北京师范大学国家基础教育
课程标准实验教材总编委会组编

普通高中课程标准实验教科书

经全国中小学教材审定
委员会2004年初审通过

化学

HUA XUE

实验化学

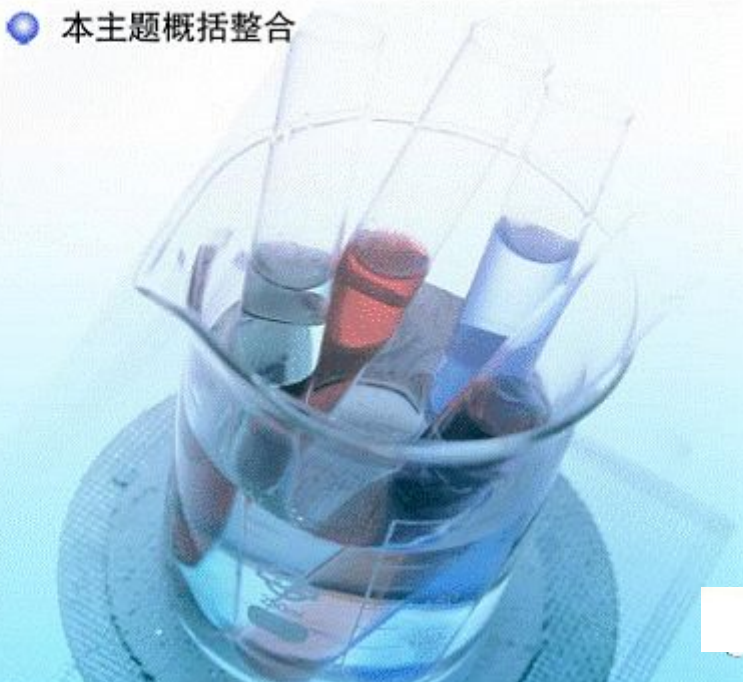
（选修）



主题1

物质的分离

- 课题1　盐的精制
- 课题2　植物中某些成分的提取
- 综合实验活动　从茶叶中提取咖啡因
- 主题拓展　分离技术在生产中的应用
- 本主题概括整合



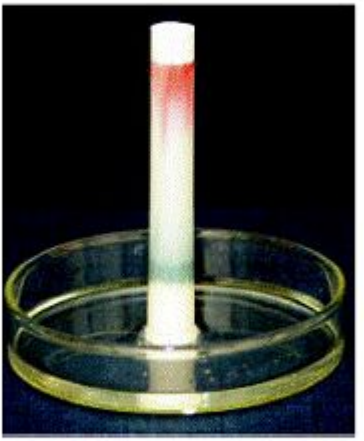


图1 红墨水与蓝墨水的分离

在开始学习本主题之前，请你观察一个小实验。

取一支白粉笔，用毛笔蘸取红墨水和蓝墨水的混合液在距离粉笔粗端底面2 cm处画一个圈，并将这一端朝下，立在盛有少量水的培养皿中，不久就可以观察到两种颜色的墨水居然分开了！这是一个物质分离的过程，你知道这个过程依据的分离原理是什么吗？

人们常常需要对一些混合物进行分离纯化，或从中提取某种有用的物质。例如，分离除去粗盐中的杂质，得到纯净的食盐供食用或用于氯碱生产；从海带中提取碘，将其用于半导体材料的研制和生产；从茶叶中提取咖啡因，用它来生产食品添加剂或药物。你知道用哪些方法能够完成上述分离任务吗？它们所依据的原理各是什么？



图2 同学们正在进行分离实验

物质的分离是实验化学的一项基本内容，也是化学研究的一个重要任务。在性质研究、结构测定以及化学合成的过程中，人们通常需要使用纯度较高的物质，因此分离混合物以获取纯净的物质，是这些研究工作的基础。

常用的分离方法有重结晶法、萃取法、升华法、色谱法、化学沉淀法等。在本主题中，我们将通过具体的实验活动系统地学习这些分离方法。

你已经具备的基础

- 知道了一些常见的离子反应；
- 了解了温度对物质溶解度的影响；
- 能够进行溶解、过滤、蒸发等基本操作。

课题 1　盐的精制

盐类物质在生产、生活中具有重要的作用。例如，食盐不仅是人们必备的调味品，而且是化工、医药等工业的原料；硝酸钾既可用做钾肥，也可用于烟花、陶瓷等的制造。

盐在使用前，常常需要精制。对可溶性盐来说，如果混有的杂质是难溶的，可将盐配成溶液，过滤除去杂质。初中化学中的粗食盐提纯实验使用的就是这种方法。那么，如果混有的杂质是可溶的，又该用什么方法将它们除去呢？

活动 1　粗食盐水的精制

活动背景

氯碱工业通过电解饱和食盐水制得烧碱、氢气和氯气，进而生产出一系列产品。氯碱工业的主要原料——粗食盐来源于海盐、湖盐、井盐或岩盐，主要成分是氯化钠，其中夹杂有泥沙等不溶性杂质和可溶性钙盐、镁盐等。在氯碱工业中，粗食盐所含杂质会降低电解槽隔膜的使用寿命，增加产品的能耗，还会带来安全隐患。因此，氯碱生产的第一步是除去粗食盐水中的杂质。



图 1-1-1　海水晒制的粗食盐中含有多种杂质

活动任务

除去粗食盐水中的不溶性杂质，以及 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}、SO_4^{2-} 等杂质离子，得到精制食盐水。

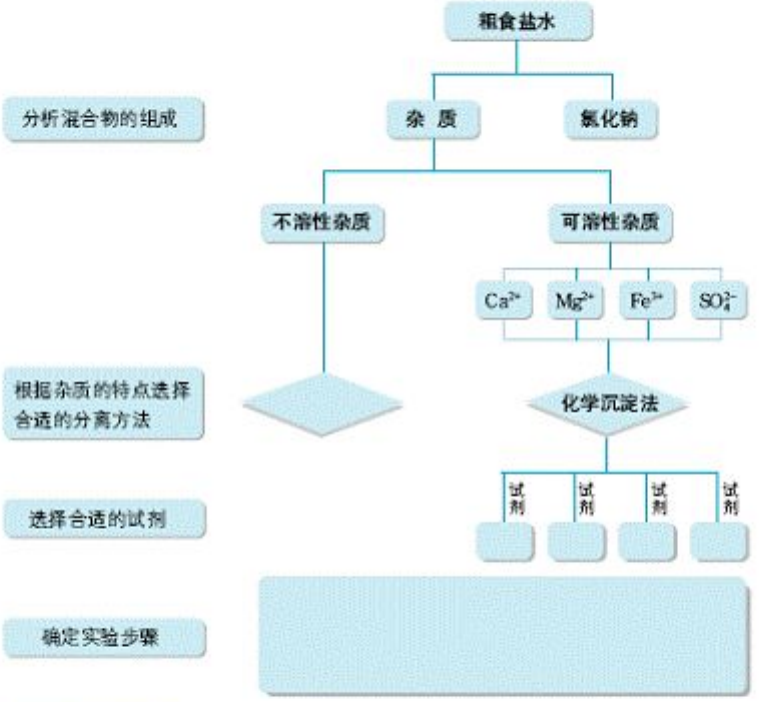
你将会有哪些收获

- 学会用化学沉淀法纯化粗食盐水，了解氯碱生产中粗食盐水精制的方法；
- 体会在用化学沉淀法除去杂质的过程中，试剂的滴加顺序对纯化效果的影响；
- 学会设计用化学沉淀法进行物质分离的实验方案，掌握有关的基本操作。

设计实验方案

在进行溶液的纯化时，选择合适的试剂将溶液中的杂质离子转化为沉淀除去，这种方法叫做**化学沉淀法**（chemical precipitation method）。

请你分析粗食盐水的组成和杂质的类型，参考以下流程设计实验方案。



实施实验方案

请实施你的实验方案，做好实验记录。将纯化后的溶液倒入指定的容器中，供以后实验使用。

实验记录

实验步骤	实验现象	实验结果

1. 为了使杂质完全除去，加入的试剂应该是略为过量的。如何判断加入的试剂是否过量？

2. 一种试剂的加入，可能会给所要纯化的溶液引入新的杂质，所引入的杂质在后续实验中应该如何除去？

3. 杂质除去后，还需要对纯化效果进行检验。应如何检验纯化后的溶液中是否存在 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}、SO_4^{2-} 等离子以及加入的试剂引入的杂质？

交流·研讨

1. 怎样才能将杂质完全除去而不引入新的杂质？你都选用了哪些试剂？它们各有什么作用？这些试剂是按照什么顺序加入的？顺序可以改变吗？为什么？

2. 看一看其他同学都采用了哪些方案，并对不同的方案进行评价。

3. 用化学沉淀法除去杂质的基本思路是什么？在设计和实施实验方案时应该注意些什么问题？

化学与技术

氯碱工业中粗食盐水的精制

1. 氯碱工业中粗食盐水精制的流程

化盐	将粗食盐溶解，得到饱和食盐水
精制	加入试剂，使杂质离子转化为沉淀
澄清	沉淀颗粒在澄清桶中沉降，聚集为盐泥
过滤	将沉降后的上层液体过滤，进一步净化得到精食盐水
重饱和	精食盐水通过精制的固体盐层，使食盐水重新达到饱和
中和	用盐酸除去加入的过量的碱和碳酸钠
盐泥的利用	经洗涤、过滤回收其中的食盐；其他成分可制成有用的产品加以利用

在氯碱生产中，常用氯化钡除去 SO_4^{2-}，用碳酸钠除去 Ca^{2+}，用氢氧化钠除去 Mg^{2+} 和 Fe^{3+}，涉及的反应的离子方程式分别为：

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$

$Mg^{2+} + 2OH^- = Mg(OH)_2\downarrow$

$Fe^{3+} + 3OH^- = Fe(OH)_3\downarrow$

2. 膜法在粗食盐水精制中的应用

随着适于氯碱生产使用的半透膜的开发，膜法在粗食盐水精制中的应用越来越广泛。膜法采用的是 Na^+ 和 Cl^- 容易透过而对 SO_4^{2-} 阻碍作用很大的半透膜。当食盐水通过半透膜时，Na^+、Cl^- 可顺利通过，而98%的 SO_4^{2-} 被阻挡住，从而起到除去 SO_4^{2-} 的作用。

活动 2　硝酸钾粗品的提纯

活动背景

硝酸钾为无色晶体，具有强氧化性，是制造火药、烟花等产品的主要原料之一，并广泛应用于陶瓷、玻璃、金属热处理、选矿、电镀和造纸等多种行业。硝酸钾还是一种重要的化肥。

工业上多以硝酸钠和氯化钾为主要原料生产硝酸钾，副产品为氯化钠。将硝酸钾和氯化钠分离后，得到的硝酸钾粗品中常常含有少量氯化钠等杂质。那么，如何除去这些杂质呢？在生产中常用的方法是重结晶法。



图 1-1-2　硝酸钾是制造烟花的主要原料之一

活动任务

用重结晶法除去硝酸钾粗品中的氯化钠等可溶性杂质，得到较纯净的硝酸钾。

你将会有哪些收获

- 了解重结晶的基本原理，认识蒸发结晶与重结晶两种分离方法的适用条件；
- 掌握用重结晶法提纯物质的步骤和基本操作；
- 初步形成对物质纯化效果进行评价的意识。

原理解析

将硝酸钾粗品配成热的浓溶液，将其冷却时，由于硝酸钾在水中的溶解度会随温度的降低而减小，溶液中的硝酸钾会达到饱和而从溶液中析出；杂质含量很低，不会达到饱和，仍然留在溶液中。这样，通过过滤冷却后的混合液即可将硝酸钾与杂质分离开来，达到提纯的目的。这种方法称为**重结晶法**（recrystallization）。

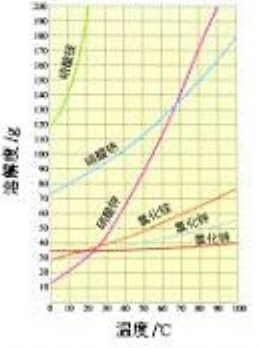


图 1-1-3　几种物质的溶解度曲线

实验方案及其实施



1. 称取6 g硝酸钾粗品，加入到小烧杯中，再加入10 mL蒸馏水。用酒精灯加热，搅拌，待晶体全部溶解后停止加热。

2. 将加热后的溶液冷却至室温。

3. 待溶液完全冷却后过滤，并用少量蒸馏水洗涤晶体，然后用干燥的滤纸吸取晶体表面的水分，得到纯度较高的硝酸钾晶体。剩余母液中仍含有硝酸钾，需将母液回收至指定容器。

4. 取绿豆粒大小的硝酸钾粗品和重结晶后得到的晶体，将它们分别放入两支试管中，各加入2 mL蒸馏水配成溶液并滴加几滴稀硝酸酸化，再向两支试管的溶液中各滴加2滴0.1 mol·L^{-1} $AgNO_3$溶液，观察现象。

资料在线

更有效的过滤方法——抽滤

抽滤也称减压过滤，是在较低压强下将晶体滤出，可以快速、充分地将晶体与母液分开。抽滤经常使用一种特殊的漏斗——布氏漏斗。使用时，将一片圆形滤纸（直径略小于漏斗内径）铺在漏斗底部，先用少量溶剂润湿滤纸并微启水泵，将其吸紧；然后小心地把要过滤的悬浊液倒入漏斗中，开大水泵，一直抽气到几乎没有液体滤出为止。抽滤装置如图1-1-4所示。



图1-1-4 抽滤装置

交流·研讨

1. 你所做的重结晶实验的纯化效果如何？

2. 在利用重结晶法提纯物质的过程中，既要保证产品的纯度，又要尽量减少产品的损失。那么，配制热的浓溶液时溶剂的用量、洗涤晶体时蒸馏水的用量等因素对提纯的效果有何影响？

3. 你对重结晶法的原理是怎样理解的？请对比分析蒸发结晶和重结晶的基本原理、适用条件和实施步骤，找出它们之间的差别。



利用重结晶法提纯物质，不受杂质种类的影响，只要杂质是少量的、可溶的，溶液冷却后杂质在溶剂中仍尚未饱和，皆可用此法纯化。被提纯的物质在该溶剂中的溶解度随温度改变有明显变化时，收率较高。有些盐（如氯化钠）的溶解度随温度的改变变化不大，在溶液冷却过程中析出晶体的量很少，对这些晶体进行纯化时不宜采用重结晶法。

在纯化实验完成之后，一般要从产品的收率和纯度两个角度对纯化的效果进行评价。

$$收率=\frac{产品质量}{原料质量}\times 100\%$$

拓展视野

重结晶法在有机化合物提纯中的应用

利用有机化学反应制得的固体产品中常常含有少量杂质，这些杂质主要是未反应的原料及副反应的产物，重结晶法是除去这些杂质的常用方法之一。例如，甲基橙、咖啡因都可以用水做溶剂重结晶得到纯品。除水外，在重结晶过程中常用的溶剂还有乙醇、丙酮、苯、石油醚、乙酸乙酯等。另外，还可以使用混合溶剂来提高纯化效果，常用的混合溶剂有乙醇—水、乙醚—甲醇等。



图 1-1-5 重结晶法提纯有机化合物流程示意图

由上述流程可以看出，重结晶法提纯有机化合物和提纯无机物的实验原理是相同的，不同之处在于所用溶剂不同。提纯有机化合物多用有机溶剂或混合溶剂。因多数有机溶剂易燃且具有一定的毒性，使用时需要特别注意。

课题 2　植物中某些成分的提取

植物中的一些成分有着重要的用途，从植物中提取这些成分是人们对植物利用的一个重要方面。例如，从油料植物中提取植物油，用它们做食用油或化工生产原料；从植物中提取香料、香精，将它们应用于饮料、食品、烟草、洗涤剂、化妆品等行业；从草药中提取有效成分，用它们制造多种药品和保健食品。



图 1-2-1　油菜是一种重要的油料植物



图 1-2-2　从薰衣草中提取的薰衣草油可用做香料

在本课题的活动中，你将尝试提取植物中的某些成分，了解从植物中提取物质的一般方法。

活动 1　从海带中提取碘

活动背景

碘，是一种重要的工业原料，可用于半导体材料的研制和生产。碘元素还参与人体甲状腺素的合成，能够调节新陈代谢，是人体生长发育不可缺少的微量元素。

碘元素在海水中含量甚微，但在海带、海藻等某些海洋植物中含量较为丰富。其中海带产量高、价格低廉，常用做提取碘的原料。

资料在线

海带的主要成分及应用

海带含有蛋白质、脂肪、糖、粗纤维、褐藻胶、甘露醇、维生素、碘的化合物等成分，具有很高的营养价值和一定的药用功能。从海带中提取的褐藻胶和甘露醇，被广泛地应用于食品、纺织、印染、橡胶和造纸等工业。

活动任务



图 1-2-3 海带是富含碘元素的海洋植物

海带除含有大量有机化合物外，还含有少量无机盐。碘在海带中主要以碘化物的形式存在。本活动的任务是从海带中提取碘。

你将会有哪些收获

- 了解从植物中提取无机物的一般方法；
- 学习萃取的原理和操作；
- 利用氧化还原反应将待提取物转化为易于提取的物质，体会转化的方法在物质分离中的应用。

原理解析

灼烧干海带可以使其中的有机化合物分解除去；用水浸取灼烧得到的灰烬，过滤后可得到含有 I^- 的滤液。滤液中还有多种可溶性无机盐，直接将碘化物与这些无机盐分离比较困难。可以先将 I^- 氧化为碘单质，再用萃取法将其提取出来。

萃取（extraction）是利用物质在互不相溶（或微溶）的溶剂中溶解能力不同进行分离或提纯的方法。例如，四氯化碳与水互不相溶，而碘单质在四氯化碳中的溶解能力比在水中的溶解能力强，如果将四氯化碳与含有碘单质的水溶液混合振荡，碘单质就会从水中富集到四氯化碳中。静置分层后，上面水层的颜色变浅，下面四氯化碳层呈紫红色，这是碘单质在四氯化碳中富集的结果。萃取还可用于“洗去”混合物中的少量杂质，此时的萃取也称为洗涤。分液漏斗是萃取常用的仪器，其使用方法见附录 2。

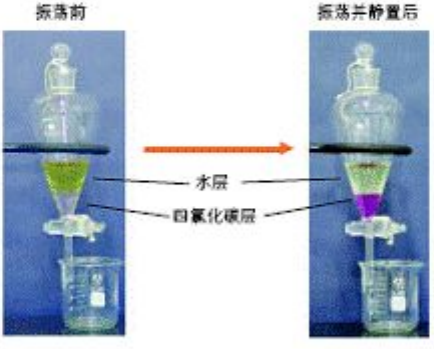
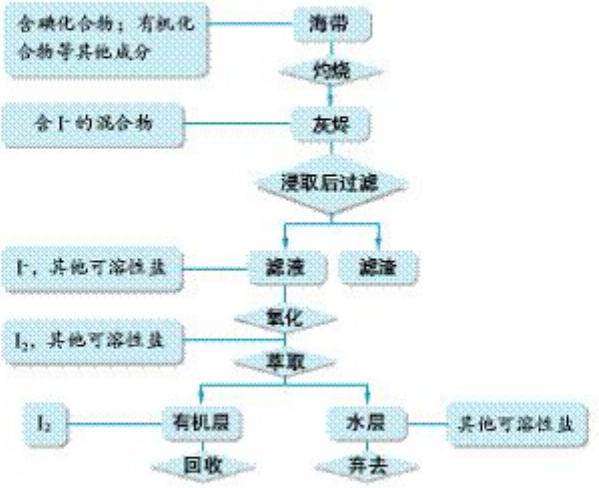


图 1-2-4 用四氯化碳从水溶液中萃取碘单质的实验



实验方案及其实施

1. 灼烧　称取5 g干海带，剪成小块，放入坩埚中。把坩埚置于泥三角上，用酒精灯加热灼烧（在通风橱中或室外进行），将海带烧成灰烬后，自然冷却。

海带灼烧不完全，会对实验有什么影响？

2. 浸取和过滤　将海带灰转移到小烧杯中，加入20 mL蒸馏水，搅拌，煮沸2～3 min，使可溶物溶解。过滤，收集滤液，弃去滤渣。

3. 氧化　向滤液中加入1 mL饱和氯水，振荡，溶液由无色变为棕黄色。



图1-2-5　灼烧海带装置

方法导引

- 氯水不宜多滴，否则会使碘单质继续氧化，其反应为：

$$5Cl_2 + I_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$$

- 以下两种方法都可以用于检验碘单质的存在：

（1）向1%淀粉溶液中滴入2滴上述棕黄色溶液，观察实验现象。

（2）取3 mL上述溶液注入试管中，然后加入1～2 mL四氯化碳，振荡后静置，观察水层和四氯化碳层的颜色。

4. 萃取　将经氧化处理后的溶液转入分液漏斗中，再加入2 mL四氯化碳萃取。下层为富含碘单质的四氯化碳溶液，收集后置于指定的容器中；上层为水层，可以弃去。

交流·研讨

1. 灼烧海带的作用是什么？除了灼烧之外，还可以采用其他方法来处理海带吗？
2. 为了将I^-氧化成碘单质，可以选用什么试剂？如何检验是否有碘单质生成？
3. 碘元素在整个实验过程中是如何转化的？
4. 是否可以利用碘单质易升华的特性对其进行纯化？如果可以，想一想应该如何进行实验。

进一步探索

用反萃法将碘单质从四氯化碳溶液中提取出来

在上面的实验里已经将碘单质富集在四氯化碳中，那么，如何将碘单质从中分离出来呢？要解决这一问题，可以采用反萃法。

1. 将几位同学得到的碘的四氯化碳溶液合并于分液漏斗中，向其中逐滴加入40%的NaOH溶液，边滴边振荡，直到四氯化碳层不显红色为止。碘单质发生反应生成IO_3^-和I^-进入水溶液。

$$3I_2 + 6OH^- \longrightarrow IO_3^- + 5I^- + 3H_2O$$

2. 分液，将水层转入烧杯中向得到的水溶液中滴加45%的硫酸酸化，可重新生成碘单质。由于碘单质在水中的溶解度很小，可沉淀析出，分离后即可获取固态碘单质。

$$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$$

像这种将富集在四氯化碳中的碘单质通过转化重新富集在水中的方法即为反萃法。上述实验中反萃后的四氯化碳可以回收，反复使用。

升华法纯化碘

在浸取海带灰烬得到含I^-的溶液之后，也可以对滤液进行如下处理，利用碘单质易升华的特性来提取碘单质。

1. 将几位同学第2步操作“浸取和过滤”得到的滤液合并，向其中滴加2 mol·L^{-1}硫酸调至中性（海带灰含有碳酸钾，中性或弱酸性条件对下一步氧化析出碘单质有利）。

2. 把酸化后的滤液在蒸发皿中蒸干并尽量炒干、研细，再加入1 g重铬酸钾固体与之混合均匀。

3. 将上述混合物放入干燥的大试管中，按图1-2-6所示组装仪器，加热，I^-被氧化生成的碘单质升华。碘蒸气在具支试管底部凝结成晶体。

4. 当无紫色碘蒸气产生时，停止加热。将得到的碘单质回收在棕色试剂瓶里。

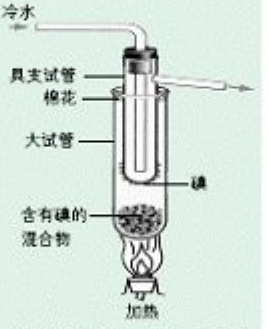


图1-2-6 升华法纯化碘的实验



活动2 菠菜中色素的提取与分离

活动背景

菠菜中含有多种色素，如叶绿素（绿色）、胡萝卜素（橙黄色）、叶黄素（黄色）等。这些天然色素对人体无害，可在食品工业中用做添加剂使食品着色；也可用做医药工业的原料，如胡萝卜素的一种异构体——β-胡萝卜素可用做生产维生素A的原料。

活动任务

提取菠菜中的叶绿素、胡萝卜素、叶黄素等植物色素，并用纸色谱法进行分离。

你将会有哪些收获

- 学会用有机溶剂提取菠菜中的色素并进行分离，了解从植物中提取有机化合物的一般方法；
- 学会根据物质的性质选择合适的溶剂，知道选用混合溶剂是提取物质的有效途径；
- 了解利用纸色谱法分离物质的原理和操作。

原理解析

用水做溶剂从固体中把某种物质浸取出来是常用的分离方法。例如，用水泡茶能将茶叶中的某些成分溶解在水里；用水浸取海带灰后过滤，可得到含有I^-的水溶液。

用什么方法能将菠菜中的色素提取出来呢？为此，应该选用什么溶剂？如何将这些色素分离开来？

知识支持

“相似相溶”原理

像H_2O这样，正、负电荷重心不重合的分子称为极性分子；反之，像I_2、CCl_4这样，正、负电荷重心重合的分子称为非极性分子。分子结构的对称性越差，分子的极性越强。物质的溶解性取决于溶质分子结构和溶剂分子结构的相似程度，即由极性分子构成的物质易溶于极性溶剂，由非极性分子构成的物质易溶于非极性溶剂，这就是“相似相溶”原理。

1. 菠菜中色素的提取

叶绿素主要包括叶绿素a（$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$，蓝绿色）、叶绿素b（$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$，黄绿色）。叶绿素易溶于石油醚等非极性溶剂。

胡萝卜素（$C_{40}H_{56}O$）为橙色色素，能溶于石油醚等非极性溶剂。叶黄素（$C_{40}H_{56}O_2$）为黄色色素，是胡萝卜素的羟基衍生物。叶黄素较易溶于乙醇等极性溶剂，在石油醚中的溶解度较小。

叶绿素a、叶绿素b和胡萝卜素易溶于石油醚，叶黄素易溶于乙醇，石油醚和乙醇可以混溶。因此，可以选择石油醚—乙醇混合溶剂来提取菠菜中的色素，然后用水洗去乙醇和少量易溶于水的杂质，这样就可得到色素的石油醚溶液。

资料在线

石油醚

石油醚是由多种烷烃组成的混合物，是一种常用的有机溶剂，为无色透明液体，有特殊气味；不同规格的石油醚因其组分差异，沸点从30℃至120℃不等；相对密度为0.63～0.66；可与无水乙醇、乙醚、苯等混溶，不溶于水；极易挥发，易燃，其蒸气与空气混合遇火易发生爆炸。

2. 色素的分离

提取菠菜色素得到的石油醚溶液可用纸色谱法分离。

将少量含有几种物质的溶液涂在滤纸条的一端，并在这一端用适当的溶剂（称为展开剂）润湿，在滤纸的毛细作用下，展开剂携带待分离的物质沿滤纸纤维向上移动。由于不同的组分的移动速度不同，一段时间后，不同的组分移动的距离不同，从而达到将这些组分分离开来的目的，如图1-2-7所示。这种分离方法称为**纸色谱法**（paper chromatography），它是色谱法的一种，又叫纸上层析。

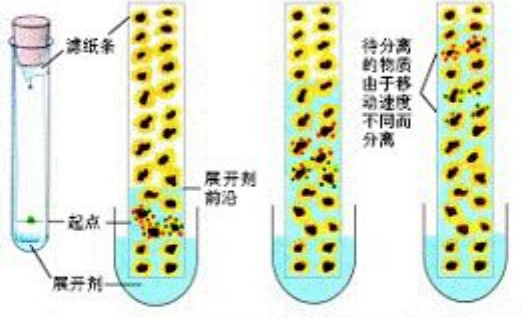
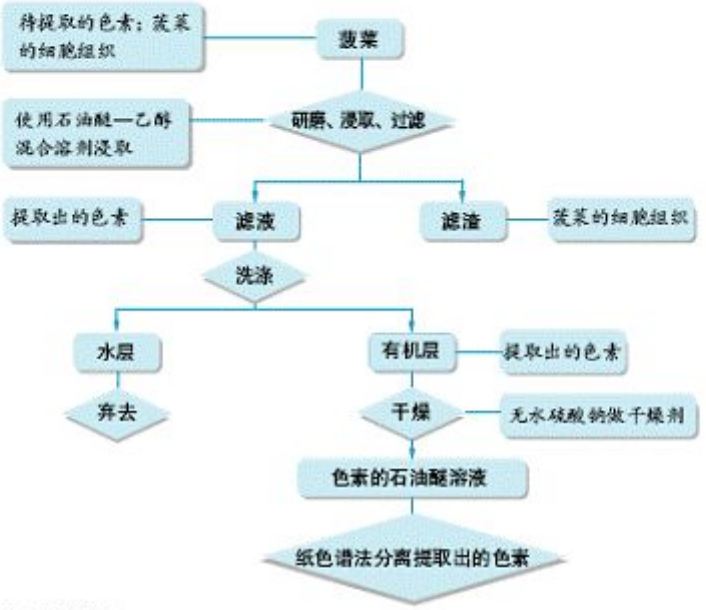


图1-2-7 纸色谱法分离混合物的原理示意图

本主题开始时，用粉笔分离红墨水和蓝墨水混合液的方法也是色谱法的一种。色谱法因最早应用于分离植物色素时会形成不同颜色的谱带而得名，后来被广泛应用于物质的分离。

实验方案及其实施

菠菜中色素的提取与分离流程为：



菠菜中色素的提取

1. 研磨　取10 g菠菜切成小块，用研钵捣烂，装入锥形瓶中。

2. 浸取　向锥形瓶中加入10 mL石油醚—乙醇混合溶剂（体积比为1∶1），塞上橡胶塞，振荡。

3. 过滤　将一小团棉花放在漏斗颈部，过滤浸取液（图1-2-8）。

4. 洗涤　将滤液移入分液漏斗，用10 mL水洗涤两次，以除去乙醇及浸取液中的少量水溶性物质。注意不要剧烈振荡，以防止乳化；静置分层（图1-2-9），弃去下层（水—乙醇层），将上层（石油醚层）溶液移至干燥的小锥形瓶中。

5. 干燥　加入少量无水硫酸钠，干燥，备用。



图1-2-8 过滤浸取液



图1-2-9 用水洗去水溶性杂质

安全提示

石油醚、乙醇均为易挥发、易燃的有机溶剂，实验时应注意安全，远离明火。

色素的分离

1. 裁纸　取一张滤纸裁成1.5 cm × 20 cm的长方形，注意使滤纸纤维呈竖直走向。

2. 点样　在距滤纸的一端约2 cm处，用铅笔画一条直线作为起点线，用毛细管吸取菠菜中色素的提取液在起点线中部点样，并使斑点尽可能小。如果色斑颜色很浅，待溶剂完全挥发后，再吸取提取液重新点在同一位置上。

3. 展开　溶剂完全挥发后，用大头针将滤纸的另一端钉在橡胶塞上。将滤纸点样一端向下直立于盛有展开剂（体积比为8∶1的石油醚—丙酮混合试剂）的大试管中（滤纸应浸入展开剂，展开剂的液面应低于色斑），塞紧橡胶塞，静置，观察展开过程。

4. 晾干　当展开剂上升至距滤纸上沿约1 cm处时，取出滤纸，用铅笔在展开剂前沿处画一条线。晾干后，仔细观察每个色斑的位置。

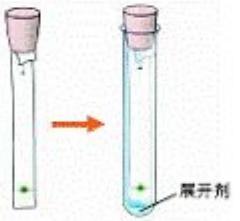


图1-2-10　用纸色谱法分离色素

交流·研讨

1. 纸色谱法分离物质的基本原理是什么？应该如何操作？在操作过程中应注意哪些事项？
2. 请你归纳从植物中提取某些成分的一般方法以及应该考虑的问题。

拓展视野

色谱法用于物质分离

在前面的实验中，使用了纸色谱法分离从菠菜中提取出的色素，这种方法因分离的混合物的量很小，主要用于混合物的分离鉴定。另一种常用的色谱法是柱色谱法，它主要用于分离物质，其基本原理为：如果将吸附剂（常用的有氧化铝、硅胶、氯化镁、碳酸钙等）装入色谱柱中，把样品溶液从色谱柱上口加入，用合适的溶剂（称为洗脱剂）洗脱，样品的不同组分由于移动速度不同，会先后从色谱柱的下端流出，将洗脱液按组分收集，即可将样品的组分分离。

色谱法分离的效率较高，常用于分离微量的物质以及性质极其相似的组分。色谱法分离已广泛应用于无机物、有机化合物的分离与分析。



图1-2-11　用柱色谱法分离菠菜色素示意图

身边的化学

蜂胶的提取

蜂胶是蜜蜂从树芽、树皮等部位采集的树脂，再混以蜜蜂舌腺、蜡腺等腺体的分泌物，加工转化而成的一种胶状物质。蜜蜂将这些物质涂在整个蜂巢的表面，一方面起防腐、抗氧化作用，另一方面来粘合蜂巢、堵塞缝隙等，使许多病菌无法在蜂巢内滋生。经分析证明，蜂胶含有20大类共300余种营养成分，其中已被鉴定出有70多种黄酮类化合物，它们对调节生理功能、提高生命活动质量有重要意义。那么，你知道人们是如何把蜂胶从蜂巢里提取出来的吗？



图1-2-12 蜂胶制品

蜂胶的提取可以选择乙醇作为溶剂，将95%的乙醇与粉碎后的粗蜂胶按一定比例混合，然后加热回流，蜂胶溶解在乙醇中，过滤后再将滤液中的乙醇蒸去，滤液成为深褐色、香味宜人的蜂胶提取物，进而可加工成口服液、胶囊、片剂等剂型的保健食品。

综合实验活动　从茶叶中提取咖啡因

活动背景

茶叶是以茶树新梢上的嫩叶为原料加工制成的产品，又称“茗”，可做饮料或制作其他食品、药品的原料。



图 1-3-1　茶树嫩叶

茶叶含有多种成分，包括咖啡因等生物碱，以及茶多酚、单宁酸（鞣酸）、蛋白质、糖类、氨基酸、维生素等物质。从元素组成角度看，茶叶含有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、铁、锰、铝、硫、锌、铜、氟、钼等元素。

咖啡因是天然的食品添加剂，可用于制造兴奋性饮料；它是制药工业中的重要原料，复方阿司匹林(APC)等药物的主要成分之一就是咖啡因。咖啡因不仅能兴奋中枢神经、消除疲劳，还能刺激胃液分泌、帮助消化；但是，服用较大剂量时会引起不良反应，甚至中毒。

目前获取咖啡因的途径之一是人工合成。由于人工合成的咖啡因含有原料残留，长期食用会产生残毒作用，有的国家已禁止在饮料中使用合成咖啡因。人们对于绿色食品的渴求，使得从茶叶中提取咖啡因的工艺得到了人们的日益关注。

活动任务

请设计和评价从茶叶中提取咖啡因的方案，并亲自动手提取咖啡因。

你将会有哪些收获

- 掌握提取植物中某些成分和纯化物质的一般方法；
- 能够设计提取和分离物质的实验方案并对方案的合理性进行评价；
- 学会利用物质升华的性质进行分离的方法。

设计实验方案

思考下面的问题，查阅相关资料，设计从茶叶中提取咖啡因的方案。

1. 你认为从植物中提取物质的一般思路是什么？当你设计从茶叶中提取咖啡因的方案时，首先要进行哪些工作？

2. 表1-3-1的数据对你有什么启示？对比咖啡因和单宁酸的性质，可以使用什么方法将这两种物质分离开来？咖啡因易升华的性质对你设计实验方案有什么帮助？

3. 依据物质性质选定分离方法后，要进行具体的实验设计。以下是A、B、C、D四位同学设计的不同方案，请你对它们的合理性进行分析和评价。

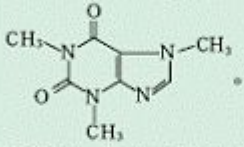


知识支持

咖啡因与单宁酸

茶叶含有多种成分，与本实验密切相关的主要有以下两种。

1. 咖啡因：又称咖啡碱或茶素，分子式为$C_8H_{10}O_2N_4$，相对分子质量为194.19，结构简式为



。含结晶水的咖啡因是无色、无臭、有光泽的针形晶体，味苦，在空气中易风化，在100℃时失去结晶水并开始升华，120℃时升华相当显著，178℃时升华很快。无水咖啡因的熔点为234.5℃。

咖啡因是弱碱性化合物，与酸反应能形成不稳定的盐；易溶于热水和氯仿，能溶于水和乙醇，微溶于乙醚。

表1-3-1　　咖啡因在不同溶剂中的溶解度

溶剂	水（100℃）	水（80℃）	水	乙醇（60℃）	乙醇	氯仿	乙醚
溶解度/g	66.6	18.2	2	4.5	2	18.2	0.19

（表中未注明温度的为常温）

2. 单宁酸：又称为鞣酸或单宁，是一类结构复杂的酚类化合物，为白色至浅棕色固体，微有特殊气味，具有强烈的涩味；遇碱石灰、蛋清、淀粉、明胶及许多生物碱和金属盐类会产生沉淀，遇铁盐会产生黑色沉淀；能溶于水、醇、丙酮和甘油，几乎不溶于醚、苯、氯仿和石油醚；露置在光和空气中，颜色会变深。

实施实验方案

请将你设计的实验方案与下面的方案进行比较，确定你的实验流程并动手实验，记录实验现象。

浸 取

将咖啡因从茶叶中浸取出来：
1. 应该选择什么溶剂？为什么？
2. 是否需要加热？如果需要加热，应选用什么装置？

↓

过 滤

回忆学过的过滤操作是如何进行的，应该注意什么问题。

↓

蒸发、焙炒

1. 参考咖啡因的物理性质，想一想应该如何控制蒸发温度。
2. 为了防止单宁酸对本实验的影响，应该将其除去。为此，应该选择哪种试剂？

↓

升 华

1. 请你设计用升华法纯化咖啡因的装置，并与同学们交流、讨论。
2. 你认为在升华操作中应该注意哪些问题？

1. 浸取　称取 5 g 茶叶，研碎，将其放入 100 mL 锥形瓶中，再加入 50 mL 水，用酒精灯加热，沸腾后继续加热 10 min 左右。

2. 过滤　将一小团棉花放在漏斗颈部，过滤浸取液。

3. 蒸发　将滤液转移至蒸发皿中，加入熟石灰 2～3 g，搅拌，蒸发浓缩至剩余少量液体。在蒸发皿下垫一石棉网，蒸干剩余液体。

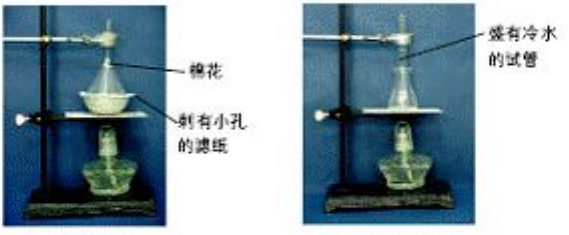
4. 焙炒　小心加热，焙炒除去全部水分。焙炒温度不可过高，否则会造成咖啡因升华。



图 1-3-2　蒸干及焙炒装置

蒸发皿是可以直接加热的，此处为何要使用石棉网？

5. 升华　请从图1-3-3中选择你认为满意的升华装置纯化咖啡因，你也可以使用自己设计的升华装置。



升华装置1　　升华装置2

图1-3-3　两种升华装置

交流·研讨

1. 展示你所得到的晶体并描述它的状态。

2. 加入熟石灰的作用是什么？可以使用其他试剂代替熟石灰吗？

3. 你选择了哪种升华装置？效果如何？请分析原因，并说明在升华操作中应当注意哪些问题。

4. 茶叶中还有多种具有药用价值的成分，这些成分的提取和利用也很有意义。你可以通过查找资料来获取提取这些成分的相关信息。



有些固态物质在受热时不经过熔融状态就变成蒸气，蒸气遇冷再直接变成固体，这种过程叫做**升华**（sublimation）。

若易升华的物质中含有难挥发性物质，可以用升华法进行提纯。用升华法制得的产品，纯度较高，但操作费时，损失也较大。

主题拓展　分离技术在生产中的应用

分离技术对生产来说具有十分重要的作用。例如，由生物体或矿物提取的物质需纯化后才能作为生产原料或用于食品、药品制造；由氯乙烯通过聚合反应生产聚氯乙烯时，要求氯乙烯的纯度必须达到99.9%以上，否则不能得到合格产品；在合成氨生产中，如果原料气中杂质气体的浓度超标，催化剂就会中毒，因此必须严格控制它们的含量。在生产中，根据不同的情况和条件，可采用不同的分离技术。

一、蒸馏与分馏技术

将液体加热至沸腾使其变成蒸气，再使蒸气通过冷却装置冷凝并将冷凝液收集在另一容器中的过程叫做蒸馏。通过蒸馏能将沸点相差较大的液体从它们所形成的混合物中分离开来，达到纯化的目的。

生产中广泛应用的是分馏，也称精馏。精馏是在同一个设备中，使液相进行多次部分汽化，气相进行多次部分冷凝以分离液体混合物的操作，相当于经过连续数次的蒸馏。

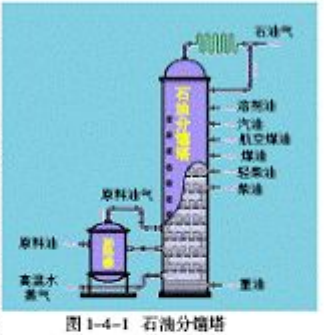


图 1-4-1　石油分馏塔

分馏广泛应用于化工生产、石油炼制等多种工业部门。例如，石油炼制过程中从原油中分离出汽油、煤油、柴油及其他产品，煤的综合利用中从煤焦油中分离出苯、甲苯、二甲苯等，利用的都是分馏。分馏操作还可用来分离通常条件下为气体的混合物。例如，利用深冷分离法分离空气中的氧气和氮气，可先将空气降温压缩液化，根据氧气、氮气等沸点的不同，经分馏得到所需产品；石油气液化后可用分馏方法得到分子中含碳原子少的烃。

二、超临界流体萃取技术

超临界流体萃取（简称SCFE）是一种用超临界流体（简称SCF）代替常规有机溶剂对植物的某些成分进行萃取和分离的新型技术。

物质处于一定的压力和温度下，其状态介于液态和气态之间，黏度与气体相近，分子扩散的能力强，处于这种状态的物质称为超临界流体，超临界流体对许多物质有较强的溶解能力。

超临界流体萃取技术的原理是使超临界流体在高于临界温度和高于临界压力的条件下来萃取目标物中的有关成分，当撤消超临界条件时，超临界流体转变为气态，与溶解在其中的成分分离。超临界萃取剂主要有乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、苯、氨、二氧化碳等，最常用的是二氧化碳。

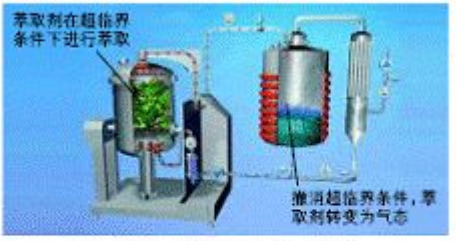


图1-4-2 超临界流体萃取原理示意图

超临界二氧化碳萃取法的最大优点是可以在接近常温的条件下进行提取、分离，几乎保留了产品的全部有效成分，没有溶剂残留，产品纯度高，操作简单，节能，从而实现了溶剂的绿色化，具有非常广阔的应用前景。例如，从黑胡椒中用超临界二氧化碳萃取胡椒碱时，萃取率可高达98%；若用二氯乙烯萃取，萃取率只有41%且产品杂质含量高。

三、膜分离技术

膜分离的基本原理是利用天然的或人工合成的具有选择透过性的薄膜，在外力（压力差、电位差或浓度差等）驱动下对混合物进行分离、浓缩、提纯的一种新方法。这种薄膜应当具有使某些物质可以通过，而另一些物质不能通过的特性。膜分离技术具有广泛的用途，例如，利用膜分离技术可以淡化海水。

图1-4-3是利用反渗透法淡化海水的原理示意图。将海水根据水质进行相应的预处理后，用加压泵加压将处理后的海水送入反渗透膜组堆里。反渗透膜只允许水分子透过，而Cl^-和Na^+不能透过，透过反渗透膜的水就是淡水了。得到的淡水经收集后再经过适当的处理即可供用户使用，未能透过反渗透膜的浓盐水经处理后排回大海。

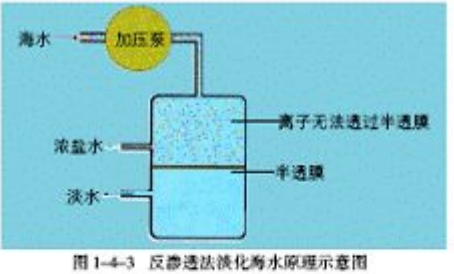


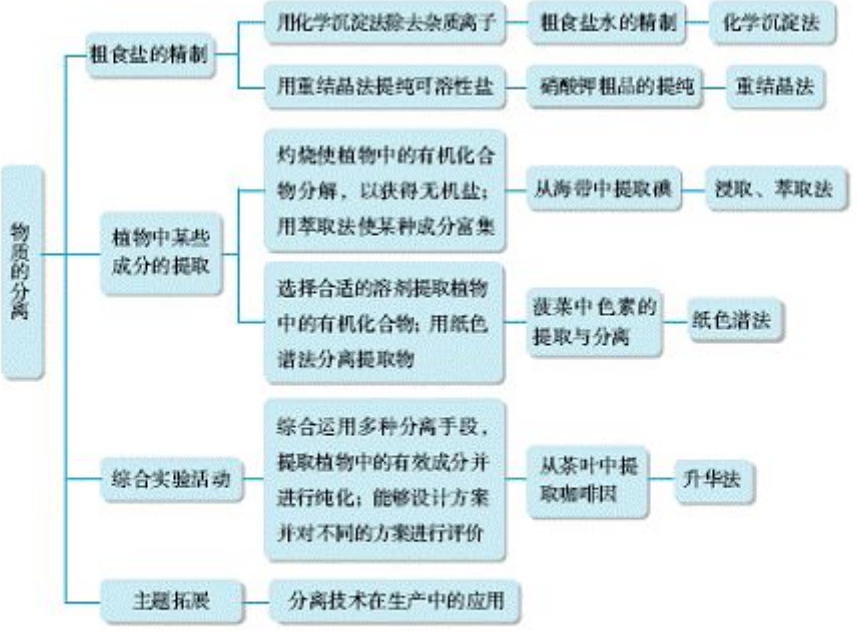
图1-4-3 反渗透法淡化海水原理示意图

膜分离技术具有分离效率高、节能、环境友好、占地少、成本低、操作简便、容易放大等突出优点。采用这种技术进行分离，不但会取得很好的社会效益和经济效益，也会给化工生产的技术革命带来划时代的影响。

本主题概括整合

在本主题的活动中，你学习了物质分离的常用方法。这些方法可以用于从混合物中提取需要的物质，将混合物的不同组分分开，以及对某种物质进行提纯。

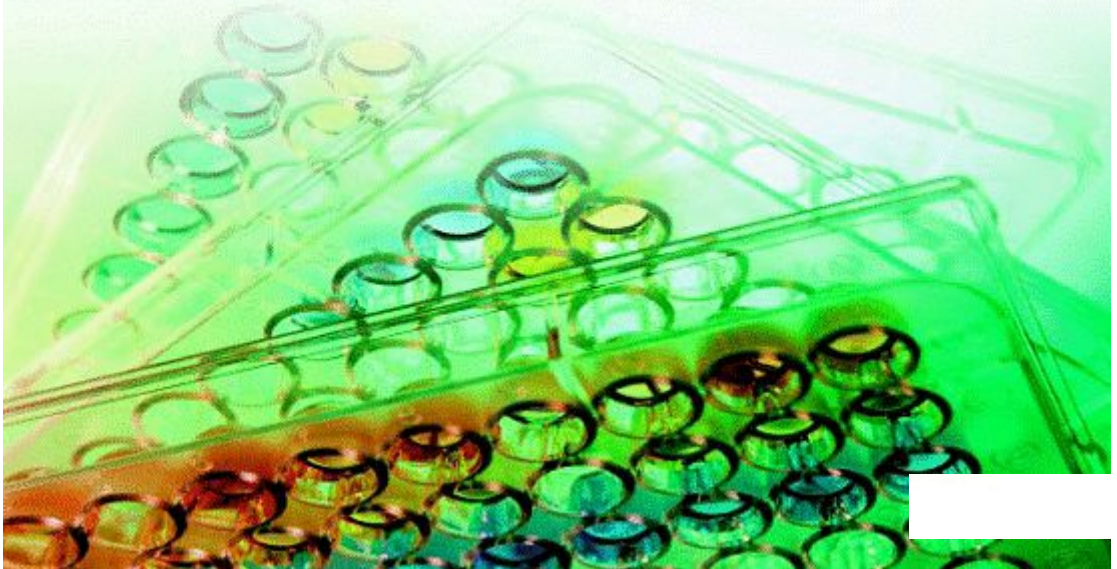
对物质进行分离，在选择分离方法时，要综合考虑混合物的状态以及各组分的性质，既可以利用各组分物理性质的不同选择重结晶法、萃取法、蒸馏法、升华法、色谱法等物理方法，也可以根据各组分化学性质的差异进行分离或选择合适的试剂除去杂质。例如，除去粗食盐中的 Ca^{2+}、Mg^{2+} 等离子使用的是化学沉淀法。在分离过程中，有时要先将物质做一定的转化后再进行分离。例如，为了将 I^- 从水溶液中分离出来，要先将 I^- 转化为碘单质，然后用有机溶剂将其萃取出来。



主题2

物质性质及反应规律的研究

- 课题1　研究物质性质的基本方法
- 课题2　认识发生在盐溶液中的化学反应
- 综合实验活动　反应条件对化学反应的影响
- 主题拓展　现代实验技术在研究物质性质及反应规律中的应用
- 本主题概括整合



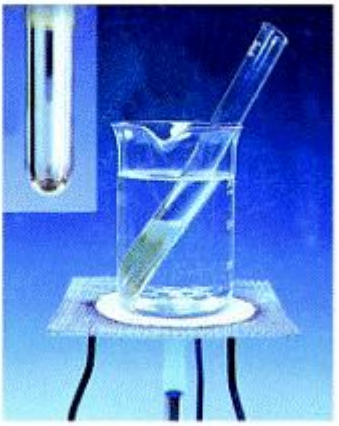


图1 镁镜反应实验

认识物质性质及反应规律是化学研究的主要任务之一。实验是进行这些研究工作的重要途径和方法。

如何通过实验来研究物质的性质？研究无机物和有机化合物性质的实验方法有什么不同？影响物质性质的因素有哪些？物质在水溶液中会发生什么变化？溶液通电时会发生什么变化？这些变化存在着哪些规律？这些都是非常值得研究的问题。



图2 同学们正在通过实验探究物质的性质

在本主题中，我们将通过一系列活动，进一步学习如何通过实验研究物质性质及反应规律。这其中包括通过探究锌及其化合物的性质，学习研究含有某种元素的一系列物质的性质的方法；通过探究具体有机化合物的性质，认识研究有机化合物性质的基本思路和方法；通过探究盐溶液的酸碱性认识盐类的水解及其规律，通过探究饱和食盐水的电解认识电解及其规律，体会实验方法在研究化学反应规律方面的作用；通过探究反应条件对化学反应的影响，认识研究物质性质及反应规律时控制实验过程中变量的重要性，增强变量控制的观念。

你已经具备的基础

- 知道了研究物质性质的基本方法和程序；
- 了解了一些元素及其化合物的主要性质；
- 了解了简单有机化合物如甲烷、乙烯、乙醇、苯的主要性质；
- 初步具备了通过实验研究物质性质的能力。

课题 1 研究物质性质的基本方法

在必修化学课程中，你已经学习了研究物质性质的基本方法和程序，认识了一些无机物和有机化合物的性质。在本课题中，将从一类物质的通性以及氧化性、还原性的角度，研究未曾学习过的一系列物质——锌及其化合物的性质；通过研究苯酚和甲醛的性质，认识官能团与有机化合物性质的关系，进一步提高通过实验研究物质性质的能力。

活动 1 锌及其化合物性质的研究

活动背景

锌（zinc）及其化合物有多种用途。据统计，全世界生产的金属锌约有 40% 用来制造镀有金属锌的管材和白铁皮（镀锌铁皮）。锌是植物生长不可缺少的元素，硫酸锌是一种常用的微量元素肥料。



图 2-1-1 镀锌管

锌元素是人体必需的微量元素之一，是人体多种蛋白质的核心组成部分。但是，过量的锌会使蛋白质沉淀，对皮肤和黏膜有较强的刺激性和腐蚀性，因此，在日常生活中不能使用各种白铁皮制成的容器盛装柠檬汁、苹果酱、酸牛奶、食醋等酸性食品，以免摄入过多的锌。

活动任务

通过实验研究金属锌、氧化锌、氢氧化锌、氯化锌等含锌物质的性质。

你将会有哪些收获

- 了解金属锌、氧化锌、氢氧化锌、氯化锌的主要性质，知道含锌物质的一些用途；
- 学习探究某种元素及其化合物化学性质的实验方法；
- 提高研究无机物性质的实验能力。

设计实验方案

1. 请你预测金属锌、氧化锌、氢氧化锌、氯化锌可能具有哪些化学性质。

你的预测

方法导引

- 你已经学习过铝、钠、铜、铁及其化合物的性质，想一想这些认识对你预测金属锌及其化合物的化学性质有什么启示。
- 根据锌及其化合物的组成判断它们属于哪类物质，据此预测它们可能具有哪些化学性质。
- 判断含有锌元素的各种物质中锌元素的化合价，思考这些物质有无氧化性或还原性。

2. 请找出可能与金属锌、氧化锌、氢氧化锌、氯化锌发生反应的物质的类别并进行连线。

金属锌　氧化锌　氢氧化锌　氯化锌

金属　碱性氧化物　碱　盐　酸　酸性氧化物　非金属

3. 选择具体试剂，实现上述反应。

你的实验方案

工具栏

供选择的试剂：金属锌（锌粉、锌粒或锌片），氧化锌，氢氧化锌，氯化锌，氧化铁，NaOH溶液，盐酸，氨水，碳酸钙，$CuCl_2$溶液，镁条，硫粉，氧化钠。

实施实验方案

请实施你的实验方案，检验你的预测，做好实验记录。

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

1. 实验室里若没有氧化锌试剂，你将怎么办？

2. 观察在空气中久置的锌片，它的表面有金属光泽吗？这是为什么？

3. 向盛有锌粒的试管中加入少量NaOH溶液，有什么现象发生？再用酒精灯加热试管，又有什么现象发生？这是为什么？

交流·研讨

1. 归纳总结锌及其化合物的主要性质。

2. 通过本活动，你对利用实验方法探究元素及其化合物的性质有了哪些新的认识？

3. 锌位于元素周期表中的第4周期ⅡB族，属于过渡元素。金属锌是一种过渡金属，你学习过的金属铜、金属铁等也是过渡金属。请你查阅资料，丰富对过渡金属的认识。



金属锌、氧化锌、氢氧化锌、氯化锌主要具有以下性质。

金属锌

1. 纯锌具有银白色的金属光泽，在空气中久置的锌片却呈灰色，这是因为金属锌的化学性质比较活泼，与空气中的水、二氧化碳和氧气发生化学反应，生成了一层薄的碱式碳酸锌。这层薄膜保护着内层的锌不再“生锈”。

$$4Zn + 2O_2 + 3H_2O + CO_2 = ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$$

2. 在加热条件下，金属锌可以与大多数非金属反应。例如，金属锌能与氧气反应生成白色的氧化锌，还能与卤素单质化合生成卤化锌。

$$2Zn + O_2 \xlongequal{\triangle} 2ZnO$$

$$Zn + X_2 \xlongequal{\triangle} ZnX_2 \text{（}X_2\text{表示卤素单质）}$$

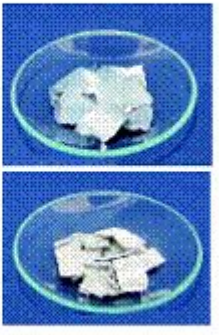


图2-1-2 纯锌（上）与“生锈”的锌（下）

3. 金属锌既能与酸溶液反应又能与强碱溶液反应。例如：

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$$
$$Zn + 2H_2O + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$$

四羟基合锌酸钠



图 2-1-3 将锌粉撒在酒精灯火焰上的现象

4. 金属锌可以与盐溶液发生反应。例如，金属锌能将铜盐溶液中的 Cu^{2+} 还原为铜单质。

氧化锌

氧化锌是两性氧化物，能与酸溶液反应生成锌盐和水，也能与强碱溶液反应生成四羟基合锌酸盐。例如：

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$
$$ZnO + 2NaOH + H_2O = Na_2[Zn(OH)_4]$$

氧化锌是一种优良的白色颜料。它具有一定的杀菌能力，可用来制医药软膏等。

氢氧化锌

1. 氢氧化锌是两性氢氧化物，既可与酸溶液反应生成锌盐和水，又可与强碱溶液反应生成四羟基合锌酸盐，其反应的离子方程式分别为：

$$Zn(OH)_2 + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$$
$$Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}$$

2. 氢氧化锌受热时易分解，生成氧化锌和水。

$$Zn(OH)_2 \xlongequal{\triangle} ZnO + H_2O$$

氧化锌

氧化锌是锌的一种常见的可溶性盐，在 $ZnCl_2$ 溶液中加入适量的碱，溶液中有白色的氢氧化锌沉淀生成，其反应的离子方程式为：

$$Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2\downarrow$$

无水氧化锌吸水性很强，容易潮解，常用做有机反应的脱水剂和催化剂。$ZnCl_2$ 溶液呈酸性，在焊接铁件时，常用 $ZnCl_2$ 浓溶液清除金属表面的氧化物。

进一步探索

锌及其化合物间的相互转化

根据对锌及其化合物化学性质的认识，设计实验实现图 2-1-4 所示的物质间的转化（可一步完成，也可分几步完成），实施你的实验方案并检验反应产物。

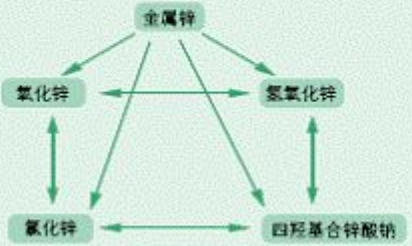


图 2-1-4 锌及其化合物间的转化示意图

身边的化学

为什么说锌是铁的“忠诚卫士”

白铁皮是镀锌的铁，马口铁是镀锡的铁，白铁皮比马口铁要耐用得多。马口铁只要碰破了一点镀层，铁的腐蚀速度就会加快，而白铁皮即使碰破一大块镀层，铁也不会很快被腐蚀。这是因为在潮湿的环境中，镀层剥落处的铁、锌和水膜可以形成微电池，由于锌比铁活泼，易被腐蚀，因而铁得到保护。相反，锡不如铁活泼，马口铁镀层被破坏后，主要是铁被腐蚀，而且由于锡的存在还加快了铁的腐蚀速率。



图 2-1-5 用白铁皮制成的排气管不易被腐蚀



完好的马口铁铁桶



生锈的马口铁铁桶

图 2-1-6 破损的马口铁铁桶易被腐蚀

将要保护的金属与比它活泼的金属相连构成原电池，便可以使要保护的金属不被腐蚀，这就是牺牲阳极的阴极保护法（发生氧化反应的一极是阳极，发生还原反应的一极是阴极）。人们常将锌块或锌板镶嵌在水闸、水下钢柱等的表面以及舰船底部，让锌块或锌板充当“防锈卫士”。

帅者化学

活动2 有机化合物性质的研究

活动背景

有机化合物在人们的日常生活中有着非常广泛的应用，可以说它们无处不在。有机化合物种类繁多、性质各异，如何研究它们的性质呢？本实验以苯酚和甲醛为例进行探究。

苯酚（phenol）属于有机化合物，是一种重要的化工原料，并常用做消毒剂和防腐剂。但苯酚具有一定的毒性，人长期接触它易患心脏病和肾炎等疾病。随着石油化工、有机合成等工业的发展，产生了大量含有苯酚的废水。废水中的苯酚会影响水中生物的生长和繁殖，污染饮用水源，因此含苯酚废水的处理是环境保护中的重要课题。

甲醛（formaldehyde）是一种用途广泛的有机化合物。在纺织行业，甲醛可用于制造染料、服装后处理的柔软剂；在建材行业，甲醛是制造人造板材所需脲醛树脂、酚醛树脂的重要原料。35%～40%的甲醛水溶液（俗称福尔马林）具有杀菌和防腐能力，可浸制生物标本；0.1%～0.5%的甲醛水溶液在农业上可用来浸种，给种子消毒。由于甲醛具有毒性，使用时要慎重。



图2-1-7 一种酚醛树脂

苯酚和甲醛分别是什么样的有机化合物？它们具有哪些性质？

活动任务

通过实验研究苯酚和甲醛的化学性质。

你将会有哪些收获

- 认识苯酚的化学性质，了解酚类的官能团——酚羟基的性质；
- 认识甲醛的化学性质，了解醛类的官能团——醛基的性质；
- 学习通过官能团研究有机化合物性质的实验方法；
- 认识官能团之间的相互作用对有机化合物化学性质的影响。



图2-1-

任务1 苯酚性质的研究

苯酚的分子式是C_6H_6O，结构简式是C_6H_5OH或。纯净的苯酚是无色晶体，具有特殊气味，熔点是43℃，露置在空气中的

师者论坛

苯酚会因部分被氧化而呈粉红色。常温时，苯酚在水里的溶解度约为8 g，当温度高于65℃时苯酚能与水以任意比例互溶。苯酚易溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。那么，苯酚具有哪些化学性质呢？

设计实验方案

1. 分析苯酚的分子结构，分别比较苯酚与苯和乙醇的结构有什么异同，思考苯酚可能具有哪些化学性质、可能与哪些物质发生反应。



图 2-1-9 苯酚分子的填充模型

知识支持

官能团

有机化合物分子中，比较活泼、容易发生反应并反映着某类有机化合物共同特性的原子或原子团叫做官能团，如羟基（-OH）、羧基（-COOH）、卤素原子（-X）、醛基（-CHO）、碳碳双键、碳碳叁键、苯环等分别是醇（或酚）、羧酸、卤代烃、醛、烯烃、炔烃和芳香烃的官能团。当不同的有机化合物具有相同的官能团时，它们便具有类似的化学性质。例如，乙醛和葡萄糖分子中都有醛基，它们都能与新制的氢氧化铜悬浊液反应产生砖红色的氧化亚铜沉淀。

2. 预测苯酚能否与NaOH溶液、溴水、$FeCl_3$溶液等发生反应，以及苯酚水溶液的酸碱性，设计实验进行验证。

你的实验方案

实施实验方案

实施你的实验方案，验证你的假设并进行实验记录。

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

安全提示

使用苯酚时要小心，如果不慎沾到皮肤上，应立即用酒精清洗。实验过程中的废液不可随意倾倒，应回收到指定的容器里。

交流·研讨

1. 向苯酚溶液中滴加NaOH溶液，没有明显变化，你能得出苯酚与NaOH溶液不反应的结论吗？请你尝试向苯酚的浊液中滴加NaOH溶液，观察现象。由此，你能得出什么结论？

2. 有的同学向苯酚溶液中加入一小块金属钠，发现有气体生成，便得出苯酚能与金属钠发生反应的结论，你认为正确吗？为什么？怎样通过实验探究苯酚能否与金属钠发生反应？

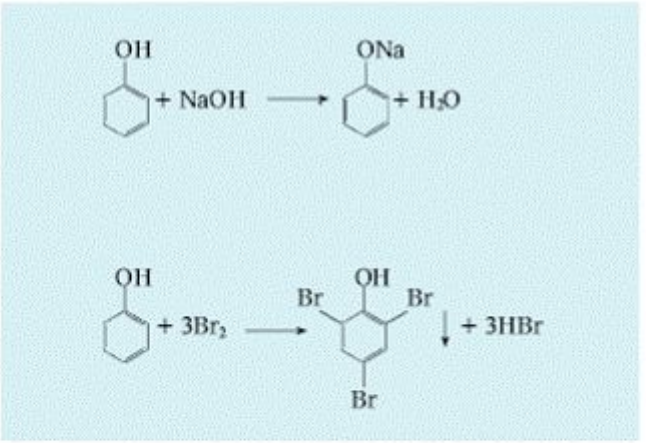
3. 有的同学向苯酚溶液中滴加溴水，发现有白色沉淀生成，振荡试管后，发现沉淀减少或消失了。为了进一步研究这一现象，他又向溴水中滴加苯酚溶液，有沉淀生成后振荡试管，发现沉淀没有减少。对于这两个实验的现象，你有什么看法？

4. 总结苯酚的性质，并比较它与苯和乙醇性质的异同，试分析原因。

5. 现有一种废水水样，如何检验其中是否含有苯酚？



苯酚具有弱酸性，能与NaOH溶液反应生成苯酚钠和水。它还能与溴水反应生成三溴苯酚白色沉淀，这一反应可用于检验苯酚的存在。



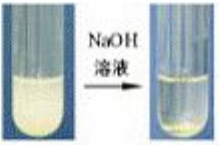


图2-1-10 苯酚浊液与NaOH溶液的反应

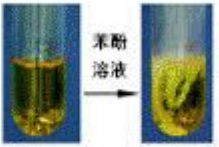


图2-1-11 苯酚与溴水的反应

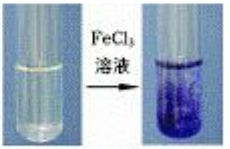


图2-1-12 苯酚与$FeCl_3$溶液的反应

此外，苯酚还能与$FeCl_3$溶液反应，使溶液呈现紫色，这一反应也可以用来检验苯酚的存在。

苯酚（熔融态）和乙醇都能够与金属钠反应，这说明当不同类别的有机化合物具有相同的官能团时，它们具有类似的性质。

但是，同样具有羟基，乙醇没有酸性而苯酚有弱酸性；同样具有苯环，苯通常不能与溴水发生反应而苯酚容易与溴水发生反应。这是因为苯酚具有苯环和羟基两种官能团，这两种官能团之间存在着相互影响，这种相互影响使苯酚具有一些特殊的性质。

资料在线

酚类化合物

有机化合物分子中羟基与苯环直接相连的化合物叫做酚。大多数酚在室温下是固体，有难闻的气味，也有的有香味。它们具有与苯酚类似的化学性质，如能与NaOH溶液、溴水以及$FeCl_3$溶液发生反应。

酚类化合物在人类的生产、生活中有着广泛的用途。例如，苯酚常用来制造有消毒作用的酚皂；从葡萄中提取的酚具有延缓衰老的功效，可以用来制造化妆品；茶叶含有的酚具有抗癌、防腐的作用，可以用来制造食品的防腐剂和抗癌药物；很多农药的主要成分也含有酚类化合物。

任务2 甲醛性质的研究

甲醛也叫做蚁醛，易溶于水和乙醇，可用于杀菌、消毒。甲醛的分子式为CH_2O，结构式为$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$。甲醛分子含有的$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$叫做**醛基**，含有该官能团的有机化合物具有相似的化学性质。请通过实验研究甲醛的化学性质。



图2-1-13 甲醛分子的填充模型

实验方案及其实施

1. 甲醛与酸性$KMnO_4$溶液的反应

向一支试管中加入1 mL甲醛溶液，滴加酸性$KMnO_4$溶液，振荡，观察现象。

2. 甲醛与新制氢氧化铜悬浊液的反应

（1）在一支试管里加入2 mL 10%的NaOH溶液，滴入4～6滴2%的$CuSO_4$溶液，振荡试管，观察现象。

（2）向该试管中加入0.5 mL甲醛溶液，加热，观察现象。

甲醛能够与强氧化剂——酸性$KMnO_4$溶液发生反应吗？它能否与弱氧化剂——新制的氢氧化铜、氢氧化二氨合银等发生反应？

3. 甲醛与银氨溶液的反应（银镜反应）

（1）向试管中加入少量Na_2CO_3溶液，加热煮沸，倒去Na_2CO_3溶液后，再用蒸馏水淋洗多次，得到洁净的试管。

（2）在洁净的试管里注入1 mL 2%的$AgNO_3$溶液，然后一边振荡试管，一边逐滴滴入2%的稀氨水，直到原先生成的沉淀恰好溶解为止（这时得到的溶液叫做银氨溶液，其中含有氢氧化二氨合银）。

师者论坛

（3）再向该试管里滴入3滴甲醛溶液，振荡后，把试管放在盛有热水的烧杯中，静置，观察试管内壁有什么现象发生。

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

交流·研讨

1. 甲醛都具有哪些化学性质？你是怎样通过实验验证的？
2. 在银镜反应实验中，你是否得到了光亮的银镜？与同学们交流一下你的经验。
3. 根据甲醛的结构，你认为甲醛还可能具有哪些化学性质？请查找资料寻求答案，并与同学们交流、研讨。



甲醛具有还原性，能够被强氧化剂——酸性$KMnO_4$溶液氧化，也能被弱氧化剂——新制的氢氧化铜悬浊液或氢氧化二氨合银$[Ag(NH_3)_2OH]$氧化，分别产生砖红色的氧化亚铜沉淀和银单质（可形成银镜）。在实验室里，常用这两个反应来检验醛基的存在。

$$HCHO + 2Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{\triangle} HCOONa + Cu_2O\downarrow + 3H_2O$$

$$HCHO + 2Ag(NH_3)_2OH \xrightarrow{\triangle} HCOONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$$



图2-1-14 甲醛与新制氢氧化铜悬浊液反应的实验



图2-1-15 银镜反应实验



图2-1-16 在圆底烧瓶里做银镜反应实验所形成的

师有化坛

在有机化合物中，还有一些分子中含有醛基的物质如乙醛、丙醛等，它们统称为醛类。醛类物质具有相似的化学性质，如能与新制的氢氧化铜悬浊液、银氨溶液发生反应。此外，醛类物质分子中有碳氧双键，在一定的条件下，它们能与氢气发生加成反应。例如：

$$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + H_2 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} CH_3OH$$

身边的化学

居室中甲醛的来源及其含量的测定

现代居室装修特别关注因装修造成的污染。污染物中，最引人关注的是甲醛。甲醛是一种无色、易溶于水、有刺激性气味的气体，可经呼吸道进入人体。目前生产人造板使用的有些黏合剂（脲醛树脂胶、酚醛树脂胶等）是以甲醛为主要原料生产的。在长期使用过程中，人造板材中残留的甲醛会逐渐向周围环境释放。

室内空气中允许的甲醛浓度为0.05 $mg \cdot m^{-3}$。由于一些装修板材中含有超量的甲醛，使得使用这些材料装修的环境里的甲醛含量严重超标，从而对人体健康造成了很大威胁。因此，需要经常检测环境中的甲醛含量是否超标。

随着科技的发展，出现了许多快速、简便地检验甲醛的方法。其中之一是将某种特殊化合物以固体的形式“包被”在检测盒中，这种特殊化合物能捕捉空气中的甲醛并经显色剂作用显色，其颜色深浅与甲醛含量成正比，通过肉眼观察并与色阶比较，就可以检验出空气中甲醛的浓度范围。

进一步探索

含苯酚废水的处理

苯酚是我国国家环保局列出的要控制的污染物之一。含苯酚的废水主要来自焦化厂、石化厂、树脂厂、绝缘材料厂、香料厂、塑料厂等。这种废水的大量排放给环境带来了严重的污染，有害于人类健康及生物的生长繁殖，并且影响经济的可持续发展。请设计从废水中除去苯酚的实验方案，查找工业上处理含苯酚废水的方法，并分析其中的化学原理。

关于甲酸化学性质的研究

在一定温度和催化剂存在的条件下，甲醛能被空气中的氧气氧化成甲酸。甲酸俗称蚁酸，结构简式为 HCOOH 或 $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$。甲酸是无色、有刺激性气味的液体，能与水、乙醇、甘油等混溶。甲酸是基本的化工原料，广泛用于橡胶、医药、印染、制革等工业。



图 2-1-17 甲酸分子的填充模型

请你分析甲酸的结构，指出它含有什么官能团、可能具有哪些化学性质。通过实验研究甲酸的化学性质。

资料在线

常见官能团与有机化合物的性质

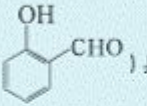
官能团决定着有机化合物的性质。例如，水杨醛（）具有酚羟基官能团，它和苯酚一样，能与溴水、NaOH溶液、$FeCl_3$溶液反应。因此，人们也常常根据有机化合物的性质来判断其结构中是否含有某种官能团。

表2-1-1　　常见官能团与有机化合物的性质

有机化合物	官能团	性质举例
乙烯 （$CH_2=CH_2$）	碳碳双键 （$>C=C<$）	与溴水反应，橙色溶液退色；与酸性$KMnO_4$溶液反应，紫色溶液退色
乙醇 （CH_3CH_2OH）	醇羟基 （-OH）	与金属钠反应，放出氢气；在浓硫酸做催化剂的条件下与乙酸反应可生成乙酸乙酯
苯酚 （C_6H_5OH）	酚羟基 （-OH）	与溴水反应，有白色沉淀产生；与NaOH溶液反应可生成苯酚钠；与$FeCl_3$溶液反应，溶液呈现紫色
甲醛 （HCHO）	醛基 （-CHO）	与银氨溶液反应，可生成金属银（可形成银镜）；与新制氢氧化铜悬浊液反应，有砖红色氧化亚铜沉淀产生
乙酸 （CH_3COOH）	羧基 （-COOH）	具有酸性，使紫色的石蕊溶液变红；在浓硫酸做催化剂的条件下与乙醇反应可生成乙酸乙酯
乙酸乙酯 （$CH_3COOCH_2CH_3$）	酯基 [-COO（R）]	在酸性（或碱性）条件下水解，生成乙酸（或乙酸盐）和乙醇

课题 2　认识发生在盐溶液中的化学反应

物质在水溶液中的状态和行为是化学研究的一个重要领域，这是因为很多化学反应都是在水溶液中进行的。当把可溶性盐加入水中时，它们会溶解并发生电离，除此之外，还会发生什么变化？当给盐的水溶液通电时，又会发生什么变化？本课题将引导同学们认识发生在盐溶液中的化学反应，丰富大家对水溶液的认识，学习如何通过实验研究化学反应规律。

活动 1　认识盐类的水解

活动背景

碳酸钠俗称纯碱，它属于盐类为什么要称它为纯碱？它本身具有碱性吗？铵态氮肥为什么不能与草木灰（含碳酸钾）混合施用？明矾［十二水合硫酸铝钾，$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$］能净水，这是利用了明矾的什么性质？要想回答这些问题，就需要研究盐类物质在水溶液里所发生的变化——水解。



图 2-2-1　明矾净水

活动任务

通过对盐溶液酸碱性的研究认识盐类的水解。

你将会有哪些收获

- 初步认识盐类水解的原理及规律；
- 了解盐类水解在生产、生活中的应用；
- 能够初步分析盐溶液的微粒构成。

师者论坛

任务1 测定盐溶液的酸碱性

你已知道，氯化钠的水溶液呈中性，那么，是不是所有盐的水溶液都呈中性？请使用pH试纸测定下列盐溶液的pH，将测定结果记录在下表中，判断这些盐溶液的酸碱性。

盐的名称	碳酸钠	氯化锌	醋酸钠	硫酸铝	氯化钠	氯化铵	硝酸钾
化学式							
pH							
溶液的酸碱性							

任务2 探讨盐溶液呈酸性、碱性或中性的原因

请分小组讨论任务1中各种盐溶液呈酸性、碱性或中性的原因。

你的解释	他人的解释	小组的共同观点

方法导引

探讨盐溶液呈酸性、碱性或中性原因的一般思路为：

首先，分析水中存在哪些微粒；

其次，思考盐进入水中会发生什么变化、以什么形态存在于水中；

第三，分析水本身电离出来的微粒与盐电离出来的微粒间能否发生相互作用；

第四，思考这种相互作用对水的电离平衡会产生怎样的影响。

知识支持

弱电解质与电离平衡

纯水中也存在离子，水本身能电离出少量的H^+和OH^-。由于H^+和OH^-的浓度相等，水呈中性。

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

像水这样，在溶液中发生部分电离的电解质叫做弱电解质（weak electrolyte）；

样，在稀的水溶液中完全电离的电解质叫做**强电解质**（strong electrolyte）。强、弱电解质是根据电解质在水溶液中的电离程度来划分的。醋酸是弱电解质，在水溶液中部分电离为 CH_3COO^- 和 H^+，大部分仍以醋酸分子的形态存在。

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

碳酸在水溶液中，首先部分电离出 H^+ 和 HCO_3^-，HCO_3^- 又部分电离出 H^+ 和 CO_3^{2-}。

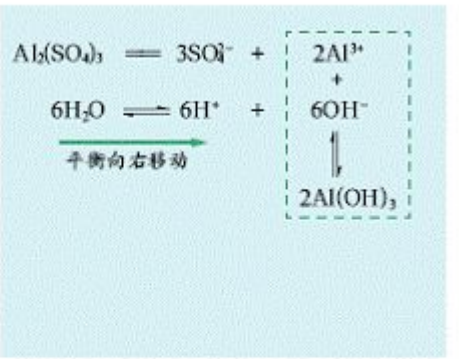
$$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$
$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$$

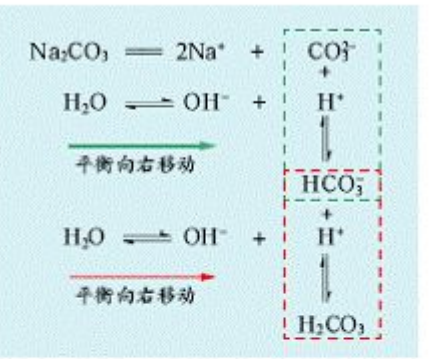
弱电解质的电离是一个可逆过程，存在着动态平衡，这种平衡称为**电离平衡**（ionization equilibrium）。与其他的平衡能够移动一样，当温度、离子浓度等条件改变时，电离平衡也会移动。例如，在醋酸溶液中，增大醋酸的浓度或减小 CH_3COO^- 或 H^+ 的浓度，电离平衡向右移动；增大 CH_3COO^- 或 H^+ 的浓度或减小醋酸的浓度，电离平衡向左移动。



$Al_2(SO_4)_3$ 溶液呈酸性，Na_2CO_3 溶液呈碱性，这是为什么？

水是弱电解质，电离出极少量的 H^+ 和 OH^-。硫酸铝是强电解质，在水中电离出 Al^{3+} 和 SO_4^{2-}；碳酸钠也是强电解质，在水中电离出 Na^+ 和 CO_3^{2-}。两种溶液中的微粒间分别发生如下变化：





由于少量 Al^{3+} 与 OH^- 结合生成了氢氧化铝，导致溶液中 OH^- 浓度减小，破坏了水的电离平衡，导致平衡向右移动，最终使溶液中的 H^+ 浓度大于 OH^- 浓度，因而溶液呈酸性。同样道理，由于少量 CO_3^{2-} 与 H^+ 结合生成 HCO_3^-，HCO_3^- 又与 H^+ 结合生成 H_2CO_3（发生反应的程度更小），破坏了水的电离平衡，导致平衡向右移动，最终使溶液中的 OH^- 浓度大于 H^+ 浓度，因而溶液呈碱性。

像这样，在溶液中盐电离出来的离子与水电离出来的 H^+ 或 OH^- 结合而有弱电解质生成的反应，叫做盐类的水解（hydrolysis）。醋酸钠、碳酸钾溶液呈碱性，氯化铵、硫酸铜溶液呈酸性，都是相关盐水解的结果。

盐的水解是由溶液中的弱酸酸根离子与H^+结合成弱碱阳离子与OH^-结合从而破坏了水的电离平衡引起的，是一个可逆的离子反应，可用离子方程式表示。例如：

$$Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$$
$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$
$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$$

任务3 盐类水解规律的初步探讨

1. 对任务1的实验结果进行分析，思考：能够发生水解的盐的组成有什么特点？按组成特点，溶液呈酸性的盐属于哪类？溶液呈碱性的盐属于哪类？溶液呈中性的盐属于哪类？

盐溶液的酸碱性	盐的名称	盐的种类
酸　性		
中　性		
碱　性		

知识支持

盐的分类

为了讨论盐类的水解，可对盐类做如下分类：强碱阳离子与强酸酸根阴离子组成的盐称为强碱强酸盐，如氯化钠、硝酸钾；强酸酸根阴离子与弱碱阳离子组成的盐称为强酸弱碱盐，如氯化锌、硫酸铵；强碱阳离子与弱酸酸根阴离子组成的盐称为强碱弱酸盐，如醋酸钠、碳酸钠；弱碱阳离子与弱酸酸根阴离子组成的盐称为弱碱弱酸盐，如醋酸铵。

2. 根据下列盐的组成，预测其溶液的酸碱性，并通过实验进行验证。

盐的名称	盐的种类	预测溶液的酸碱性	实验结果
硫酸铜			
氯化钾			
亚硫酸钠			
三氯化铁			
硫酸钠			
醋酸钠			

3. 把$Al_2(SO_4)_3$溶液与Na_2CO_3溶液混合，会有什么现象发生？请通过实验进行说明。

师者论坛



强酸强碱盐的水溶液呈中性，强酸弱碱盐的水溶液呈酸性，强碱弱酸盐的水溶液呈碱性。例如，硫酸铝属于强酸弱碱盐，溶液呈酸性；碳酸钠属于强碱弱酸盐，溶液呈碱性。二者混合时，酸碱中和，互相促进了水解，生成了大量的氢氧化铝沉淀和碳酸，碳酸又分解生成二氧化碳气体和水。

$$2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$$

进一步探索

盐类水解规律的进一步研究

影响盐类水解的因素有哪些？其中，哪些因素能促进盐的水解？哪些因素能抑制盐的水解？请进一步研究盐类水解的规律。

身边的化学

盐类水解的应用

在生产和科研中，有时要利用盐的水解，有时又要抑制盐的水解。

明矾净水应用了明矾水解的性质。天然水中一般含有少量的HCO_3^-。当HCO_3^-与Al^{3+}相遇时，它们所发生的水解互相促进，生成的氢氧化铝携带水中的悬浮物沉降下来，从而使水变得澄清。若水中没有较多的HCO_3^-，则Al^{3+}水解程度不够，不能生成较多的氢氧化铝，因此也就起不到净水的作用。

$$Al^{3+} + 3HCO_3^- = Al(OH)_3 + 3CO_2$$

泡沫灭火器中一般盛有物质的量浓度约1 mol·L^{-1}的$Al_2(SO_4)_3$溶液和物质的量浓度约1 mol·L^{-1}的$NaHCO_3$溶液（还有起泡剂），两种溶液的体积比约为1∶5.5。硫酸铝过量是为了使灭火器里的碳酸氢钠充分反应。使用时倒置泡沫灭火器，使两种溶液混合，其中的两种盐的水解互相促进，产生大量的二氧化碳和氢氧化铝泡沫用于灭火。

炸油条时，面中常会加入明矾和苏打（Na_2CO_3）。苏打在发面的过程中转化成小苏打（$NaHCO_3$），与明矾作用产生大量二氧化碳，使油条在热油锅里膨胀起来。

用纯碱除去油污的原理是油污（主要是油脂类化合物）与CO_3^{2-}水解生成的OH^-反应生成可溶性物质。盐的水解是吸热过程，温度越高，水解程度越大，所以热碱水去油污的效果较好。

在生产、生活中，有时需要抑制盐类的水解。例如，配制某些盐（如铝盐、铁盐等）溶液时要加少量的酸，抑制金属离子的水解，以获得澄清的盐溶液。

铵态氮肥不能与草木灰混合施用，因为混合施用时NH_4^+和CO_3^{2-}水解相互促进，生成氨和二氧化碳，氨易挥发，从而造成氮肥肥效降低。

帅哥论坛

活动2 研究电解

活动背景

人们常常利用电解的方法来制备物质，以满足人类生产和生活的需要。例如，电解饱和食盐水制备烧碱、氯气和氢气，构成氯碱工业的基础；电解氧化铝制备金属铝，使铝制品从王室进入平民百姓的家庭；电解含钛化合物制备金属钛，使钛成为“21世纪金属”这一梦想离现实更近了一步。那么，电解质溶液（或熔融态电解质）在通电的条件下会发生什么变化？电解的原理是什么？



图2-2-2 电解铝车间

活动任务

以电解饱和食盐水为例认识电解，并初步研究电解的规律。

你将会有哪些收获

- 了解电解饱和食盐水的反应；
- 知道电解的原理及应用；
- 初步认识电解的一般规律。

任务1 电解饱和食盐水

实验方案及其实施

1. 如图2-2-3所示，在具支U形管里装入滴有酚酞溶液的饱和食盐水，用导线把石墨棒和直流电源连接起来。

2. 接通直流电源，将电压调至30 V，注意观察U形管里发生的现象。

3. 看到有气泡产生后，将与电源正极相连的一侧导管伸入NaOH溶液中，将与电源负极相连的一侧导管伸入倒置试管的底部，收集气体。

4. 一段时间后，用湿润的淀粉碘化钾试纸检验与电源

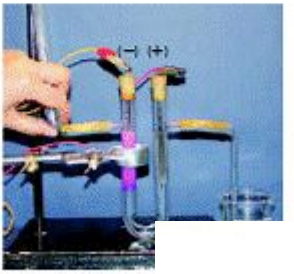


图2-2-3 电解饱和食盐水实验

正极相连的一侧导管放出的气体；用手指堵住收集气体的倒置试管管口，移近酒精灯的火焰，迅速移开手指，会听到尖锐的爆鸣声或“噗”的一声。

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

交流·研讨

1. 向饱和食盐水中滴加酚酞溶液的目的是什么？
2. 将与电源正极相连的一侧导管伸入NaOH溶液中的目的是什么？
3. 电解饱和食盐水得到了哪些产物？发生了什么反应？写出有关反应的化学方程式。



饱和食盐水中含有Na^+、Cl^-、H^+和OH^-等离子。通电后，Na^+、H^+向与电源负极相连的电极移动，该电极上有电子流入，H^+得到电子，被还原为氢原子，生成氢气，发生还原反应：

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2\uparrow$$

在该区，H^+浓度减小，水的电离平衡向右移动，OH^-浓度增大，使酚酞溶液显红色。Cl^-、OH^-向与电源正极相连的电极移动，该电极上有电子流出，Cl^-将电子转移给这个电极，被氧化为氯原子，生成氯气，发生氧化反应：

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2e^-$$

总反应的化学方程式为：

$$2NaCl + 2H_2O \xlongequal{\text{通电}} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$$

这种让直流电通过电解质溶液或熔融的电解质，在两个电极上分别发生氧化反应和还原反应的过程叫做**电解**（electrolysis）。其中，发生氧化反应的电极称为**阳极**（anode），发生还原反应的电极称为**阴极**（cathode）。

帅哥论坛

电解是将电能转化为化学能的过程。初中化学学过的水在通电条件下生成氢气和氧气的反应，应用的就是电解的原理。

化学与技术

离子膜法制烧碱

工业电解饱和食盐水制备烧碱，必须阻止OH^-、氢气与氯气接触。目前比较先进的方法是阳离子膜法。阳离子膜只允许Na^+通过，而Cl^-、OH^-和气体分子无法通过，这样既可以防止氢气和氯气混合发生爆炸，又可以避免氯气与NaOH溶液反应生成次氯酸钠影响烧碱的质量。



图 2-2-4 烧碱生产车间

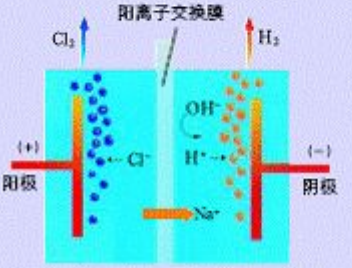


图 2-2-5 离子膜法制烧碱的原理示意图

任务2 电解规律的初步探索

以石墨棒做电极，当溶液中含有不同的阳离子或阴离子时，哪种离子首先获得电子？哪种离子首先失去电子？请通过实验进行探究。

实验方案及其实施

1. 在具支U形管里装入1 mol·L^{-1} NaCl溶液和1 mol·L^{-1} NaBr溶液等体积混合后的溶液（滴有酚酞溶液），用导线把石墨棒、直流电源连接起来，接通电源，将电压调至30 V。过一段时间后，取U形管中阳极一侧的少量溶液，向其中加入苯酚溶液，观察现象。

2. 把具支U形管里的溶液换成1 mol·L^{-1} NaI溶液和1 mol·L^{-1} NaBr溶液等体积混合后的溶液（滴有酚酞溶液），通电，观察现象。过一段时间后，取U形管中阳极一侧的少量溶液，向其中加入淀粉溶液，观察现象。

3. 在具支U形管里装入1 mol·L^{-1} $CuCl_2$溶液，通电，观察现象。

1. 你认为电解的产物应是什么？
2. 如何检验电解产物？
3. 实验结果和你的预测一致吗？试进行分析。



图 2-2-6 电解 NaCl 和 NaBr 混合液的实验



图 2-2-7 电解 NaI 和 NaBr 混合液的实验

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

交流 · 研讨

1. 以石墨棒做电极，如果电解质溶液中含有 Cl^-、Br^- 和 I^-，电解时，哪种离子首先失去电子？

2. 以石墨棒做电极，如果电解质溶液中含有 Cu^{2+}、Fe^{2+} 和 Ag^+，电解时，哪种离子首先得到电子？



在电极表面阳离子获得电子、阴离子失去电子的过程叫做放电。当电解质溶液中存在多种阳离子或阴离子时，离子在电极上的放电顺序存在一定的规律。用石墨棒做电极时，得、失电子的先后规律如下：

K^+ Ca^{2+} Na^+ Mg^{2+} Al^{3+} Zn^{2+} Fe^{2+} Sn^{2+} Pb^{2+} (H^+) Cu^{2+} Ag^+

石墨棒做电极时，获得电子由难到易

SO_4^{2-} NO_3^- OH^- Cl^- Br^- I^- S^{2-}

石墨棒做电极时，失去电子由难到易

如果与正极相连的是金属（铂、金除外），则是金属原子失去电子。

师者论坛

拓展视野

人类对电解的认识

法拉第（M.Faraday）是给19世纪的科学打上深刻印记的大科学家，在物理、化学尤其是电化学方面做出了杰出的贡献。



图2-2-8 法拉第（M.Faraday,1791-1867）

早在法拉第之前，许多人就研究过电解现象，但是他们对于电解的本质却缺乏研究。1805年，德国科学家曾经提出过电解理论，认为在电解水时阳极和阴极好比磁铁，分别吸引水的粒子而把水分解，而且只是电极周围的粒子发生分解。法拉第则认为在电解时并不只是电极周围的粒子发生分解，溶液内部的粒子也同样发生分解。1833年，法拉第研究发现：电解时，在电极上析出或溶解掉的物质的质量与通过电极的电量成正比。这一发现把电学和化学统一了起来。

为了正确描述电解的实验事实，法拉第提出了许多概念和术语如电极、阴极、阳极、电解、电解质等，这些术语一直沿用至今。

电解的应用



图2-2-9 高氯废水电解设备

随着人们对电解认识的不断深入，电解的应用越来越广泛，主要表现在以下几方面。

电镀 应用电解原理，在金属表面镀上一薄层耐磨性和耐腐蚀性较强的金属（如铬、锌、镍、银等）或合金（铜锡合金、铜锌合金等）。电镀的目的主要是增强金属的抗腐蚀能力、改善外观或增强耐磨性。

制备金属 对于活泼的金属如钠、钙、镁、铝等，用还原剂还原的方法制备非常困难，通常是用电解其熔融的化合物（如NaCl、$MgCl_2$）的方法来制备。

保护金属 将与电解质溶液接触的受保护的金属作为阴极，将惰性电极作为阳极并使其与电解质溶液接触（即与受保护金属存在于同一电解质溶液里），接上外加直流电源，即可减少或防止受保护金属在电解质溶液中被腐蚀。此法常用于保护电缆、地下管道等。

除杂 通过电解，将溶液中的杂质离子除掉。例如，电镀厂排放的废水含有毒性较大的重铬酸盐、氰化物等，为保护环境，可用电解法除去它们。

主题 3

物质的检测

- 课题 1　物质组分的检验
- 课题 2　物质中某组分含量的测定
- 综合实验活动　阿司匹林药片有效成分的检测
- 主题拓展　现代仪器分析方法及其应用
- 本主题概括整合





图1 物质检测实验中的常用仪器

在生产实践和科学研究中，经常需要对物质的组分进行检测，以确定它们是否符合标准或达到规定的要求。例如，兴奋剂的检测、食品的检验、环境的监测、土壤成分的调查、作物营养的诊断、资源的勘探、工艺过程的质量控制等，都涉及到物质的检测。你知道样品中某种成分的检验和含量的测定是如何进行的吗？所进行的检验和测定需要用到哪些化学知识和实验技术呢？



图2 同学们正在进行物质检测的实验

在日常生活中，人们也经常需要对物质进行鉴别。请你思考一下，对于食盐、小苏打（$NaHCO_3$）、白糖、淀粉这些常用生活品，在家中通常采用什么方法鉴别它们？在化学实验室里又将如何对它们进行鉴别？

物质的检测通常包括定性检验和定量测定，其中定性检验通常在定量测定之前进行。定性检验的主要目的是鉴定物质含有哪些元素、原子团（或官能团）、如某物质所含离子的检验、药物有效成分的检验等。定量测定的主要目的是测定物质中某组分的含量，如补铁剂中铁含量的测定、食醋中总酸量的测定等。

最初，物质的检测是以化学反应为基础的。在定性检验中，常利用组分与有关试剂生成沉淀、气体或有色物质等反应对其进行鉴定；在定量测定中，常根据化学反应中各物质的定量关系，利用滴定分析、重量分析等方法对物质有关组分的含量进行测定。随着化学实验科学的发展，物质检测的方法和手段不断改进，建立了以物质的物理性质和物理化学性质为基础的检测方法如光学分析、电化学分析、放射化学分析等，提高了物质检测的精确度和灵敏度，从而使人类对物质世界的认识不断深入，应用化学科学解决生产、生活中实际问题的能力不断提高。

你已经具备的基础

- 知道了一些常见离子的检验方法；
- 了解了一些常见有机化合物官能团的特征反应；
- 知道了酸碱中和反应的实质。

课题 1 物质组分的检验

古时人们往往根据状态特征来区分和鉴别物质。例如，汞因“其状如水似银”被称为水银，又叫做“流珠”。随着人们对物质认识的深化，渐渐发展到通过物理性质和化学性质来识别物质。例如，用“以火烧之，紫青烟起”来识别硝石(KNO_3)。目前，物质的物理性质和化学性质依然是人们鉴别物质的主要依据。

活动 1 常见离子的检验

活动背景

离子检验在生产控制、产品检验、三废处理、环境监测、医疗化验等方面都有广泛的应用。离子检验一般是通过离子在溶液中发生的化学反应来实现的。用来检验离子的化学反应不仅要迅速、灵敏度高，而且要有明显的实验现象如气体放出、沉淀生成或溶解、溶液颜色变化等。

在本活动中，你将通过检验莫尔盐所含离子学习常见离子的检验方法。莫尔盐是一种浅绿色晶体，它在空气中性质比较稳定，不易被氧化。莫尔盐在实验室中常用做还原剂，在定量分析中常用来配制标准溶液。

活动任务

莫尔盐是由氮、氢、硫、氧、铁五种元素组成的离子化合物，从组成看可能含有 Fe^{2+}、Fe^{3+}、NH_4^+、NO_3^-、SO_4^{2-}、SO_3^{2-}，请你通过实验确定莫尔盐所含有的离子。



图 3-1-1 莫尔盐

你将会有哪些收获

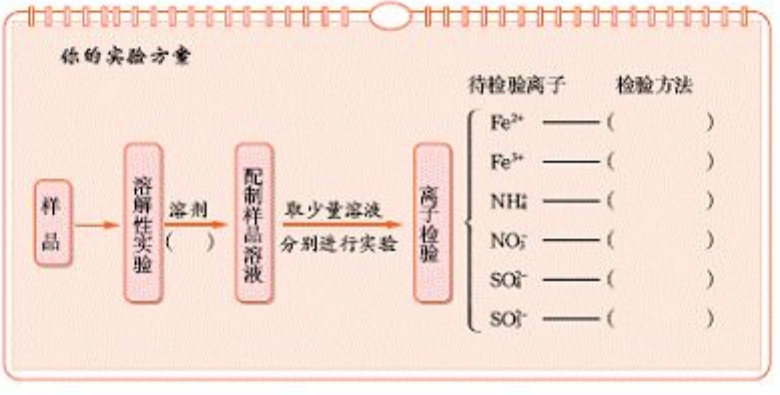
- 确定莫尔盐所含有的离子；
- 掌握常见离子（Fe^{2+}、Fe^{3+}、NH_4^+、NO_3^-、SO_4^{2-}、SO_3^{2-} 等）的检验方法；

- 掌握离子检验的一般程序和基本操作；
- 能够设计离子检验的实验方案，并能对实验过程进行评价。

设计实验方案

请你思考下列问题，设计实验方案。

1. 如何通过对样品外观的观察和溶解性实验，初步判断莫尔盐可能含有哪些离子？
2. 你将怎样对莫尔盐所含离子进行检验？



方法导引

溶解性实验 在通过实验确定物质的组成时，一般先观察样品的外观，再取少量样品进行溶解性实验：选择合适的溶剂，将部分样品配成溶液，然后取少量样品溶液进行实验（根据样品溶液总量和实验任务估算每次实验取样量）。在选用水做溶剂溶解时，为了避免引入其他杂质离子，应该用蒸馏水。

NO_3^-的检验 在试管中加入少量$FeSO_4$溶液和几滴$NaNO_3$溶液，摇匀，然后将试管倾斜，沿试管壁慢慢滴入1～2 mL浓硫酸，再将试管竖直。由于浓硫酸密度较大，流入试管底部，形成两层，这时两层液体界面上有一棕色环，可以根据这一现象检验NO_3^-。反应的离子方程式为：

$$3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ = NO + 3Fe^{3+} + 2H_2O$$

$$Fe^{2+} + NO = [Fe(NO)]^{2+}\text{（棕色）}$$



图3-1-2 用$FeSO_4$溶液和浓硫酸检验NO_3^-时产生的现象

SO_3^{2-}的检验 SO_3^{2-}与较浓的酸反应有二氧化硫生成，二氧化硫能使品红溶液退色，可以利用这一现象检验SO_3^{2-}。

实施实验方案

请按照你设计的实验方案，动手实验，记录实验现象。

实验记录

实验步骤	实验现象	实验结论

方法导引

进行离子检验时，通常先对所有可能存在的离子进行考察，再根据每步检验的现象，肯定或否定某种离子的存在，逐步缩小范围，直至得出结论。

交流·研讨

1. 在实验过程中，你检验了哪些离子？请写出相关反应的离子方程式。

2. 在实验过程中，你还可以使用哪些方法辅助完成离子的检验任务？

3. 将你的实验步骤及实验结论与其他同学的进行比较，你认为他们设计的实验步骤是否简捷、合理？为什么？

4. 在检验这些离子的过程中，你认为是否存在离子的检出顺序和离子间的相互干扰问题？如果存在这些问题，你是如何解决的？

5. 你认为离子检验的一般程序和方法是什么？在实验设计和实施的过程中，需要注意哪些问题？

工具栏

点滴板是离子检验常用的仪器。点滴板是带有圆形凹槽的瓷板，反应在凹槽中进行。它适用于1～2滴试液与1～2滴试剂混合后能产生颜色变化或生成沉淀的反应。常见的点滴板有黑、白两种。

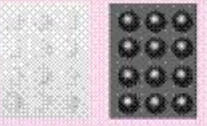


图3-1-3 点滴板

资料在线

莫尔盐的制备及产品纯度的测定

莫尔盐的制备 实验室中常将铁屑溶于稀硫酸，先制得$FeSO_4$溶液，再向此溶液中加入硫酸铵并使其全部溶解，经浓缩、冷却即可析出硫酸亚铁铵（莫尔盐）晶体。

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$$

$$FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6H_2O = (NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$$

莫尔盐产品纯度的测定 按照上述方法制备的莫尔盐常含有杂质Fe^{3+}。Fe^{3+}的含量可用比色法来测定。比色法是一种通过比较颜色来确定样品中某种成分含量的方法。将样品与KSCN溶液在比色管中配成待测溶液，将待测溶液所呈现的颜色与$[Fe(SCN)_n]^{3-n}$标准溶液色阶进行比较，确定与之红色深浅程度相近的标准溶液，则该标准溶液所示Fe^{3+}的浓度即为样品溶液Fe^{3+}的浓度，据此可算出莫尔盐的纯度。



图3-1-4 $[Fe(SCN)_n]^{3-n}$标准溶液色阶

进一步探索

焰色反应——检验某些金属元素的一种方法

很多金属或它们的化合物在灼烧时会使火焰呈现特征焰色，这在化学上叫做焰色反应。人们常利用金属元素的这一特殊性质对其进行鉴别。在实验过程中，先把装在玻璃棒上的铂丝（也可以用光洁无锈的铁丝或镍丝、铬丝、钨丝）用盐酸清洗，放在酒精灯火焰里灼烧，直到酒精灯火焰不出现杂色为止；再用铂丝蘸取少量待检验的盐溶液放在火焰上灼烧，观察火焰的颜色；每次实验后都要用稀盐酸洗净铂丝并在火焰上灼烧到无杂色后，才能蘸取其他盐溶液再做实验。

利用焰色反应完成以下实验任务：

1. 通过实验了解常见金属元素（Na、K、Ca、Ba、Cu）的焰色；

2. 鉴别四种白色固体：硝酸钠、硝酸钾、硝酸钡、硝酸钙。

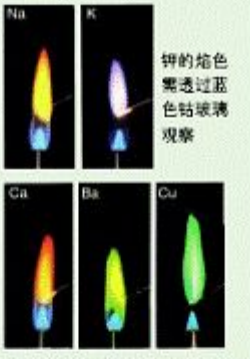


图3-1-5 几种金属元素的焰色反应

拓展视野

金属离子的焰色与元素的光谱线

原子核外的电子从火焰（或电弧、电火花）吸收一定能量时，会被激发到能量较高的能级，这样的电子就处于激发态。激发态的电子回到基态的时候，会放出具有一定能量、一定波长的光，所放出的光经光谱仪后可得到原子的发射光谱。每一种元素原子的发射光谱都有一些特征谱线。如果在待测样品的光谱中出现某一种元素的特征谱线，就可以断定样品中有该种元素存在。从焰色反应的实验里所看到的各元素的特征焰色，就是光谱谱线所标记的颜色。例如，钠的特征谱线的波长为589 nm，该谱线所标记的颜色为黄色，因此钠的焰色是黄色。

活动2 常见官能团的检验

活动背景

人们通常根据官能团对有机化合物进行分类，也常通过各种官能团所特有的反应现象来检验有机化合物。例如，酒后驾车司机呼出的气体中含有的酒精、糖尿病患者尿液中含有的葡萄糖、不法商贩泡制的水发海产品中含有的甲醛等，都是通过有关官能团反应所产生的现象来检验的。



图 3-1-6 一种酒精检测仪

活动任务

实验室中有四瓶试剂，标签字迹已模糊不清，只知它们分别是乙醇、乙醛、乙酸溶液和苯酚溶液，请你用化学方法将它们一一鉴别出来，学习一些常见官能团的检验方法。

你将会有哪些收获

- 学会鉴别四种无色液体：乙醇、乙醛、乙酸溶液、苯酚溶液；
- 学习常见官能团（醇羟基、酚羟基、醛基、羧基等）的检验方法；
- 初步掌握有机化合物官能团检验的一般思路和基本程序；
- 能够设计有机化合物官能团检验的实验方案，并能够对实验过程进行评价。

设计实验方案

请你思考下列问题，设计实验方案。

1. 乙醇、乙醛、乙酸、苯酚这四种有机化合物分别含有什么官能团？含有这些官能团的有机化合物各具有哪些性质？

2. 你选择哪些反应作为官能团的鉴定反应？

3. 在实验过程中，你将选择哪些试剂和仪器？

4. 用流程图表示你所设计的实验方案。

方法导引

能用于鉴定官能团的反应应该具备以下特点：反应迅速、现象明显、灵敏度高、专一性强。



你的实验方案

实施实验方案

请按照你的实验方案动手实验，记录实验现象。

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

检验过程中要注意给样品标号，并保证盛放同一样品的试剂瓶与试管的标号要一致。

实验过程中若用胶头滴管取用样品，应注意给胶头滴管编号。

交流·研讨

1. 在实验过程中，你学会了哪些官能团的检验方法？请你以含有该官能团的有机化合物为例，写出检验该官能团所涉及反应的化学方程式。

2. 了解其他同学的实验方案，选出你认为较好的实验方案并说明理由。

3. 请设计实验证明2-丁烯醛（$CH_3-CH=CH-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$）中存在碳碳双键和醛基。

4. 你认为有机化合物中官能团检验的一般程序和方法是什么？检验官能团时应注意哪些问题？

若有机化合物分子含有两种或两种以上的官能团，在对其中的某一官能团进行检验时，要考虑其他官能团能否与所用试剂发生反应从而对检验结果产生影响。

身边的化学

如何检验司机是否酒后驾车

司机酒后驾车容易肇事，交通法严禁酒后驾车。警察在判断司机是否酒后驾车时，会要求司机向一个装有固体的检测器中呼气，如果司机呼出的气体所含的酒精量超过了一定标准，固体就会变色。你知道其中的原理吗？

其实，这种呼气测试仪是利用乙醇被重铬酸钾（经浓硫酸处理）氧化为乙醛或乙酸时，重铬酸钾会转化成铬(III)化合物的特性设计的。呼出气体的酒精含量越高，便有越多的橙红色的重铬酸钾被还原为蓝绿色的 Cr(III)；可以根据变色的程度判断司机是否酒后驾车。根据同样的原理，现已研制出呼气测试试纸，这样检测起来会更加方便。



图3-1-7 乙醇与酸性 $K_2Cr_2O_7$溶液的反应

拓展视野

测定有机化合物结构的现代实验方法

确定有机化合物的结构是有机化学研究的重要任务。利用化学反应测定有机化合物的结构，所需的样品量大、时间长，有的甚至很难完成。光谱法和质谱法的出现，大大缩短了测定的时间，也提高了测定的准确性。目前，应用比较广泛的是红外光谱、紫外光谱、核磁共振谱和质谱。



图3-1-8 核磁共振仪

大多数官能团在红外光谱图上都有其特征吸收峰，通过对比红外光谱图上吸收峰的峰位、峰强以及峰形，可以判断某有机化合物分子中存在哪些官能团，进而推知其结构。核磁共振谱中的氢谱图，可以提供分子中氢原子的信息，如有关氢原子的化学环境、每种化学环境中氢原子的数目等。质谱图则可以正确、有效地提供化合物的相对分子质量、分子式和分子结构方面的信息。在测定有机化合物结构的过程中，以上几种方法经常联合使用。

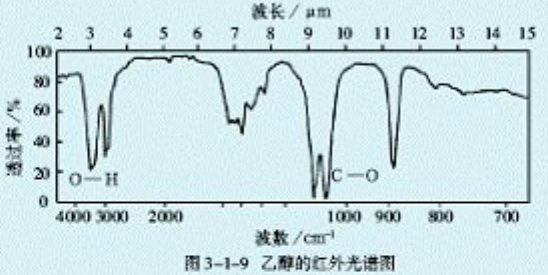


图3-1-9 乙醇的红外光谱图

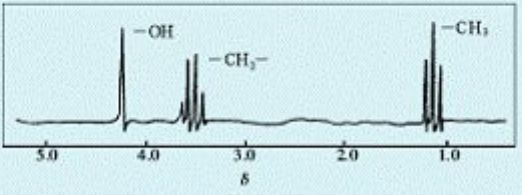


图3-1-10 乙醇的核磁共振氢谱图

课题 2　物质中某组分含量的测定

在生产实践和科学研究中，人们发现仅知道待测物质含有哪些成分是不够的，还需要知道该物质中各组分的含量。例如，在施肥过程中，不仅需要知道土壤能供给农作物哪些营养元素，还需要知道土壤中这些元素的含量是多少；在开发矿山和开采石油时，只有对矿石或原油中有效成分的含量进行测定后，才能确定其品质的优劣；而对半导体材料的分析，甚至要求能检测出每立方厘米中杂质的原子个数。

我们可以通过实验，根据被测组分与所加试剂发生化学反应的计量关系来测定其含量。常用的方法有滴定分析法和重量分析法。滴定分析法是根据所加试剂的已知浓度和体积来求算被测组分含量的；重量分析法则是根据反应产物的质量来确定被测组分的含量。这些方法历史悠久，是经典的化学分析方法。

随着科技的发展，在分析过程中人们借助电子学、电学和光学仪器采集物质的理化性质信息，建立了光学分析法、电化学分析法、色谱分析法等先进的分析方法，提高了测定的准确性和灵敏度。

活动 1　食醋中总酸量的测定

活动背景

人类酿醋的历史已有4 000多年了。食醋中含有醋酸、乳酸、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、蚁酸、焦谷氨酸等多种有机酸，还含有蛋白质、糖类、酯等成分。食醋的种类不同，各种有机酸的含量也不同，但无论哪一种食醋，含量最高的有机酸都是醋酸，醋的酸味主要是由醋酸产生的。

食醋中酸的种类和含量是衡量食醋品质好坏的重要指标，也是食醋生产工艺中要控制的重要条件之一。生产与质检部门通常需要测定食醋的总酸量，即所有酸性物质的总量。一般用标准碱液滴定食醋样品来测定其总酸量，并用样品所含酸的质量分数（按醋酸计）来表示。




图 3-2-1　传统酿醋作坊和现代酿醋设备

活动任务

选择一种市售的食醋，用中和滴定法测定食醋的总酸量；也可以分成小组，测定各种食醋的总酸量并进行比较。

你将会有哪些收获

- 初步学习移液管和滴定管的使用方法以及滴定分析的基本操作；
- 了解中和滴定的基本原理及数据的记录、处理方法；
- 了解哪些因素会影响滴定结果的准确度；
- 初步学会利用中和滴定法测定物质中酸或碱的含量。

原理解析

中和滴定（acid-base titration）是最常用的定量分析方法之一，其基本原理是：通过加入一定量的已知浓度的酸（或碱）溶液与一定量的未知浓度的碱（或酸）溶液完全反应来确定未知浓度的碱（或酸）溶液的浓度，溶液中的pH突变可以通过指示剂的变色来显示。在滴定分析中，已知浓度的溶液称为标准溶液，未知浓度的溶液称为待测溶液。



图 3-2-2 中和滴定操作

移液管、酸式滴定管、碱式滴定管是滴定分析的常用仪器，它们的使用方法详见附录2。实验过程中，准确量取一定体积的待测溶液置于锥形瓶中，加入指示剂后，用标准溶液滴定，根据滴定消耗的标准溶液的体积及关系式计算出待测溶液的物质的量浓度。

用NaOH标准溶液滴定时，食醋中的醋酸及其他有机酸都可以被滴定，因此测出的是总酸量。通常规定，食醋的总酸量用含量最多的醋酸来表示。因为参加反应的醋酸的物质的量等于参加反应的氢氧化钠的物质的量，即：

$$n(\mathrm{NaOH}) = n(\mathrm{CH_3COOH})$$

通过测定消耗的NaOH溶液的体积，可以计算出食醋的总酸量，然后转换为食醋中醋酸的质量分数，即：

$$NaOH + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O$$

$$n(NaOH) = n(CH_3COOH)$$

$$c(NaOH)\,V(NaOH) = c(CH_3COOH)\,V(CH_3COOH)$$

$$\omega\% = \frac{c(CH_3COOH)V(CH_3COOH)M(CH_3COOH)}{m} \times 100\%$$

式中：$c(NaOH)$ —— NaOH溶液的物质的量浓度，单位为 $mol \cdot L^{-1}$；

$V(NaOH)$ —— NaOH溶液的体积，单位为L；

$c(CH_3COOH)$ —— CH_3COOH 溶液的物质的量浓度，单位为 $mol \cdot L^{-1}$；

$V(CH_3COOH)$ —— CH_3COOH 溶液的体积，单位为L；

$M(CH_3COOH)$ —— 醋酸的摩尔质量，单位为 $g \cdot mol^{-1}$；

m —— 样品的质量，单位为g；

$\omega\%$ —— 食醋中醋酸的质量分数，即食醋的总酸量。

设计实验方案

请你思考下列问题，设计实验方案。

1. 你认为中和滴定实验应该包括哪些步骤？在进行滴定操作前，需要做哪些准备工作？

2. 石蕊、酚酞和甲基橙溶液都是常用的酸碱指示剂，在测定食醋总酸量的实验中，你会选择哪种指示剂？说明你的理由。

3. 如果提供的样品是有较深颜色的醋（如米醋等），在滴定前是否需要对样品进行处理？如何处理？

知识支持

标准溶液的配制与标定

标准溶液可以用基准物质（又称标准物质，是一种用来直接配制或标定滴定分析中的标准溶液的物质）直接配制。基准物质需要具备纯度在99.9%以上、性质稳定等条件。因此，许多试剂（如氢氧化钠）不能直接用来配制标准溶液。如果需要用这样的试剂配制标准溶液，可以先将它们配制成所需浓度的溶液，然后以基准物质或已知浓度的其他标准溶液通过滴定来确定它的准确浓度，这一过程称为标准溶液的标定。

常用酸碱指示剂

石蕊、酚酞和甲基橙溶液是实验室里常用的酸碱指示剂。在中和滴定中，由于石蕊溶液的颜色突变不明显，很少被选用；而酚酞和甲基橙则常用做表明滴定终点的指示剂。它们的变色范围见表3-2-1。

表 3-2-1　石蕊、甲基橙和酚酞的变色范围

pH	2	4	6	8	10	12	14
石蕊	红色		紫色		蓝色		
甲基橙	红色	橙	黄色				
酚酞	无色			浅红	红色		



图 3-2-3　石蕊、甲基橙和酚酞溶液

你的实验方案

若样品为颜色较深的米醋，需用蒸馏水稀释 2～3 倍，直到溶液颜色变得很浅、无碍于观察酚酞溶液的颜色变化为止。

实施实验方案

以下实验方案供你参考。

1. 称量样品　先称量空锥形瓶的质量，然后用移液管取 10 mL样品至锥形瓶中，再次称量，两次称量的质量差即为样品质量(m)。

2. 盛装标准溶液　用碱式滴定管盛装 NaOH 标准溶液，赶走下端乳胶管中的气泡并将液面调至零刻度（或其他刻度），记录数据。

3. 滴定　向盛有食醋样品的锥形瓶中加入1～2滴酚酞溶液，将NaOH标准溶液逐滴滴入样品中，直到溶液恰好呈浅红色并在 30 s 内不退色（图 3-2-4）为止，记录数据。重复滴定三次。

4. 数据处理　请将你测得的数据记录在下表中并进行数据处理。

使用移液管、滴定管前，除用蒸馏水洗涤外，还要用待取溶液润洗。你知道这是为什么吗？

是否可以用酸式滴定管盛放碱液？为什么？哪些溶液不能用碱式滴定管盛放？

实验记录

样品名称：_____ 指示剂：_____

实验数据 \ 滴定次数	1	2	3
V/mL			
m/g			
V(NaOH)/mL（初读数）			
V(NaOH)/mL（末读数）			
V(NaOH)/mL（消耗）			
$\overline{V}$(NaOH)/mL（消耗）			
c/mol·L^{-1}			
ω %			



图 3-2-4 中和滴定到达滴定终点时溶液的颜色

滴定管的最小刻度为0.1 mL，可估读到0.01 mL（如20.10 mL）。

为了减小随机误差，应适当增加平行测定次数，通常平行测定三次。

在一组测定数据中，若某个实验数据与其他数据相差较大，这一数据称为异常值，一般将其舍弃。为了保证测定结果的准确度，应重新滴定一次。

交流·研讨

1. 请你根据本实验总结中和滴定的基本步骤及所使用的主要仪器。

2. 在实验过程中，移液管和滴定管在使用前都要润洗。为了使测定结果更加准确，盛装样品的锥形瓶是否也需要润洗？为什么？如果使用未润洗的移液管或滴定管，会对测定结果产生怎样的影响？

3. 根据全班同学测定结果的汇总情况，评价你的测定结果并分析原因。在实验过程中，你认为误差的来源有哪些？这些误差会对测定结果产生怎样的影响？你能想出减小误差的办法吗？

进一步探索

利用pH传感器测定食醋的总酸量

滴定分析中除了利用酸碱指示剂外，还可以用pH传感器来指示溶液的pH变化，并利用数据采集器来采集、处理实验数据。这种方法不仅使实验操作变得简便易行，而且不受食醋颜色的影响，提高了测定结果的准确度。请你尝试用pH传感器来测定食醋的总酸量，并比较不同品牌食醋的总酸量（实验方案详见附录3）。



图 3-2-5 pH传感器

知识支持

系统误差与随机误差

根据误差的来源与性质，可将误差分为系统误差和随机误差两大类。系统误差是由某种固定的原因引起的，不能通过增加测定次数来消除，如：滴定终点时pH不等于7；使用的仪器不够精确；试剂含有微量杂质；操作者的个体差异（如对滴定终点的敏感程度）等。随机误差是由无法控制的非人为因素所造成的，如对滴定管小数点后第二位的读数估计不准等。

由于分析工作中的过失或差错所造成的误差，不同于前两类误差，如溶液溅失、仪器未按要求洗涤、读数方法不正确等。

拓展视野

滴定分析法及其发展历程

滴定分析是将一种已知准确浓度的标准溶液滴加到待测溶液中直到化学反应完全为止，然后根据标准溶液的浓度和体积求得被测试样中组分含量的一种方法。由于可用于滴定分析的化学反应很多，根据滴定时所应用的化学反应类型可将滴定分析法分为中和滴定法（又称酸碱滴定法）、氧化还原滴定法、沉淀滴定法和络合滴定法。滴定分析法从出现到逐渐发展、完善，经历了漫长的历程。

18世纪，各类工厂为了确保所用原料和产品的质量都符合规格，很自然地要求提供快速而又简易的分析方法，滴定分析法便应运而生。

1729年，法国人日夫鲁瓦（C.J.Geoffroy）第一次把中和反应用于化学分析。他将待测定的醋酸滴加到碳酸钾中，根据是否产生气泡来判断终点，并由此换算出醋酸的相对浓度。1786年，法国人德克劳西（F.A.H.Descroizilles）发明了最早的滴定管。

氧化还原滴定法的产生与漂白技术的兴起密切相关。为了确保漂白粉的质量，需要准确地掌握次氯酸盐的浓度。1795年，德克劳西以靛蓝的H_2SO_4溶液滴定次氯酸，这是最早的氧化还原滴定法。

20世纪40年代，瑞士化学家施瓦岑巴赫（G.Schwarzenbach）等人用络合剂EDTA测定碱土金属离子。到了50年代，EDTA络合滴定已成为滴定分析的一个重要分支。

目前，尽管出现了多种先进的仪器分析方法，但是由于滴定分析法所需仪器简单，操作简便、快速，而且其准确度能满足一般常量分析（样品用量大于0.1 g）的要求，使其在生产实践和科学研究中仍有很高的实用价值。

活动2 补铁剂中铁含量的测定

活动背景

铁是人体中的营养元素之一，是合成血红蛋白的重要原料。出汗、排尿、外伤出血等都可能造成人体内铁元素的流失。人体流失的铁如果得不到足够的补充，就会使体内

储存的铁减少，出现不同程度的疲劳、注意力不集中、畏寒怕冷等症状；此时若不及时进行补铁，就会造成缺铁性贫血。

轻度缺铁性贫血用饮食疗法就可以治愈。为此，要改变偏食的习惯，多吃含铁丰富的食物，同时摄入足够的蛋白质等造血原料。严重缺铁的人则必须服用补铁剂，迅速增加血液中的铁含量。补铁剂中铁元素的含量是质检部门衡量补铁剂质量的重要指标。



图 3-2-6 含铁丰富的食物

资料在线

补铁剂

据统计，目前世界上的各种口服补铁剂有近百种，如硫酸亚铁、葡萄糖酸亚铁、柠檬酸亚铁、血红素铁等。这些补铁剂可分为三种形态：无机态（如硫酸亚铁）、有机态（如葡萄糖酸亚铁）和生物态（如血红素铁）。

科学家们对补铁剂的人体吸收实验表明，二价态铁比三价态铁更有利于人体的吸收，有机态铁比无机态铁对肠胃的刺激性小且更易于吸收，生物态铁最易于吸收。

可见，二价态的血红素铁是生物态补铁剂的最佳利用形态，其生物利用率最高。但二价态的血红素铁很不稳定，易被氧化。中国科学院的专家们经过十余年的潜心攻关，终于取得重大突破。他们运用现代生物技术和物理方法从动物血中提取血红素，研制出最新一代的高效生物补铁剂——小肽血红素铁，实现了从不稳定的血红素向稳定血红素的跨越。



图 3-2-7 一种补铁剂

活动任务

选择某种市售的补铁剂，鉴别其中铁元素的价态，并用目视比色法测定补铁剂中铁元素的含量。你还可以比较各种补铁剂中铁的含量。

你将会有哪些收获

- 运用 Fe^{2+}、Fe^{3+} 的鉴别方法判断补铁剂中铁元素的价态；
- 了解目视比色法的原理、常用仪器和基本操作；
- 学会用目视比色法测定补铁剂中铁元素的含量。

原理解析

通过眼睛观察比较待测溶液与标准溶液颜色深浅来确定物质含量的方法，叫做**目视比色法**（visual colorimetry）。目视比色法用一套标有刻度且形状大小和材质皆相同的玻璃管作为比色管，每支比色管中装有一定浓度的标准比色液形成色阶，将待测溶液与色阶中的各标准比色液进行比较。若待测溶液与色阶中某溶液的颜色深浅相同，则说明两支比色管中溶液的浓度相等；若待测溶液颜色深浅介于相邻两个标准溶液之间，则待测溶液的浓度约为两个标准溶液浓度的中间值。

Fe^{2+} 经氧化可变为 Fe^{3+}。Fe^{3+} 与KSCN溶液反应可使溶液呈现红色，并且溶液中 Fe^{3+} 的浓度越高，溶液的红色就越深，这为用目视比色法来测定补铁剂中铁元素的含量奠定了基础。

先配制浓度为0.001 0 mol·L^{-1}、0.000 8 mol·L^{-1}、0.000 6 mol·L^{-1}、0.000 4 mol·L^{-1}、0.000 2 mol·L^{-1} 的 $[Fe(SCN)_6]^{3-}$ 标准比色液，通过目视比较待测溶液和标准溶液的颜色得出 Fe^{3+} 的浓度，从而计算出补铁剂中铁元素的含量。

设计实验方案

请你思考以下问题，设计实验方案。

1. 如果补铁剂的颜色较深，你认为是否需要进行脱色处理？为什么？如果需要进行脱色处理，你将采用什么方法？

2. Fe^{2+}、Fe^{3+} 在性质上有什么不同？你将利用哪些反应确定补铁剂中铁元素的价态？

3. 如果经检验发现，补铁剂中铁元素的存在形态是 Fe^{2+}，在测定其含量的实验中，需要选择哪些试剂？每种试剂的作用是什么？如果是 Fe^{3+} 呢？

你的实验方案

- 确定补铁剂中铁元素价态的实验方案

- 测定补铁剂中铁元素含量的实验方案

知识支持

Fe^{2+} 能与 $K_4[Fe(CN)_6]$（亚铁氰酸钾）溶液反应生成深蓝色沉淀，可以利用这一反应检验 Fe^{2+}。

实施实验方案

补铁剂中铁元素的价态的确定

请按照你的实验方案动手实验，进行实验记录。

实验记录

实验步骤	实验现象	实验结论

补铁剂中铁含量的测定

1. 样品处理　在烧杯中用20 mL 6 mol·L^{-1}盐酸溶解一片补铁剂（质量为m）。溶解后，脱色过滤。

2. 配制样品溶液　向滤液中加入足量的H_2O_2溶液（5%），使Fe^{2+}全部转化成Fe^{3+}；再用玻璃棒搅拌（或微热）至无气泡产生，以除去过量的过氧化氢；然后将所得溶液充分转移至容量瓶中，配成一定体积的样品溶液（V）。

补铁剂中，Fe^{2+}通常以配合物（由中心原子或离子与围绕着它的分子或离子组成的、具有特殊结构的化合物）形态存在，溶解样品时加入盐酸是为了破坏其结构，将Fe^{2+}游离出来。

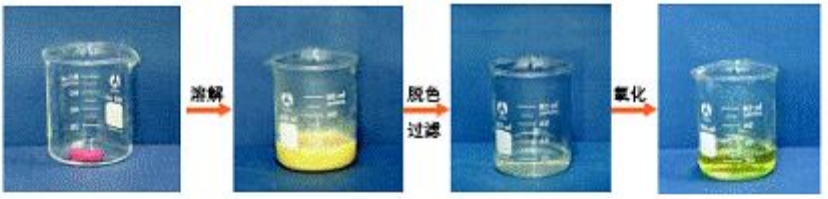


图3-2-8　补铁剂药片的处理

方法导引

可以将样品溶液加热，以促进其溶解，但在加热过程中不要使溶液剧烈沸腾，以防止溶液溅失。若样品溶液有颜色，可以用活性炭进行脱色处理。

H_2O_2溶液的体积可以根据样品说明书中注明的铁含量进行估算（5% H_2O_2溶液的密度约为1 g·mL^{-1}），反应的离子方程式为：

$$2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ = 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

3. 配制待测比色液　取一定体积（V'）的样品溶液加入10 mL比色管中，再加入与标准比色液等量的KSCN溶液（具体体积请询问老师）并稀释至10 mL（V''），作为待测比色液。

4. 比色　将待测比色液与标准比色液进行比较（标准比色液由老师提供，体积为10 mL），与待测比色液颜色一致（或相近）的标准比色液的浓度即为待测溶液的浓度（c）。

5. 数据处理　将实验数据记录在下表中，并计算补铁剂中铁的含量。

实验记录

样品名称：_____

样品	m/g	
	V/mL	
待测比色液	V'/mL	
	V''/mL	10 mL
	c/mol·L^{-1}	
测定结果（以样品中铁元素的质量表示）	计算公式： 铁元素的质量：_____	

交流·研讨

1. 你认为导致本实验出现误差的主要原因是什么？

2. 请你根据上述实验过程总结利用目视比色法测定物质中某组分含量的基本实验流程及所使用的主要仪器。

3. 请你查阅资料了解测定 Fe^{2+} 含量的其他方法，并与同学们交流、讨论。

进一步探索

利用色度计测定食物中铁元素的含量

自然界中富含铁的食物很多，动物性食物如瘦肉、肝、鱼等不仅含铁量高，而且铁的生物利用率也高，是膳食补铁的良好来源；植物性食物如菠菜、黑木耳、红枣等也都是富含铁的食物。请你尝试利用色度计测定食物中铁元素的含量。（具体实验方案详见附录4）



图3-2-9 色度计

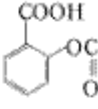
综合实验活动　阿司匹林药片有效成分的检测

活动背景

自阿司匹林问世以来，一直作为解热镇痛药用于头痛、发热、神经痛、肌肉痛、风湿热等疾病的治疗。从20世纪70年代开始，阿司匹林在其他领域的防治功能逐渐被开发出来。例如，阿司匹林对冠心病具有预防作用，能防治妊娠高血压、防止牙龈萎缩、增强大脑血液循环等。因此，阿斯匹林被誉为“百年新药”。阿司匹林药片中有效成分的检测是药品检验的重要内容。



图3-3-1　阿司匹林药片

阿司匹林药片的有效成分是乙酰水杨酸（$C_9H_8O_4$）。乙酰水杨酸是一种有机弱酸，结构简式为 ，为白色晶体，熔点为143℃，微溶于水，易溶于乙醇等有机溶剂。

你或你的家人服用过阿司匹林吗？你知道服用阿司匹林时应注意哪些事项吗？

活动任务

检验阿司匹林药片有效成分中的羧基和酯基官能团，并测定有效成分的含量。

你将会有哪些收获

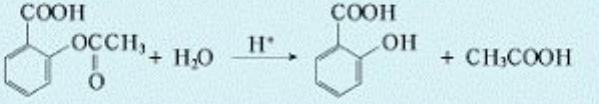
- 学会阿司匹林药片有效成分中羧基和酯基的检验方法；
- 通过对阿司匹林药片有效成分含量的测定，了解如何应用返滴定法测定物质中某组分的含量，加深对滴定分析法的认识；
- 体会实验方法在药物分析中的应用。

原理解析

阿司匹林药片有效成分中羧基和酯基官能团的检验

人们对有效成分为有机化合物的药物的检验，常通过分析有机化合物的官能团来进行。乙酰水杨酸是一种多官能团有机化合物，它的分子中存在羧基和酯基等官能团。

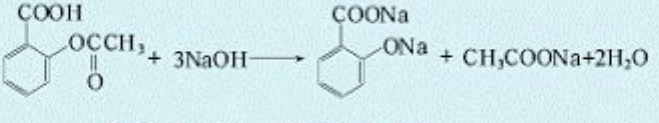
乙酰水杨酸中的酯基无法直接检验，要让其在酸性条件下水解，通过检验水解产物分子中的酚羟基来证明乙酰水杨酸分子中有酯基存在。



但是，用酸水解后，直接滴加 $FeCl_3$ 溶液并不能显色，这是因为邻羟基苯甲酸与 Fe^{3+} 形成的紫色的铁配合物在中性或弱酸性条件下才能显现紫色，所以需要向反应体系中滴加 Na_2CO_3 溶液，以中和多余的酸。

阿司匹林药片中有效成分含量的测定

阿司匹林药片中一般都添加有一定量的辅料如硬脂酸镁、淀粉等难溶物质，不能采用直接滴定法来测定阿司匹林药片中乙酰水杨酸的含量。可先加入已知量的过量的 NaOH 标准溶液，使乙酰水杨酸充分水解，再用盐酸标准溶液滴定过量的氢氧化钠进行测定。这种方法称为返滴定法。



$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

$$m = \frac{n(NaOH) - n(HCl)}{3} \times M$$

式中：m —— 乙酰水杨酸的质量，单位为 g；

$n(NaOH)$ —— 加入的氢氧化钠的物质的量，单位为 mol；

$n(HCl)$ —— 消耗的盐酸的物质的量，单位为 mol；

M —— 乙酰水杨酸的摩尔质量，单位为 $g \cdot mol^{-1}$。

知识支持

返滴定法

当溶液中的待测物质与滴定剂反应较慢、不能用直接滴定法进行滴定时，可以采用返滴定法对待测物质的含量进行测定。使用返滴定法进行测定时，先准确加入过量标准溶液，使其与试液中的待测物质进行反应，待反应完成后，再用另一种标准溶液滴定剩余的标准溶液。有时采用返滴定法是由于某些反应没有合适的指示剂。例如，在酸性溶液中用$AgNO_3$溶液滴定Cl^-时，缺乏合适的指示剂，此时可先加入过量$AgNO_3$标准溶液，再以三价铁盐做指示剂，用NH_4SCN标准溶液返滴过量的Ag^+（AgSCN为白色沉淀），出现淡红色即为终点。

设计实验方案

请你思考以下问题，设计阿司匹林药片有效成分中羧基和酯基官能团的检验及有效成分含量测定的实验方案。

1. 乙酰水杨酸含有哪些官能团？这些官能团有哪些特征反应？你将选择哪些实验检验乙酰水杨酸含有的羧基和酯基官能团？需要哪些试剂和仪器？

2. 阿司匹林药片中一般都添加有一定量的辅料如硬脂酸镁、淀粉等不溶物质，检验阿司匹林药片的有效成分前，你将怎样处理样品？

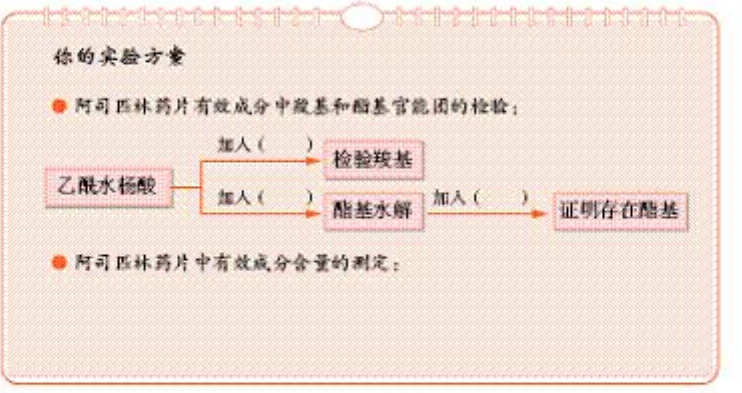
3. 有人设计了以下三种实验方案测定阿司匹林药片中乙酰水杨酸的含量，你认为哪种方案可行？说明你的理由。

A 阿司匹林药片 —加水溶解→ 浊液 —加入指示剂→ 滴定

B 阿司匹林药片 —加水溶解→ 浊液 —过滤→ 溶液 —加入指示剂→ 滴定

C 阿司匹林药片 —加已知量的NaOH溶液溶解→ 浊液 —加入指示剂→ 滴定

4. 请为你制订的方案选择合适的滴定剂和指示剂。



实施实验方案

以下实验方案供你参考。

阿司匹林药片有效成分中羧基和酯基官能团的检验

1. 样品处理　将一片阿司匹林药片研碎，溶解于适量的水中，制成浊液，静置后取用清液。

2. 羧基和酯基官能团的检验

（1）取两支洁净的试管，分别向其中加入 2 mL 阿司匹林清液，待用。

（2）向其中一支试管中加入 2 滴紫色石蕊溶液。

（3）向另一支试管中滴入 2 滴稀硫酸，将溶液在酒精灯上加热片刻后，滴入 2 滴 $FeCl_3$ 溶液，振荡；再向其中逐滴加入 Na_2CO_3 溶液，振荡。

1. 在进行官能团检验时，为什么不选择在碱性条件下水解乙酰水杨酸？

2. 实验中为什么要逐滴加入 Na_2CO_3 溶液？

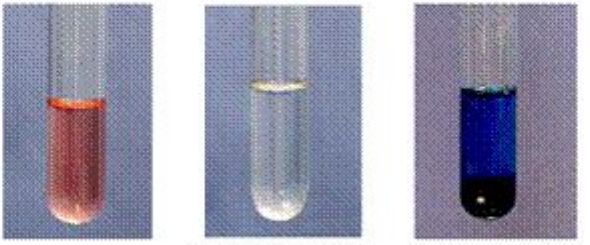


图 3-3-2　阿司匹林药片有效成分中羧基和酯基官能团的检验实验

实验记录

实验内容	实验现象	实验结论

阿司匹林药片中有效成分含量的测定

1. 实验前准备　查阅药品说明书，根据说明书中注明的乙酰水杨酸的含量选择NaOH标准溶液的浓度，并估算加入NaOH标准溶液的体积。

为什么要选择体积准确的NaOH标准溶液？

2. 样品处理　将药片放入锥形瓶中，加入体积准确的、过量的NaOH标准溶液，加热一段时间使药片所含乙酰水杨酸完全水解。

3. 滴定　向锥形瓶中加入2滴酚酞溶液，用盐酸标准溶液滴定过量的氢氧化钠，至溶液由红色恰好变为无色即滴定达到终点，记录数据。

4. 数据处理　请根据你测定的数据，设计实验数据记录表，记录数据并计算药片中乙酰水杨酸的质量分数。同学之间比较测定结果。

实验记录

1 mol乙酰水杨酸完全水解消耗的氢氧化钠的物质的量是多少？

交流·研讨

1. 在实验中，你是怎样检验乙酰水杨酸分子中存在酯基的？这使你对检验官能团的方法有了哪些新的认识？



2. 在进行官能团检验的过程中，你认为在实验条件控制、实验操作等方面有哪些问题需要特别注意？请结合具体实验加以说明。

3. 阿司匹林药片中乙酰水杨酸含量的测定实验，使你对中和滴定法有了哪些新的认识？

4. 许多药物的有效成分通常是结构复杂的有机化合物，请你结合自己的实践和相关资料，简述检测药物有效成分的常用方法。



资料在线

复方阿司匹林

市售的镇痛药复方阿司匹林（APC）是由阿司匹林、非那西汀、咖啡因三种成分配成的，是一种常用的止痛药。

通常用的复方阿司匹林片剂对胃肠有较大的刺激作用。研究发现，复方阿司匹林与小苏打、胃舒平等胃酸缓冲剂并用可以降低复方阿司匹林对胃的不良刺激，同时又可以增加其吸收度。

目前有报道表明，有一种新研制的复方阿司匹林制剂，在配方中加入铝碳酸镁，以减小对胃肠的刺激，这种制剂还具有起效快等优点。

主题拓展　现代仪器分析方法及其应用

20世纪以来，原子能工业、半导体技术、石油化工的兴起和生物化学、医学化学、材料科学的发展，要求分析方法灵敏、快速和准确。分析化学把现代物理学中关于光、电、磁等的理论研究成果和研究方法引进了化学实验，研制出多种新型的分析仪器，形成了仪器分析方法。

与化学分析法不同，仪器分析方法不再运用化学反应来完成检测任务，而是运用分析仪器提取物质的理化性质中的某一特征信息并将其转变为分析信号，再根据分析信号的性质特征做定性分析和结构分析，以及根据分析信号的强度数值做定量分析。例如，光化学分析法是以物质的光学性质为特征信息，以光的辐射为分析信号的仪器分析方法；电化学分析法是以物质的电位、电导、电流、电量等性质为特征信息，以电信号为分析信号的仪器分析方法；而色谱法则是根据混合物各组分在互不相溶的两相（固定相和流动相）中吸附能力、分配系数等性能的差异而进行分离和测定的方法。



图3-4-1　原子吸收分光光度计



图3-4-2　色谱仪

仪器分析方法由于具有灵敏度高、操作简便、分析速度快、选择性好、所需试样量少等优点而被广泛应用。例如，紫外—可见光分光光度法可以检测食品中的防腐剂，电位滴定法可以测定水样中氟的含量，高效液相色谱法可以检测天然海藻中的水溶性维生素，而色谱—质谱联用法则广泛应用于兴奋剂的检测。

仪器分析方法不但在传统的工业、农业、食品业、轻工业等领域中的应用越来越广泛，生命科学、环境科学等飞速发展的学科也越来越离不开仪器分析。仪器分析既能为它们提供物质组成的信息，还能反映结构与性能之间的关系，揭示现象的本质。例如，在生命科学研究中，要想对生命的本质有更透彻的了解，需要利用核磁共振法、质谱法等现代仪器分析方法确定DNA、蛋白质等生物大分子的结构。



图3-4-3　电位滴定仪

本主题概括整合

物质的检测可分为定性检验和定量测定两部分。定性分析的任务是鉴定试样的化学成分，即解决“有什么”的问题。实验过程中，可以利用离子或官能团的特征反应对化学成分进行鉴定。定量分析的任务是测定试样中有关组分的含量，即解决“有多少”的问题。滴定分析是定量分析的重要方法之一，根据滴定的方式可将滴定法分为直接滴定法和返滴定法。目视比色法是通过比较溶液颜色的深浅来测定物质含量的定量分析方法。



主题4

物质的制备

- 课题1　实验室制备日用化学品
- 课题2　实验室制备化工原料
- 综合实验活动　酿制米酒

- 主题拓展　从实验室到工厂——化工过程开发
- 本主题概括整合





图1 实验室中制备肥皂

研究人员不仅能合成自然界里已有的物质，还能制造许多自然界里没有的物质，因此，有人说“化学创造了一个人造世界，化学是一门最富创造性和想象力的科学”。

在初中化学和高中化学必修课程的学习中，你已经了解了实验室制备氧气、氢气、二氧化碳、氯气等物质的方法。你认为在实验室里制备某物质时，应该考虑哪些方面的问题？



图2 同学们正在进行制备实验

物质的制备不仅提高了人类的生活质量，还为生命、信息、材料等科学的发展奠定了物质基础。例如，如果没有合成氨的工业化生产为增产粮食提供大量化肥，60多亿人口的生存就成了严重问题；如果没有大量新药物的合成，人类就不能有效控制传染病，治疗各种疾病，平均寿命就要大大缩短；如果没有单晶硅片和存储材料的合成，信息技术就不可能得到迅猛的发展。

化学工业生产都是从实验室制备开始的。在实验室里制备某种物质时，需要确定反应原理，综合考虑原料配比、实验装置、反应条件、产物的分离和纯化等问题。在本主题中，你将通过肥皂的制备，体会原料的选用和配比在物质制备中的作用；通过乙酸乙酯的合成，学会如何根据反应特点选择合适的实验条件；通过氨碱法制纯碱和氨氧化法制硝酸，学习使用组合装置完成物质的制备实验，并体会实验条件的控制对于物质制备的意义；此外，你还将学习如何利用学过的分离方法对产品进行纯化。

你已经具备的基础

- 了解了一些常见物质（如氯气、乙醇、乙酸、乙酸乙酯）的性质；
- 知道了一些物质（如氧气、二氧化碳、氯气）的制备方法；
- 知道了物质的分离和纯化的常用方法；
- 能够运用中和滴定法测定物质中某组分的含量。

课题 1 实验室制备日用化学品

在日常生活中人们经常用到各种各样的日用化学品，日用化学品的研制与生产，大大提高了人们的生活质量。在制造日用化学品时，首先要合成出其中的主要物质，然后将其进一步加工制得产品。在本课题中，你将尝试在实验室中制备两种日用化学品——肥皂和纯碱。

活动 1 肥皂的制备

活动背景

肥皂是传统的洗涤用品。我国明清时期，在民间人们将砂糖、天然碳酸钠、动物脂肪、香料等按比例混合研磨，并加热使它们发生化学反应，将反应产物压制成型制成肥皂。在制造过程中，动物脂肪在碳酸钠存在下部分水解生成高级脂肪酸钠。不过，这些变化都是不完全的，产物虽然外观上像现代的香皂，但成分却是动物脂肪和高级脂肪酸钠的混合物。那么，怎样才能将皂化反应进行完全制得优质的肥皂呢？本活动将给你一个自己动手制作肥皂的机会。



图4-1-1 各种形状的肥皂

活动任务

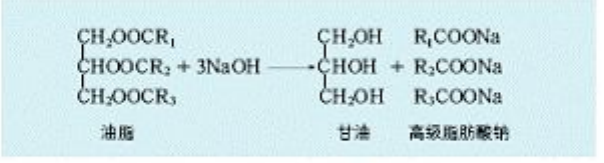
以动物脂肪或植物油为原料制备肥皂。

你将会有哪些收获

- 了解制取肥皂的一般原理和方法；
- 知道盐析这种分离物质的方法；
- 体会原料的选择和配比等因素对产品质量及外观的影响。

原理解析

肥皂的主要成分是高级脂肪酸钠，可由动物脂肪或植物油与NaOH溶液发生皂化反应制取。



反应完成后，生成的高级脂肪酸钠、甘油和水形成了混合物。为了将高级脂肪酸钠从混合物中分离出来，需要向其中加入饱和食盐水（或食盐细粒）以降低高级脂肪酸钠的溶解度，使其从混合物中析出，浮到液面上。这个过程叫做盐析。

最后，将分离出的高级脂肪酸钠与填充剂（如松香、硅酸钠等）混合，再成型、干燥，便可制得肥皂成品。

资料在线

硅酸钠的作用

硅酸钠又称泡花碱，价格低廉，是洗衣皂的主要填充剂。其主要作用有：① 增强肥皂的去污能力和泡沫的稳定性；② 改善肥皂的外观，使肥皂光滑细腻；③ 软化硬水，减少肥皂的消耗；④ 增加肥皂硬度。

实验方案及其实施

1. 皂化　向烧杯中加入20 g油脂、10 mL无水乙醇、22 mL 30%的NaOH溶液，加热搅拌。当液面出现泡沫后，加强搅拌；当泡沫覆盖整个液面时，停止加热。

2. 盐析　向皂化产物中缓缓加入适量的饱和食盐水（或食盐细粒）并搅拌，冷却后，分离出上层高级脂肪酸钠。

3. 定型　向分离出的高级脂肪酸钠中加入4 mL Na_2SiO_3饱和溶液（或4 g松香），倒入模具中，冷凝固化。

由于油脂是有机化合物，与浓碱溶液不能互溶，加入少量乙醇并不断搅拌，可以加快皂化反应。

注意加热过程中温度不要过高，并应不断搅拌以防暴沸。



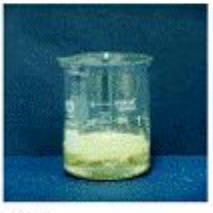


图4-1-2　肥皂的制备实验

你也可以适当改变油脂或NaOH溶液的用量，或不加入无水乙醇，对制备效果进行探究。

实验记录

实验步骤	实验现象	实验结果
皂化		
盐析		
定型		

交流·研讨

1. 将各组制得的肥皂进行展示，从去污能力、形状、硬度、手感、气味等方面进行评比并总结制取肥皂的条件。

2. 甘油可用于制造炸药，在造纸、印刷、医药、化妆品等工业上也有重要应用。制取肥皂的皂化废液含有大量的甘油。请你查找资料，了解工业上是如何实现甘油的回收利用的。

3. 查找资料，了解透明肥皂、药皂、香皂等的制备方法。

资料在线

肥皂的洗涤原理

肥皂中起去污作用的是高级脂肪酸钠。高级脂肪酸钠溶于水后电离，生成高级脂肪酸根离子和Na^+。从结构上看，高级脂肪酸根离子可以分为两部分，一部分是极性的$-COO^-$，它可以溶于水，叫做亲水基；另一部分是非极性的链状烃基$-R$，不溶于水，叫做憎水基，具有亲油的性质。在洗涤过程中，污垢中的油脂与肥皂接触后，高级脂肪酸根离子的烃基插入油污内，而易溶于水的羧基部分伸在油污外面插入水中，这样油污就被包围起来，再经摩擦、振动，大的油污便分散成小油珠，最后脱离纤维织品分散到水中形成乳浊液，从而达到洗涤的目的。

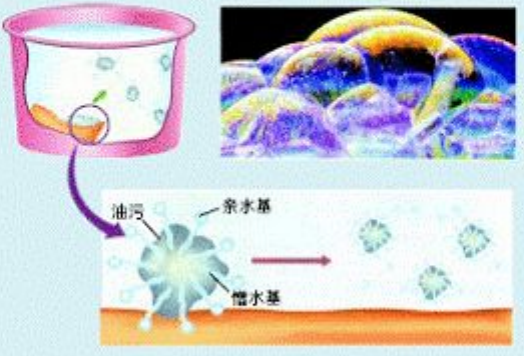


图4-1-3 肥皂去油污原理示意图

活动2 纯碱的制备

活动背景

碳酸钠俗称纯碱、苏打，是一种常用的日用化学品。碳酸钠易溶于水，水溶液呈碱性。在日常生活中常用它中和面食发酵产生的酸味，也可用它洗涤餐具及沾有油污的衣物等。此外，碳酸钠还是重要的化工原料，用于玻璃、造纸、纺织、石油精炼等工业生产。



图4-1-4 碳酸钠

活动任务

以氯化钠、二氧化碳、氨等为原料制备纯碱。

你将会有哪些收获

- 了解制备纯碱的基本原理；
- 初步掌握气体除杂、尾气吸收、水浴加热等基本操作；
- 了解温度等反应条件对物质制备效果的影响。

原理解析

工业上将二氧化碳和氨气通入饱和食盐水中制得碳酸氢钠，再煅烧碳酸氢钠使其转化为碳酸钠。

$$NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$$

$$NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$

$$2NaHCO_3 \xlongequal{\triangle} Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O\uparrow$$

在碳酸氢铵与氯化钠反应生成碳酸氢钠时，溶液中同时存在碳酸氢铵、氯化钠、碳酸氢钠和氯化铵四种物质，碳酸氢钠首先结晶析出。

设计实验方案

请你思考以下问题，设计制备纯碱的实验方案。

1. 在实验室中，如何获得二氧化碳？请确定所需要的试剂和仪器。

2. 在制得的二氧化碳中可能含有哪些杂质？是否需要除去？应该怎样除去？

3. 在实验过程中是否需要对尾气进行吸收？如果需要，请你选择合适的试剂并设计尾气吸收装置。

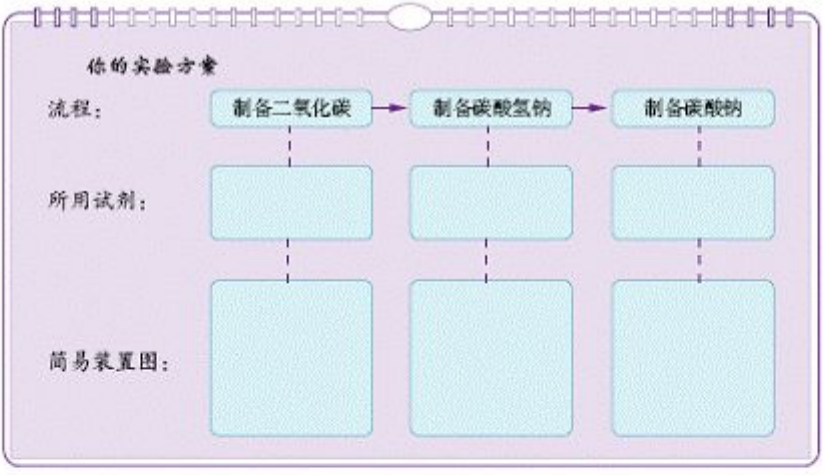
4. 在加热碳酸氢钠制备碳酸钠时，你如何判断分解反应是否已进行完全？

5. 在制备碳酸氢钠时，有的同学提供了下列三种实验方案，你认为哪种方案最好？说明理由。

方案1：分别将二氧化碳和氨气通入饱和食盐水中；

方案2：将二氧化碳通入含氨的NaCl饱和溶液中；

方案3：将氨气通入含二氧化碳的NaCl饱和溶液中。



实施实验方案

以下实验方案供你参考。

1. 配制含氨的饱和食盐水　在100 mL的锥形瓶中加入20 mL氨水（体积比为1∶1），再加入8 g食盐，塞紧橡胶塞，振荡几分钟，过滤除去不溶物，得到含氨的饱和食盐水。

一定要使食盐最大限度地溶解在氨水中，否则即使长时间地通二氧化碳，碳酸氢钠也不会析出。

2. 制备碳酸氢钠　按图4-1-5组装实验装置，先检查装置的气密性，再向各仪器中加入相应试剂，打开启普发生器的活塞，开始制备碳酸氢钠。实验过程中，要注意控制水浴温度（30℃～35℃）和二氧化碳的通入速度（以出现能数得清的连续气泡为宜）。

反应结束后，把锥形瓶浸于冷水中，使较多的碳酸氢钠晶体析出，过滤，洗涤。

如何检查装置的气密性？如何证明所得晶体是碳酸氢钠？

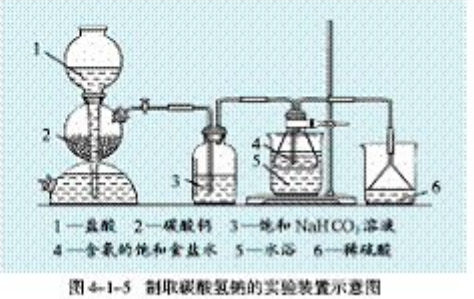


图4-1-5　制取碳酸氢钠的实验装置示意图

温度超过35℃，碳酸氢铵开始分解；温度太低，碳酸氢铵溶解度太小，不利于反应进行。因此，反应温度应控制在30℃～35℃。

3. 制备碳酸钠　将制得的碳酸氢钠转移至蒸发皿中，加热至没有水蒸气逸出为止。

4. 称量产品质量

制得的碳酸钠中可能含有哪些杂质？应如何检验？

交流·研讨

1. 在制备碳酸钠的过程中，分离出碳酸氢钠后的母液中主要含有氯化铵和没有转化的食盐，请你设计实验将二者分离。查阅资料，了解工业上是如何解决这一问题的。

2. 如果你是工业规划设计师，你认为生产纯碱的工厂应与哪些化工厂联合建立？说明理由。

3. 通过本课题的学习，你认为在设计制备某种物质的实验方案时应考虑哪些问题？

化学与技术

侯氏制碱法

早在古代，人们就能从盐碱地和盐湖中获取碳酸钠。1791年法国医生吕布兰（N.Leblanc）首创了化学制碱法，以食盐、硫酸、煤末和石灰等为原料制备纯碱。吕布兰制碱法的成功在化工原理、化工设备等方面都为现代大型联合化学工业的发展奠定了基础。但这种方法原料利用率低，难以进行连续化大生产。1862年，比利时人索尔维发明了用食盐、氨、二氧化碳反应制纯碱的方法，这种方法称为索尔维法，又称氨碱法。氨碱法在生产过程中，将制碳酸氢钠时产生的氯化铵与石灰乳混合，二者反应生成的氨被循环利用。氨碱法具有生产过程连续、成本低等优点，但也存在着食盐利

用率低、废渣（氯化钙）污染环境等缺点。



图4-1-6 侯德榜（1890–1974）

1943年，我国化工专家侯德榜创立了侯氏制碱法。侯德榜将制碱与制氯化铵两个过程循环进行，同时生产出纯碱和氯化铵两种产品，使食盐利用率提高到96%以上，而且没有废渣产生，减少了对环境的污染。他还将纯碱生产与合成氨生产联合，利用合成氨厂生产的氨和副产品——二氧化碳做制碱原料，缩短了生产流程，降低了生产成本。

侯氏制碱法的工艺是由制碱和制氯化铵两个过程组成的。制碱过程是使食盐水与氨气和二氧化碳反应，生成碳酸氢钠，碳酸氢钠经过滤、煅烧制得纯碱，所得滤液（主要含氯化钠和氯化铵）用于制备氯化铵。制备氯化铵的过程是使滤液吸收氨气、降温并向其中加入食盐粉，使氯化铵逐步从滤液中结晶析出，再经过过滤、干燥制得氯化铵产品。过滤出氯化铵后的滤液（主要含氯化钠）再与氨气、二氧化碳反应制纯碱，使氯化钠循环使用。侯氏制碱法的工艺流程如图4-1-8所示。



图4-1-7 生产纯碱的车间



图4-1-8 侯氏制碱法生产流程示意图

后 记

《"新世纪"普通高中化学课程标准实验教科书》是教育部审定通过的实验教材，共8册，分别对应高中化学的8个模块，供高中学段的学生使用；本册为《实验化学（选修）》，供选修本模块的学生使用。

这套教材由北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组织编写。参加编写的人员有国家基础教育化学课程标准研制组负责人及其核心成员，著名高校化学学科专家，重点中学的特级教师和中青年骨干教师，以及化学教学研究人员。全套教材由普通高中化学课程标准研制组负责人、北京师范大学王磊教授，北京师范大学陈光巨教授任主编，中国科学院资深院士、北京大学徐光宪教授任总顾问。本册教材主编为王磊教授，参加编写的有王磊、支瑶、胡久华、潘鸿章、魏锐、孟海燕、刘小英、刘强、黄冬芳。

这套教材的编写坚持以《基础教育课程改革指导纲要》的精神为指导，努力贯彻《普通高中化学课程标准（实验稿）》的要求，充分体现普通高中化学各课程模块的功能定位和风格特点，综合反映学生发展、社会发展和学科发展对普通高中化学教材在基础性、时代性、选择性方面的要求，遵循科学教育的规律，倡导积极主动的多样化学习方式和科学有效的学习策略，培养学生的创新精神和实践能力，在义务教育的基础上为进一步提高学生的科学素养构建新的发展平台。

这套教材的编写得到了教育部基础教育司、基础教育课程发展中心的关心和指导。北京大学严宣申、高盘良教授，清华大学薛芳渝教授，首都师范大学曹居东教授，北京师范大学刘知新、尹冬冬、王明召、张文朴、刘克文教授，以及刘宗寅编审，张小平、卞学诚、陈英杰、范林、宋万琚、胡晓红、王京老师，参与了教材的讨论和修改，付出了艰辛的劳动。山东科学技术出版社对这套教材的出版极为重视，在人力、物力等方面给予了大力支持。在此，向所有关心和支持这套教材编写、出版、发行的单位和同志致以诚挚的谢意！

这套教材中的部分图片引自有关图书资料，特向这些图片的制作者和图书的出版者表示感谢。由于多种原因事先无法与某些图片的制作者和有关图书的出版者联系，特向他们表示歉意。

经过实验区使用后，我们在广泛征询实验区老师意见和建议的基础上，对教材进行了认真修改，进一步凝炼了内容，突出了学习重点。参加本次修订工作的有：王磊、严宣申、刘宗寅、胡久华、魏锐、支瑶。

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大师生和教学研究人员提出宝贵意见，以便使其不断完善。

北师大"新世纪"普通高中化学课程标准实验教材编写组

2007年5月