高中化学60个经典实验

1 $Fe(OH)_3$胶体的制备及丁达尔效应

操作： 向沸水中**逐滴加入5～6滴饱和 $FeCl_3$** 溶液，继续煮沸至液体呈**红褐色**，即得到 $Fe(OH)_3$胶体。

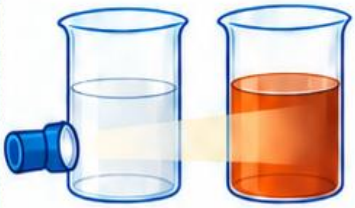
现象： $Fe(OH)_3$胶体呈红褐色；用光照射时可观察到**丁达尔效应**，**NaCl溶液无此现象**。

原理： $FeCl_3+3H_2O \xrightarrow{\triangle} Fe(OH)_3(胶体)+3HCl$

注意事项： ①蒸馏水**不能换成NaOH溶液或氨水**；②**不能边加热边搅拌，不能过度加热。**



制备$Fe(OH)_3$胶体



丁达尔效应对比

2 钠和水反应的探究

操作： 在烧杯中加入一些水，滴入几滴酚酞溶液，然后把一块绿豆大的钠放入水中。

现象与解释：

① 钠与水**剧烈反应，浮在水面上，熔化成小球**在水面上游动，并有“嘶嘶”的响声，溶液颜色变成**红色**，说明钠的密度比水小，**反应放热**并有气体产生。

② 收集产生的气体进行检验，靠近火焰时有轻微爆鸣声，说明**生成的气体是H_2**。

原理： $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$



加入水和酚酞溶液　加入钠　反应后

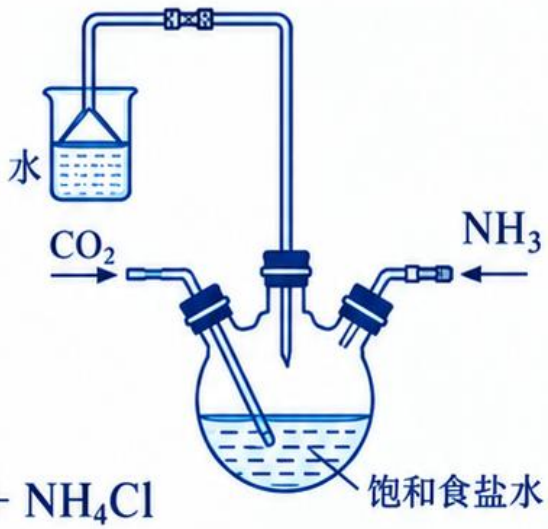
3 Na_2CO_3和$NaHCO_3$的热稳定性探究

现象： **Na_2CO_3固体受热不易分解**；$NaHCO_3$固体**受热易分解**，生成能**使澄清石灰水变浑浊**的气体。

原理： $2NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$



4 侯氏制碱法



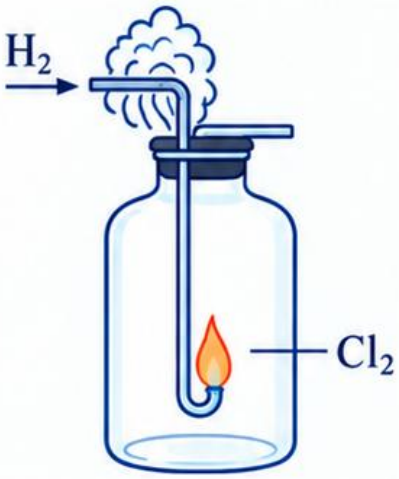
操作： 先在**低温**的条件下将NH_3（**要防倒吸**）通入**饱和食盐水**中，再通入CO_2，使溶解度小的$NaHCO_3$从溶液中**析出**，过滤得到的$NaHCO_3$晶体**受热分解后生成Na_2CO_3**。

原理：

$$NH_3 + H_2O + CO_2 + NaCl = NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$

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

5 氢气在氯气中燃烧

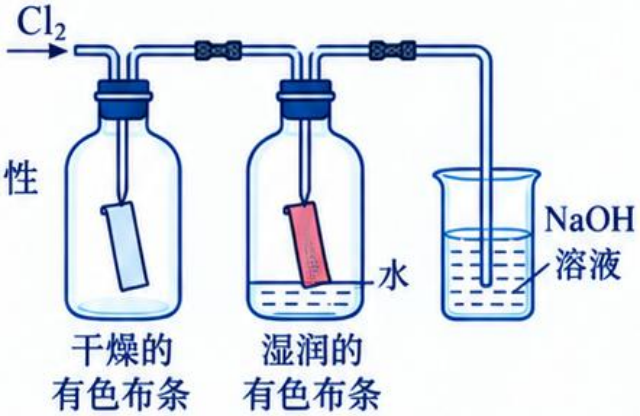


操作： 在空气中点燃氢气，然后把导管缓慢伸入盛满氯气的集气瓶中，观察现象。

现象： 纯净的H_2在Cl_2中**安静地燃烧**，发出**苍白色火焰**。反应生成的气体（HCl）在空气中与水蒸气结合，呈现**雾状**。

原理： $H_2 + Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2HCl$

6 氯气的漂白性实验



现象： **干燥的不褪色，湿润的褪色。**
布条褪色。

结论： 干燥的Cl_2不具有漂白性，氯水具有漂白性（$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$），**起漂白作用的是HClO。**

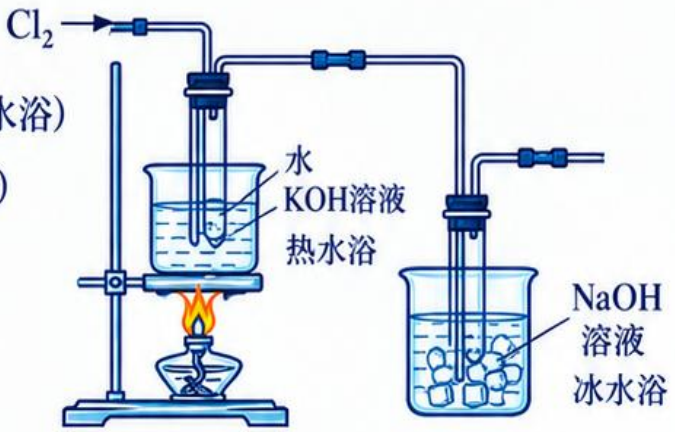
注意事项： HClO只存在于水溶液中。
HClO不稳定，**光照易分解**（$2HClO \xlongequal{\text{光}} 2HCl + O_2\uparrow$）。

7 氯气与碱反应（热水浴、冰水浴）

实验原理：

$3Cl_2 + 6OH^- \xrightarrow{\triangle} 5Cl^- + ClO_3^- + 3H_2O$（热水浴）

$Cl_2 + 2OH^- = Cl^- + ClO^- + H_2O$（冰水浴）



实验现象：

① 热水浴生成 ClO_3^-。

② 冰水浴生成 ClO^-。

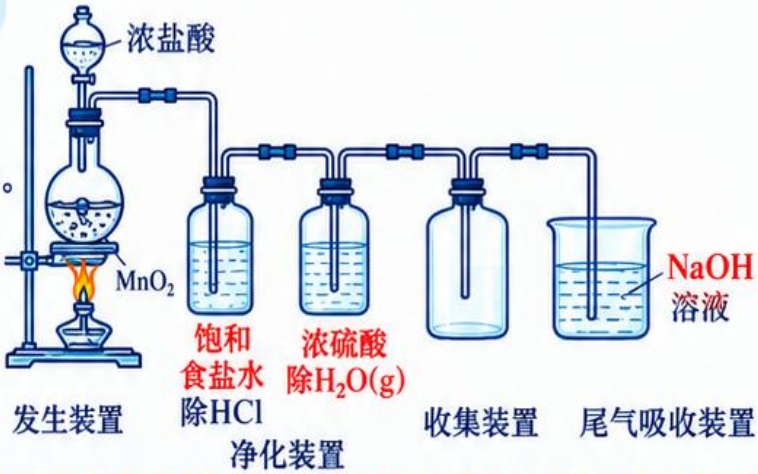
8 氯气的实验室制法

实验原理：

$MnO_2 + 4HCl(浓) \xrightarrow{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$。

注意事项：

反应必须用浓盐酸并加热。随着反应进行，浓盐酸将逐渐变稀，MnO_2与稀盐酸不反应，HCl不可能完全反应。



其他制备Cl_2的方法（不加热型）

① $KMnO_4$—浓盐酸：$2MnO_4^- + 16H^+ + 10Cl^- = 2Mn^{2+} + 5Cl_2\uparrow + 8H_2O$。

② $K_2Cr_2O_7$—浓盐酸：$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6Cl^- = 2Cr^{3+} + 3Cl_2\uparrow + 7H_2O$。

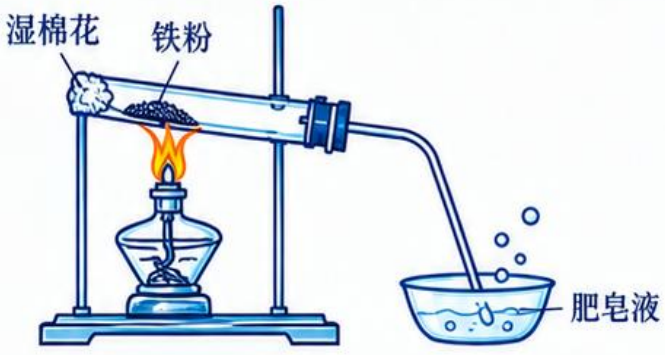
③ $KClO_3$—浓盐酸：$KClO_3 + 6HCl(浓) = KCl + 3Cl_2\downarrow + 3H_2O$。

④ $Ca(ClO)_2$—浓盐酸：$Ca(ClO)_2 + 4HCl(浓) = CaCl_2 + 2Cl_2\uparrow + 2H_2O$。

9 铁与水蒸气反应

实验原理：

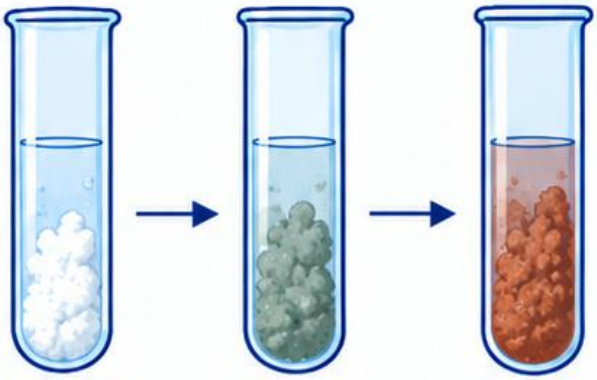
$3Fe + 4H_2O(g) \xrightarrow{高温} Fe_3O_4 + 4H_2$。



10 铁的氢氧化物之间的转化

操作： 向盛有 $FeSO_4$ 溶液的试管中滴入 NaOH 溶液。观察并描述发生的现象。

现象： 白色絮状沉淀迅速变成灰绿色，最后变成红褐色。



$Fe(OH)_2$（白色絮状沉淀）　（灰绿色）　$Fe(OH)_3$（红褐色）

原理： $Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2\downarrow$；

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$。

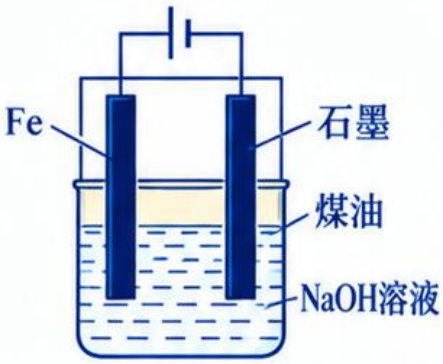
11 制备氢氧化亚铁



有机层隔离法



氢气氛围中



电解法

原理： $Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2\downarrow$。

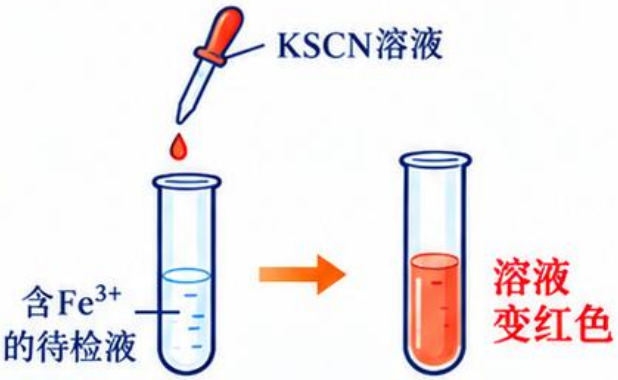
注意事项： 溶液中不含 Fe^{3+}、O_2 等氧化性物质。制备过程中，保证生成的 $Fe(OH)_2$ 在密闭且隔绝空气的体系中。

12 铁离子、亚铁离子的检验方法

(1) Fe^{3+}的检验

操作及现象： 向待检液中滴加**KSCN溶液**，溶液立即变为**红色**。

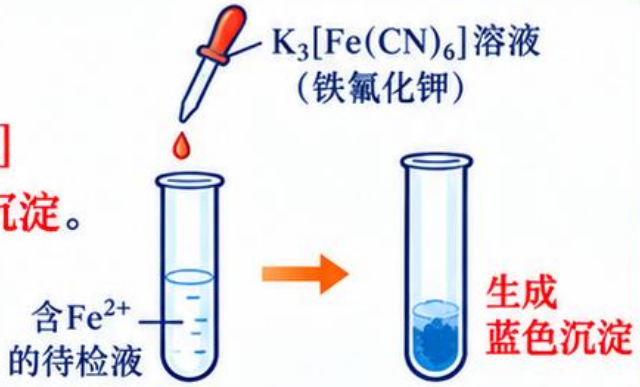
原理： $Fe^{3+} + 3SCN^- = Fe(SCN)_3$。



(2) Fe^{2+}的检验

操作及现象： 向待检液中滴加$K_3[Fe(CN)_6]$（铁氰化钾）溶液，生成**蓝色沉淀**。

原理： $K^+ + Fe^{2+} + [Fe(CN)_6]^{3-} = KFe[Fe(CN)_6]\downarrow$。



其他方法1：苯酚法检验Fe^{3+}

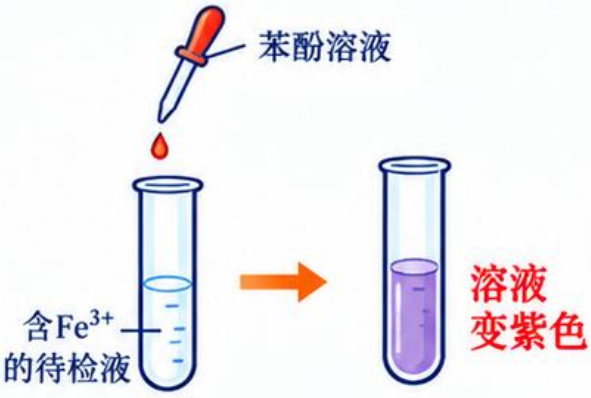
①向待检液中滴加**苯酚溶液**，溶液变**紫色**（苯酚的显色反应）。

②向盛有少量苯酚稀溶液的试管中，滴入几滴$FeCl_3$溶液，振荡，观察实验现象。

现象： 苯酚与$FeCl_3$溶液作用**显紫色**。

原理： $Fe^{3+} + 6C_6H_5OH \rightarrow [Fe(C_6H_5O)_6]^{3-}$（紫色）$+ 6H^+$。

（可以检验**酚羟基**或**Fe^{3+}**）



其他方法2：其他试剂检验Fe^{2+}

①向待检液中滴加**KSCN溶液**，无明显现象，再滴加**新制氯水**，溶液立即**变红色**。

②向待检液中滴加**NaOH溶液**，生成**白色絮状沉淀**，沉淀迅速变为**灰绿色**，最后变为**红褐色**。



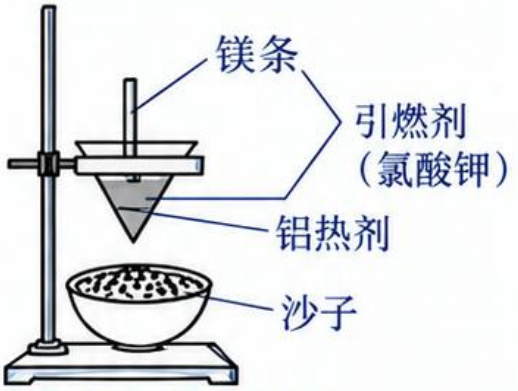
13 铝热反应

操作： 将铝条与氧化剂（如氧化铁）和引燃剂（如氯酸钾）混合，在坩埚中点燃。

现象： 剧烈反应，放出**大量的热**，纸漏斗被烧穿，有**熔融物**落入沙子。

原理： 高温下，铝将比铝不活泼的金属从其氧化物中还**原**出来。

应用： 用于冶炼熔点较高的金属，如Ni、Mn、V等；野外焊接铁轨。

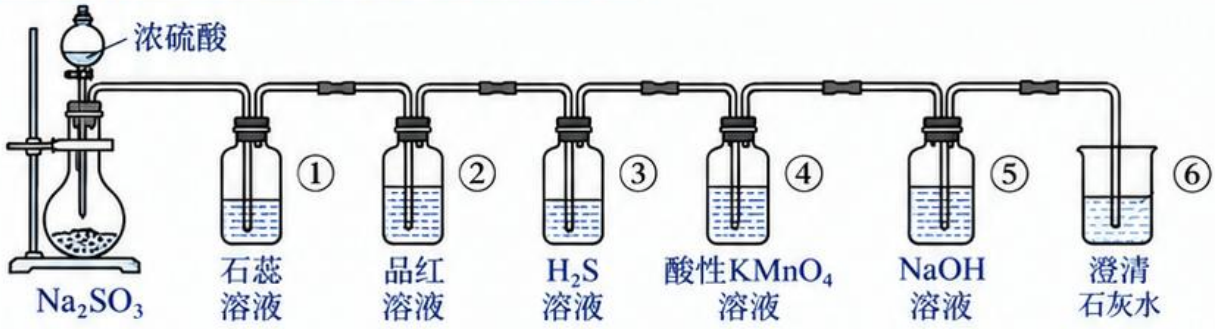


铝热反应的实验装置

典型方程式：

$$10Al + 3V_2O_5 \xrightarrow{\text{高温}} 5Al_2O_3 + 6V。$$

14 SO_2的制备及性质的探究



装置①： 用于**制备SO_2**。

原理： $Na_2SO_3 + H_2SO_4(浓) = Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$。

装置②： 用于验证SO_2具有**酸性氧化物**的性质。

现象： 石蕊溶液变**红**。

装置③： 用于验证SO_2具有**漂白性**。

现象： 品红溶液**褪色**。

装置④： 用于验证SO_2具有**氧化性**。

原理： $SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S\downarrow$。

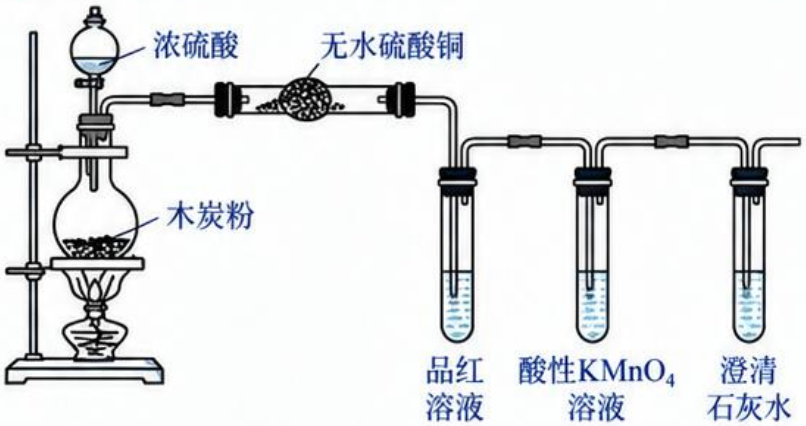
装置⑤： 用于验证SO_2具有**还原性**。

原理： $5SO_2 + 2MnO_4^- + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$。

装置⑥： 用于**吸收SO_2**，防止污染空气。

原理： $SO_2 + 2OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$。

15 浓硫酸与木炭粉反应并检验产物



现象及结论：

① 无水硫酸铜变蓝，说明产物中**含有H_2O**。

② 品红溶液褪色，说明产物中**含有SO_2**。

③ 酸性$KMnO_4$溶液不褪色，澄清石灰水变浑浊，说明产物中**含有CO_2**。也可以在澄清石灰水洗气瓶之前加一个品红溶液洗气瓶，用于检验SO_2是否除尽。

注意事项：

酸性$KMnO_4$溶液的作用是**除去SO_2**，必须是**过量的**，不能改用$NaHCO_3$溶液，因为SO_2与$NaHCO_3$反应会**产生新的CO_2**，也不能改用NaOH等碱性溶液，因为碱液可**吸收CO_2**。

16 浓硫酸与蔗糖反应



蔗糖与浓硫酸　　反应进行中　　生成疏松多孔的炭

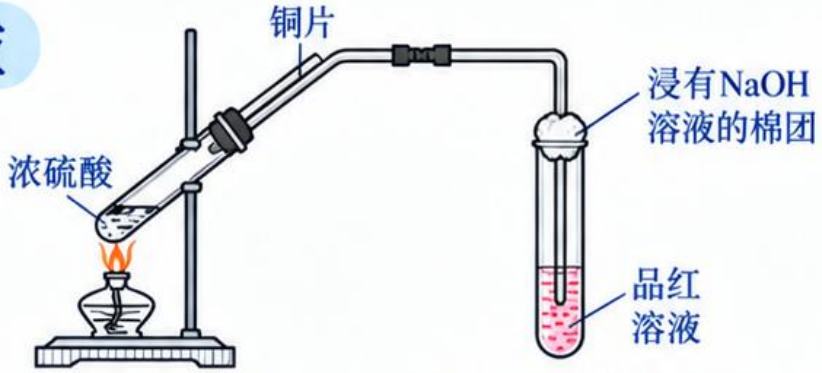
操作及现象： 向蔗糖中加入浓硫酸，蔗糖**变黑、体积膨胀**，变成疏松多孔的**海绵状物质(炭)**，放出能使**品红溶液褪色**的**有刺激性气味的气体**。

原理： $C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{浓硫酸}} 12C + 11H_2O$；

$C + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\triangle} CO_2\uparrow + 2SO_2\uparrow + 2H_2O$。

结论： 浓硫酸体现**脱水性**和**强氧化性**。

17 浓硫酸与铜反应

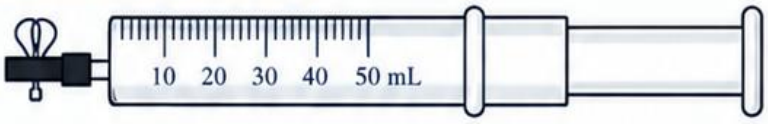


操作及现象： 向盛有铜片的试管中加入浓硫酸，加热，产生的气体能使**品红溶液褪色**，**析出固体**，将试管内物质倒入水中，**溶液变蓝色**。

原理： $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\triangle} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$。

结论： 浓硫酸体现**氧化性**和**酸性**。

18 氮氧化物与水反应



操作： 在一支50 mL的注射器里充入**20 mL NO**，然后吸入**5 mL水**，用乳胶管和弹簧夹封住管口，振荡注射器，观察现象。打开弹簧夹，快速吸入**10 mL空气**后夹上弹簧夹，观察现象。振荡注射器，再观察现象。

现象： 无明显现象。气体颜色由**无色变为红棕色**，**气体体积变小**。气体颜色变浅或消失，气体体积变小。

原理： $2NO + O_2 == 2NO_2$；　$3NO_2 + H_2O == 2HNO_3 + NO$。

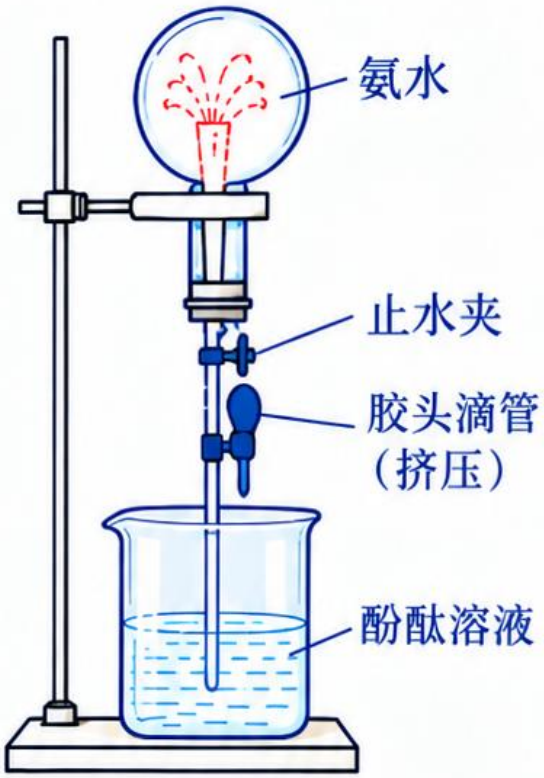
19 喷泉实验

操作： 打开止水夹，挤压胶头滴管的胶头，使烧杯中的溶液由玻璃管迅速进入烧瓶，形成**喷泉**。

现象： 烧瓶内液体呈**红色**。

原理： 氨气在水中**溶解度很大**（或与水反应速率快），在短时间内产生足够大的**压强差**。

结论： 氨气**极易溶于水**，氨水显**碱性**。

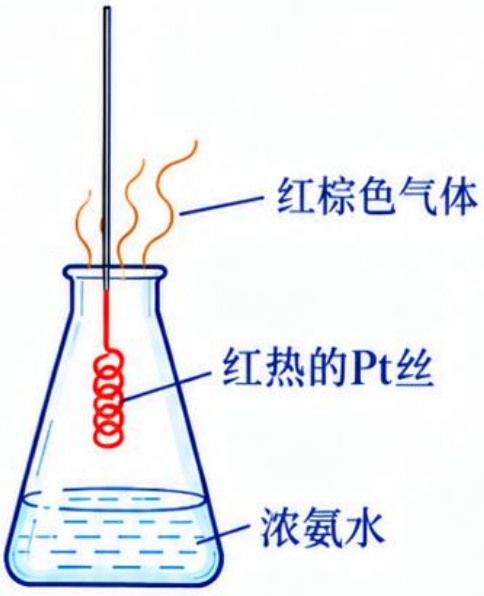


喷泉实验装置图

20 氨的催化氧化

操作： 将红热的铂丝伸入盛有浓氨水的锥形瓶中，瓶口出现少量**红棕色**气体。

现象： 瓶口出现少量**红棕色气体**。



原理： $4NH_3+5O_2 \xrightarrow[\triangle]{Pt} 4NO+6H_2O$

$2NO+O_2 = 2NO_2$。

21 氨气的实验室制法

操作： 在试管中加入 $Ca(OH)_2$ 和 NH_4Cl，加热制取 NH_3。试管口塞棉花，导气管要伸到试管底部，以减少 NH_3 与空气的对流速率，收集到纯净的 NH_3。

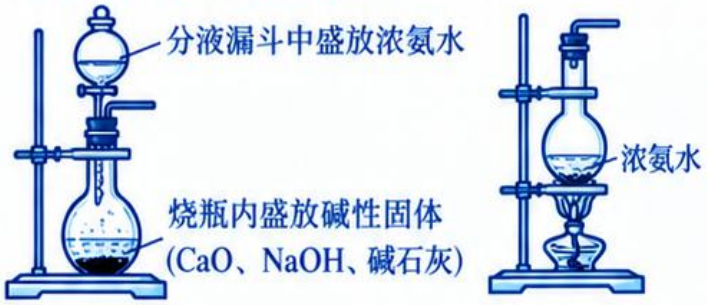


原理： $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xlongequal{\triangle} CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$。

干燥氨气： 用**碱石灰**干燥，**不能**用**浓硫酸**、**无水 $CaCl_2$ 和 P_2O_5** 干燥。

验满方法： 将湿润的红色石蕊试纸置于试管口，**试纸变蓝**；或将蘸有浓盐酸的玻璃棒置于试管口，有**白烟产生**。

制备氨气的其他方法：



浓氨水中存在平衡：

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$，

加入固态碱性物质，使**平衡逆向移动**，同时**反应放热**，促进 $NH_3\cdot H_2O$ 的分解：

$NH_3\cdot H_2O \xlongequal{\triangle} NH_3\uparrow + H_2O$。

22 浓、稀硝酸与铜反应

操作： 在橡胶塞侧面挖一个凹槽，并嵌入下端卷成螺旋状的铜丝。向两支具支试管中分别加入 2 mL 浓硝酸和稀硝酸，用橡胶塞塞住试管口，使铜丝与硝酸接触，观察并比较实验现象。向上拉铜丝，终止反应。



现象： 浓硝酸与铜丝反应时，铜丝表面放出**红棕色气泡**，**溶液变成蓝色**。

稀硝酸与铜丝反应时，铜丝表面放出**无色气泡**，气体接触到液面上部的空气后**变为红棕色**，**溶液变成蓝色**。

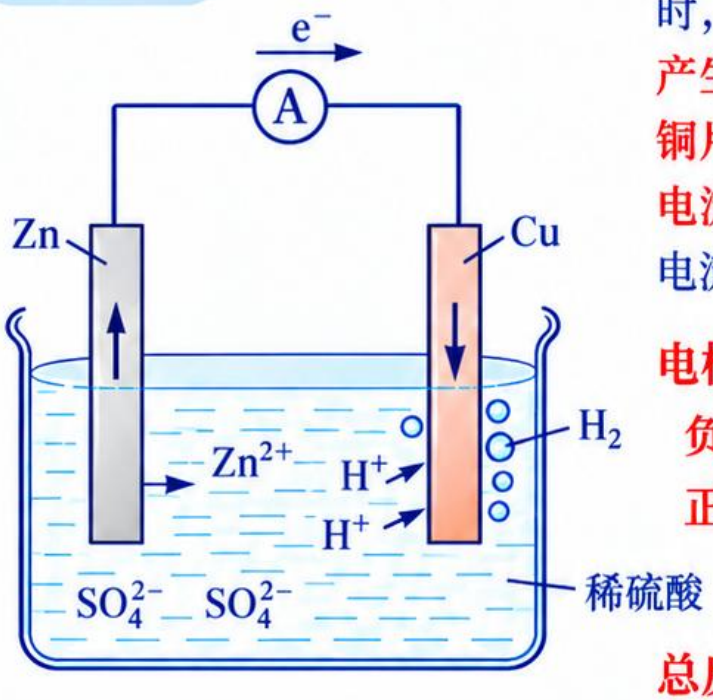
原理： $4HNO_3(浓) + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$，

$8HNO_3(稀) + 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$。

结论： 浓、稀硝酸均体现**酸性和强氧化性**。

23 铜锌原电池

实验一



操作及现象：当锌片与铜片插入稀硫酸时，**锌片上有气泡产生，铜片上无气泡产生**；当用导线将锌片和铜片相连后，**铜片上有气泡产生**；串联电流表后，**电流表指针发生偏转**（说明导线中有电流通过）。

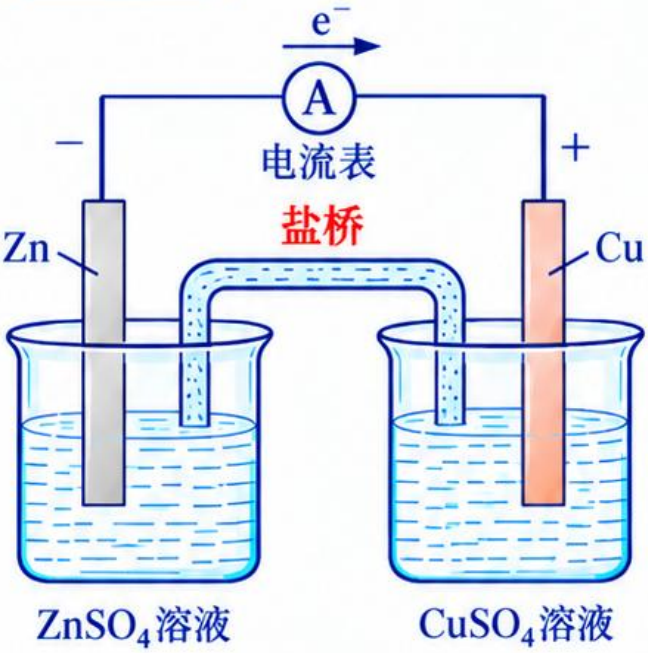
电极反应：

负极 $Zn-2e^-=Zn^{2+}$（**氧化反应**）；

正极 $2H^++2e^-=H_2\uparrow$（**还原反应**）。

总反应： $Zn+2H^+=Zn^{2+}+H_2\uparrow$。

实验二



操作：将置有锌片的 $ZnSO_4$ 溶液和置有铜片的 $CuSO_4$ 溶液用一个**盐桥**连接起来，然后将锌片和铜片用导线连接，并在中间串联一个电流表，观察现象。取出盐桥，观察电流表的指针有何变化。

现象：接通电路时，**电流表的指针发生偏转**，即电路中有电流通过。从上述装置中取出盐桥，电流表的指针又**回到零点**，即电路中没有电流通过。

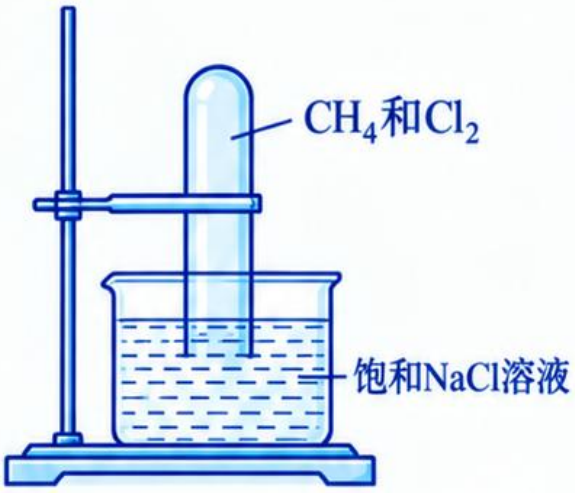
电极反应：

负极 $Zn-2e^-=Zn^{2+}$；

正极 $Cu^{2+}+2e^-=Cu$。

总反应： $Zn+Cu^{2+}=Zn^{2+}+Cu$。

24 甲烷与氯气反应



操作： 通过**排饱和NaCl溶液**的方法收集半试管CH_4和半试管Cl_2，用铁架台固定好。将试管放在**光亮处（不要放在日光直射的地方）**，静置，观察现象。

现象： 混合气体的颜色由**黄绿色逐渐变浅**，试管内有**油状液体出现**，**液面上升**。

饱和食盐水的作用： **降低氯气的溶解度**，便于证明有**氯化氢气体生成**。

注意事项： **一氯甲烷、氯化氢为气体**，其他产物均是**比水重的油状液体**。

原理： $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3Cl + HCl$。

25 乙醇的催化氧化



操作： 向试管中加入少量乙醇，取一根铜丝，下端绕成螺旋状，**在酒精灯上灼烧后插入乙醇，反复几次**。注意观察反应现象，**小心地闻**试管中液体产生的气味。

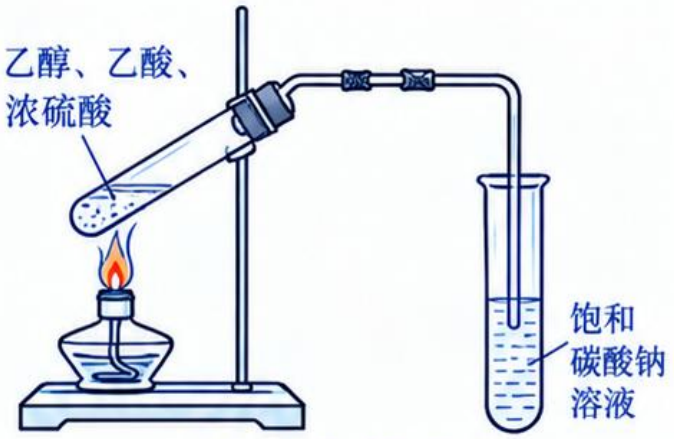
现象： 铜丝**先变黑**，插入乙醇后**又变红**，试管中液体有**刺激性气味**。

原理： $2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{催化剂} 2CH_3CHO + 2H_2O$。

本质： 乙醇被氧化为**乙醛**。

26 乙酸乙酯的制备

操作： 在试管中加入**乙醇**、**乙酸**和**浓硫酸**，按一定顺序混合，加热制取乙酸乙酯。将产生的蒸气通入**饱和碳酸钠溶液**中，进行尾气吸收。



乙酸乙酯的制备装置

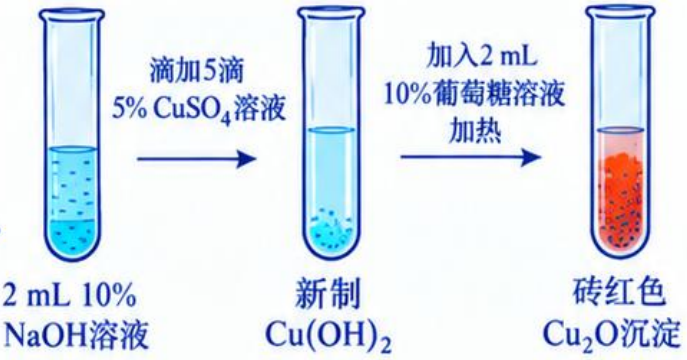
注意事项： 加入试剂的顺序为**乙醇**、**浓硫酸**和**乙酸**，**不能先加浓硫酸**；导气管末端应在饱和Na_2CO_3溶液液面上，目的是**防倒吸**。

原理：
$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + HO-CH_2-CH_3 \underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3 + H_2O。$$

现象： 导出的蒸气遇冷后生成**无色具果香味的油状液体**。

27 葡萄糖与新制$Cu(OH)_2$反应

操作： 在试管中加入**2 mL 10% NaOH**溶液，滴加**5滴5%** $CuSO_4$溶液，得到新制$Cu(OH)_2$。再加入**2 mL 10% 葡萄糖溶液**，加热，观察现象。



现象： 生成**砖红色沉淀**。

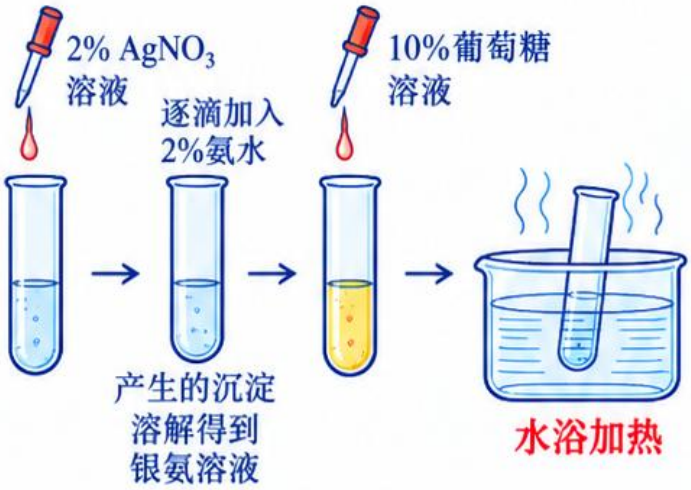
原理： 葡萄糖将新制$Cu(OH)_2$还原为Cu_2O：

$$C_6H_{12}O_6 + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{\triangle} Cu_2O\downarrow + C_6H_{12}O_7 + 2H_2O。$$

结论： 葡萄糖具有**还原性**（醛基性质），能与新制$Cu(OH)_2$反应，生成**砖红色的Cu_2O沉淀**。

28 葡萄糖与银氨溶液反应

操作： 在洁净的试管中加入1 mL 2% $AgNO_3$溶液，然后一边振荡试管，一边**逐滴加入2%氨水**，直到**最初产生的沉淀恰好溶解为止**，得到银氨溶液。再加入1 mL 10%**葡萄糖溶液**，振荡，然后放在**水浴中加热**，观察现象。

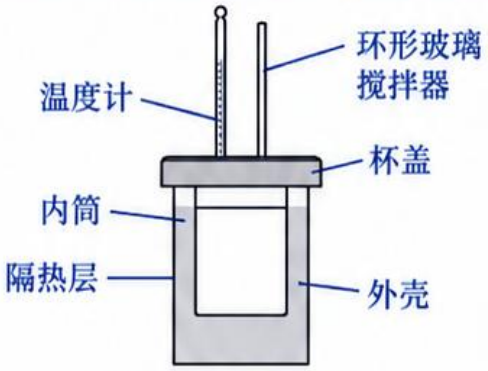


现象： 产生光亮的**银镜**。

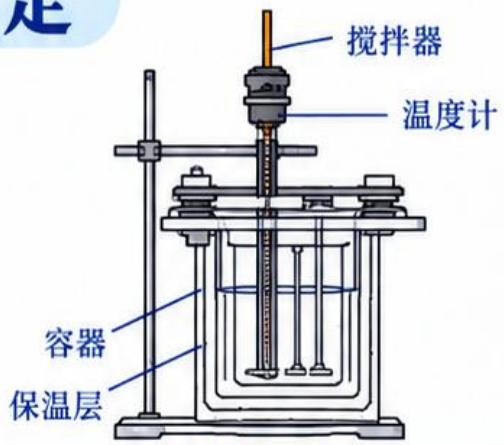
注意事项： ①试管要洁净；②氨水要**逐滴加入**，直到沉淀恰好溶解；③需**水浴加热，不能用酒精灯直接加热**。

29 中和反应反应热的测定

装置示意图：



简易量热计示意图（人教版）



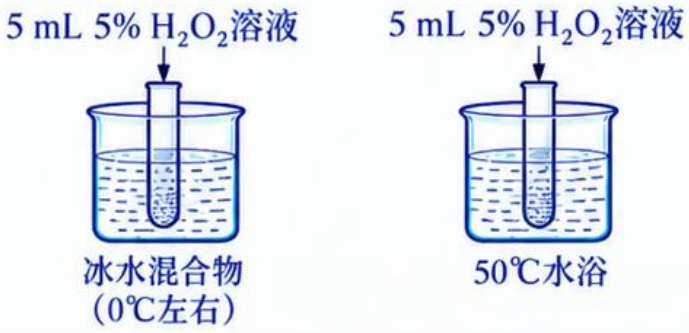
量热计示意图（苏教版）

注意事项：
①简易量热计的**保温隔热效果**一定要好。
②反应物浓度**宜小不宜大**，强碱稀溶液要**稍过量**，以确保完全反应。
③反应物混合均匀后，迅速测定混合液的**最高温度**。
④为减小误差，须用**同一支温度计**先测量酸的温度，再测碱的温度，然后用于测定混合液的温度。
⑤**洗涤液不能与稀盐酸合并**（HCl量虽少，但会减小放热量），减少热量损失。

实验结论： 在25 ℃和101 kPa下，强酸的稀溶液与强碱的稀溶液发生中和反应生成1 mol $H_2O(l)$时放出**57.3 kJ热量**。

30 温度、浓度、催化剂对反应速率的影响

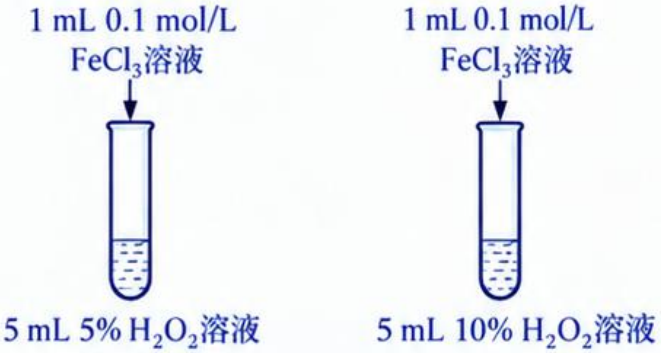
1 改变温度



结论：升高温度，反应速率增大。

原理：温度升高，反应物分子的**能量增加**，**有效碰撞次数增多**，反应速率加快。

2 改变浓度



结论：增大反应物浓度，反应速率增大。

原理：在其他条件相同时，反应物**浓度越大**，单位体积内活化分子数越多，**有效碰撞次数增多**，反应速率加快。

3 改变催化剂



原理：催化剂能**降低反应的活化能**，提供新的反应途径，使有效碰撞次数增多，**反应速率加快**。

控制变量：

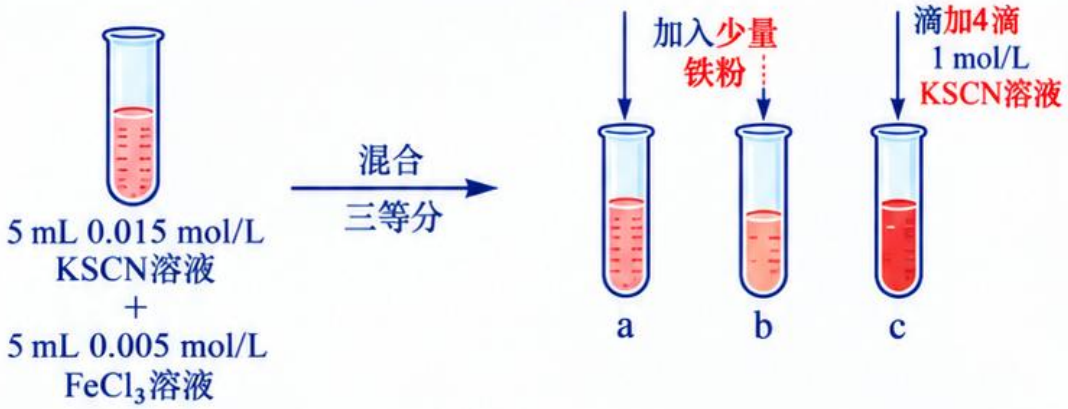
① **“定多变一”**，每次只改变一个条件（如温度、浓度、压强、催化剂），其余条件（反应物种类、浓度、体积、固体物质的表面积等）**完全相同**。

② 使用合适的催化剂，**反应速率增大**。

31 浓度对化学平衡的影响

实验一

已知： $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$（生成红色可溶性络合物）。



操作： 向盛有 5 mL 0.005 mol/L $FeCl_3$溶液的试管中加入5 mL 0.015 mol/L KSCN溶液。将上述溶液平均分装在a、b、c三支试管中，向试管b中加入少量铁粉，向试管c中滴加4滴 1 mol/L KSCN溶液，观察三支试管中溶液颜色的变化，并与试管a对比。

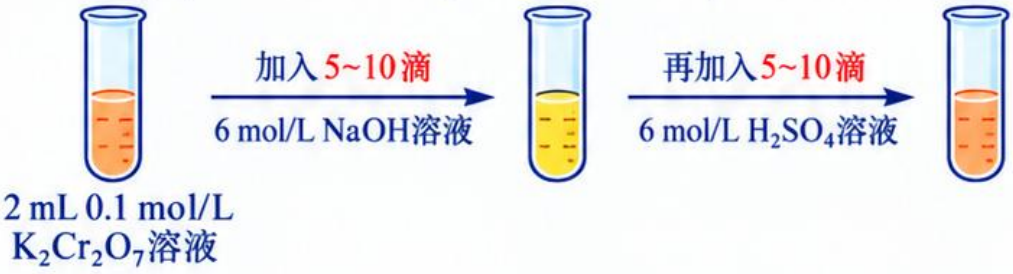
现象： 试管a中溶液呈红色；试管b中溶液红色变浅；试管c中溶液红色加深。

结论： 当可逆反应达到平衡时，在其他条件不变的情况下，如果增大反应物浓度（或减小生成物浓度），平衡正向移动；如果减小反应物浓度（或增大生成物浓度），平衡逆向移动。

实验二

已知： 在$K_2Cr_2O_7$溶液中存在如下平衡：

$$Cr_2O_7^{2-}\text{（橙色）} + H_2O \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}\text{（黄色）} + 2H^+。$$



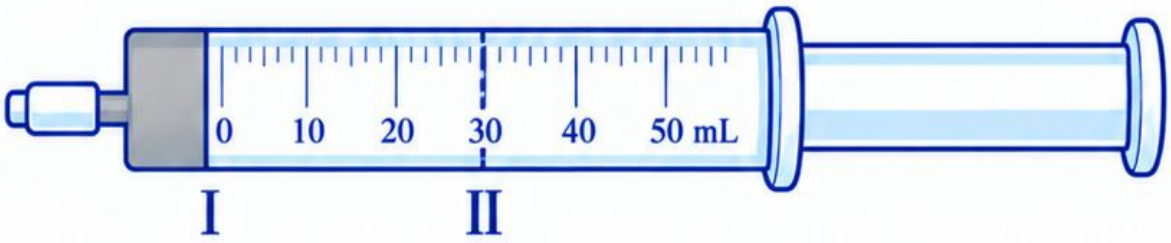
操作： 取一支试管，加入2 mL 0.1 mol/L $K_2Cr_2O_7$溶液，然后向试管中滴加5~10滴 6 mol/L NaOH溶液，观察溶液颜色的变化。再向试管中继续滴加5~10滴 6 mol/L H_2SO_4溶液，观察溶液颜色的变化。

现象： 溶液橙色变浅，逐渐变为黄色；再滴加酸后，溶液黄色变浅，逐渐变为橙色。

结论： 增大生成物浓度（如加入NaOH），平衡正向移动；增大反应物浓度（如加入H_2SO_4），平衡逆向移动。

32 压强对化学平衡的影响

已知：$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$　$\Delta H = -56.9\ kJ/mol$。



操作： 用50 mL注射器吸入**20 mL** NO_2和N_2O_4的混合气体（使注射器的活塞位于**I处**），将细管端用橡胶塞封闭。然后**把活塞拉到II处**，观察管内混合气体颜色的变化。当反复将活塞从II处推到I处及从I处拉到II处时，观察管内混合气体颜色的变化。

现象： 将活塞从I处拉到II处时，**红色先瞬间变浅**，然后**又稍微变深**。将活塞从II处推到I处时，**红色先瞬间变深**，然后**又稍微变浅**。

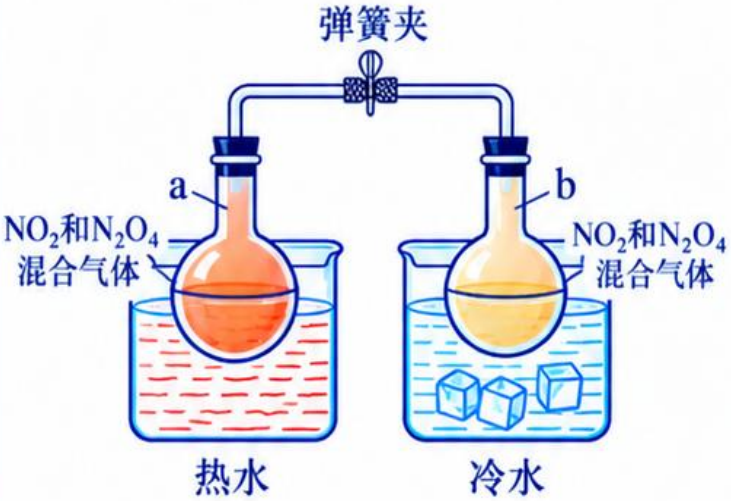
结论： 对于有气体参加的可逆反应，当达到平衡时，在其他条件不变的情况下，**增大压强（减小容器的容积）**会使化学平衡**向气体体积缩小的方向移动**；**减小压强（增大容器的容积）**会使平衡**向气体体积增大的方向移动**。反应前后气体的总物质的量没有变化的可逆反应，增大或减小压强都**不能使化学平衡发生移动**。

33 温度对化学平衡的影响

实验一

已知：$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$

$\Delta H = -56.9\ kJ/mol$



操作：把NO_2和N_2O_4的混合气体通入两只连通的烧瓶，然后用弹簧夹夹住乳胶管；把一只烧瓶浸泡在热水中，另一只浸泡在冷水中。观察混合气体颜色的变化。

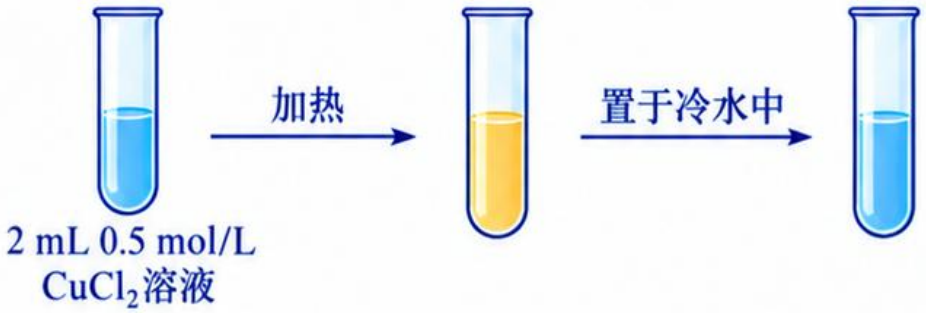
现象及推论：浸泡在热水中的烧瓶内**红棕色加深**，说明**升高温度**，NO_2的浓度增大；浸泡在冷水中的烧瓶内**红棕色变浅**，说明**降低温度**，NO_2的浓度减小。

结论：在其他条件不变的情况下，**升高温度**，会使化学平衡**向吸热反应的方向移动**；**降低温度**，会使化学平衡**向放热反应的方向移动**。

实验二

已知：$CuCl_2$溶液中存在如下平衡：

$[Cu(H_2O)_4]^{2+}$（蓝色）$+ 4Cl^- \rightleftharpoons [CuCl_4]^{2-}$（黄色）$+ 4H_2O \quad \Delta H > 0$



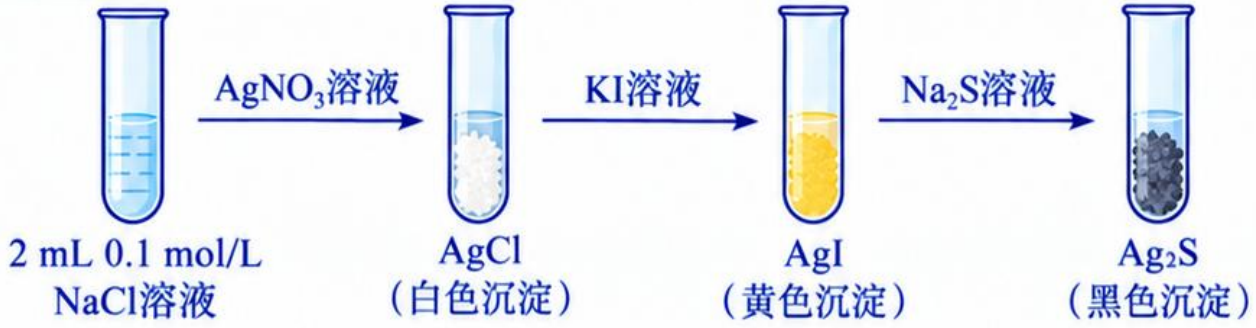
操作：取两支试管，分别加入 2 mL 0.5 mol/L $CuCl_2$溶液，将其中的一支试管先加热，然后置于冷水中，观察并记录实验现象，与另一支试管进行对比。

现象：与另一支试管对比，将其中的一支试管加热后，**溶液黄色加深**。置于冷水中，溶液**由黄色变成蓝色**。

结论：在其他条件不变的情况下，**升高温度**，会使化学平衡**向吸热反应的方向移动**；**降低温度**，会使化学平衡**向放热反应的方向移动**。

34 沉淀的转化

实验一

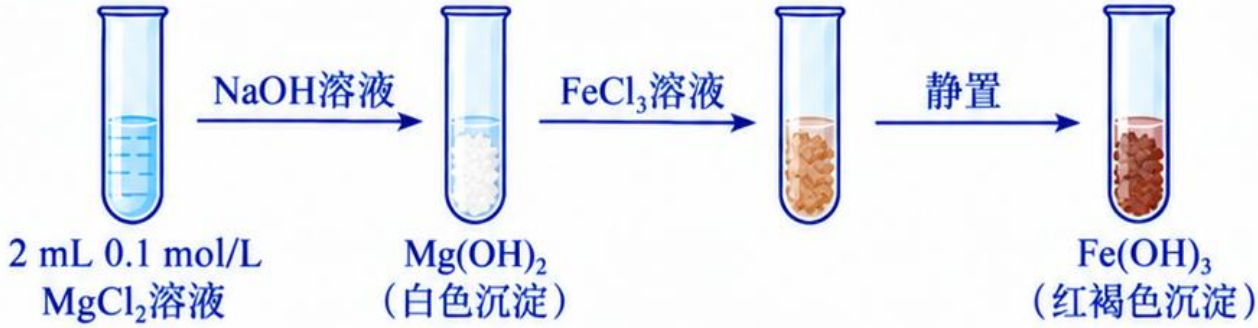


操作：向盛有**2 mL** 0.1 mol/L NaCl溶液的试管中滴加**2滴**0.1 mol/L $AgNO_3$溶液，观察并记录现象。振荡试管，然后向其中滴加**4滴**0.1 mol/L KI溶液，观察并记录现象。振荡试管，然后再向其中滴加**8滴**0.1 mol/L Na_2S溶液，观察并记录现象。

现象：先生成**白色沉淀**，然后白色沉淀转化为**黄色沉淀**，最后**黄色沉淀**转化为**黑色沉淀**。

结论：AgCl沉淀→AgI沉淀→Ag_2S沉淀。一般来说，**溶解度小的沉淀转化为溶解度更小的沉淀容易实现。两者的溶解度差别越大，转化越容易。**

实验二



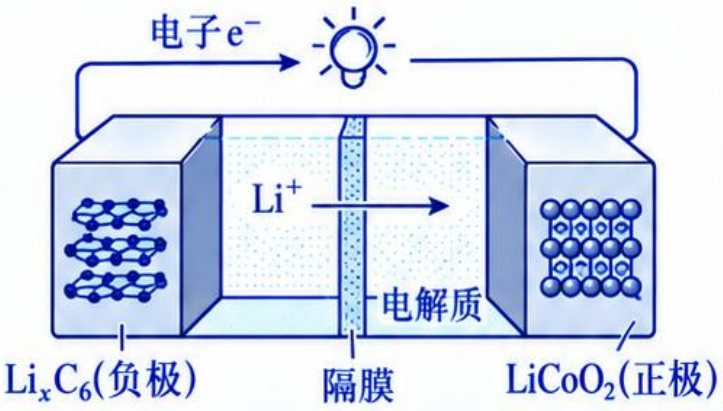
操作：向盛有**2 mL** 0.1 mol/L $MgCl_2$溶液的试管中滴加**2~4滴** 2 mol/L NaOH溶液，观察并记录现象。向上述试管中滴加**4滴**0.1 mol/L $FeCl_3$溶液，静置，观察并记录现象。

现象：先生成**白色沉淀**，然后白色沉淀转化为**红褐色沉淀**。

结论：$Mg(OH)_2$沉淀→$Fe(OH)_3$沉淀。一般来说，**溶解度小的沉淀转化为溶解度更小的沉淀容易实现。两者的溶解度差别越大，转化越容易。**

35 化学电源

(5) 锂离子电池



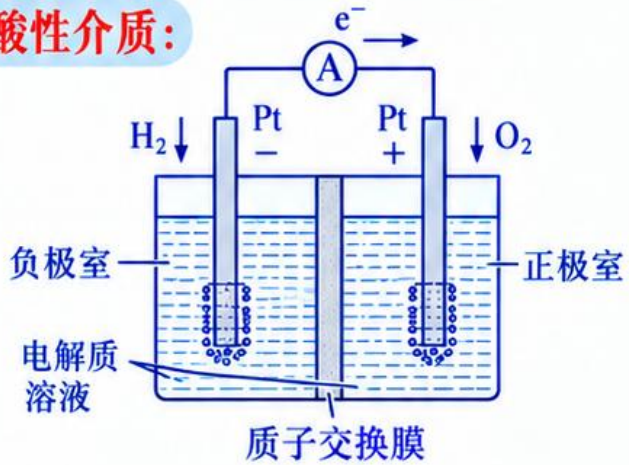
负极：$Li_xC_6 - xe^- = xLi^+ + C_6$

正极：$Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe^- = LiCoO_2$

总反应：$Li_xC_6 + Li_{1-x}CoO_2 = LiCoO_2 + C_6$

(6) 氢氧燃料电池

酸性介质：

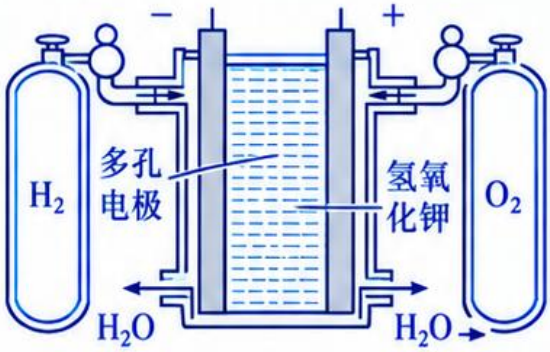


负极：$H_2 - 2e^- = 2H^+$

正极：$O_2 + 4e^- + 4H^+ = 2H_2O$

总反应：$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

碱性介质：

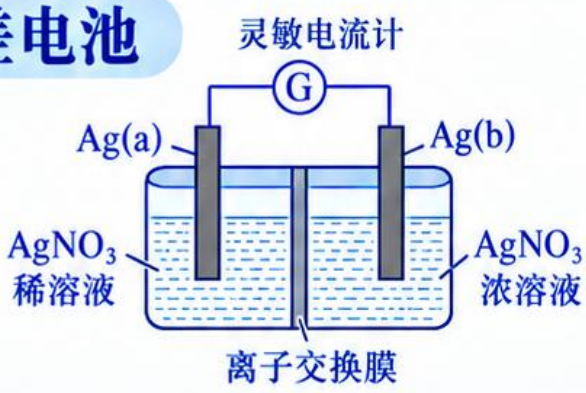


负极：$H_2 + 2OH^- - 2e^- = 2H_2O$

正极：$O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$

总反应：$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

(7) 浓差电池



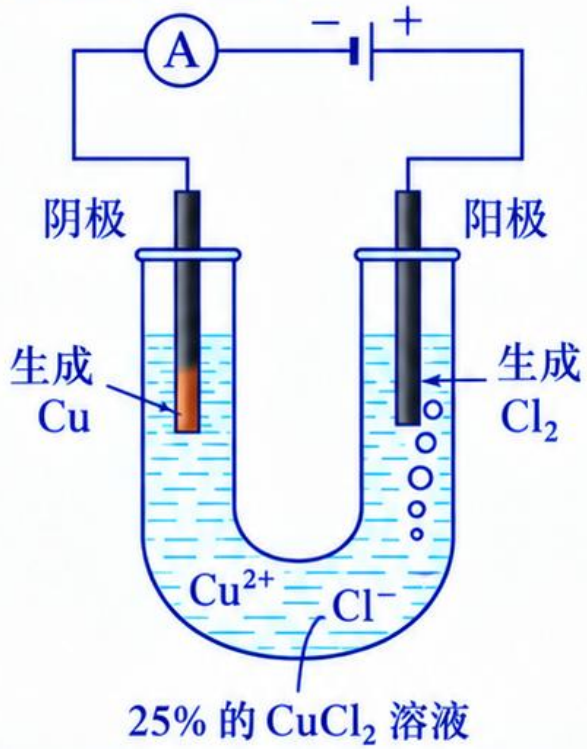
Ag^+浓度越大，氧化性越强，b电极为正极，发生还原反应。

正极：$Ag^+ + e^- = Ag$

负极：$Ag - e^- = Ag^+$

36 电解氯化铜溶液

实验装置



操作：在U形管中注入质量分数为**25%**的$CuCl_2$溶液，插入两根石墨棒作电极。把**湿润的淀粉－KI试纸**放在与直流电源**正极**相连的石墨棒附近。接通直流电源，观察U形管内的现象和试纸颜色的变化。

现象：通电后不久可以看到，与直流电源**负极**相连的石墨棒上逐渐覆盖一层**红色固体（铜）**；与直流电源**正极**相连的石墨棒上有**气泡产生**。湿润的淀粉－KI试纸**变成蓝色**。

电极反应

阴极（接电源负极，发生还原反应）： $Cu^{2+}+2e^- \rightleftharpoons Cu\downarrow$。

阳极（接电源正极，发生氧化反应）： $2Cl^- - 2e^- \rightleftharpoons Cl_2\uparrow$。

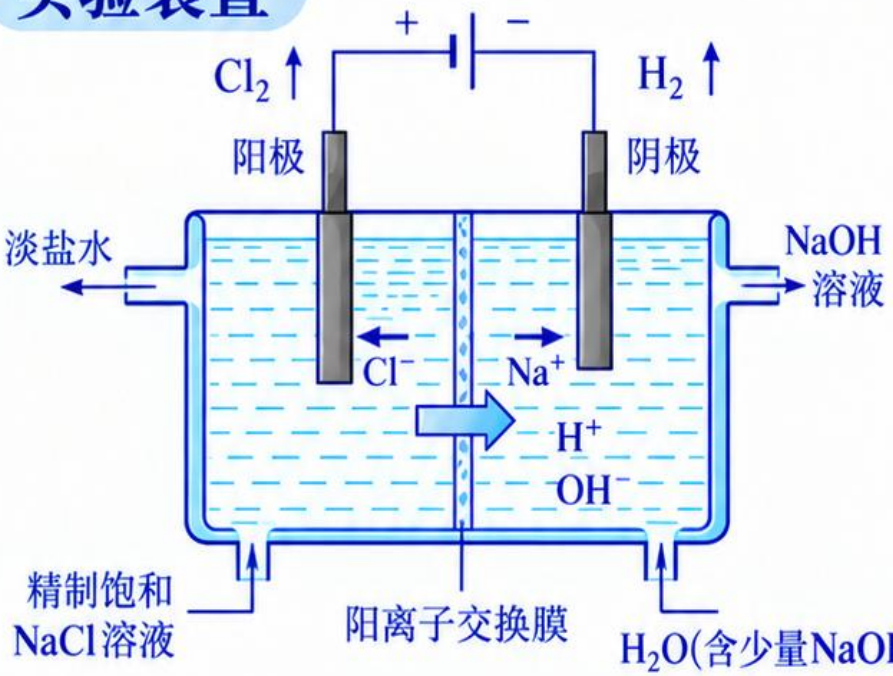
总反应： $Cu^{2+}+2Cl^- \xrightleftharpoons{\text{通电}} Cu+Cl_2\uparrow$。

结论

电解$CuCl_2$溶液时，**阴极上Cu^{2+}得电子生成Cu，阳极上Cl^-失电子生成Cl_2**。通电后，**负极石墨棒上有红色固体铜析出，正极石墨棒上有气泡产生**；湿润的淀粉－KI试纸**变成蓝色**，说明生成了Cl_2。

37 电解饱和食盐水

实验装置



操作：用阳离子交换膜将电解槽分为两室，在两极分别产生氯气和氢气。左室加入精制的**饱和NaCl溶液**，右室加入**少量NaOH**的水溶液，并不断补充原料，导出产物。

电极反应及总反应

阳极（发生氧化反应）：$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$。

阴极（发生还原反应）：$2H_2O + 2e^- = H_2\uparrow + 2OH^-$。

总反应：$2Cl^- + 2H_2O \xlongequal{\text{通电}} Cl_2\uparrow + H_2\uparrow + 2OH^-$。

阳离子交换膜的作用

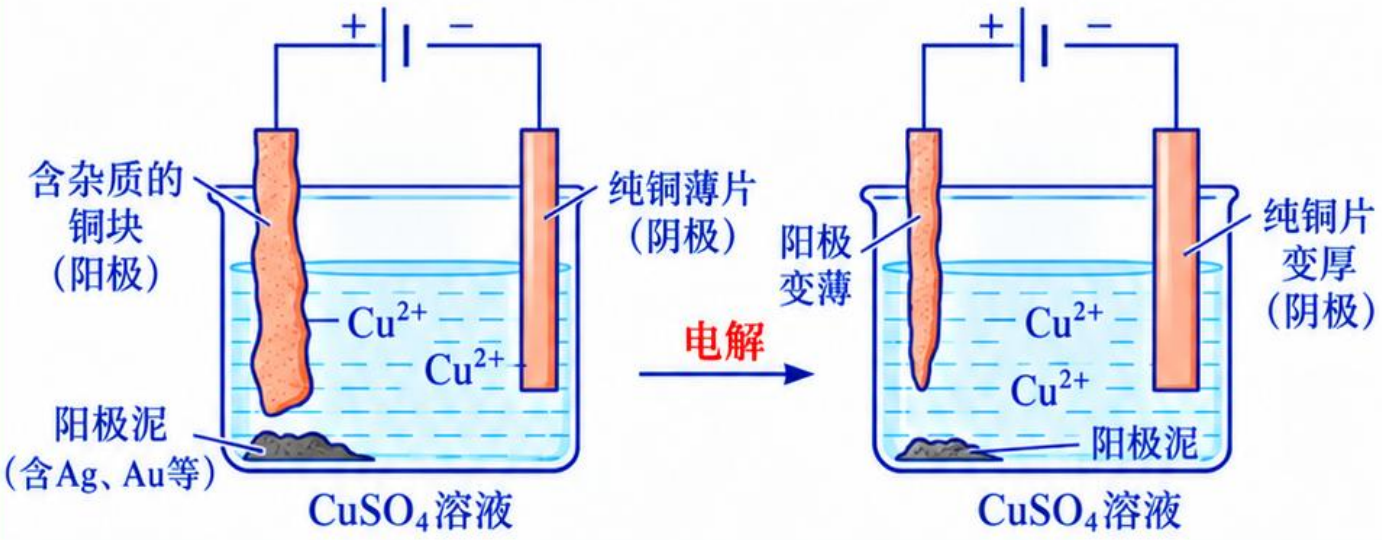
作用：只允许 Na^+ 通过，阻止 Cl^- 和 OH^- 通过，**避免 H_2 和 Cl_2 混合引起爆炸**；同时**避免 Cl_2 与 NaOH 反应，提高碱的纯度**。

阴极室加入少量 NaOH 的作用

作用：**增强溶液导电性**；且**不引入新的杂质**，有利于获得较纯的 NaOH 产品。

38 电解精炼铜

粗铜中含有 **Zn、Fe、Ni、Ag、Au** 等。电解质溶液为 **$CuSO_4$** 溶液。



阳极材料及反应

阳极材料： 粗铜（含 Zn、Fe、Ni、Ag、Au 等）。

阳极反应式：

$Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

$Zn - 2e^- = Zn^{2+}$

$Fe - 2e^- = Fe^{2+}$

$Ni - 2e^- = Ni^{2+}$ 等。

阴极材料及反应

阴极材料： 精铜。

阴极反应式：

$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$。

现象

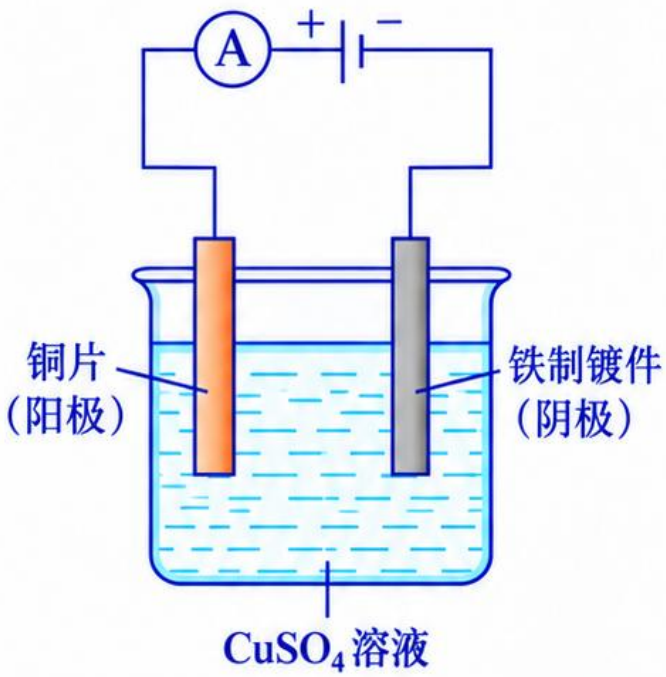
电解过程中，阳极逐渐**溶解逐渐变薄**；阴极上有**红色的铜析出，质量增加**，电解液中 $c(Cu^{2+})$ **逐渐减小**；阳极下沉积**黑色的阳极泥**（含 Ag、Au 等不活泼金属）。

注意事项

由于杂质的存在，一般情况下，阴极金属减轻的质量**不等于阴极金属增加的质量**。

39 电镀

实验装置



操作：

① 用砂纸把铁制镀件打磨干净，放入 **1 mol/L NaOH** 溶液中**除去油污**，然后用蒸馏水洗净。

② 再放入 **20% 盐酸**中**除锈**，几分钟后取出，并用蒸馏水洗净。

③ 把铁制镀件与 **2～3 V** 的直流电源的**负极**相连，铜片与直流电源的**正极**相连。

④ 将两极平行浸入电镀液（以 $CuSO_4$ 溶液为主配制，在 $CuSO_4$ 溶液中**加入一些氨水**，制成**铜氨溶液**，可使**镀层光亮**）中，两极间距 **5 cm**，**5～10 min** 后取出，观察镀件表面发生的变化。

电极反应

阳极（铜片，发生氧化反应）： $Cu - 2e^- \rightleftharpoons Cu^{2+}$。

阴极（铁制镀件，发生还原反应）： $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$。

总反应： Cu（阳极）$\longrightarrow$ Cu^{2+}（电镀液）$\longrightarrow$ Cu（阴极）。

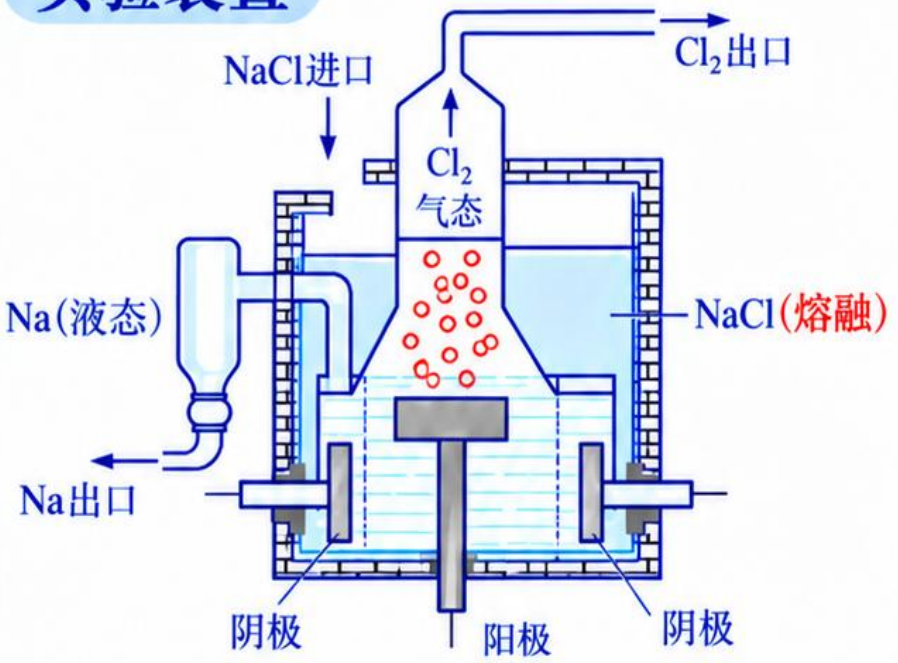
注意事项

① 电镀过程中，电镀液中 $c(Cu^{2+})$ **基本不变**。

② 阴极金属**减轻的质量等于阴极金属增加的质量**（即镀层的质量等于阳极溶解的金属的质量）。

40 电冶金

实验装置



装置特点：阴极环绕在阳极外面，两极之间用隔膜隔开；在阴极区得到液态钠，在阳极区得到氯气。

原料与条件：以熔融的NaCl为原料，采用电解的方法制取金属钠和氯气。

电极反应及总反应

阳极（发生氧化反应）： $2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$。

阴极（发生还原反应）： $Na^+ + e^- = Na$。

总反应： $2NaCl(熔融) \xrightarrow{通电} 2Na + Cl_2\uparrow$。

工作原理

阴极环绕在阳极外面，防止生成的Na与Cl_2接触；两极之间用隔膜隔开，只允许Na^+通过，阻止Cl^-和生成的OH^-（若存在）通过。

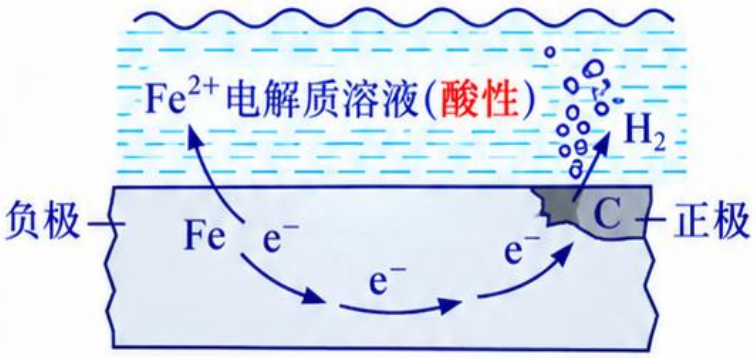
注意事项

（1）必须使NaCl处于熔融状态，不能用NaCl溶液电解。

（2）阴极区应及时移出生成的Na（保持液态），避免其与Cl_2接触发生反应。

41 析氢腐蚀与吸氧腐蚀

实验一 析氢腐蚀(溶液呈酸性)



钢铁的析氢腐蚀(溶液呈酸性)

现象: 在酸性电解质溶液中,钢铁发生电化学腐蚀,负极溶解,正极有H_2放出。

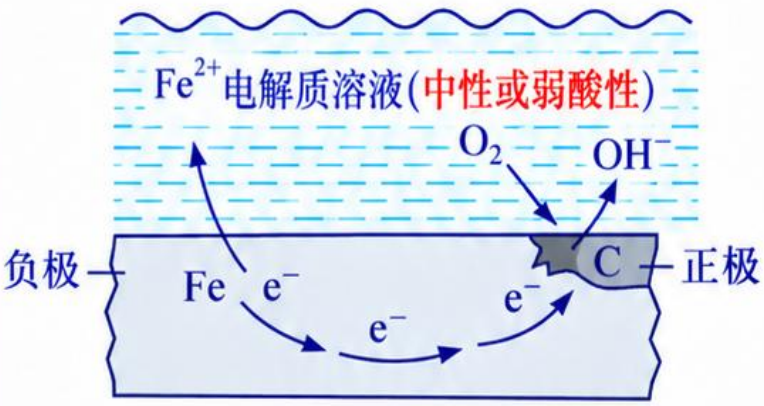
电极反应:

负极(铁): $Fe-2e^- = Fe^{2+}$。

正极(碳): $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$。

结论: 在酸性条件下,钢铁易发生析氢腐蚀,正极上产生氢气。

实验二 吸氧腐蚀(中性或弱酸性)



钢铁的吸氧腐蚀(中性或弱酸性)

现象: 在中性或弱酸性的电解质溶液中,钢铁发生电化学腐蚀,负极溶解,正极上O_2被还原。

电极反应:

负极(铁): $Fe-2e^- = Fe^{2+}$。

正极(碳): $O_2+4e^-+2H_2O = 4OH^-$。

结论: 在中性或弱酸性条件下,钢铁易发生吸氧腐蚀。

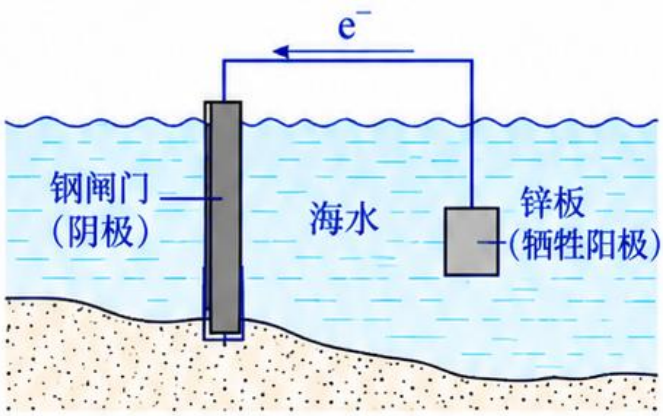
注意事项

① 钢铁在酸性条件下主要发生析氢腐蚀,在中性或弱酸性条件下主要发生吸氧腐蚀。

② 金属表面活泼的微小区域作负极,溶解;活泼性较弱的区域(如杂质、碳粒等)作正极。

42 电化学保护法：牺牲阳极法、外加电流法

（1）牺牲阳极法（原电池原理）



牺牲阳极法（原电池原理）

电极反应

负极（牺牲阳极，发生氧化反应）：

$Zn-2e^- \Longrightarrow Zn^{2+}$。

正极（被保护金属，发生还原反应）：

$O_2+2H_2O+4e^- \Longrightarrow 4OH^-$

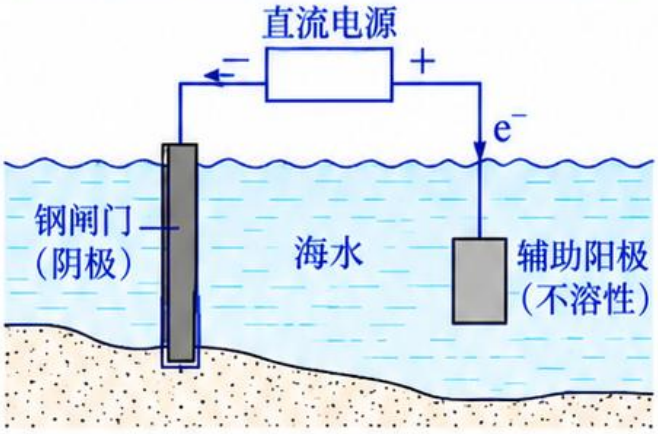
（或 $2H_2O+2e^- \Longrightarrow H_2\uparrow+2OH^-$）。

总反应： $Zn+2H_2O+O_2 \Longrightarrow Zn^{2+}+4OH^-$。

特点

利用比被保护金属**更活泼的金属**作**牺牲阳极**，**优先被氧化**，从而保护被保护的金属**不被腐蚀**。

（2）外加电流法（电解池原理）



外加电流法（电解池原理）

电极反应

阴极（被保护金属，发生还原反应）：

$O_2+2H_2O+4e^- \Longrightarrow 4OH^-$

（或 $2H_2O+2e^- \Longrightarrow H_2\uparrow+2OH^-$）。

阳极（辅助阳极，发生氧化反应）：

如 $2Cl^- - 2e^- \Longrightarrow Cl_2\uparrow$。

特点

外加直流电源，使被保护金属**作阴极**，通过外加电流**提供电子**，抑制其氧化腐蚀，适用于**大面积金属结构**的防护。

注意事项

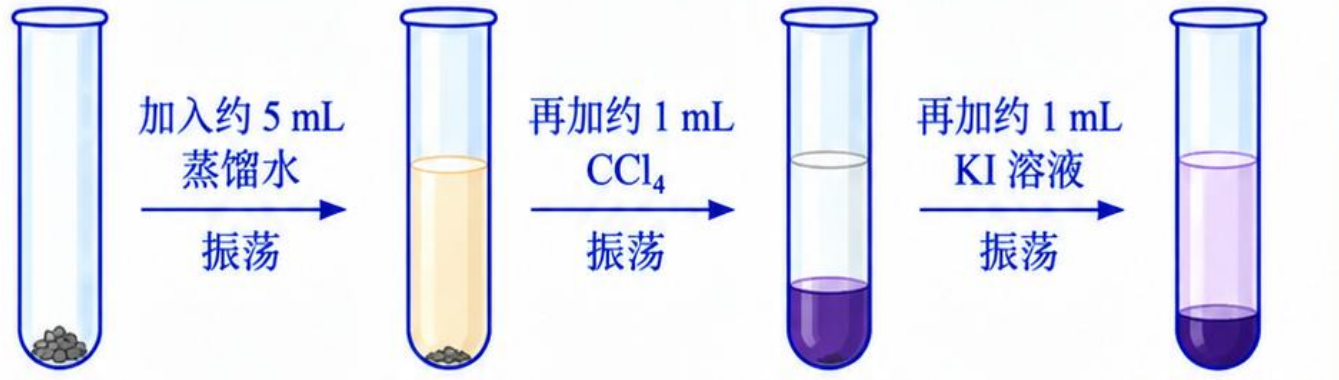
① 牺牲阳极法中，牺牲阳极的**金属活动性必须比被保护金属强**。

② 外加电流法使用**不溶性阳极**（如石墨、钛等）。

③ 两种方法的本质都是使被保护金属**作阴极**，防止其失去电子而被氧化。

43 碘在水和四氯化碳中的溶解性

实验操作与现象



实验结论

① 碘在水中的溶解性很小。

② 碘易溶于四氯化碳，I_2 的 CCl_4 溶液呈紫红色。

③ 向碘的 CCl_4 溶液中加入 KI 溶液，振荡后溶液紫色变浅，说明 I_2 与 I^- 发生反应生成 I_3^-：$I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$。

规律总结

“相似相溶”的规律：非极性溶质一般能溶于非极性溶剂，极性溶质一般能溶于极性溶剂。

注意事项

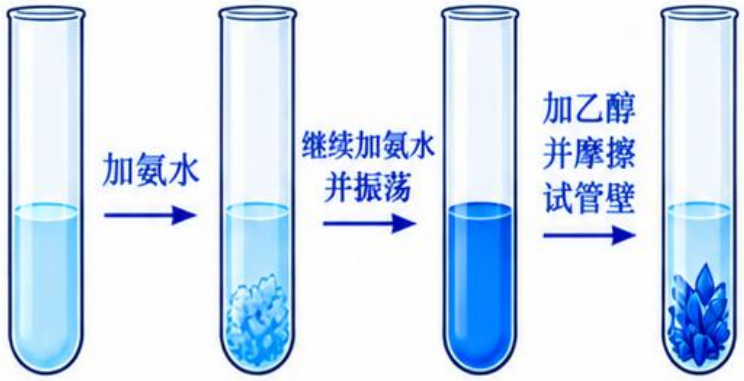
① 加入 CCl_4 后需振荡，使碘充分萃取到 CCl_4 中。

② 向碘的 CCl_4 溶液中加入 KI 溶液后，振荡，溶液颜色变浅。

③ 该实验可用于说明碘在不同溶剂中的溶解性及 I_2 与 I^- 生成 I_3^- 的反应。

44 向硫酸铜溶液中加入氨水和乙醇

实验装置与操作



操作：向盛有**4 mL 0.1 mol/L $CuSO_4$溶液**的试管里滴加几滴**1 mol/L氨水**，首先形成**难溶物**；继续添加氨水并振荡试管，观察实验现象；再向试管中加入极性较小的溶剂（如加入**8 mL 95%乙醇**），并用玻璃棒**摩擦试管壁**，观察实验现象。

实验现象

现象：滴加少量氨水时，先生成**蓝色絮状沉淀**；继续加入过量氨水后，**沉淀溶解**，得到**深蓝色溶液**；再加入乙醇并摩擦试管壁，可**析出深蓝色晶体**。

原理与乙醇的作用

原理： $Cu^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O = Cu(OH)_2 \downarrow + 2NH_4^+$

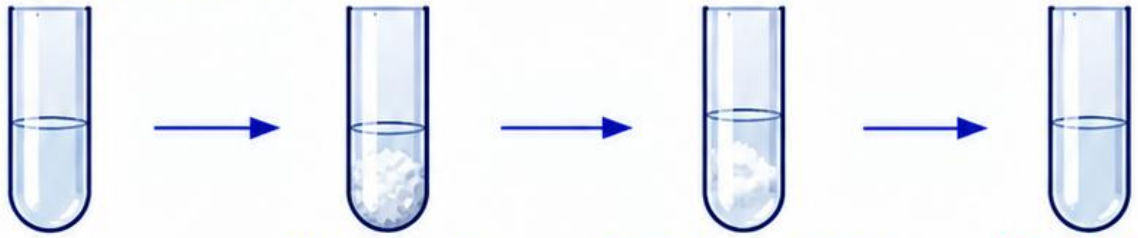
$Cu(OH)_2 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]^{2+}$（深蓝色）$+ 2OH^{1-}$

$[Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-} + H_2O = [Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O \downarrow$（深蓝色晶体）

乙醇的作用：减小溶液极性，降低$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$**在水中的溶解度。**

45 向NaCl溶液中滴加$AgNO_3$溶液和氨水

实验操作与现象



0.1 mol/L NaCl溶液 → 滴加0.1 mol/L $AgNO_3$溶液，产生白色沉淀 → 再滴加1 mol/L氨水并振荡，白色沉淀减少 → 白色沉淀消失，得到澄清的无色溶液

操作及现象： 向盛有少量 0.1 mol/L NaCl 溶液的试管里滴几滴 0.1 mol/L $AgNO_3$溶液，产生难溶于水的白色沉淀（AgCl）；再滴入 1 mol/L 氨水，振荡，白色沉淀消失，得到澄清的无色溶液。

原理： $Cl^- + Ag^+ = AgCl\downarrow$ 。

$AgCl + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$ 。

46 乙炔的实验室制取及性质检验

实验装置

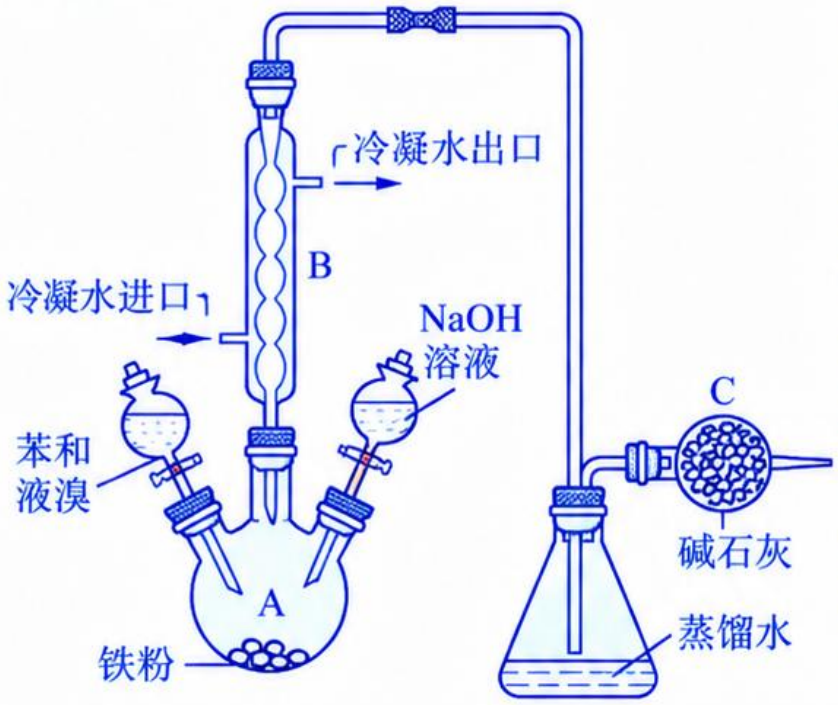


注意事项： 电石与水反应非常剧烈，为了减小其反应速率，可用饱和 NaCl 溶液代替水作反应试剂。反应制得的乙炔中通常会含有 H_2S 等杂质气体，可用 $CuSO_4$ 溶液吸收，以防止其干扰探究乙炔化学性质的实验。乙炔属于可燃性气体，点燃前要检验纯度，防止爆炸。

原理： $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + CH{\equiv}CH\uparrow$ 。

47 溴苯的制备

实验装置



操作：

① 检查装置气密性。

② 将苯和少量**液溴**放入三颈烧瓶中，同时加入**少量铁粉**（催化剂为$FeBr_3$），用带导管的塞子塞紧烧瓶，加热回流。

③ 反应后进行后处理：先用**水洗**，除去溴苯中混有的$FeBr_3$和HBr；再用**NaOH溶液洗**，除去溴苯中的Br_2；再用**水洗**，洗去NaOH及生成的无机物；分液并干燥，最后**蒸馏**分离苯和溴苯。

实验现象

烧瓶内充满**红棕色气体**，导管口有**白雾**（HBr遇水蒸气形成）；

将烧瓶里的液体倒入盛有冷水的烧杯中，烧杯底部有**褐色不溶于水的液体**生成。

化学原理

$$\underset{\text{苯}}{C_6H_6} + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} \underset{\text{溴苯}}{C_6H_5Br} + HBr\uparrow \text{。}$$

注意事项

① 苯与液溴的反应需要**$FeBr_3$作催化剂**。

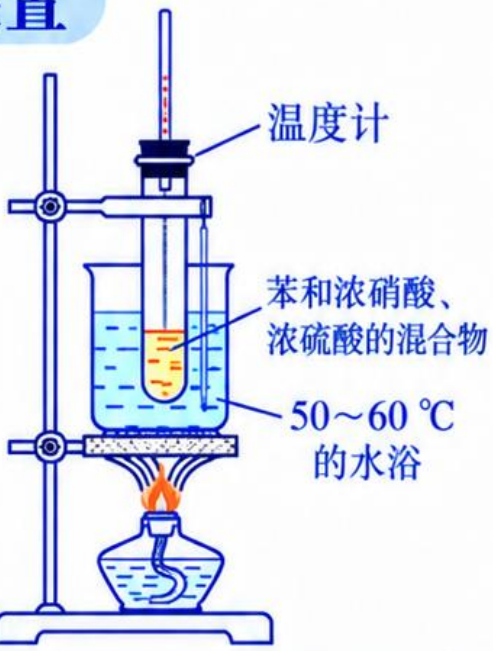
② 生成的HBr易挥发，应进行**尾气吸收**（用蒸馏水）。

③ 通过“**水洗→NaOH溶液洗→水洗→干燥→蒸馏**”的步骤提纯溴苯。

④ 整个装置要保持密闭，防止溴蒸气逸出，注意安全。

48 硝基苯的制备

实验装置



操作：在室温下，向盛有**浓硫酸**和**浓硝酸**的混合酸中**逐滴加入**一定质量的**苯**，充分振荡，混合均匀；在**50～60 ℃**下发生反应。

实验现象：有**淡黄色的油状液体**生成，沉积在烧杯的底部。

化学原理



硝基苯

产品分离与提纯

除杂：依次用蒸馏水和**5% NaOH**溶液洗涤粗产品，最后用**蒸馏水**洗涤。

干燥：用**无水 $CaCl_2$**干燥后，再进行**蒸馏**，可得到纯硝基苯。

注意事项

① 浓硝酸和浓硫酸的混合酸具有**强氧化性**和**腐蚀性**，操作时注意安全。

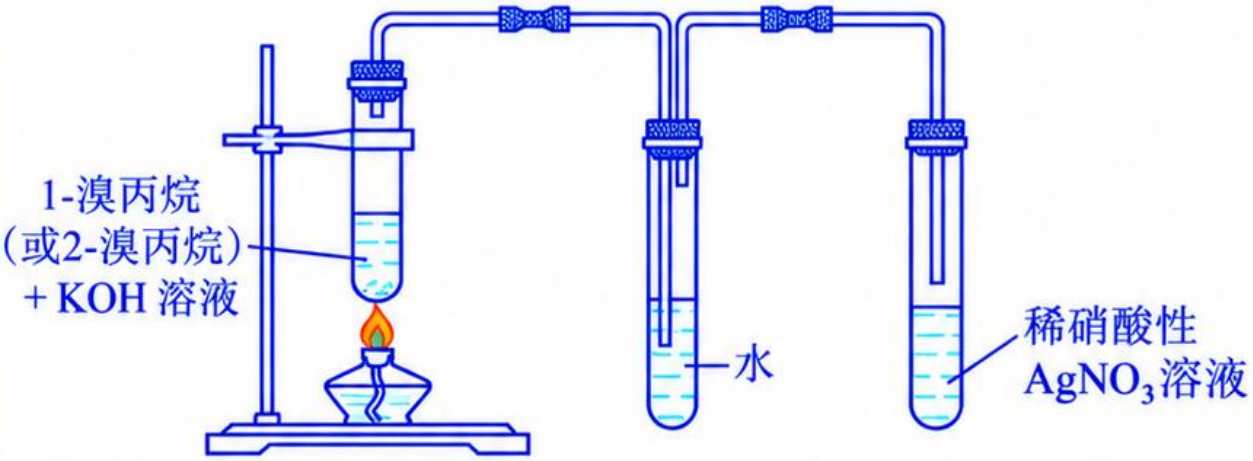
② 反应需在**50～60 ℃**水浴加热，温度过高会发生副反应（如生成二硝基苯）。

③ 苯应**逐滴加入**，边加边振荡，使反应充分进行。

④ 最终产品应为**无色或淡黄色油状液体**，若颜色过深，说明有杂质。

49 溴丙烷的水解反应

实验装置



操作步骤

① 向试管中加入 **5 mL 1-溴丙烷(或 2-溴丙烷)**和 **10 mL 20%** 的 **KOH 水溶液**，**加热**。

② 收集产生的气体(少量剩余物无须收集)，并通入盛有水的试管中。

③ 再向该试管中滴加**稀硝酸至溶液呈酸性**，继续滴加**硝酸银溶液**，观察实验现象。

实验现象

无明显现象；滴加硝酸银溶液后有**浅黄色沉淀**生成。

化学原理

$$CH_3CH_2CH_2Br + KOH \xrightarrow[\triangle]{水} CH_3CH_2CH_2OH + KBr。$$

注意事项

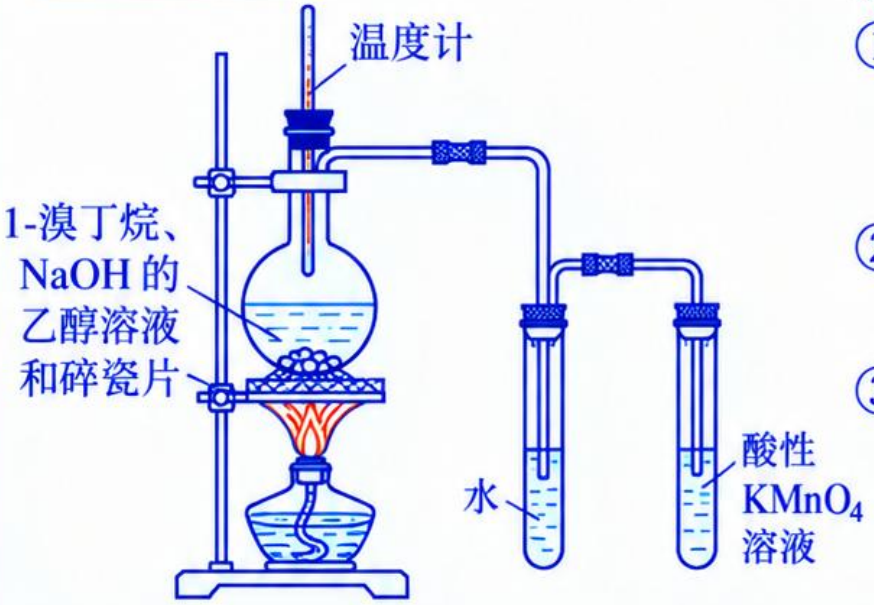
① KOH 溶液要用 **20%** 的水溶液。

② 加入稀硝酸的目的是使溶液**呈酸性**(防止 Ag^+ 被 OH^- 沉淀)。

③ 通过检验生成的 Br^-(加硝酸银溶液产生**浅黄色 AgBr 沉淀**)来验证**溴丙烷发生水解反应**。

50 1-溴丁烷的消去反应

实验装置



操作：

① 向圆底烧瓶中加入 **2.0 g NaOH** 和 **15 mL无水乙醇**，搅拌。

② 再加入 **5 mL 1-溴丁烷**和几片**碎瓷片**，微热。

③ 将产生的气体通入盛水的试管后，再用**酸性$KMnO_4$溶液**进行检验。

实验现象

酸性 $KMnO_4$ 溶液的**紫红色逐渐褪去**；水的作用是**除去挥发的乙醇**，因为乙醇也能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色。

化学原理

$$CH_3CH_2\underset{\underset{H}{|}}{CH}-\underset{\underset{Br}{|}}{CH_2}+NaOH \xrightarrow[\triangle]{\text{乙醇}} \underset{\underset{CH_2CH_3}{|}}{CH}=CH_2+NaBr+H_2O。$$

注意事项

① 需使用**无水乙醇**，且 **NaOH 用量需足量**。

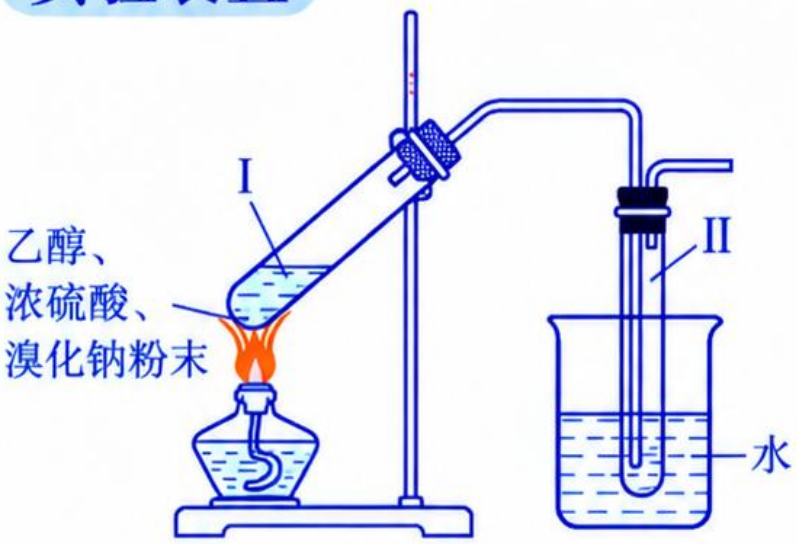
② 加入碎瓷片的目的是**防止暴沸**，使反应液受热均匀。

③ 酸性 $KMnO_4$ 溶液可用来检验生成的烯烃（使其褪色）。

④ 在通入酸性 $KMnO_4$ 前应先通过盛水的试管，**除去乙醇**，避免干扰。

51 乙醇与氢溴酸的反应

实验装置



操作：在试管 I 中依次加入 2 mL 蒸馏水、4 mL 浓硫酸、2 mL 95% 的乙醇和 3 g 溴化钠粉末，加热至微沸几分钟后，冷却。向试管 II 中注入蒸馏水，烧杯中也加入自来水。

实验现象

试管 II 中有油状液体生成。

化学原理

$$C_2H_5—OH + HBr \xrightarrow[\triangle]{\text{浓硫酸}} C_2H_5—Br + H_2O。$$

注意事项

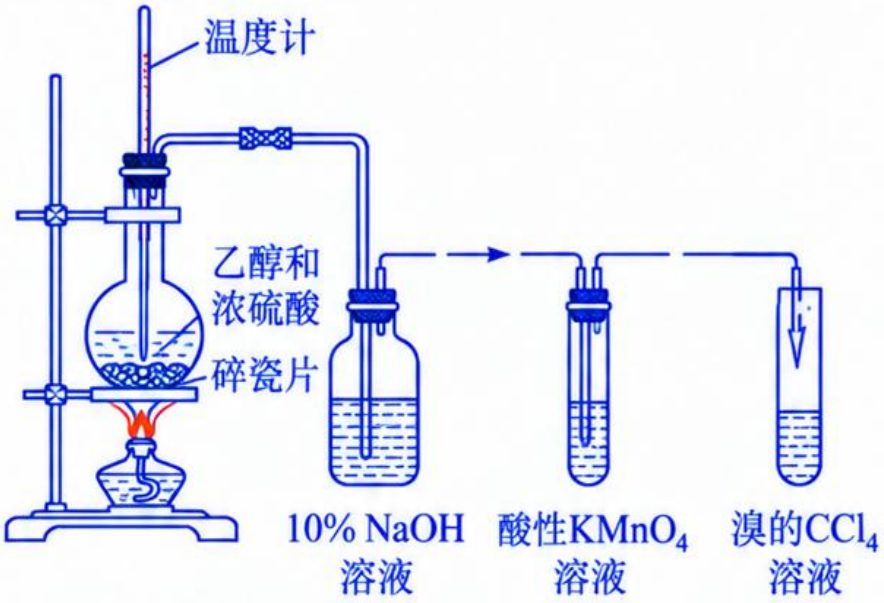
(1) 在该反应中，加入蒸馏水、浓硫酸和溴化钠固体的目的是获得氢溴酸。

(2) 反应需加热至微沸，温度过高易发生副反应（如生成乙烯），故应控制反应温度。

(3) 生成的溴乙烷在水中的溶解度很小，因而在试管 II 中分层，上层为油状液体。

52 乙醇的消去反应

实验装置



操作：在圆底烧瓶中加入乙醇和浓硫酸（体积比约为1:3）的混合液20 mL，放入几片碎瓷片，以避免混合液在受热时暴沸。加热混合液，使液体温度迅速升到170 ℃，将生成的气体先通入NaOH溶液除去杂质，再分别通入酸性$KMnO_4$溶液和溴的四氯化碳溶液中，观察实验现象。

实验现象

（1）加热后有气体生成。

（2）酸性$KMnO_4$溶液的紫红色褪去。

（3）溴的CCl_4溶液褪色。

化学原理

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H \xrightarrow[170\ ℃]{浓硫酸} CH_2=CH_2\uparrow + H_2O。$$

注意事项

（1）乙醇与浓硫酸的体积比约为1:3。

（2）加入碎瓷片的目的是防止混合液在受热时暴沸。

（3）反应温度需迅速升到170 ℃，温度过低反应较慢。

（4）生成的乙烯需先通过NaOH溶液除去SO_2等酸性杂质，再检验其不饱和性（使酸性$KMnO_4$溶液褪色和溴的CCl_4溶液褪色）。

53 乙醇与酸性重铬酸钾溶液的反应

实验现象



操作：在试管中加入酸性重铬酸钾溶液，然后滴加**乙醇**，充分振荡，观察实验现象。

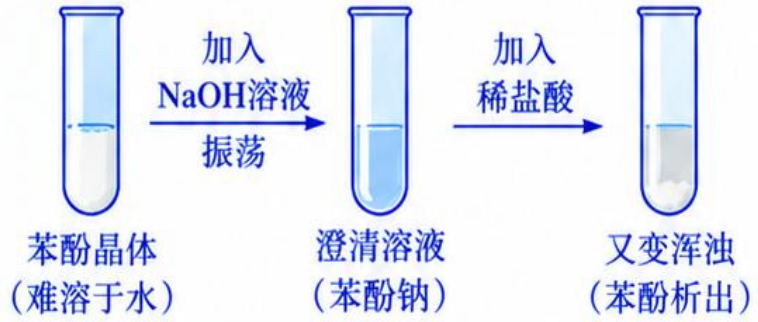
现象：溶液由**橙红色**变为**绿色**。

氧化过程

$$\underset{\text{乙醇}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{\text{氧化}} \underset{\text{乙醛}}{CH_3CHO} \xrightarrow{\text{氧化}} \underset{\text{乙酸}}{CH_3COOH}$$

54 苯酚的酸性

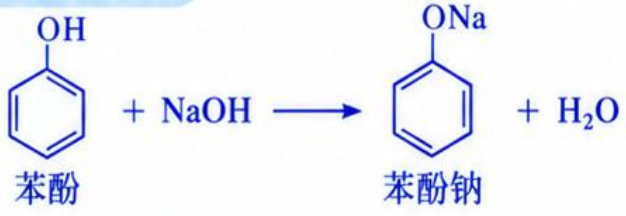
实验现象



操作：向盛有**0.3 g苯酚**晶体的试管中加入**2 mL**蒸馏水，振荡。向试管中逐滴加入**5% NaOH**溶液，并振荡。再向试管中加入**稀盐酸**。

现象：原溶液浑浊，加入NaOH后**变澄清**，再加稀盐酸**又变浑浊**。

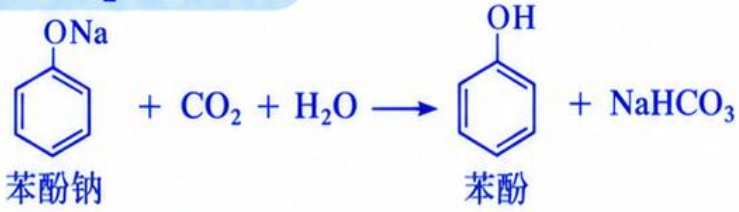
化学原理



苯酚钠与盐酸反应：



与 CO_2 的反应



现象：不滴加盐酸，向溶液中通入足量 **CO_2气体**，也可以看到**澄清的溶液又变浑浊**。

55 苯酚与溴反应

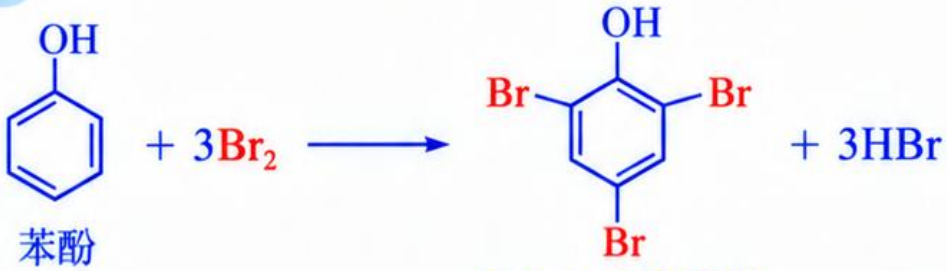
实验装置



操作：向试管中加入**0.1 g**苯酚和**3 mL**水，振荡，得到苯酚溶液。再向其中逐滴加入**饱和溴水**，边加边振荡，观察实验现象。

实验现象：产生白色沉淀。

化学原理



苯酚　　2,4,6-三溴苯酚

（可用于苯酚的定性检验和定量测定）

反应特点

（1）苯酚与溴水在**常温下**即可发生取代反应，生成**2,4,6-三溴苯酚（白色沉淀）**。

（2）反应比苯与溴的取代反应更容易，体现了**羟基（—OH）**对苯环的**活化作用**。

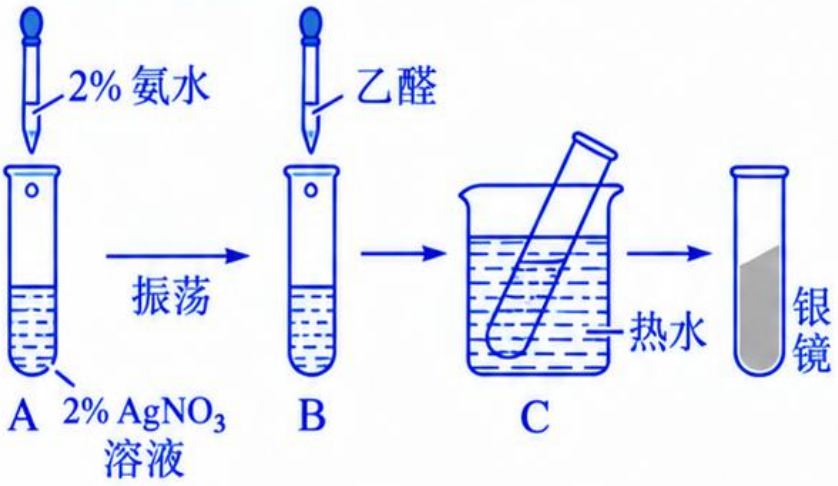
注意事项

（1）应使用**饱和溴水**，过量的溴水有利于反应完全。

（2）生成的2,4,6-三溴苯酚在水中的溶解度很小，因而以**白色沉淀**形式析出。

56 乙醛的银镜反应

实验装置



操作：

① 在洁净的试管中加入1 mL 2% $AgNO_3$溶液，再逐滴滴入2% 氨水，使最初产生的沉淀恰好溶解，制得银氨溶液。

② 再滴入3滴乙醛，振荡。

③ 将试管放在热水浴中加热，观察实验现象。

实验现象

在试管内壁上产生光亮的银镜。

化学原理

$$CH_3CHO + 2Ag(NH_3)_2OH \xrightarrow{\text{水浴加热}} CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O。$$

注意事项

（1）试管内壁必须洁净，不能有油污或还原性杂质。

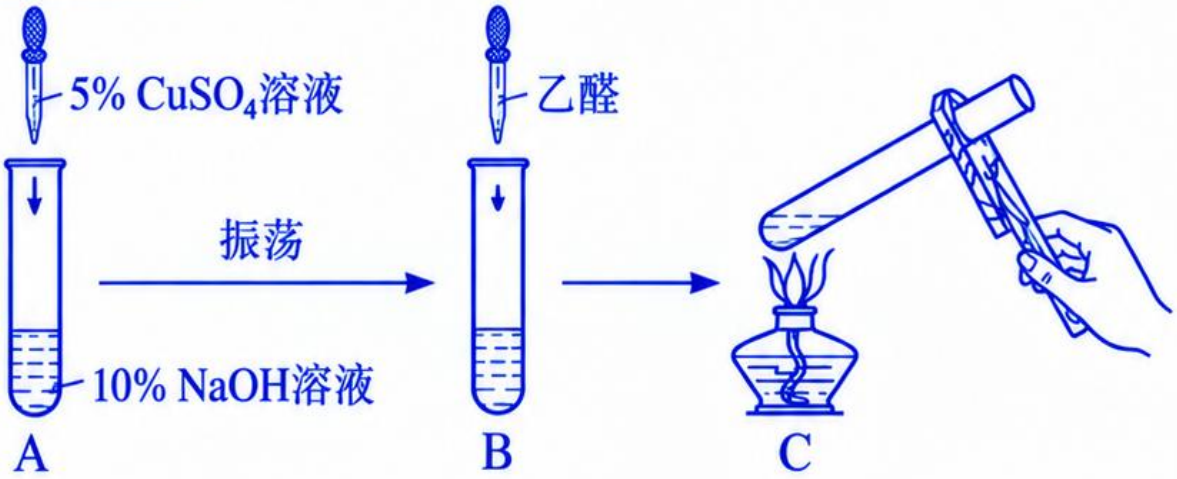
（2）银氨溶液要现用现配，不能久置，避免分解。

（3）水浴加热，不可用酒精灯直接加热，防止银氨溶液分解。

（4）乙醛用量不宜过多，一般3～5滴即可。

57 乙醛与新制氢氧化铜反应

实验装置



操作：在试管里加入**2 mL 10% NaOH溶液**，加入**5滴5% $CuSO_4$溶液**，得到新制的**$Cu(OH)_2$**，振荡后加入**0.5 mL乙醛溶液**，加热。观察实验现象。

实验现象

产生**砖红色沉淀**。

化学原理

$$CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONa + Cu_2O\downarrow + 3H_2O。$$

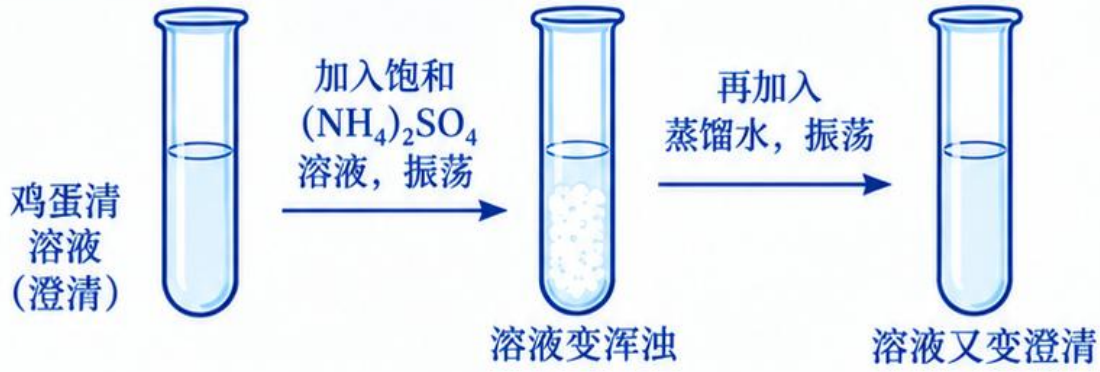
注意事项

(1) 配制$Cu(OH)_2$时，所用的**NaOH溶液必须过量**。

(2) $Cu(OH)_2$要**随用随配，不可久置**。

(3) 反应液**直接加热煮沸**。

58 蛋白质的盐析

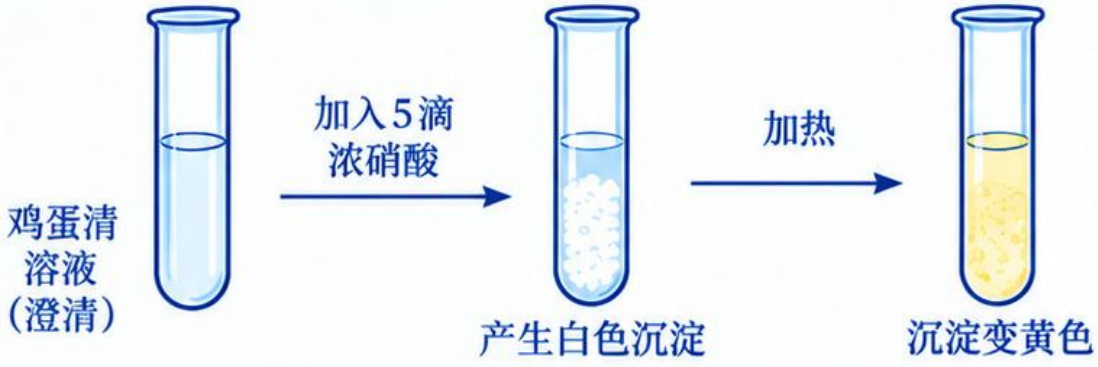


操作： 在试管中加入 **2 mL 饱和 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液**，向其中加入几滴鸡蛋清溶液，振荡，观察现象。再继续加入蒸馏水，振荡，观察现象。

现象： **澄清的溶液变浑浊；浑浊的溶液又变澄清。**

原理： 少量的某些可溶性盐（如硫酸铵、硫酸钠、氯化钠等）能促进蛋白质的溶解。但当这些盐在蛋白质溶液中**达到一定浓度**时，反而使蛋白质的**溶解度降低**而使其从溶液中**析出**，这种作用称为**盐析**。

59 蛋白质的显色反应



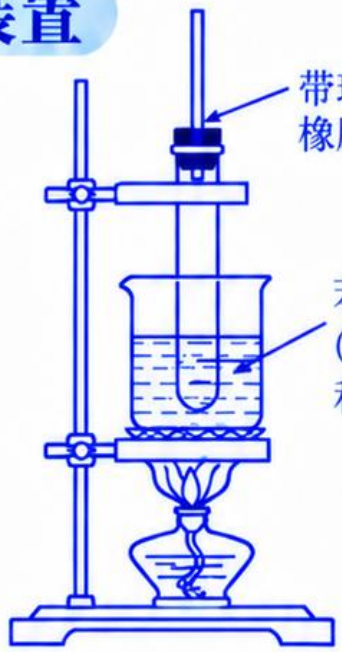
操作： 向盛有 **2 mL** 鸡蛋清溶液的试管中加入 **5 滴浓硝酸**，加热。观察实验现象。

现象： 有**白色沉淀**产生，**加热后沉淀变黄色**（**含有苯环的蛋白质**均能发生这个反应）。

要点： 该反应属于蛋白质的**显色反应**，可用于检验含有苯环的蛋白质。

60 酚醛树脂的制备

实验装置



操作：

实验一（合成线型酚醛树脂）

① 取一支试管，加入 **2.5 g** 苯酚、**2.5 mL 40%** 甲醛溶液，再加入 **2 mL 浓盐酸**，振荡、混匀。

② 塞上带玻璃导管的橡胶塞，置于沸水浴中加热 **5～8 min**。

③ 将试管从水浴中取出，把生成物倒入培养皿中，观察其颜色和状态。

实验二（合成体型酚醛树脂）

① 取一支试管，加入 **2.5 g** 苯酚、**3.5 mL 40%** 甲醛溶液，再加入 **2 mL 浓氨水**，振荡、混匀。

② 其余操作同实验一。

实验现象

实验	反应条件	生成物的颜色和状态
实验一 （线型酚醛树脂）	苯酚 + 甲醛 + **浓盐酸** **（酸性条件）**	淡黄色或淡棕色的 黏稠液体
实验二 （体型酚醛树脂）	苯酚 + 甲醛 + **浓氨水** **（碱性条件）**	深褐色固体（树脂状）

反应原理



酚醛树脂（线型或体型）+ $(n-1)H_2O$

注意事项

（1）实验完成后应**及时清洗**试管；若不易洗涤，可先用**少量乙醇**浸泡几分钟，然后清洗。

（2）加热采用**沸水浴**，时间约为 **5～8 min**，不可用酒精灯直接加热。

（3）**酸性条件**下生成**线型**酚醛树脂，**碱性条件**下生成**体型**酚醛树脂。