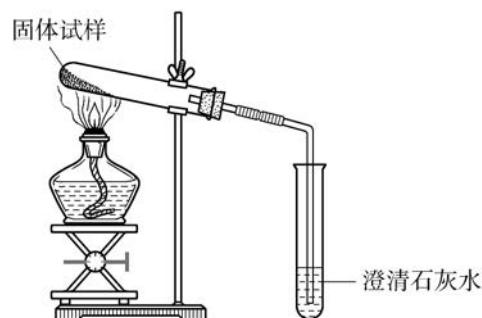


图 1 加热碳酸钠或碳酸氢钠固体的装置

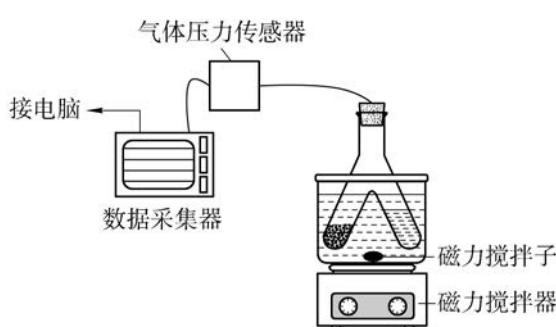


图 2 碳酸钠或碳酸氢钠固体与酸反应的装置

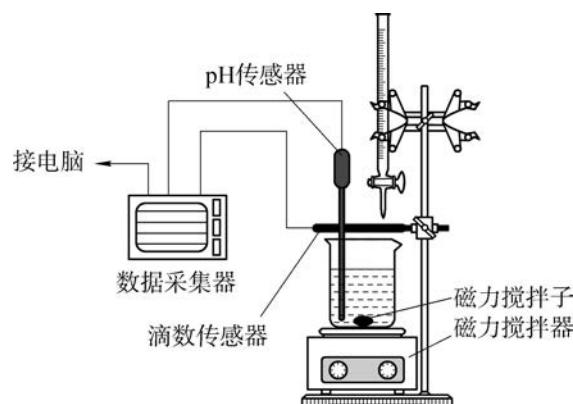


图 3 碳酸钠或碳酸氢钠溶液与酸反应时 pH 变化的装置

【安全事项】

- Na_2CO_3 溶液、盐酸等试剂有腐蚀性,避免接触皮肤。
- 严禁使用超出规定剂量的试剂进行实验,以防产生大量气体致使橡胶塞弹出。

【实验步骤】

1. 比较碳酸钠溶液和碳酸氢钠溶液的碱性

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取 2 只培养皿, 分别加入一药匙 Na_2CO_3 固体和 NaHCO_3 固体, 观察对比		
2	取 2 只 50 mL 烧杯, 分别加入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 溶液各 20 mL, 用 pH 计测量溶液的 pH		

2. 比较碳酸钠和碳酸氢钠的热稳定性

	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
	取 2 支大试管, 分别加入少量碳酸钠或碳酸氢钠固体, 按图 1 所示连接装置。 分别加热固体, 片刻后观察小试管中溶液出现的现象		

3. 比较碳酸钠和碳酸氢钠与稀盐酸反应的快慢

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取 2 支 Y 形试管, 分别在 Y 形试管的一个支管中加入 1 g 碳酸钠固体或碳酸氢钠固体, 并放入一枚磁力搅拌子。 在另一个支管中分别加入 10 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸	— —	— —
2	按图 2 所示, 将 2 支 Y 形试管分别与气体压力传感器、数据采集器及电脑(或平板电脑等终端)连接。 将 2 支 Y 形试管用橡皮筋等固定在一起, 放入冷水浴中控温并启动应用程序, 点击采集按钮开始采集压强数据	— —	— —
3	打开磁力搅拌器, 将 2 支 Y 形试管同时向固体一侧倾斜, 让稀盐酸全部流入固体一侧, 当数据变化平缓时, 停止采集数据, 拆除压强传感器的连接管, 结束实验		

4. 比较碳酸钠和碳酸氢钠与稀盐酸反应时 pH 的变化

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	在磁力搅拌器上放一只 100 mL 烧杯,按图 3 装置,将滴数传感器、pH 传感器与数据采集器及电脑(或平板电脑等终端设备)连接并固定。 取 20 mL 0.1 mol · L ⁻¹ 碳酸钠溶液注入烧杯,将 pH 传感器的探头浸入溶液中		
2	向滴定管中加入 0.1 mol · L ⁻¹ 稀盐酸,调整角度,确保滴定时液体能通过滴数传感器的光电门并顺利滴入烧杯中。 启动应用程序,设置坐标后点击采集按钮开始采集数据		
3	打开滴定管活塞调节滴速,直到溶液呈酸性且 pH 基本稳定后,关闭滴定管活塞停止实验		
4	将 20 mL 0.1 mol · L ⁻¹ 碳酸钠换成 20 mL 0.1 mol · L ⁻¹ 碳酸氢钠溶液,重复序号 1~3 的步骤		

【实验结论】

讨论和拓展

1. 你通过哪些实验数据比较 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃ 与酸反应产生 CO₂ 的快慢? 能否利用实验数据解释两者快慢的不同?

2. 利用 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃ 的性质差异,设计化学实验鉴别 Na₂CO₃ 与 NaHCO₃。

3. 食品膨松剂大多含有 NaHCO_3 或 NH_4HCO_3 及柠檬酸、酒石酸氢钾、磷酸二氢钙等酸性物质。请谈谈这类膨松剂保存时需要注意的事项,以及在食品制作过程中可能涉及的化学反应。若将 NaHCO_3 替换成 Na_2CO_3 后可能存在哪些不足?

4. 资料显示:“ NaHCO_3 溶液中的 NaHCO_3 在 20°C 时开始分解生成 Na_2CO_3 并产生 CO_2 ”,分解开始时产生 CO_2 的量很少,但可用二氧化碳传感器来检测。你能否设计实验加以证明?简述你的实验方案。

实验 2 铁及其化合物的性质(学生必做实验)



问题和背景

铁及其合金广泛应用于建筑业(建筑材料)、制造业(机械零部件)、化工生产(催化剂)等行业。此外,铁的化合物也广泛应用于冶金、制药、电子元器件制造、水处理等领域。通过化学反应能实现这些含铁物质之间的转化,探究含有不同价态铁元素的物质之间的转化及其条件,有助于我们认识铁及其化合物在自然资源综合利用和促进社会文明进步等方面中的重要作用。请思考下列问题:

- 你能想到哪些含铁的物质?请在图4中,按物质的类别尽可能多地列出不同价态铁元素所对应的物质。
- 为了实现不同价态和不同类别含铁元素的物质间的转化,需要借助哪些类型的化学反应?这些反应又会遵循哪些规律呢?

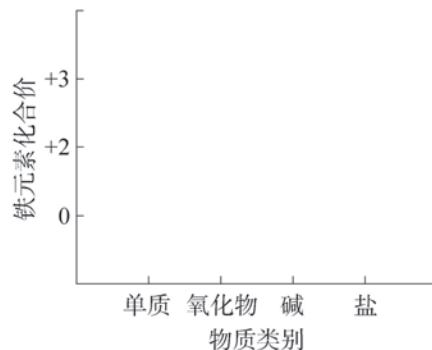


图4 铁及其化合物的“价一类”二维图



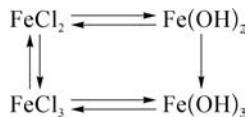
探索和研究

【实验目的】

1. 从物质类别和元素价态两个角度认识铁及其化合物的性质,构建不同价态含铁物质之间相互转化的关系。
2. 学会检验 Fe^{3+} 的实验方法。

【实验原理】

FeCl_2 和 FeCl_3 是两种常见的铁盐,从物质类别和铁元素价态两个视角预测这两种盐可能具有的化学性质,并选择合适的试剂,实现如下含铁物质之间的相互转化。



【实验准备】

仪器:试管(20 mm×150 mm)、烧杯(50 mL)、酒精灯、培养皿(90 mm)、长胶头滴管、铁架台(带铁圈)、陶土网、火柴、试管架、药匙、滤纸。

试剂:蒸馏水、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液、新制的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeSO_4 溶液、硅油、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KSCN 溶液、铁粉、新制氯水。

【安全事项】

- NaOH 具有腐蚀性,使用时要十分小心,不要与皮肤、衣物直接接触。若意外灼伤应及时用水冲洗,然后用 3% 硼酸或 2% 醋酸清洗。
- 使用氯水时要注意通风,且防止直接接触皮肤、衣物。

【实验步骤】

实验 1: 氢氧化亚铁的制备

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	向烧杯中加入三分之一体积 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液,煮沸片刻,在溶液表面滴加少量硅油至覆盖整个表面后,冷却至室温		
2	取一支试管,滴入少量硅油。用长胶头滴管吸取约 1 mL 序号 1 得到的 NaOH 溶液,将长胶头滴管伸入该试管的硅油层,缓缓挤出 NaOH 溶液		
3	取另一支长胶头滴管吸取少量新制的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeSO_4 溶液,将胶头滴管伸入序号 2 试管的液面下,在试管底部缓缓挤出 FeSO_4 溶液,观察现象		
4	在培养皿中放入一张滤纸,将序号 3 试管中的沉淀物均匀倒在滤纸上,观察沉淀的变化		

实验 2：氢氧化铁的制备

实验操作	实验现象	结论或化学方程式
取一支试管加入 2 mL 0.1 mol · L ⁻¹ FeCl ₃ 溶液，再用胶头滴管向其中逐滴加入 0.1 mol · L ⁻¹ NaOH 溶液，观察并记录实验现象		

实验 3：Fe²⁺ 和 Fe³⁺ 性质的探究

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取一支试管加入 2 mL 0.1 mol · L ⁻¹ FeCl ₃ 溶液，滴入 2 滴 0.1 mol · L ⁻¹ KSCN 溶液，振荡、静置，观察现象		
2	取序号 1 所得溶液，加入过量铁粉，充分振荡后静置，观察现象		
3	用长胶头滴管吸取序号 2 所得沉淀物的上层清液于一支试管中，滴入几滴新制氯水，振荡、静置，观察现象		

【实验结论】

+3 价的铁具有一定的_____性，能被_____及其他还原剂还原；+2 价的铁具有一定的_____性，能被_____、_____等氧化剂氧化。



讨论和拓展

- 结合已经学过的知识，在图 5 的箭头上填写所用的试剂，概括不同价态铁元素间相互转化的关系。

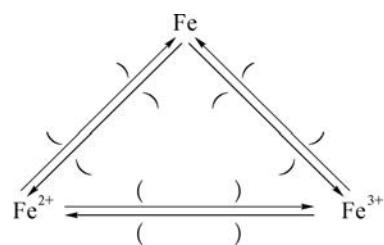
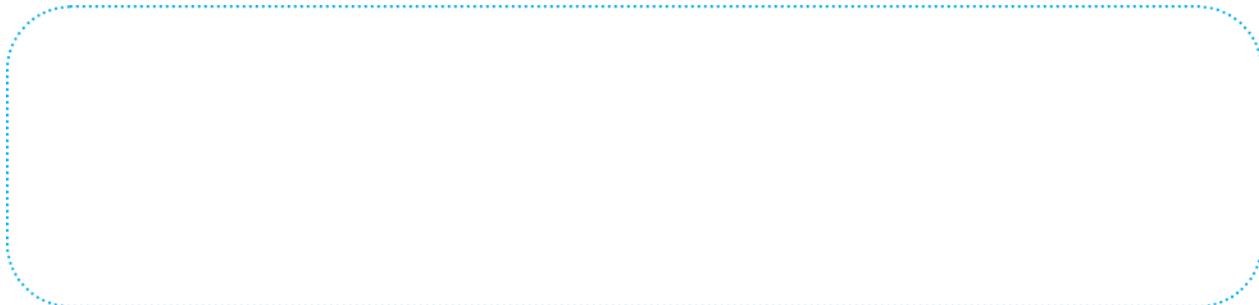


图 5 不同价态铁元素之间的转化

2. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 易被空气中或溶于水的 O_2 氧化, 实验 1 中的哪些措施有利于制得的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 不被氧化? 你还能设计出哪些实验方案, 高效、快速地制得 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 呢? 画出你设计的实验装置图。



3. 实验 3 中的铁粉还可用哪些金属代替? 氯水又可以用哪些物质代替呢?

4. 铁元素对人类健康十分重要, 补铁口服液是常见的补铁剂。请设计实验, 检验补铁口服液中铁元素的价态。查阅资料, 分析补铁口服液中常添加维生素 C 的作用。

实验 3 化学能转变为电能(学生必做实验)



问题和背景

能源是社会经济发展和人类生产生活的保证,传统能源污染大且储量有限,因此,优化能源结构,全面提升能源利用效率势在必行。然而迄今为止,发展清洁和可再生的能源仍是人类面临的巨大挑战。

化学反应不仅是人类设计生产各类新材料的重要途径,也能为人类提供各种所需要的能量。我们生活中常用的电池,就是利用化学反应将物质中蕴藏的化学能转化为电能的途径之一,因此电池又称化学电源。请思考下列问题:

- 基于什么样的化学反应可以设计原电池?
- 原电池装置需要满足什么条件才能够对外供电?
- 原电池的电流是如何产生的?



探索和研究

【实验目的】

1. 学会组装原电池。
2. 探究原电池产生电流的必要条件。
3. 探究原电池产生电流的化学反应本质。

【实验原理】

1. 请以一种家用电器为例,说明构成一个完整的电路需要满足的条件。请画出简单电路图。



2. 请结合物理学知识,思考闭合电路中电流产生的原因,并探讨化学电池能产生电流的原因。离子和电子均是带电微粒,带电微粒的定向移动形成电流。氧化还原反应中有电子转移,当电子发生定向移动就能形成电流。写出锌与稀硫酸反应的化学方程式,并标出反应中电子转移的方向和数目。

如果使金属锌失去的电子沿着外接导线转移出来,在导线的另一端与 H^+ 反应,就会形成电流。

【实验准备】

仪器:烧杯(50 mL)、量筒(50 mL)、镊子、带鳄鱼夹的导线、电流计、万用表、精度为0.1℃的温度计(或电子温度计)、5号干电池。

试剂:锌片(厚度0.3 mm,长60 mm)、铜片(厚度0.3 mm,长60 mm)、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸、成熟的脐橙(或柠檬)。

【安全事项】

小心取用硫酸。

【实验步骤】

实验1: 锌片、铜片与稀硫酸反应

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	用量筒量取25 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸,倒入50 mL烧杯中,用镊子夹住铜片,插入硫酸中,并用温度计探测烧杯中溶液温度变化,过一会儿取出铜片		
2	用镊子夹住锌片,插入硫酸中,观察现象,并用温度计探测烧杯中溶液温度变化,过一会儿取出锌片		

实验2: 搭建原电池

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	用50 mL量筒量取25 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸,倒入50 mL烧杯中,用两只带鳄鱼夹的导线分别夹住2个铜片,分开插入硫酸中,将两个铜片上导线连接到电流计的红、黑接线柱上,观察现象		
2	将其中一个铜片换为锌片,进行上述操作,观察现象		

实验 3：判断电池正负极

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	另取一个电流计,用导线将干电池正极与电流计红色接线柱相连,用导线将负极与电流计黑色接线柱相连,观察电流计指针偏转方向		
2	观察实验 2 中序号 2 所得原电池中电流计指针偏转方向,确定原电池的正负极		

实验 4：水果电池

实验操作	实验现象	结论或化学方程式
取一只成熟的脐橙(或柠檬),将铜片、锌片分开插入脐橙(或柠檬)中,用导线将铜片、锌片分别接到电流计的红、黑接线柱上,观察电流计指针偏转情况		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 设计实验证明原电池中铜片上气泡不是铜参与反应生成的,而是锌参与反应生成的。

2. 将实验中电流计换成万用表的电压挡,测量原电池的电压。你认为有哪些因素可能会影响原电池电压的大小?

3. 尝试用多个脐橙制作水果电池,点亮小灯泡或发光二极管。

4. 请尝试改进本实验的原电池装置,延长其供电时间。

实验 4 如何测定菠菜中铁元素的含量



问题和背景

人类从不同食物中获取身体所需的各种元素。不同食物中元素含量不尽相同,测定食品中不同元素的含量是化学工作者、食品检测人员的重要工作之一。

铁是人体必需的重要元素,人体铁元素含量过低会出现缺铁性贫血症,所以在日常饮食中需要适当食用铁元素含量较高的食物。哪些食物中铁元素含量较高呢?资料显示一些食物中铁的含量如表1所示。

表1 部分食物中的含铁量

食物名称	铁元素含量/[mg·(100 g) ⁻¹]	食物名称	铁元素含量/[mg·(100 g) ⁻¹]
黑木耳	97.00	辣 椒	6.00
干香菇	21.10	芥 菜	5.40
红 枣	2.30	菠 菜	2.90

当今,随着人们对食品安全意识的提高,对食品中各种添加剂的含量、农药残留量等要求也越来越高。请思考下列问题:

- 食物中含量很低的元素是怎样定量测定的?
- 添加剂和农药残留的量相对于食品而言是非常小的,通过形成沉淀后称取沉淀的质量或通过产生气体测气体的体积等方式进行定量测定是否可行?



探索和研究

【实验目的】

1. 知道分光光度法可用于微量元素含量的测定。
2. 了解分光光度法的简单原理。
3. 初步学习移液管、分光光度计等定量仪器的使用。

- 知道标准曲线在定量分析中的简单应用。
- 知道实验误差的形成和实验相对偏差的计算。

【实验原理】

1. pH 试纸测定溶液 pH 是典型的比色法测量。请描述用 pH 试纸测溶液 pH 的详细步骤。

将变色后的 pH 试纸与标准比色卡进行比对得出溶液的 pH,这种方法属于比色法。

2. 物质的颜色是物质对某一特定波长的可见光有较强的吸收,从而呈现被吸收光的互补色。溶液颜色的深浅与溶液浓度有关,并表现出对特定波长的光吸收的强度(用吸光度表示)不同。你认为溶液浓度与吸光度之间呈现怎样的关系呢?

3. 通过形成沉淀或产生气体等方法定量测定微量组分非常困难,大多采取光谱分析。光谱分析法是化学定性及定量分析的重要方法,特别是在对微量组分分析时采用,例如吸光光度法分析食品中微量元素等。这种吸光光度分析的方法也称分光光度法,利用的是有色溶液浓度与其对特定波长光的吸光度之间呈线性关系的原理。

采用分光光度法测定时,先要用标准物质绘制溶液浓度与吸光度的关系曲线,一般称其为工作曲线,再测定待测样品的吸光度,最后在工作曲线上找到测得吸光度对应的浓度,即为被测样品的浓度。分光光度法测量的是有色物质,你认为对有色物质有什么要求?如果被测组分没有颜色怎么办?

铁元素有 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 两种不同价态的离子,其中 Fe^{3+} 与 SCN^- 会形成血红色物质,但这种物质在空气中稳定性差,可用于定性测量,定量测量容易产生较大误差。 Fe^{2+} 与邻二氮菲(也称邻菲啰啉或 1,10 - 菲啰啉)可形成稳定的橙红色物质,且显色灵敏。因此,微量铁元素的定量测量多用邻二氮菲与 Fe^{2+} 反应生成有色物质,测量这种有色物质对相应波长光的吸光度。具体方法是:

用还原剂将标准含铁物质中的铁元素全部还原成 Fe^{2+} ,配制成一组不同浓度的溶液,再用邻二氮菲与 Fe^{2+} 形成稳定有色物质,用特定波长的光对这些溶液进行吸光度测量,绘制吸光度-浓度($A - c$)曲线即工作曲线。将待测样处理后配成一定体积的溶液,用相同的还原剂还原并显色后,测出溶液吸光度。然后在工作曲线中进行比对,得出待测样溶液浓度。最后计算出样品中铁元素的含量。

【实验准备】

仪器:容量瓶(50 mL、250 mL、500 mL 和 1 000 mL)、刻度移液管(5 mL 和 10 mL)、烧杯

(50 mL 和 100 mL)、量筒(10 mL 和 50 mL)、酒精灯、玻璃棒、漏斗、胶头滴管、铁架台(附铁圈)或方座支架、坩埚、坩埚钳、陶土网、升降台、三脚架、泥三角、洗耳球(或移液泵)、电子天平(0.1 mg 或 1 mg)、分光光度传感器(或可见分光光度计)、比色皿(10 mm)。

试剂：硫酸铁铵 $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 固体、0.15% 邻二氮菲溶液、10% 盐酸羟胺溶液、6 mol · L⁻¹ 盐酸、1 mol · L⁻¹ 醋酸钠溶液、干菠菜、蒸馏水、滤纸等。

【安全事项】

1. 盐酸羟胺有毒,对皮肤有刺激性和腐蚀性,避免接触皮肤。溅及皮肤时,可用大量水冲洗。
2. 灼烧坩埚时避免烫伤。
3. 用移液管吸取液体时不要将液体吸入洗耳球中。

【实验步骤】

1. 配制铁标准溶液

称取硫酸铁铵 $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 固体 8.634 g, 置于烧杯中, 加入 20 mL 6 mol · L⁻¹ 盐酸, 再加入少量水溶解, 转移至 1 000 mL 容量瓶中定容至刻度。用移液管取此溶液 10 mL, 转移至 500 mL 容量瓶中并用蒸馏水定容至刻度, 得到浓度为 20 mg · L⁻¹ 的铁标准溶液。

用刻度移液管分别移取 20 mg · L⁻¹ 铁标准溶液 0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL, 置于 6 只 50 mL 容量瓶, 然后各加入 1 mL 10% 盐酸羟胺溶液、2 mL 0.15% 邻二氮菲溶液和 5 mL 1 mol · L⁻¹ 醋酸钠溶液, 再各用水定容至刻度, 上下摇匀即得到一系列铁的有色配合物标准溶液, 依次注明为“标准液 1”至“标准液 6”, 并换算出铁的浓度 (mg · L⁻¹), 其中“标准液 1”为参比溶液。

2. 测定铁的有色配合物溶液的可见光谱

根据设备情况采用下列两种方案中的一种

(1) 用分光光度传感器进行实验

取一只比色皿, 用少量“标准液 4”润洗 2~3 次后, 注入“标准液 4”至 $\frac{2}{3}$ 容积。启动分光光度传感器, 待显示可测量时将比色皿放入分光光度传感器, 进行全光谱测定。在吸收光谱图中找到最大吸收对应的波长为 _____ nm(一般应在 490~510 nm 之间)。

(2) 用可见分光光度计进行实验

启动可见分光光度计, 并进行设置。取一只比色皿, 用少量“标准液 4”润洗 2~3 次后, 注入“标准液 4”至 $\frac{2}{3}$ 容积。将比色皿放入分光光度计中, 设定波长为 450 nm 测定样品吸光度, 记录波长与吸光度数据。然后每改变波长 5 nm 测一次吸光度直至波长为 540 nm, 将数据记录于下表中。

波长(λ)/nm	450	455	460	465	470	475	480	540
吸光度(A)									

用电子表格绘制波长-吸光度曲线,在曲线上找到最大吸光度对应的波长为_____ nm。

3. 标准曲线的绘制

根据设备情况采用下列两种方案中的一种。

(1) 用分光光度传感器进行实验

将分光光度传感器数据采集模式设置为“事件配记录”模式,并设置横坐标为浓度,如图6所示。

点击“配置分光计”按钮配置为吸收与浓度模式,并选择波长为最大吸收波长,如图7所示。



图 6 设置采集模式

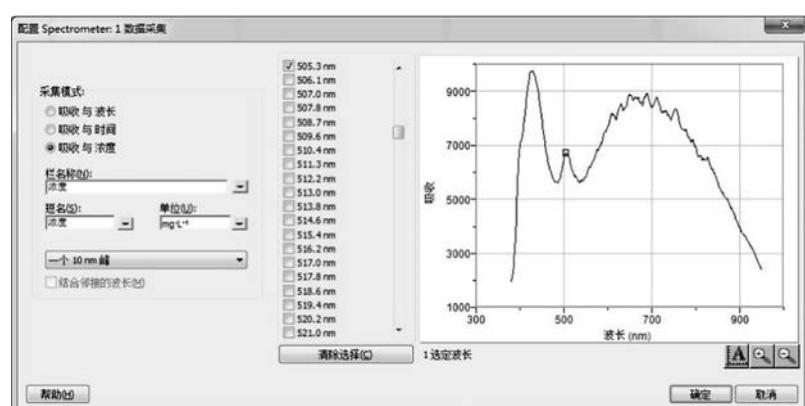


图 7 配置分光光度计

取一只比色皿,用少量“标准液1”润洗2~3次后,注入“标准液1”至 $\frac{2}{3}$ 容积。启动分光光度传感器,待显示可测量时将比色皿放入分光光度传感器,测定“标准液1”的吸光度。点击保留后在弹出的对话框中输入相应浓度值,得到对应浓度溶液的吸光度点。按同样方法依次测量“标准液2”至“标准液6”的吸光度,在坐标系中得到6个 Fe^{2+} 浓度与对应吸光度点,将这6个点进行线性拟合即得到以 Fe^{2+} 浓度为横坐标、以吸光度为纵坐标的标准曲线。还可以在应用程序中单击统计功能,统计 R^2 值和线性拟合方程。

R^2 值是数据可信度的标志,本实验共测6个样本,则 R^2 值与数据可信度的关系如下表所示。

R^2 值	$R^2 > 0.531$	$R^2 > 0.657$	$R^2 > 0.841$	$R^2 > 0.948$
数据可信度	$> 90\%$	$> 95\%$	$> 99\%$	$> 99\%$

线性拟合方程即吸光度与浓度的直线关系方程,可以利用该方程计算浓度或吸光度。

(2) 用可见分光光度计进行实验

启动可见分光光度计，并进行设置。取一只比色皿，用少量“标准液 1”润洗 2~3 次后，注入“标准液 1”至 $\frac{2}{3}$ 容积。将比色皿放入分光光度计中，设定波长为最大吸光度对应的波长，测定样品吸光度，记录浓度与吸光度。按同样方法依次测量“标准液 2”至“标准液 6”的吸光度并记录相应浓度与吸光度数据。

浓度(c) / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)						
吸光度(A)						

用电子表格进行数据的线性拟合，并统计 R^2 值和线性拟合方程。

4. 测定菠菜中铁元素的含量

称取 5 g 左右洗净晒干的菠菜于坩埚中灼烧，将灼烧后的菠菜灰转移至 100 mL 烧杯中，加入 20 mL $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸，再加入少量水溶解。过滤，将滤液转移至 250 mL 容量瓶，用少量蒸馏水洗涤烧杯 2~3 次并将洗涤液转移至容量瓶，定容至刻度后摇匀。

用刻度移液管移取 5.00 mL 溶液于 50 mL 容量瓶，加入 1 mL 10% 盐酸羟胺溶液、2 mL 0.15% 邻二氮菲溶液和 5 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸钠溶液，用水定容至刻度，上下摇匀得到待测溶液。

取一只比色皿，用待测液润洗 2~3 次后，注入待测液至 $\frac{2}{3}$ 容积，用分光光度传感器(或分光光度计)测定吸光度并记录数据。

将记录的吸光度(吸收)数据在标准吸收曲线中进行比对，得出其浓度，或通过标准曲线得到的线性方程算出溶液浓度。

重复上述实验，完成下表。

实验次数	菠菜质量 g	待测液吸光度(A)	待测液浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	菠菜中铁元素含量 [$\text{mg} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$]
1				
2				

实验平均值：_____。



讨论和拓展

1. 你认为绘制标准曲线的实验中,“标准液 1”的意义是什么,可否直接用蒸馏水代替? 标准溶液的配制为什么采取多次稀释的方式而不直接配制需要的浓度?

2. 收集全班的实验数据,尝试建立可查询可分享的实验数据资源库。分析这些数据,从中你能发现什么?

3. 分光光度法也常用于食品中亚硝酸盐含量的测定,查找资料,设计一个课题测定不同食品中亚硝酸盐的含量是否符合国家标准,也可测定放置不同时间的腌制咸菜中亚硝酸盐含量的变化,结合实验结果拟定一份饮食建议。

实验 5 大理石与盐酸的反应速率



问题和背景

化学反应速率是我们认识化学反应的重要视角,化学反应有快有慢,快的如氢氧混合气的爆炸,瞬间就能完成;慢的像溶洞中钟乳石的形成,几十万年时间才能“生长”完全。化学反应的快慢可以相差如此悬殊,那我们如何来描述和表示化学反应速率的快慢,又如何更准确地判断反应的快慢呢?请思考下列问题:

- 说出一个你知道的“快”的化学反应,你的评判标准是什么?
- 如何定量描述化学反应的速率?可以借鉴物理学的速率定义吗?
- 化学反应是匀速进行的吗?



探索和研究

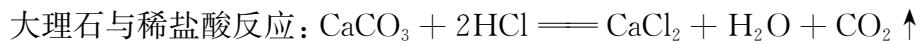
【实验目的】

1. 学习定量测定化学反应过程中的某个变量随时间的变化。
2. 学习用图像处理数据的方法,并通过图像分析速率大小。

【实验原理】

化学反应中多个物理量会随时间的变化而变化,理论上我们可以选择其中任一个物理量随时间的变化来定量衡量反应进行的快慢。如果让你选一个物理量,你会如何选择?

1. 测定对象



从化学方程式看,这个反应中哪些量会随时间变化?你认为哪个变化的量较易测定?

2. 测定方法

中学化学中常用的定量测定方法主要有重量法(即称质量)和气体体积法(即测气体体积)等。从测定方法的角度分析,测定对象中哪些反应物或生成物质量或体积的测定较易实现,可运用上述哪种测定方法?

3. 测定装置

确定了测定对象和方法后,我们设计怎样的装置进行实验呢?

实验装置应尽量简单,并尽可能地减少实验误差。画出实验装置图,各小组间相互评价。

【实验准备】

仪器: 锥形瓶(100 mL)、电子天平(0.1 mg 或 1 mg)、量筒(10 mL)、棉花、计时器、镊子、药匙、称量纸、防酸手套、护目镜。

试剂: $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸、块状大理石(颗粒直径 3~5 mm)。

【安全事项】

1. 盐酸浓度不宜过高,防止反应太快酸液飞溅,实验过程中应全程佩戴好护目镜和防酸手套。

2. 反应后的酸液统一回收处理。

【实验步骤】

1. 取块状大理石(约 2 g)置于电子天平上称重,读数记为 m_1 (精确到 0.001 g)。

2. 取一干燥的 100 mL 锥形瓶和棉花置于电子天平上,然后将天平清零。

3. 量取 10 mL $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸,置于锥形瓶中,此时天平的读数记为 m_2 (精确到 0.001 g)。

4. 将质量为 m_1 的块状大理石加入锥形瓶,瓶口塞上棉花,反应混合物总质量记为 $m_{\text{总}}$ 。

5. 从混合开始计时,每隔 10 s 记录反应混合物的总质量,直至反应结束。

【数据记录和处理】

1. 实验原始数据记录

$m_1 =$ _____, $m_2 =$ _____

时间/s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$m_{\text{总}}/\text{g}$											

2. 绘制混合物质量 $m_{\text{总}}$ 随时间变化的图像

绘图说明:

① 选取合适的坐标单位,描出的图像应占坐标纸的面积适中。

② 绘制的曲线应是连续和平滑的,不出现明显断点、拐点。

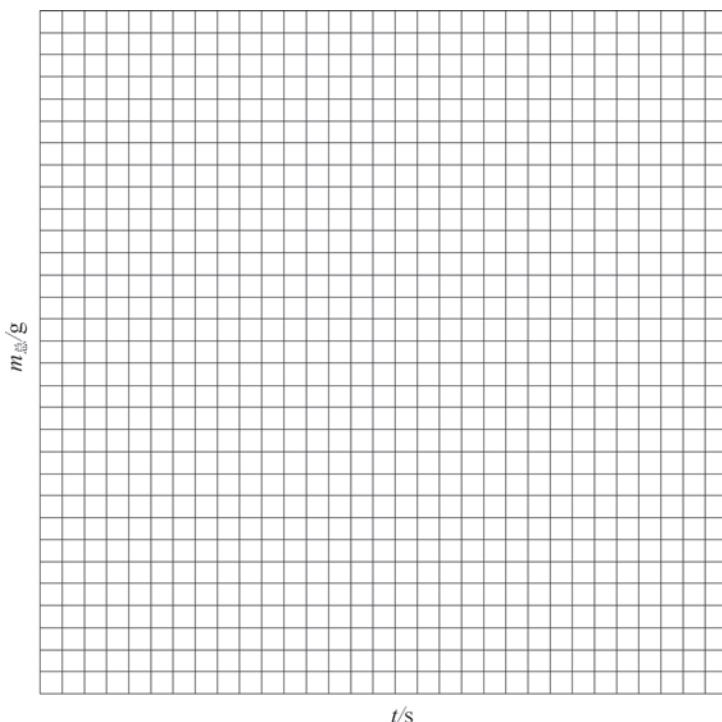
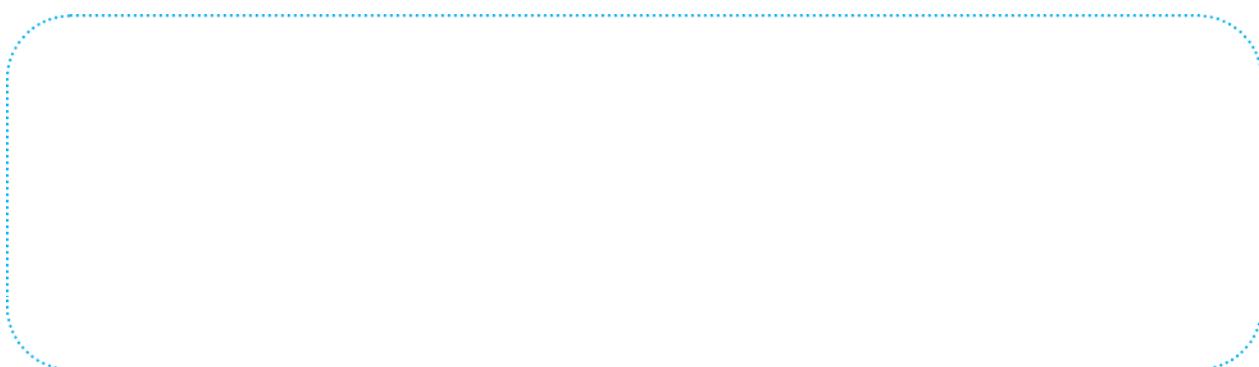


图8 大理石与盐酸反应混合物质量随时间的变化

- (1) 由图像分析,本实验中化学反应快慢的变化趋势是_____。
- (2) 你是如何定量描述实验中反应快慢的,尝试写出该化学反应快慢的表达式,注明表达式中各物理量的含义:_____。
- (3) 按照表达式计算从开始反应到反应结束这个过程中,大理石与盐酸反应的平均速率,并注明数据的单位:_____。
- (4) 分别计算 $0\sim 10\text{ s}$ 、 $10\sim 20\text{ s}$ 、 $20\sim 30\text{ s}$ 、 $30\sim 40\text{ s}$ 时间段内化学反应的平均速率:
_____、_____、_____、_____。
- (5) 你能用盐酸或其他物质的浓度随时间的变化值来表示上述反应整个过程的平均速率吗?(假设溶液体积无变化)写出你的计算过程。



【实验结论】



讨论和拓展

1. 装置中棉花的作用是什么？碳酸钙和盐酸的反应是匀速进行的吗？尝试分析可能的原因。

2. 将你的实验数据换算成盐酸浓度的变化，并尝试作出盐酸浓度的变化随时间变化的曲线。（忽略溶液体积的变化）

3. 将大理石的颗粒直径改为 1 mm 左右重复本实验，可得出什么结论？

4. 请提交测定锌与稀硫酸反应速率的方案。（要求测定氢气的体积）

实验 6 化学反应速率的影响因素(学生必做实验)



问题和背景

不同化学反应的速率千差万别,某些有机反应的速率往往较慢,而酸碱中和、燃烧等反应的速率却很快。夏天食物易腐败,放入冰箱中可以减缓腐败的速率,这说明我们可以调控食物腐败的反应速率。对于特定的化学反应,我们可以通过调节各种因素,使其以合适的速率进行,从而满足人们的不同需求。例如,在研究防止钢铁腐蚀的问题时,人们可以通过调控某些外界因素,降低铁因氧化而腐蚀的速率;而在“暖宝宝”发热过程中,人们又希望适当提高铁的氧化速率,从而使身体部位快速热起来。请思考下列问题:

- 在生产和生活中,人们通过哪些措施减缓钢铁的腐蚀速率?
- “暖宝宝”在发热过程中通过改变哪些外界因素来加快铁的氧化速率?



探索和研究

【实验目的】

1. 探究化学反应速率的影响因素。
2. 通过控制变量的方法研究外界因素对化学反应速率的影响。
3. 体会实际生活中调控化学反应速率的综合性和复杂性。

【实验原理】

1. 在科学探究过程中,选择适当的研究对象十分重要。为了研究外界因素对化学反应速率的影响,你会选择哪些反应作为研究对象?说明选择这些反应作为研究对象的原因。

2. 实验室常以大理石与稀盐酸为原料制备 CO₂,为定量比较不同条件下该反应的快慢,你需要测量哪些物理量?

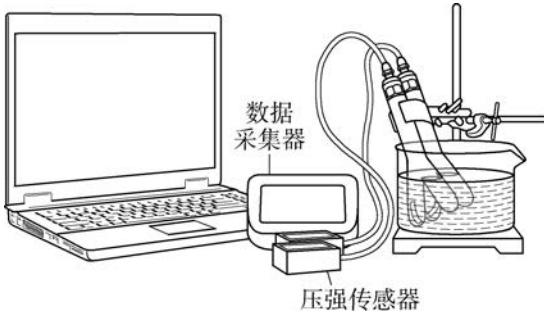
【实验准备】

仪器：烧杯(100 mL 和 250 mL)、大试管、Y 形试管、结晶皿(125 mm)、量筒(10 mL 和 50 mL)、剪刀、砂纸、数据采集器、压强传感器、数字温度计、秒表(或计时器)、镊子、药匙。

试剂：镁带、二氧化锰、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液、3% H_2O_2 溶液、冰块。

【实验步骤】

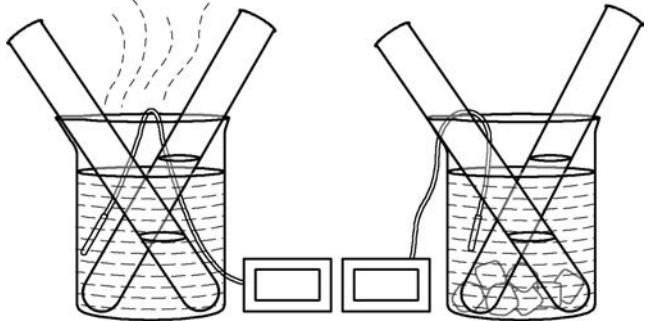
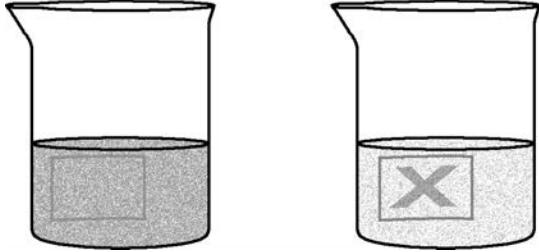
实验 1：探究浓度对化学反应速率的影响

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取两支 Y 形试管并用橡皮筋绑扎在一起，在其中一侧支管中分别放入 1 根长约 2 cm 去除了氧化膜的镁带，然后在另一侧支管中分别加入 4 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸和 4 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸，连上压强传感器，如图 9 所示  图 9 不同浓度盐酸与镁带的反应		
2	点击采集按钮后，将两支 Y 形试管同时倾斜，使盐酸全部流入镁带一侧并将试管浸在水浴中，观察显示器上采集到的压强数据的变化		

实验 2：探究温度对化学反应速率的影响

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	分别量取 30 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液，加入两支大试管中，将一支浸入热水浴中，另一支浸入冰水浴中。再分别量取 15 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸加入另外两支大试管，将两支大试管分别浸入上述热水浴和冰水浴的烧杯中，如图 10 所示，静置达到水浴温度		

(续表)

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	 <p>图 10 盐酸与硫代硫酸钠溶液置于不同温度的水浴中</p>		
2	<p>取两只 100 mL 烧杯, 在杯侧面贴上标有“X”的纸, 分别将序号 1 中同一烧杯中的两支试管中的溶液倒入标有“X”的烧杯中, 之后立即开始计时, 直到某一个烧杯外侧面“X”看不清时, 如图 11 所示, 停止计时, 记录时间</p> <p>2</p>  <p>图 11 不同温度下盐酸与硫代硫酸钠反应</p>		

实验 3: 探究催化剂对化学反应速率的影响

实验操作	实验现象	结论或化学方程式
在两支试管中分别加入 3 mL 3% H_2O_2 溶液, 向其中一支试管加入少量二氧化锰固体, 观察两支试管中产生气泡的情况		

【实验结论】



讨论和拓展

1. 在研究外界因素对化学反应速率的影响时,利用控制变量法设计实验十分重要。在上述实验中,哪些措施符合控制变量的思想?这对你今后设计类似的实验有哪些借鉴意义?

2. 除浓度、温度、催化剂外,你认为还有哪些外界因素可能会影响化学反应速率?设计实验,探究这些外界因素对化学反应速率的影响。

3. 向稀硫酸中加入 CuSO₄ 会影响 Zn 与稀硫酸反应的速率。若要研究 CuSO₄ 的用量对该反应速率的影响,你将怎样设计实验?给出可行的实验方案,进行实验,得出结论,并分析可能的原因。

实验 7 烃的结构与性质实验



问题和背景

仅由碳和氢两种元素组成的烃类有机化合物,可视为其他有机化合物的母体,如卤代烃、醇、羧酸等可视为烃的衍生物。

甲烷是最简单的饱和烃,乙烯和乙炔是两种典型的不饱和烃。甲烷、乙烯等有机物的分子结构与性质是学习有机化学的开端,也是学习其他有机化合物的基础。我们可通过化学实验了解有机物性质的差异,并从微观结构探究造成差异的原因,进而增强“结构决定性质”的学科观念。请思考下列问题:

- 纯净的甲烷与乙烯都可以在空气中燃烧,为何它们的火焰颜色不同?为何甲烷被称为“清洁高效优质燃料”?
- 甲烷、乙烷等饱和烃不能使高锰酸钾的酸性溶液或者溴的四氯化碳溶液发生反应,而乙烯等不饱和烃却可以使这些溶液变色?



探索和研究

【实验目的】

1. 概括烃分子中碳碳单键、碳碳双键和碳碳三键的成键特点。
2. 描述烷烃取代反应、烯烃和炔烃的加成反应和氧化反应的实验现象。
3. 理解烷烃与烯烃、炔烃性质的差异。

【实验原理】

1. 写出甲烷分子的电子式和结构式,描述烷烃分子中碳原子的成键特点。

2. 写出乙烯分子的电子式和结构式,描述乙烯分子中碳原子间形成的共价键与乙烷分子中碳原子间形成的共价键的差异。

3. 已知：乙烷分子碳碳单键的键长为 154 pm，平均键能为 $347 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；乙烯分子内碳碳双键的键长为 133 pm，平均键能为 $625 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。对比两组数据你能描述碳碳单键和碳碳双键的成键特点吗？

通过比较碳碳单键与碳碳双键的键能数据可以发现，乙烯分子碳碳双键的平均键能比乙烷分子碳碳单键平均键能的 2 倍小，因此一定程度上乙烯比乙烷更容易断裂碳碳键，所以乙烯能发生加成、氧化等反应，这是含有不饱和碳原子的有机物常见的性质。

【实验准备】

仪器：试管(24 mm×200 mm 和 20 mm×150 mm)、烧杯(100 mL)、液化气卡式喷枪、导气管、紫外线灯、铁架台、试管夹、烧杯夹、分子模型套装。

试剂：干燥氯气、干燥甲烷气体、干燥乙烯气体、干燥乙炔气体、0.5%高锰酸钾的酸性溶液、1%新制溴的四氯化碳溶液、石灰水、40% 乙烯利溶液、氢氧化钠固体、食盐、自来水。

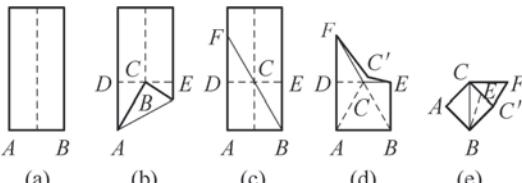
说明：甲烷、乙烯、乙炔等气体可事先准备在贮气袋中。

【安全事项】

1. 甲烷、乙烯和乙炔易燃，制备与收集时要远离明火或火花，点燃时注意不要被烫伤。
2. 浓硫酸具有强腐蚀性，取用时避免溅落到皮肤或衣物上。
3. 氯气有毒，不要直接嗅闻，取用时注意防护。
4. 使用紫外线灯要小心，不要对人照射。

【实验步骤】

实验 1：甲烷的结构与烷烃的性质

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	<p>取一个信封直向平放，按图 12(a)、(b)、(c)所示进行折叠。沿 EC、CF 将信封上部剪去，C 点在信封反面的对称点为 C'。将 CD、CA、CB 线前后反复折几下，形成折痕。撑开信封上端，使 C 与 C' 远离，D 与 E 靠近，直至重合[图 12(d)]。以 CC' 为折线，将 CFC' 所在平面插入立体内与 CBC' 所在平面重叠，即成一个正四面体[图 12(e)]。推测碳原子与四个氢原子在正四面体中的位置</p>  <p>图 12 折叠甲烷分子空间结构的纸模型</p>	—	—

(续表)

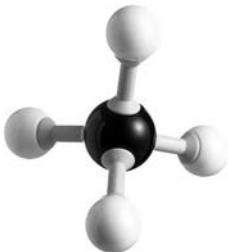
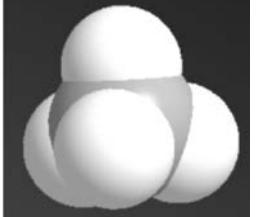
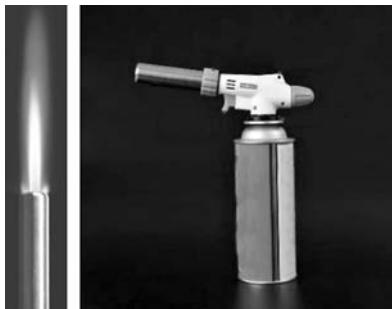
序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
2	准备一盒分子模型,或利用身边适宜的材料(牙签或细短木棍,黏土或橡皮泥),搭建甲烷分子的球棍模型。观察碳氢键键长和键与键之间的夹角 		
3	利用化学绘图软件绘制甲烷分子的球棍模型和空间填充模型。观察空间填充模型中碳原子与氢原子的结合程度  		
4	打开液化气卡式喷枪的电子点火开关,点燃气体,观察火焰的颜色。用烧杯夹夹持一个干燥洁净的烧杯倒置在火焰上方,观察烧杯内壁变化。然后用烧杯夹夹持一个用石灰水浸润的烧杯倒置在火焰上方,再观察烧杯内壁变化(实验时当心被高温烫伤) 		

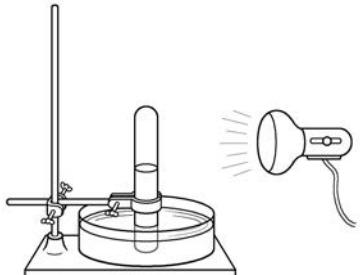
图 13 甲烷分子的球棍模型

图 14 甲烷分子的球棍模型与空间填充模型



图 15 液化气卡式喷枪与气体的燃烧

(续表)

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
5	<p>取两支大试管(24 mm×200 mm),用排饱和食盐水的方法在同一试管中先后各收集甲烷和氯气(体积比约为1:4),把装有混合气体的试管倒置在盛有饱和食盐水的水槽里,分别用铁架台固定。其中一支试管全部用锡箔纸包裹住避光,另一支试管用紫外线灯照射,如图16所示。隔一段时间后,观察并比较两支试管里的现象</p>  <p style="text-align: center;">图 16 甲烷与氯气反应实验装置</p>		

实验 2: 乙烯的性质

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取一试管(20 mm×150 mm),加入3 mL新制1%溴的四氯化碳溶液,将乙烯缓缓地通入试管,观察溶液颜色的变化		
2	取一试管(20 mm×150 mm),加入3 mL 0.5%高锰酸钾的酸性溶液,将乙烯缓缓地通入试管,观察溶液颜色的变化		

实验 3: 乙炔的性质

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取一试管(20 mm×150 mm),加入3 mL新制1%溴的四氯化碳溶液,将乙炔缓缓地通入试管,观察溶液颜色的变化		
2	取一试管(20 mm×150 mm),加入3 mL 0.5%高锰酸钾的酸性溶液,将乙炔缓缓地通入试管,观察溶液颜色的变化		

【实验结论】



讨论和拓展

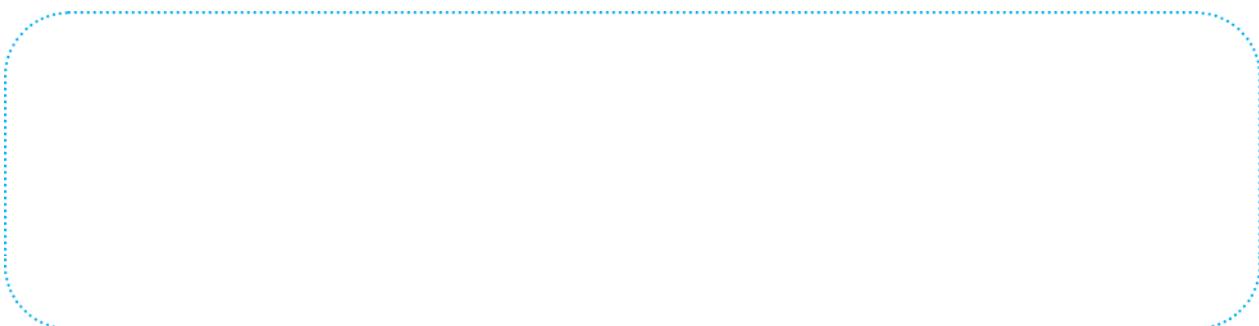
- 在甲烷与氯气反应的实验中,反应一段时间后,将两支试管移出水槽竖立起来,并分别滴入几滴石蕊试液,会出现什么现象?
-
-

- 动手试一试(以下两种做法任选其一):

(1) 取两只自封袋,分别放入一根青绿皮生香蕉;将 40% 乙烯利溶液稀释 400 倍后装入小喷壶中;向其中一只自封袋中喷洒少量乙烯利稀释液;立即将两只自封袋封口并保存在阴凉处。每天观察两根香蕉的变化并列表记录。

(2) 取两只自封袋,分别放入一根青绿皮生香蕉;将 40% 乙烯利溶液滴在氢氧化钠固体上制取乙烯;向其中一只自封袋中通入少量制取的乙烯;立即将两只自封袋封口并保存在阴凉处。每天观察两根香蕉颜色和成熟情况的变化并列表记录。

(注意:乙烯利有强腐蚀性,使用时要注意安全,并远离明火。)



实验 8 乙醇的主要性质(学生必做实验)



问题和背景

乙醇俗称酒精,是重要的烃的衍生物,在分子结构上可以视作乙烷分子中的一个氢原子被羟基替代,结构的变化会使乙醇具有哪些不同于烃的化学性质?

我国是最早掌握酿酒技术的国家之一,酒文化源远流长,人们很早就发现在粮食的酿造过程中会产生乙醇。现代社会中乙醇的应用更加广泛:乙醇是重要的化工原料、优质的燃料、良好的溶剂,医疗中常用70%~75%的乙醇溶液进行杀菌消毒等。请思考下列问题:

- 乙醇分子中不同化学环境的氢原子化学活性相似吗?乙醇分子中羟基上的氢原子和水分子中氢原子的活泼性有差异吗?
- 酒越放越“醇”,此“醇”与醇类物质的“醇”相同吗?这其中反映了乙醇哪些化学性质?
- 酒精也是一种优质燃料,它还在哪些领域有较好的应用?发展前景如何?



探索和研究

【实验目的】

1. 通过对比钠分别与乙醇和水的反应,进一步认识“结构决定性质”学科观念。
2. 描述乙醇催化氧化的实验现象,知道乙醇催化氧化的产物。

【实验原理】

1. 羟基氢的活性

乙醇分子中含有羟基($-\text{OH}$),水分子也可以看作有羟基($-\text{OH}$),这两个基团性质存在相似性或差异性吗?

乙醇的羟基氢具有一定活性,可以与钠等活泼金属反应,放出氢气。在乙醇中,由于受

分子内乙基影响，乙醇中的羟基电离出 H^+ 的能力弱于水。

2. 醇的得氧和脱氢

有机反应中，得氧和脱氢从广义上讲都是氧化反应。当醇分子中与羟基直接相连的碳原子上连有氢原子时，这些氢原子受到相邻羟基的影响，比较活泼，易于被氧化，生成不同的氧化产物。如乙醇可先被氧化成乙醛，后继续被氧化成乙酸。当醇分子中与羟基相连的碳原子上没有氢原子时，则不易被氧化。

3. 希夫试剂检验醛基

希夫试剂，又名品红亚硫酸试剂，可与醛反应而显紫红色，显色灵敏且不受酮的干扰，可用作醛类物质的检验试剂。

希夫试剂常用的配制方法是将 SO_2 通入碱性品红溶液中直至褪色，控制最终溶液的 pH 在 2 左右。希夫试剂在碱性环境和加热条件下均会失效，在使用和保存中需要注意，应在 4℃ 下避光储存。希夫试剂几乎无色，当发现其颜色明显变红，说明已变质。在使用时，要预先将希夫试剂从 4℃ 的保存环境中取出，恢复至室温后再使用。

【实验准备】

仪器：酒精灯、试管（ $24\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ）、烧杯、玻璃棒、蒸发皿、培养皿、硬质玻璃管、玻璃片、直角玻璃导管、玻璃导管、橡胶塞、橡胶管、方座支架（附铁夹）、棉花球、点火枪、低压发热器、实验电源、双连球、小刀、镊子。

试剂：无水乙醇、希夫试剂、金属钠、铜丝、蒸馏水、洗涤剂。

【安全事项】

1. 金属钠与水的反应非常剧烈，因此金属钠的加入量一定要控制适宜。
2. 加热时戴好手套，防止烫伤。
3. 乙醛有毒，不可直接嗅闻，注意环境通风。

【实验步骤】

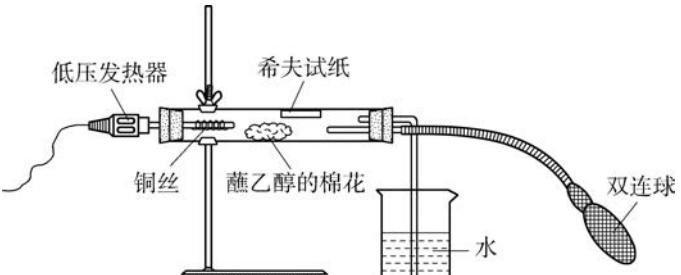
实验 1：钠与无水乙醇的反应

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	在蒸发皿中加入蒸馏水至容积的 $\frac{2}{3}$ ，并滴加少量洗涤剂，用玻璃棒搅拌均匀		
2	取一支试管（ $24\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ），加入 3 mL 无水乙醇，在试管中加入一块绿豆粒大小的金属钠，迅速塞上导管，并将导管的另一端没入蒸发皿的液面下		
3	当蒸发皿中出现大量气泡后，用点火枪点燃气泡		

实验 2：钠与水反应

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取一个培养皿，加水至其容积的一半		
2	向培养皿中加入一块绿豆粒大小的金属钠，观察现象		

实验 3：乙醇的催化氧化

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	在大玻璃管内放入一团浸有乙醇的棉花球，从玻璃管的一端塞入缠铜丝的低压发热器并用橡胶塞密封，另一端塞入一张浸润希夫试剂的滤纸（可称希夫试纸），滤纸尽量靠近酒精棉球，用双孔橡胶塞密封，接入双连球和导管，并将导管的末端浸没在盛有水的小烧杯中，如图 17 所示		
1	 <p>图 17 空气氧化乙醇</p>		
2	打开电源，等待铜丝发热后，多次捏放双连球轻轻鼓气，观察铜丝上的现象		
3	希夫试纸上出现明显现象即可切断电源		

【实验结论】



讨论和拓展

- 同为有机物，煤油可以用于保存金属钠，而乙醇却能与钠反应，如何解释两者加入钠后现象的差异？

2. 工业上常用粮食发酵或乙烯水化法生产乙醇,获得的工业乙醇的纯度一般为95% (体积分数),可以采用分子筛吸附法进一步生产无水乙醇。实验室中,可以通过什么方法获得少量的无水乙醇呢?无水乙醇具有很强的吸水性,用简单方法判断乙醇是否“无水”。

3. 乙醇燃烧可以放出大量的热,已知1 mol乙醇充分燃烧可以释放1 366 kJ热量。目前由玉米、木薯、秸秆等原料发酵得到的乙醇汽油,已被许多国家使用。请根据乙醇的性质简述使用乙醇汽油的利弊。

实验 9 乙酸的主要性质(学生必做实验)



问题和背景

乙酸是生活中最常见的羧酸,因为是醋的主要成分,又称醋酸。乙酸除了在食品中用作酸味剂、增香剂外,它还是大宗化学品,是有机合成工业的重要原料。

乙酸与乙醇在酸的催化作用下生成乙酸乙酯的反应是酯化反应,它是有机合成中最常见的反应之一。生成的乙酸乙酯是一种有香味的无色油状液体,可用于制作香料、表面活性剂和食品添加剂等,同时乙酸乙酯作为一种重要的有机化工原料和优良的溶剂,在很多领域被广泛应用。在烹饪和酿酒过程中,生成的酯类也是产生香味的重要因素。请思考下列问题:

- 化学反应中,乙酸分子中的哪些化学键可能发生断裂?
- 酸的通性表现在哪些方面?如何证明乙酸具有酸性?食醋滴在大理石桌面上,会使桌面失去光泽,变得粗糙,主要原因是什么?
- 俗话说“好酒越陈越香”,此话中的“香”从何而来?



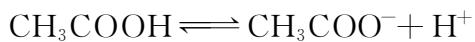
探索和研究

【实验目的】

1. 通过实验探究,理解乙酸具有酸性,以及乙酸能发生酯化反应。
2. 学会通过实验比较乙酸、盐酸、碳酸酸性强弱的方法。

【实验原理】

乙酸易溶于水和乙醇,是具有刺激性气味的液体,沸点为 117.9℃,熔点为 16.6℃,当温度低于熔点时,纯净的乙酸会凝结成冰一样的晶体,故纯净的乙酸又称冰醋酸。在水溶液中,乙酸部分电离,产生氢离子,因此乙酸具有弱酸性。



1. 请根据已有的知识,选择合适的化学试剂,设计若干个实验证明乙酸具有酸性,写出实验方案。

2. 你能用简便的方法来验证相同浓度的乙酸比盐酸的酸性弱吗？此外，请设计一个实验来对比乙酸和碳酸酸性的强弱。在下面的方框中简述步骤或写出相应的化学方程式。

【实验准备】

仪器：试管(18 mm×150 mm 和 24 mm×200 mm)、烧杯(50 mL 和 250 mL)、胶头滴管、pH 计、量筒(10 mL 和 25 mL)、铁架台(带铁夹)、酒精灯、玻璃导管或长导管、单孔橡皮塞、镊子、砂纸、直尺。

试剂：镁带、NaOH 溶液、 Na_2CO_3 粉末、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸、酚酞试液、石蕊试液、澄清石灰水、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、冰醋酸、无水乙醇、浓硫酸、饱和碳酸钠溶液、沸石(或碎瓷片)。

【安全事项】

- 浓硫酸具有极强的腐蚀性，使用时要小心。
- 硫酸与醇或酸混合时放热，操作时须缓慢，边加边摇匀，必要时须用水浴冷却。
- 不能直接向反应后的废液中加水，要先冷却再将其倒入废液回收缸中。
- 冰醋酸具有腐蚀性，刺激性气味强烈，不宜直接嗅闻。
- 乙醇和乙酸乙酯都是易燃液体，操作时要注意远离明火。

【实验步骤】

实验 1：乙酸的酸性

序号	实验操作	实验现象	结论或化学方程式
1	取 1 支试管(18 mm×150 mm)，加入 3 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸，再向试管中滴加 2 滴石蕊试液		
2	取 1 支试管(18 mm×150 mm)，加入一段去除氧化膜的镁带，向试管中加入少量 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸		
3	取 1 支试管(18 mm×150 mm)，加入少量 NaOH 溶液，再加 1~2 滴酚酞试液，然后逐滴加入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸		
4	向盛有少量碳酸钠粉末的试管(18 mm×150 mm)里，加入约 3 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸		

实验 2：比较盐酸与乙酸的酸性

取 2 个 50 mL 烧杯, 分别加入 20 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸, 用 pH 计测出两溶液的 pH, 结果记录于下表。

试剂	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙酸
pH		

实验 3：乙酸的酯化反应

(1) 在试管(24 mm×200 mm)中加入 3 mL 无水乙醇, 然后一边振荡试管, 一边慢慢滴加 2 mL 浓硫酸, 再加入 2 mL 冰醋酸, 混合均匀。稍冷后加几粒沸石(或碎瓷片), 塞上带导管的橡胶塞。

- (2) 把试管(24 mm×200 mm)放入盛有热水的烧杯中, 用铁夹固定在铁架台上。
(3) 取一支试管(18 mm×150 mm), 加入 3~4 mL 含有酚酞的饱和 Na_2CO_3 溶液。
(4) 按图 18 所示连接装置, 将导管右侧的一端伸入试管(18 mm×150 mm)液面上方约 2~3 cm 处。

(5) 用酒精灯小心均匀加热(控制水浴温度约 85°C), 反应产生的蒸气经导管(在空气冷凝下)通到饱和 Na_2CO_3 溶液液面上, 计时 10 min, 观察实验现象。

(6) 反应停止后, 用手煽动试管口, 闻收集产物的气味, 再用直尺测量收集到的油状液体层高度。

(7) 轻轻震荡试管, 使油水两相混合, 然后静置分层, 再闻产物的气味, 重复测量上层油状液体层高度。

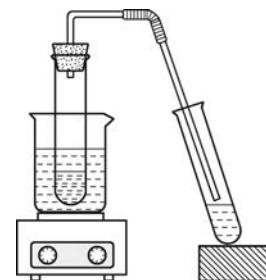


图 18 乙酸与乙醇酯化反应实验装置

【实验结论】

讨论和拓展

1. 图 18 中, 长导管在此还起到了什么作用? 导管为何不能伸入小试管液面下? 导出的蒸气中除了乙酸乙酯还可能有什么?

2. 在乙酸乙酯制备实验中,反应加热的目的是什么?采用水浴加热有什么优点?

3. 浓硫酸的作用是什么?饱和碳酸钠溶液的作用是什么?

实验 10 搭建球棍模型认识有机物分子结构的特点 (学生必做实验)



问题和背景

由于很多有机物结构复杂,空间结构多样,采用模型法研究不同有机物分子的空间结构,能将分子较难直接观测的微观结构显性化;采用模型法研究有机反应的机理,能更加直观地表示抽象的反应过程。随着信息技术的发展,各种模拟有机物分子结构的软件应运而生,人们依据物质结构理论和实验测定结果,建立了庞大的化学化工数据库,方便化学工作者快速地查询已知有机物分子的结构信息。请思考下列问题:

- 在原子结构的探索历程中,科学家们怎样通过模型法表达他们的主要观点?
- 你曾经接触过哪些描述分子空间结构的模型?这些模型与分子的结构式、电子式之间存在怎样的联系?



探索和研究

【实验目的】

1. 通过搭建甲烷及其他烷烃的球棍模型,体会烷烃中碳原子的四面体结构。
2. 通过乙烯、乙炔等球棍模型的搭建,体会碳原子的成键特点。
3. 通过模型的搭建,感受碳骨架的特点,感悟有机物分子是有空间结构的。

【实验原理】

碳是组成有机化合物的核心元素,共价键理论是解释有机化合物分子空间结构的基础。请你结合 C、H、Cl、O 的原子结构,说明这些原子在有机化合物分子中的成键特点,利用身边适宜的材料,制作相应的原子模型。

元素符号	C	H	Cl	O
原子的电子式				
有机化合物中的成键特点				

【实验准备】

仪器：有机化合物分子球棍模型搭建配套学习用具。

【实验步骤】

实验 1：用球棍搭建分子的结构模型

(1) 感受分子的对称性

搭建甲烷(CH_4)、一氯甲烷(CH_3Cl)、二氯甲烷(CH_2Cl_2)的球棍模型，比较三种分子的空间对称情况，试着从不同角度对分子的球棍模型进行投影，依据投影情况写出对应的结构式。

结论：_____

(2) 认识碳骨架的特点

搭建乙烷、丙烷、丁烷的球棍模型，感受烷烃中每个碳原子的空间结构和碳骨架的特点。

结论：_____

(3) 感受烷烃的同分异构现象

搭建分子式是 C_4H_{10} 、 C_5H_{12} 烷烃的球棍模型，试着写出你搭的球棍模型对应分子的结构简式，讨论是否存在同分异构现象。

结论：_____

(4) 认识碳原子的成键数目

搭建分子式是 C_2H_4 、 C_2H_2 有机物的球棍模型，寻找成键数目与氢原子数目间的关系。

结论：_____

(5) 认识有机物官能团的不同及其性质的关系

搭建分子式是 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 有机物的球棍模型，试着写出你搭的球棍模型对应分子的结构简式，对比它们结构中官能团的差异。

结论：_____

实验 2：根据球棍模型书写烷烃的结构式和结构简式

两人一组，其中一人搭建一个有机物的球棍模型，另一人写出其对应的分子式和结构简式。



讨论和拓展

1. 比较甲烷、一氯甲烷分子空间结构的异同，说明造成差异的原因。
-
-
-

2. 通过比较甲烷(CH_4)和一氯甲烷(CH_3Cl)的球棍模型,说明甲烷与氯气发生取代反应的特点。通过比较乙烯($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)和一氯乙烷($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$)的球棍模型,说明乙烯与氯化氢发生加成反应的特点。

3. 如果用甲基($-\text{CH}_3$)代替丙烷中的一个氢原子形成丁烷,再用甲基代替丁烷中的一个氢原子形成戊烷,请借助球棍模型解释丁烷和戊烷分别存在2种和3种同分异构体的原因。试区分烷烃分子中不同化学环境的氢原子。

4. 请搭出乙烯的模型,然后将碳碳双键的其中一根键断开,各小组间将断键后的模型连接起来模拟聚乙烯的形成过程,感受高分子的长链结构。请将搭好的聚乙烯模型拍照打印,粘贴在下面空白处。



5. 请使用化学绘图软件画出丁烯的结构,使用3D模拟功能,多角度地观察丁烯分子的空间结构特点,预测丁烯可能发生的反应类型。

实验 11 影响净水剂聚合氯化铝制备因素的探究



问题和背景

絮凝沉淀法由于成本较低、处理效果好,已成为水处理工艺过程中不可或缺的重要技术。絮凝效果的好坏直接决定了后续工艺方案的选取,甚至影响出水水质和水处理成本。初中化学中我们了解到明矾常用作水处理中的凝聚剂,但明矾凝聚的效果不是十分理想,在现代水处理中已逐渐被聚合氯化铝替代。

聚合氯化铝(PAC)可表示为 $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$,是一种新型无机高分子絮凝剂,它是在硫酸铝、氯化铝等传统铝盐的研究基础上开发出来的一种优良的高分子絮凝剂。与传统的铝盐类和铁盐类混凝剂相比,其具有混凝性能好、絮体大、用量少、效率高、沉淀快、适用范围广等优点。除此之外,与其他铝盐、铁盐相比,PAC 碱化度较高,对管道、设备等造成的腐蚀作用小,可广泛用作各类水质甚至是工业废水的絮凝剂。请思考下列问题:

- PAC 即 $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$ 中 n 是不确定的值,即 PAC 中 Al^{3+} 与 OH^- 、 Cl^- 的比是不确定的, n 值不同的 PAC,絮凝效果有差异吗?
- 哪些因素会影响 PAC 中 n 的值,即 Al^{3+} 与 OH^- 、 Cl^- 的比。
- 絮凝时加入絮凝剂的量是否越多越好?
- 哪些因素会影响絮凝效果?



探索和研究

【实验目的】

1. 学习从日常生活或工业生产中寻找研究课题。
2. 学习课题研究的基本方法,初步学会做课题。
3. 经历课题研究过程,初步学会开题、实验探究和结题活动。
4. 学会通过控制变量开展探究的科学方法,并学会使用一些分析仪器。

【实验原理】

PAC 的制备方法有很多种,工业上以含铝的矿物、氢氧化铝、氯化铝或金属铝等为原料生产 PAC。为了适合在中学化学实验室研究,本实验以 $AlCl_3$ 与 $NaOH$ 在加热条件下反应

制备 PAC, 反应的化学方程式可表示为:



1. Al^{3+} 与 OH^- 、 Cl^- 的比可能会与哪些因素有关? 列出你认为可能的影响因素。
-
-

2. 一般研究 PAC 的制备主要是评价其凝聚效率, 不必求出 n 或 m 具体的值。你准备用什么指标来衡量?
-
-

【实验准备】

仪器: 容量瓶(100 mL 和 1 000 mL)、刻度移液管(1 mL、2 mL、5 mL 和 20 mL)、烧杯(50 mL 和 100 mL)、量筒(10 mL 和 50 mL)、三颈烧瓶(100 mL)、恒压滴液漏斗(60 mL)、结晶皿(120 mm)或水浴槽或大烧杯(1 000 mL)、胶头滴管、玻璃棒、药匙、洗耳球(或移液泵也称移液管助吸器)、剪刀、滤纸、称量纸、抽滤装置、电子天平(0.000 1 g 或 0.001 g)、带温控加热磁力搅拌器、浊度计或浊度传感器、计算机。

试剂: 氯化铝固体(AR)、氢氧化钠固体(AR)、盐酸(AR)、蒸馏水、浑浊水样(尽可能没有明显大颗粒悬浮物, 不要澄清水样, 尽可能取自然河流的不澄清水样)等。

【安全事项】

1. 氢氧化钠有强腐蚀性, 使用时要小心不要接触皮肤。
2. 盐酸易挥发、有强腐蚀性, 使用时要小心不要接触皮肤。
3. 加热时注意防止烫伤。
4. 磁力搅拌器搅拌时转速不要过快, 防止液体溅出。

【课题研究过程】

1. 收集资料撰写“开题报告”

实验前收集聚合氯化铝相关资料, 建议通过查阅书籍和网络资源。

收集好资源后, 应该对资源进行整理, 然后撰写“开题报告”, 开题报告主要向别人介绍你的研究内容、研究意义、研究方法等。一份完整的“开题报告”一般包括下列内容:

- (1) 课题名称: 介绍研究的题目, 其他人通过课题名称能够分清研究的方向。
- (2) 研究人员: 介绍研究团队和人员分工。
- (3) 课题来源: 介绍如何想到这个研究问题。
- (4) 课题研究的目的和意义。
- (5) 研究的主要内容和预期目标。
- (6) 相关研究的国内外研究现状、发展水平以及存在的问题: 通过这部分内容介绍这类问题是否有过研究, 或研究到什么程度, 避免重复研究, 当然也可以重复研究发现别人研究

的不足或结论是否合理等。

(7) 研究内容和关键问题。

(8) 拟采取的研究方法：我们主要采取实验研究。

(9) 预期的研究成果和创新点。

(10) 研究进度安排。

请以“影响净水剂聚合氯化铝制备因素的探究”为题，写一份开题报告。请另附页。

2. 实验研究阶段

进入实验室开展实验研究前，你规划好研究内容与研究步骤了吗？你准备研究哪些因素？研究的因素可以分两大类：聚合氯化铝的制备和聚合氯化铝的絮凝效果。

聚合氯化铝的制备可供参考的因素有： AlCl_3 与 NaOH 物质的量比、 AlCl_3 与 NaOH 反应温度、 AlCl_3 与 NaOH 反应时间等。

聚合氯化铝的絮凝效果可供参考的因素有：PAC 与水样的用量比、PAC 的絮凝时间、PAC 絮凝时搅拌速度、溶液 pH 等。

你可以挑选一个内容研究，也可以挑选多个内容研究。建议在有限时间内可以将上述内容分成小组研究（将大课题分成若干子课题），最后将各小组研究内容（子课题）进行汇总。你选择子课题的研究内容是_____。

下面开始实验，以子课题“ AlCl_3 与 NaOH 物质的量比对制备聚合氯化铝的影响”为例。

(1) 配制 AlCl_3 与 NaOH 溶液

准确配制 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AlCl_3 和 NaOH 溶液各 1000 mL 备用。

(2) 制备聚合氯化铝

步骤 1：用 20 mL 刻度移液管吸取 20 mL AlCl_3 溶液，加入 100 mL 三颈烧瓶中，将三颈烧瓶固定在一定温度的水浴中（如固定温度为 40°C 、 50°C 或 60°C ），按图 19 组装实验装置。

步骤 2：设置温控电磁力搅拌器的转速并固定，待溶液温度基本恒定后，关闭滴液漏斗活塞，用刻度移液管量取相应体积 NaOH 溶液注入滴液漏斗。

如：研究 $n(\text{AlCl}_3) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$ ，则量取 20 mL NaOH 溶液。

研究 $n(\text{AlCl}_3) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$ ，则量取 40 mL NaOH 溶液。

研究 $n(\text{AlCl}_3) : n(\text{NaOH}) = 2 : 1$ ，则量取 10 mL NaOH 溶液。依此类推。

步骤 3：打开并调节滴液漏斗活塞，控制 NaOH 溶液滴加速率为每 $6 \sim 10 \text{ s}$ 一滴，将 NaOH 溶液慢慢滴入 AlCl_3 溶液中，保持水浴加热。

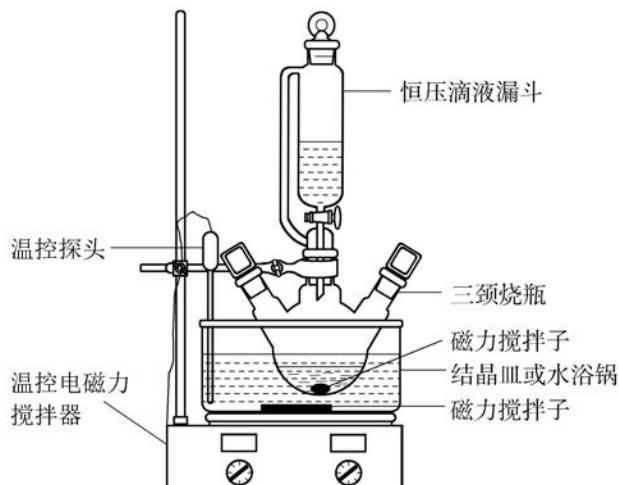


图 19 聚合氯化铝制备装置

步骤4：加热到你设定的时间后，停止加热，冷却后抽滤(图20)，取滤液静置一定时间即得聚合氯化铝产物。

(3) 产品性能检验

步骤1：原水样浊度的检测。启动浊度计或浊度传感器，将原水样加到浊度计测试样杯中测量原水样的浊度，计为 A_0 ，将数据记于记录表中。使用浊度传感器检测时，可以设置横坐标为反应物配比，纵坐标为浊度。

步骤2：量取50 mL水样，加入一定体积(如1 mL、2 mL等)聚合氯化铝，用一定转速搅拌到规定时间后再静置至规定时间(这里时间、转速等由自己定，但每次实验应该相同)。

步骤3：取处理并静置后水样的上层清液于浊度计测试样杯中，测量水样的浊度，计为 A_1 ，并将数据记于记录表中，浊度计测试样杯需洗净后再用待测液润洗2~3次后才能注入测试样。

步骤4：可用下式计算沉降率，将结果填入表格。

$$\text{沉降率} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

(4) 变量研究

重复(2)、(3)实验，研究不同反应物配比制得的聚合氯化铝絮凝效果，但实验过程中每次只能改变 AlCl_3 与 NaOH 的体积比，其他变量需要保持一致。

(5) 数据处理得出研究结论

步骤1：将所有数据记录于下表。

$n(\text{AlCl}_3) : n(\text{NaOH})$	原水样浊度(NTU)	净化后浊度(NTU)	沉降率(%)

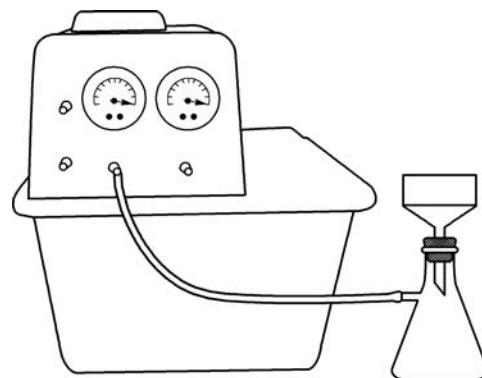


图20 抽滤装置

表格说明：

- 制备条件：控制水浴温度是 $\times \times \times$ ℃、滴加速度是 $\times \times \times$ 滴· s^{-1} ，水浴转速是 $\times \times \times$ r· min^{-1} ，反应时间是 $\times \times \times$ min(或 $\times \times \times$ h)，抽滤后静置时间是 $\times \times \times$ min(或 $\times \times \times$ h)等。
- 净化条件：原水样 $\times \times \times$ mL，加入产品 $\times \times \times$ mL，净化时转速是 $\times \times \times$ r· min^{-1} ，搅拌时间是 $\times \times \times$ min(或 $\times \times \times$ h)，净置时间是 $\times \times \times$ min(或 $\times \times \times$ h)。

步骤2：将上述数据利用计算机电子表格绘制一份沉降率随反应物配比变化的曲线。
(用浊度传感器可以自动绘制曲线)

步骤3：根据实验曲线提出观点。

3. 整理数据撰写“结题报告”

步骤1：撰写“结题报告”。

确保实验已全部处理完成，将小组(子课题)数据汇总，充分讨论交流形成统一结论后开始撰写结题报告。结题报告一般包括：

- (1) 引言(也可以是前言或选题背景)：在这部分主要介绍选题背景，前期的资料收集情况，分析已有的研究，选择的研究角度及研究内容，这个研究的价值等。
- (2) 实验研究：这是最重要的部分，在这部分详细介绍进行的实验。主要是：实验原理或化学反应、实验仪器、实验试剂。有些仪器还需要说明型号和厂家，试剂需要注明厂家和纯度；详细介绍实验内容和实验步骤；呈现实验数据，介绍你实验数据的记录、处理方法和分析的结果，如数据表和数据图。
- (3) 实验结论：把实验结论分类呈现，做出解释并提出你的建议。
- (4) 存在的问题和感受：描述研究中遇到的困难，采取的解决办法，并就实验还存在的问题及原因做简单描述。谈谈在课题研究过程中的收获和体会。
- (5) 参考资料：列出在课题研究中真正用到的、有借鉴或启发的资料。

步骤2：汇报答辩准备。

制作汇报用的演示文稿，根据汇报时间选择汇报内容的多少。最主要汇报内容是实验内容。梳理一下整个研究阶段，准备回答老师或答辩专家的提问。



讨论和拓展

1. 为什么实验中对温度、转速、滴加速度等都要做到统一？

2. 完成“结题报告”，并制作一份8 min汇报所需的演示文稿。
3. 从学习或生活中寻找一个课题，试着写一份“开题报告”。

说　　明

本书根据教育部颁布的《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》和高中化学教科书编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予使用。

编写过程中,上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会专家工作委员会、上海市教育委员会教学研究室、上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地、上海市化学教育教学研究基地(上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地)及基地所在单位复旦大学给予了大力支持。在此表示感谢!

欢迎广大师生来电来函指出书中的差错和不足,提出宝贵意见。出版社电话:021-64848025。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定,我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

经上海市中小学教材审查委员会审查
准予使用 准用号Ⅱ-GB-2021038



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5478-5571-3
A standard EAN-13 barcode representing the ISBN number.
9 787547 855713
A barcode representing the price '01 >'.

定价：3.60元