

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中学化学实验大全



## 中学化学实验大全（下册）

## 第八章 金属元素及其化合物的实验

### 一、碱金属及其化合物

#### (一) 钠的性质

目的：认识钠的一些物理性质和化学性质。

用品：镊子、白瓷板、小刀、广口瓶、U形管、坩埚钳、玻璃管、滤纸、燃烧匙。

钠、石蜡、酚酞、铝箔、浓盐酸、硫酸铜溶液、氯化铁溶液、硝酸银溶液。

原理：金属钠呈银白色，它的化学性质非常活泼。

操作：

1. 钠的外观 用镊子取出较厚的钠块，用滤纸吸去煤油，放在白瓷板上，可以采用下面三种方法观察钠的金属光泽。

(1) 在白瓷板上用刀切去外皮，观察断面。

(2) 截取一根 15 厘米长的薄壁玻璃管，一端熔光，一端保留锋口。在白瓷板上将钠块的外皮切除后移置于洁净的滤纸上。左手用镊子夹住钠块，右手将玻璃管锋利的一端按在钠块中央，如同钻孔一样边旋边下压，使截切下来的金属钠进入玻璃管内，再用玻璃棒将它推至管的中部并压紧，玻璃管的两端用棉花塞紧（图 8-1）。这样制得的样品能保留数天。因被空气里的氧气氧化，钠块的两端先生成白色的氧化钠，而中间部分仍光亮如镜，以后氧化层逐渐向中心扩展，直至钠块全部氧化。{ewl  
MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0002\_1.bmp}

(3) 取两支口径和长短不等的试管，使小的能套在大的中间并可自由滑动。在白瓷板上切下一小块除去外皮的金属钠，将它放入大试管里后浸在热水中加热。待试管里钠熔化后立即将小试管套入并轻轻挤压，使熔化的钠充填在两管壁间。从热水中移出，待冷疑后往试管壁间的空隙里注入熔化的石蜡。这样制得的样品（图 8-2）能使钠的真面目保留更长的时间。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0002\_2.bmp}

2. 钠跟非金属的反应

(1) 钠跟氧气的反应：镊取一块钠，用滤纸把煤油吸净后置于白瓷板上，切下黄豆大小一块钠，放入洁净的燃烧匙内。（留在白瓷板上的钠块任其暴露在空气里，待操作）。将燃烧匙放在酒精灯上加热，钠块很快地熔成小球（钠的熔点 97.81 ），并着火燃烧。移去酒精灯，钠在燃烧匙内继续燃烧（火焰呈黄色，熔球呈亮红色），直至钠全部烧毕。生成物是黄色小球状固体，主要成分为过氧化钠。实验完毕，观察暴露在空气里的钠块断面，已变暗，是氧化钠。

(2) 钠跟硫的反应：取一只广口瓶，在瓶底铺一厚层细砂。同前操作，将钠块镊入刚加热过的燃烧匙内，待钠熔化时加入少量硫粉，迅速把燃烧匙插至广口瓶底，浅埋在细砂里。反应起初较缓慢，逐渐加剧，不久就会着火燃烧，火星飞溅。

其它实验方法：用硬质试管或瓷坩埚代替燃烧匙或将钠放在洁净的石棉网上，用酒精灯加热，也能做这个实验。避免使用金属燃烧匙，生成物就不

会混有金属杂质的颜色。

3. 钠跟水的反应 这个实验有多种方法，可根据不同要求选择。

(1) 取一只 250 毫升的烧杯，加水 100 毫升，滴入 1~2 滴酚酞溶液。镊取绿豆大小一块金属钠，用滤纸吸净其表面的煤油，然后投入烧杯里，用表面皿将烧杯盖好，或用一个短颈漏斗倒罩在烧杯口上。溶液变为红色。

另切黄豆大小一块钠，用铝箔包好，并在铝箔上刺些小孔，用镊子夹住，如图 8-3 所示放到试管口下面，以排水法收集气体。待试管中气体已收集满时，小心地取出试管，移近酒精灯点燃以检验反应中生成的气体。{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0003\_1.bmp}

(2) 取一只 250 毫升广口瓶，加水 150 毫升，滴入 2~3 滴酚酞溶液。同前操作，把一只漏斗倒罩在瓶口上，再在漏斗颈上套一支小试管，用向下排空气法收集反应生成的气体。装置如图 8—4 所示。也可如图 8—5 用排水法收集氢气。

(3) 采用大 U 形管、短颈球形漏斗、带尖嘴玻璃管的橡皮塞（玻璃管中段用胶管连接，胶管内放有玻璃珠）等装配成图 8-6 所示实验装置。将滴有酚酞溶液的水从球形漏斗中装满 U 形管（此时单孔塞不必装上），然后切取黄豆大小一块金属钠，用铝箔包好并刺些小孔，从 U 形管右端开口放入水中，迅速塞紧单孔塞。钠跟水反应产生的氢气使 U 形管内的水压入球形漏斗（注意单孔塞必须塞紧，以防被气体冲出）。待反应完毕，轻轻挤压胶管内玻璃珠，将氢气排入套在尖嘴玻璃管上的小试管里。

{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0004\_3.bmp}

(4) 向试管里加入半管水，滴入 2~3 毫米厚的一层煤油。切取 3~4 毫米见方的一小块金属钠，将它镊入试管内。钠在煤油里下沉，但浮于水面，钠块顶部仍露在煤油层上面。通过放大镜从试管侧面观察实验现象。此法比金属钠直接投入水中发生的反应缓慢得多。

4. 钠跟酸的反应 往试管里加入 1/3 容积的浓盐酸，切取绿豆大小一块金属钠，用滤纸吸去煤油后投入试管中。氢气放出并氯化钠的小晶体向试管的底部下沉。

5. 钠跟盐溶液的反应往三只盛水的小烧杯里分别加入 5 毫升硫酸铜、氯化铁和硝酸银溶液。切取三块绿豆大小金属钠，用滤纸吸去煤油后逐一镊入上述三种溶液里并迅速用表面皿将烧杯盖好。观察发生的现象。看到烧杯中分别产生淡蓝色的氢氧化铜、红褐色的氢氧化铁、棕黑色的氧化银沉淀，并有气体放出。

**注意事项：**

1. 镊子、刀和白瓷板上切忌沾水。

2. 钠块上的煤油必须吸净，否则燃烧时会产生少量黑烟，使用的燃烧匙应是洁净的，以免混有杂质的颜色，钠开始燃烧后要迅速移去酒精灯，防止燃烧过于剧烈，钠和硫粉的用量也不可过多。

3. 钠与盐酸反应的实验，宜用浓度 37%、密度 1.19 克/厘米<sup>3</sup> 盐酸。既利于生成物氯化钠析出，又使反应不致于太猛烈。

4. 钠与盐溶液反应的实验，如是饱和盐溶液，也有生成金属的反应发生。

5. 不用的钠残渣应焚毁。

## (二) 过氧化钠的性质

**目的：**认识过氧化钠的不稳定性和氧化性。

**用品：**玻璃棒、蒸发皿、滴管、球形干燥管。

过氧化钠、酚酞、硫粉、盐酸、石灰石。

**原理：**过氧化钠中含有过氧离子( $O_2^{2-}$ )，它具有不稳定性和氧化性。

这些性质可以通过它跟水、硫和二氧化碳等实验表现出来。

**操作：**

1. 过氧化钠跟水的反应 在一支干燥的试管里放入一小匙过氧化钠，向试管里滴入 3 毫升水，待有较多的气体放出时用带火星的木条伸向管口，木条复燃，证明是氧气。反应完毕，滴入几滴酚酞溶液，溶液变红色，呈碱性。

2. 过氧化钠跟硫的反应 往蒸发皿里加入 1~2 克过氧化钠，再加入等体积的硫粉，用玻璃棒轻轻地混和均匀并堆成小丘状。将蒸发皿置于固定在铁架台上的铁圈内，用长滴管向混和物上滴 1~2 滴水后迅速离开。混和物猛烈燃烧，发出耀眼的火花和烟雾。

3. 过氧化钠跟二氧化碳的反应 在平底烧瓶里放几块小石灰石，干燥管底部垫上一薄层石棉绒，也可用玻璃绒，再加入 1~2 厘米厚过氧化钠，要装得疏松些。如图 8-8 装置。向烧瓶里注入 2N 盐酸 20 毫升，迅速将放有过氧化钠的干燥管连同单孔塞装在烧瓶上。

手摸干燥管球部，待感觉到发热时用带火星的木条伸向管口，检验所放出的气体。反应完毕后取出干燥管中的固体，加入盛有稀盐酸的试管中，如有二氧化碳气体放出，(按二氧化碳气体检验方法进行)证明固体中另一生成物是碳酸钠。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0007\_1.bmp}

**注意事项：**

1. 用保存完好的过氧化钠(市售品是淡黄色小颗粒状固体)，如发现已变质(呈白色)，则不能再用。

2. 在混和过氧化钠和硫粉时，动作要轻而迅速，以防爆炸或过氧化钠吸湿引起燃烧。

3. 在制取二氧化碳时，稀盐酸的浓度以 2N 为宜。因二氧化碳的产气速度与产气量受盐酸浓度控制。

4. 过氧化钠不要事先装好，以防变质。

**其它实验方法：**

1. 将钠块放入坩埚中加热制取过氧化钠，用刚制得的产物跟水反应，实验效果更好。

2. 过氧化钠跟二氧化碳的反应，可用大试管代替烧瓶，用半截试管加上带短玻璃管的单孔塞代替干燥管。

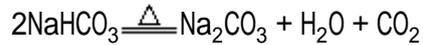
### (三) 碳酸钠和碳酸氢钠的热稳定性

**目的：**比较碳酸钠和碳酸氢钠的热稳定性，并学会鉴别它们的方法。

**用品：**试管、小烧杯、酒精灯。

无水碳酸钠、碳酸氢钠、澄清石灰水。

**原理：**碳酸钠很稳定，加热到熔点（857℃）以上才缓慢地分解。碳酸氢钠却不很稳定，在150℃左右分解放出二氧化碳，温度越高分解越快。



利用它们热稳定性的差异，可以鉴别这两种物质。

**操作：**在两支干燥的试管里各放入约占试管容积1/6的无水碳酸钠和碳酸氢钠，按图8-9装置两套仪器，并往烧杯里倒入半杯澄清的石灰水。同时开始加热，不久盛碳酸氢钠的试管口处有水珠出现，导管口有连续的气泡冒出，澄清的石灰水变成浑浊。盛碳酸钠的试管内，除刚加热时因空气受热而从导管口逸出几个气泡外，没有变化。实验终止时先移去烧杯后再熄灭酒精灯。{ewI MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0008\_1.bmp}

#### (四) 钾的性质

**目的：**通过钾的性质实验并与钠的性质实验相比较，认识碱金属的通性。

**用品：**试管、小刀、镊子、酒精灯。

钾、滤纸。

**原理：**碱金属单质都具有银白色光泽，并具有密度小、硬度小、熔点低，导电性强的特点，是典型的轻金属。

碱金属的化学性质都很活泼，表现出很强的金属性、还原性。钾的化学性质比钠还活泼。

钾在空气里燃烧时火焰呈浅紫色，生成物是黄色的过氧化钾 ( $K_2O_2$ ) 和橙黄色的超氧化钾 ( $KO_2$ ) 混和物。

钾跟水的反应比钠更剧烈，常使生成的氢气燃烧并发生轻微爆炸。

**操作：**

1. 钾的外观采用与钠的性质实验同样的方法。

2. 钾的燃烧从钾块上切取绿豆大小一粒，用滤纸吸干煤油后，放入玻璃燃烧匙内后用酒精灯加热，钾熔化，燃烧时火焰呈浅紫色，生成物呈黄色。

3. 钾跟水的反应将绿豆大小一块金属钾用滤纸吸干煤油后投入盛水（滴有酚酞溶液）的烧杯里，立即用表面皿盖好，观察实验现象并与钠跟水的反应进行比较。

**注意事项：**钾块表面的氧化层中含有过氧化钾，它和金属钾接触时会发生反应而引起轻微的爆炸。因此切下的钾块表皮不能接触金属钾，可以用水或酒精处理掉。

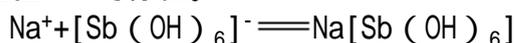
## (五) 钠离子和钾离子的检验

目的：了解钠离子和钾离子的鉴定方法。

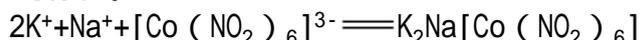
用品：试管、滴管。

氯化钠溶液(0.1摩/升)、氯化钾溶液(0.1摩/升)、铈酸钾、钴亚硝酸钠、醋酸。

原理：利用 $[\text{Sb}(\text{OH})_6]^-$ 跟 $\text{Na}^+$ 反应，生成白色晶状沉淀 $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ 来检验 $\text{Na}^+$ 的存在。



利用 $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ 跟 $\text{K}^+$ 反应，生成亮黄色沉淀 $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ 来检验 $\text{K}^+$ 的存在。



生成物是难溶于水的钴亚硝酸钠钾，在一定浓度范围内溶液的浑浊程度与钾的含量成正比，因此这个反应可应用于土壤速效钾的比浊测定。

操作：

1.  $\text{Na}^+$ 的检验 在试管中加入5毫升0.1摩/升 $\text{NaCl}$ 溶液，再往试管中滴加铈酸钾 $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ 饱和溶液，生成白色晶状沉淀。如果没有沉淀产生，可以用玻璃棒摩擦试管内壁，放置几分钟后再进行观察。

2.  $\text{K}^+$ 的检验 在试管中加入5毫升0.1摩/升钴亚硝酸钠 $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ 溶液，滴入2滴6摩/升醋酸溶液，再往试管中滴加0.1摩/升 $\text{KCl}$ 溶液，溶液变浑浊，生成亮黄色沉淀。

注意事项：

1. 检验 $\text{Na}^+$ 时溶液应保持中性或弱碱性。在酸性条件下会产生白色无定形铈酸沉淀。沉淀的特征是颗粒状结晶，较重，能较快沉到试管底部，或在试管壁上结晶。

2. 检验 $\text{K}^+$ 时，应在中性或弱酸性溶液中进行，因为碱和强酸都能使 $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$ 分解，妨碍鉴定。滴加醋酸使溶液呈微酸性以利于鉴定。 $\text{NH}_4^+$ 具有类似反应，故氯化钾试剂必须纯。

## (六) 碱金属化合物的焰色反应

**目的：**认识焰色反应并学会利用焰色反应检验碱金属离子的方法。

**用品：**酒精灯。

铂丝、碳酸锂、碳酸钠、碳酸钾、蓝色钴玻璃。

**原理：**当金属（或它的化合物）在火焰上灼烧时，原子中的电子就被激发，在从较高能级（激发态）跳回低能级时会放出能量，这些能量以一定波长的光的形式发射出来。原子的结构不同，发出光的波长就不同，焰色也各异。

离子	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	Cs <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>
焰色	红	黄	浅紫	紫	紫红	橙红	红	黄绿

**操作：**把铂丝的一端熔入玻璃棒，另一端弯成环状，平时保存在试管内（如图 8—10 所示）。使用时先用浓盐酸浸渍铂丝，再用蒸馏水冲净，在酒精灯无色火焰中灼烧，观察火焰是否有颜色。如果火焰显色，则应重复上述操作，直至火焰不再显色为止，这表示铂丝已洁净。

用洁净的铂丝分别蘸取碳酸锂、碳酸钠、碳酸钾溶液，放在无色火焰上灼烧，观察火焰的颜色。

再用洁净的铂丝分别对蘸些水后粘上碳酸锂、碳酸钠、碳酸钾粉末，放在无色火焰上灼烧，观察火焰的颜色。

**注意事项：**

1. 观察钾的焰色时，要隔着蓝色钴玻璃去观察。因蓝色钴玻璃可以滤去火焰本身和钠杂质所产生的黄色光。

2. 钠的焰色反应灵敏度很高，因此盐酸、蒸馏水以及其它试剂中的微量钠都有反应，必须要求火焰的黄色显著，才能确定钠的存在。

3. 应将沾有试剂的铂丝放在煤气灯氧化焰上灼烧。

**其它实验方法：**

1. 如果没有铂丝，可用废灯泡中的电极丝或 300 瓦的电热丝（镍铬丝）。

2. 最好用煤气灯，火焰近于无色。酒精喷灯、酒精灯也可以，但酒精要纯。

3. 预先削好六支铅笔，露出的铅笔芯（石墨）顶端要削成平铲状。在酒精喷灯上灼烧，烧尽铅笔芯表面的有机物。冷却后分别蘸取锂盐、钠盐和钾盐的溶液或固体粉末，放在火焰上灼烧。

4. 在烧杯中燃烧酒精，将碱金属和碱土金属化合物的粉末撒在火焰上。

5. 在透明胶片上用水基彩色笔均匀地涂上天蓝色，或用天蓝色染料配成溶液泡胶片晾干，都可代替蓝色钴玻璃。

## (七) 从草木灰中提取钾盐

目的：学习从草木灰中提取钾盐的方法

用品：玻璃棒、过滤器、蒸发皿。

草木灰、铂丝、蒸馏水、盐酸、氯化钡溶液、硝酸银溶液、稀硝酸。

原理：大田作物的秸秆、柴草树木的根枝茎叶燃烧后剩下的灰分，统称为草木灰，草木灰中含有碳酸钾、硫酸钾和氯化钾，俗称“三钾盐”，以碳酸钾为主。

利用这三种钾盐都易溶于水的性质，通过溶解、过滤、蒸发、冷却等操作，可从草木灰中得到“三钾盐”的固体混和物。再依据它们水中溶解度的大小顺序：碳酸钾 > 氯化钾 > 硫酸钾，运用分步结晶的操作可依次析出硫酸钾、氯化钾、硫酸钾。

操作：

1. 从草木灰中提取“三钾盐”在 250 毫升烧杯里放入半烧杯(10 克左右)草木灰，加热水到高于灰表面 1—2 厘米处，边浸泡边搅拌(最好实验前一天浸泡)。

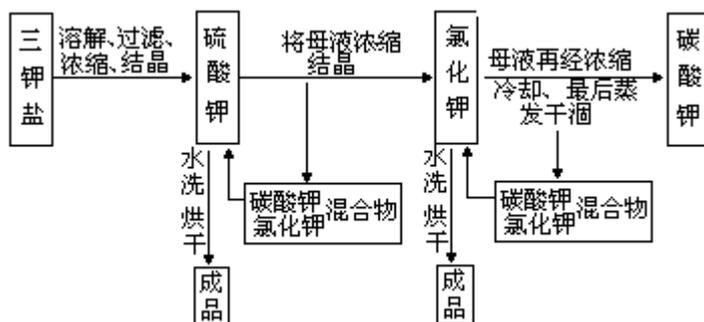
准备一个过滤器，将烧杯里上层的草木灰浸出液缓缓倾入过滤器内过滤。如果滤液浑浊，再过滤一次，直至滤液澄清。

将滤液倒入蒸发皿内，边加热边搅拌。当蒸发到只剩少量液体时，停止加热。

静置片刻，观察蒸发皿内有白色晶体(“三钾盐”)出现。

用焰色反应检验钾离子。取少量制得的晶体，放入试管里并加入蒸馏水。待全部溶解后将溶液分装在三支试管里：在第一支试管里滴加盐酸；在第二支试管里滴加氯化钡溶液，再滴加盐酸；在第三支试管里滴加硝酸银溶液，再滴加稀硝酸，分别检验碳酸根离子、硫酸根离子、氯离子。

2. “三钾盐”的分离三钾盐的分离步骤以流程图的形式表示如下：



注意事项：

1. 所用草木灰以向日葵秆、大豆或蚕豆的秆荚、棉子壳的灰烬为好。
2. 所制得的三钾盐因含有碳化的有机物有些发黑，经煅烧可以变白。
3. 分步结晶的次数根据具体要求而定。

## 二、碱土金属及其化合物

### (一) 镁的性质

**目的：**认识镁的化学活泼性。

**用品：**砂纸、集气瓶、石棉网、酒精灯。

镁条、镁粉、酚酞、盐酸、石灰石、硫酸。

**原理：**镁是比较活泼的金属，是强还原剂，它能跟非金属、二氧化碳、酸等物质起反应。

**操作：**

1. 镁在空气里燃烧 取一段 15 厘米长的镁条，用砂纸把镁条表面的氧化膜擦净，观察镁的色泽。再用坩埚钳夹住镁条的一端，将另一端放在酒精灯火焰上加热，点燃后迅速移出火焰并让燃烧后的灰烬落在洁净的石棉网上。这时生成氧化镁。

将少量生成物放入盛有水的试管里，振荡后滴入一滴酚酞溶液，溶液变红，呈碱性。

2. 镁跟二氧化碳的反应 取一只 250 毫升集气瓶，在瓶底铺一层细砂。用石灰石和 6 摩/升盐酸在启普发生器内制取二氧化碳，并将发生器的导管伸入集气瓶底部。待二氧化碳气体盛满后，慢慢抽出导管并用玻璃片盖住瓶口，待用。

取一根 20 厘米长的镁条，用砂纸擦去其表面的氧化膜。在火焰上点燃镁条，迅速放入盛有二氧化碳的集气瓶里，由瓶口逐步伸入瓶底。镁条在二氧化碳里继续剧烈燃烧，生成物（呈灰黑色粉末状，系白色氧化镁和黑色碳的混和物）有的落在瓶底，有的被吸附在瓶的内壁上。

3. 镁跟水、酸的反应

(1) 镁跟水的反应：取一小段镁条，用砂纸擦去其表面氧化膜，放入盛有少量水的试管里，几乎无反应。然后将试管加热，镁条表面上有细微的氢气放出，滴入 2 滴酚酞，溶液变红色，呈碱性。

(2) 镁跟酸的反应：取少量镁粉，加入盛有 5 毫升 1 摩/升的盐酸或在硫酸的试管里，反应剧烈，放出氢气，在试管口上点火，有氢气燃烧的火焰。

**注意事项：**

1. 镁与二氧化碳的反应，镁条要稍长些，并可卷成螺旋状。镁条燃毕后可将集气瓶里的细砂倒出，加入少量稀盐酸以溶去瓶壁上的氧化镁，反应中析出的碳粒则清晰可见。

2. 镁跟水的反应宜缓慢加热，以利于观察氢气的放出。

**其它实验方法：**

1. 镁在空气里燃烧的实验，可将镁粉装在胡椒粉瓶里，轻轻撒在火焰上；或在涂有胶水的白纸上洒满镁粉，干燥后作为镁条的代用品，但燃烧时会因纸和胶水的不完全燃烧而出现一些黑色物质（游离碳）。

2. 镁跟二氧化碳反应的实验，可在烧杯里放入几小块石灰石并加入 20 毫升 6 摩/升盐酸，待二氧化碳充满烧杯后，将燃着的镁条伸入二氧化碳气体里。

## (二) 氢氧化镁的生成和性质

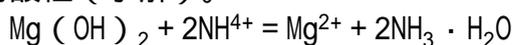
目的：认识氢氧化镁的制取方法和性质。

用品：试管。

氯化镁溶液(0.2 摩/升)、氢氧化钠溶液(2 摩/升)、盐酸、氯化铵饱和溶液。

原理：实验室里用强碱跟镁盐溶液反应来制取氢氧化镁。

$\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$  氢氧化镁是中强碱，能跟酸反应生成盐和水。氢氧化镁难溶于水，但易溶于氯化铵溶液中，因为氯化铵溶液具有酸性(水解)。



操作：

1. 氢氧化镁的生成在试管里加入 5 毫升 0.2 摩/升氯化镁溶液，再滴加 2 摩/升氢氧化钠溶液，直至不再析出白色沉淀为止。

2. 氢氧化镁跟酸的反应将上述试管里的上层清液倾去，白色的氢氧化镁沉淀用蒸馏水洗涤后取出一半，加入另一支试管待用。再向试管里滴加 2 摩/升盐酸溶液，振荡，沉淀溶解。

3. 氢氧化镁跟铵盐溶液的反应向另一支加入氢氧化镁沉淀的试管里滴加氯化铵饱和溶液，振荡，沉淀溶解。

### (三) 镁盐的性质

目的：认识氯化镁的性质。

用品：小烧杯、玻璃棒。

氯化镁、澄清石灰水、碳酸钠溶液。

原理：氯化镁（六水合氯化镁）是无色、易溶的晶体，有吸潮性。它跟澄清的石灰水反应生成氢氧化镁沉淀。它跟碳酸钠溶液反应生成胶状的碱式碳酸镁沉淀。 $2\text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$

操作：取少量氯化镁晶体置于小烧杯里，加入 10 ~ 15 毫升水，用玻璃棒轻轻搅拌，待晶体溶解后将氯化镁溶液加入两支试管里。在第一支试管里注入少量澄清的石灰水，有白色沉淀生成。在第二支试管里滴加 1 摩/升碳酸钠溶液，有白色胶状沉淀生成。

注意事项：

1. 所用的石灰水应是新配制的、澄清的。
2. 碳酸钠溶液不能滴加过量，否则会生成  $[\text{Mg}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$  络离子使沉淀重新溶解。

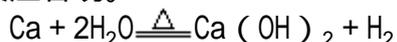
#### (四) 钙及其化合物的性质

目的：认识钙的化学活泼性及几种钙的化合物的性质。

用品：铁坩埚、小烧杯、玻璃片。

钙、酚酞、蒸馏水、氧化铜、盐酸、氯化钙溶液、硫酸钠饱和溶液。

原理：钙是银白色金属，化学性质比较活泼，跟冷水反应较慢，但跟热水反应容易。



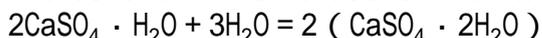
钙具有还原性。例如：



钙的重要化合物有氧化钙、氢氧化钙、氯化钙、碳酸钙、硫酸钙等，有关实验在第七章有所涉及，这里补充三个实验：“液体 + 液体 = 固体”实验是用氯化钙浓溶液和氢氧化钠浓溶液相混和，生成氢氧化钙白色固体。

“人造岩石”实验是用氯化钙饱和溶液和硫酸钠饱和溶液相混和，生成岩石状硫酸钙固体。

“石膏的硬化”是熟石膏加水逐渐硬化的实验。



操作：

1. 钙跟水的反应 取两小块金属钙，分别放入盛有冷水和热水（加热近沸）的试管里，均能发生激烈的反应，使酚酞溶液显红色。

2. 钙跟氧化铜的反应 取 2 克金属钙和 2 克氧化铜，混匀后放入铁坩埚里，加热。钙跟氧化铜剧烈反应，反应完毕，将铁坩埚里的产物倒入盛有 50 毫升 6 摩/升盐酸的烧杯中，用玻璃棒搅拌溶液，氧化钙被溶解，烧杯底部沉积有紫红色的铜粉。

3. “液体 + 液体 = 固体” 在两只小烧杯里分别加入 20 毫升氯化钙饱和溶液和 20 毫升氢氧化钠饱和溶液，将氯化钙溶液倒入氢氧化钠溶液中，澄清的溶液混和后立即生成白色固体，即使将烧杯倒置，固体都不会掉落。

4. “人造岩石” 分别取 20 毫升氯化钙饱和溶液和 20 毫升硫酸钠饱和溶液，放入两只小烧杯里。将氯化钙溶液倒入硫酸钠溶液中，迅速加以搅拌。溶液混和后变成坚硬的岩石状白色固体。

5. 石膏的硬化 在烧杯里放少量水，用药匙将熟石膏粉慢慢加入水中，并调成糊状，然后将石膏浆倒在玻璃片上。取几枚硬币，在它们的表面上涂很薄的一层凡士林，逐一地按压在石膏上。数小时后取出硬币，石膏上留下硬币的印纹。

## (五) 硬水的软化

**目的：**了解硬水软化的基本原理；学习硬水软化的方法。

**用品：**烧杯、玻棒、滴管、酒精灯、铁架台。

氢氧化钙、盐酸、石灰石、澄清石灰水、蒸馏水、肥皂液、碳酸钠、磷酸三钠、磺化煤、离子交换柱。

**原理：**溶有较多量  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  的水称为硬水，根据所含盐类的不同，硬水又分为暂时硬水（含有  $\text{HCO}_3^-$ ）和永久硬水（含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ ）。

1 升水里含有 10 毫克氧化钙（或相当于 10 毫克氧化钙）称为 1 度（ $1^\circ$ ）。氧化镁 1 毫克折算成 1.4 毫克氧化钙。硬度大于  $30^\circ$  的是最硬水。

暂时硬水经过煮沸以后，碳酸氢盐分解生成不溶性的碳酸盐。生成的碳酸镁会发生水解反应，生成更难溶的氢氧化镁。硬度可降至  $8^\circ$  以下，但仍在  $3^\circ \sim 4^\circ$  以上。

药剂软化法和离子交换法是硬水软化的主要方法。

药剂软化法常用的药剂有石灰、纯碱或磷酸三钠等。通过反应可生成  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  等几乎不溶于水的物质，使  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  除去。

离子交换法是用离子交换剂软化水的一种现代方法。离子交换剂有天然或人造沸石、磺化煤和离子交换树脂等。磺化煤是用烟煤、褐煤经发烟硫酸或浓硫酸处理后的一种黑色颗粒状物质。当硬水通过磺化煤时，硬水里的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  会跟磺化煤的  $\text{Na}^+$  起离子交换作用，从而使硬水软化。磺化煤的  $\text{Na}^+$  耗毕，可用 8~10% 食盐溶液再生，恢复软化硬水的功能。离子交换树脂是一种高分子聚合物，由固定的树脂本体和带有活性离子的交换基团两部分所组成。阳离子交换树脂和阴离子交换树脂可分别用盐酸（2 摩/升）和氢氧化钠（8%）溶液再生。

**操作：**

1. 制备暂时硬水 称取 2 克氢氧化钙固体，放入盛有 100 毫升蒸馏水的烧杯里，搅拌使之溶解，然后通入二氧化碳气体。开始时因生成白色的碳酸钙沉淀而使溶液浑浊，继续通入二氧化碳，直至溶液重新达到透明，过滤后就得到含有碳酸氢钙的暂时硬水（硬度约为  $60^\circ$ ）。直接往澄清的石灰水里通入二氧化碳也可制备暂时硬水。

2. 制备永久硬水 将 2 克硫酸钙固体，放入 200 毫升蒸馏水里，搅拌使之溶解，然后过滤除去不溶部分，则得到含有硫酸钙的永久硬水（硬度约为  $90^\circ$ ）。

3. 制备肥皂液 用 10 克肥皂片溶解于 100 毫升 80% 酒精溶液中，静置几天后倾出上层澄清的肥皂液，装入试剂瓶里备用。

4. 水的硬度 在三支试管里分别加入 5 毫升蒸馏水、5 毫升暂时硬水和 5 毫升永久硬水，然后用滴管往试管里滴入肥皂溶液，边滴边记数边振荡试管，第一支试管内液体表面最先出现稳定的泡沫，后两支试管因盛有的硬水内分别含有碳酸氢钙和硫酸钙，须待其中的钙离子完全与肥皂（主要成分是硬脂酸钠）反应生成沉淀（硬脂酸钙）后，才出现定形的泡沫。从滴数的多少可比较它们的硬度。

5. 暂时硬水的软化 在两支试管里各加入 5 毫升暂时硬水，将其中的一支放在酒精灯上加热，使溶液煮沸几分钟，冷却。然后往两支试管里滴加肥

皂溶液，振荡，观察试管内出现稳定泡沫的先后，并以产生稳定泡沫所需肥皂溶液的滴数之差，来比较其硬度。

6. 药剂软化法软化硬水 在两支试管里分别加入 5 毫升暂时硬水和 5 毫升永久硬水，再加入 0.1 克碳酸钠或磷酸三钠，振荡。同样以肥皂溶液检验经软化处理后水的硬度。并以所用肥皂溶液的滴数来比较药剂处理前（已有记录）、后水的硬度变化。

7. 离子交换法软化硬水 将离子交换柱（50×500 毫米的玻璃管）固定在铁架台上（图 8-11）。柱内装有离子交换剂（磺化煤或 732 型阳离子交换树脂，事先在蒸馏水中浸泡 24 小时），柱的下方放一只小烧杯。从高位瓶中将硬水从交换柱上方流入柱内，使硬水慢慢地流经离子交换剂。待柱内充满水后，手捏交换柱下端乳胶管中的玻璃珠，缓缓放水至小烧杯里。取 5 毫升经离子交换剂处理过的水，用肥皂溶液检验其硬度，并与未处理的硬水作比较。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0022\_\_1.bmp}

**注意事项：**离子交换柱内装入的离子交换剂体积以 3/4 为宜。硬水流入柱内时要缓慢，充满水后柱内应不留有气泡。

### 三、铝及其化合物

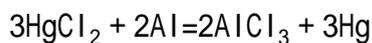
#### (一) 铝的性质

目的：认识铝的化学活泼性。

用品：集气瓶、小塑料瓶、坩埚钳、试管、试管夹、酒精灯、砖块、黄铜圆筒、研钵的杵。

铝条、铝粉、铝箔、0.25 摩/升氯化汞（或硝酸汞）溶液、2 摩/升盐酸溶液、1 摩/升硫酸溶液、蒸馏水、浓硫酸、浓硝酸、氧化铁或四氧化三铁、过氧化钡、氯酸钾、棉花、棉栓。

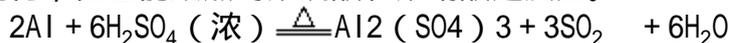
原理：铝是比较活泼的金属，在高温下才能在空气里燃烧，或加热后在氧气里燃烧，同时放出大量的热。铝表面致密而坚固的氧化膜能阻止内层铝继续氧化。若用温热的氢氧化钠溶液可溶去铝表面的氧化膜。为了清楚地观察铝在空气里被氧化的现象，可将铝片浸入汞盐溶液（氯化汞或硝酸汞溶液）中。



反应中生成的汞立即与铝结合成铝汞齐，这种带汞齐的铝在空气中被氧化。随着氧化反应的进行，铝原子不断从合金内部向表面扩散，同时铝片上的铝原子也向合金方向扩散，生成的氧化铝成蓬松的白色丝状物，好象长出了“白毛”。破坏氧化膜后的铝能跟水反应，置换出氢气并生成白色絮状的氢氧化铝沉淀。



破坏氧化膜的方法是把铝片浸入汞盐溶液，现象同前一实验。铝能跟稀盐酸、浓盐酸或稀硫酸起反应，放出氢气。在冷的浓硫酸或浓硝酸里，铝的表面会被钝化，但它能跟热的浓硫酸和浓硝酸起反应。



铝比较容易跟强碱起反应，生成偏铝酸盐并放出氢气。铝在一定条件下能跟某些金属氧化物发生氧化-还原反应，生成氧化铝和液态金属。同时放出大量的热，温度可达 2000 ~ 3000 。

操作：

##### 1. 铝的燃烧

(1) 铝在空气里燃烧：在一只小塑料瓶盖上钻些细孔（或用装胡椒粉的空瓶代替），往瓶中装入少量铝粉。点燃酒精灯或矿烛，将瓶中的铝粉轻轻撒在火焰上，可以看到四溅的闪光。

(2) 铝在氧气里燃烧：先收集一瓶氧气。在砂去氧化膜的铝条（用铝箔剪成）下端系上一根火柴（作引燃物），用坩埚钳夹住铝条。点燃火柴，将铝条放入氧气瓶中。铝条在氧气里燃烧发出耀眼的光辉，生成的白色物质是三氧化二铝。

2. 铝在空气中氧化 取小片铝片用砂纸擦亮，用棉栓蘸取少量汞盐溶液，涂在铝片表面，将此铝片放置于空气中，观察白色絮状氧化铝的生成。并用手指轻轻触摸一下铝片背面是否发烫。

3. 铝跟水的反应 取一小块铝片放入试管中，加水 2 ~ 3 毫升，观察不

到有反应发生，用酒精灯加热，再观察，仍无反应发生。若加氯化汞溶液约 0.5 毫升，放置片刻，倾去溶液后，用水洗涤铝片 2~3 次，再加水 2~3 毫升，铝能跟水发生反应，有气体放出。如果现象不明显，可微微加热。

#### 4. 铝跟酸、碱的反应

(1) 铝跟酸的反应：取四支试管，分别盛 2 摩/升的盐酸、1 摩/升的硫酸、浓硫酸、浓硝酸各 3 毫升，分别加入大小相近的铝片。结果，铝片跟 2 摩/升的盐酸和 1 摩/升的硫酸都能发生反应，但不跟冷的浓硫酸或浓硝酸反应。将盛浓硫酸和浓硝酸的试管在酒精灯上加热片刻，有一个试管内生成气体为红棕色。用湿润的蓝色石蕊试纸在试管口检验，试纸变红，证明气体呈酸性。

(2) 铝跟碱的反应：取两支试管，各放入大小相近的铝片，然后分别加入 3 毫升 6 摩/升氢氧化钠、6 摩/升氢氧化钾溶液，都能发生反应，生成氢气和偏铝酸盐。

#### 5. 铝热剂反应

(1) 铝热剂的配制：称取烘干的铝粉 5 克和氧化铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 或四氧化三铁 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 粉 15 克，放在洁净的纸上混和均匀。

(2) 引燃剂的配制：用过氧化钡 4 克、氯酸钾 1 克和铝粉 1 克混和制成。

(3) 装配铝热剂的实验装置：将一块砖头放在地上，把一个内径约 2.5 厘米、高约 4 厘米的黄铜或铁的圆筒竖立在砖块上，圆筒内衬一层纸圈，然后加入铝热剂。在上面盖一薄层棉花，用研钵的杵将铝热剂压结实。拿出棉花，在铝热剂面上用细玻璃棒戳一个凹处，往里面加入引燃剂。把上面用过的棉花，拌以少量氯酸钾粉末，捏成小团，压在铝热剂和引燃剂上面。点燃棉花团，不久，引燃剂和铝热剂相继燃烧，即见圆筒上口有耀眼的火花喷出，反应很剧烈。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0025\_1.bmp}

当反应停止后，用坩埚钳把黄铜圆筒提起，看到砖头上留着一团赤热的铁块。

#### 注意事项：

1. 铝粉不能放置过久，被氧化的铝粉不能用。
2. 铝在空气中氧化的实验，长有“白毛”的铝片不要丢弃，可做“铝跟水的反应”实验。铝片上的氧化膜必须清除干净，滴上氯化汞溶液后，待铝片上看见少量汞析出后（表面开始发黑）才能擦去溶液，且不留液膜。
3. 用铝粉代替铝片跟稀酸或碱反应，可加快反应速度。
4. 铝热剂实验中所用试剂必须干燥。棉花团可以蘸酒精引燃。如果没有黄铜圆筒，可用自来水管截一小段铁圈代替。引燃铝热剂后，人应远离。

#### 其它实验方法：

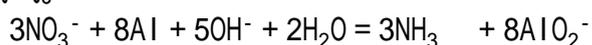
1. 铝在氧气里燃烧的实验，可在石棉板的中央放上 2 克干燥的过氧化钠，堆成小丘状。将铝粉撒在过氧化钠上面，使它完全覆盖过氧化钠并呈薄薄的一层。然后用喷水器向小堆上均匀地喷上水雾，使过氧化钠刚润湿为止。过氧化钠跟水反应产生氧气并放出热量，会使铝粉着火燃烧。

2. 铝在空气中氧化的实验，可取一端呈小球形长玻璃管一支，管内装 10 厘米高的乙醚，垂直固定在铁架上，在玻璃球管下端包 2 层去净氧化膜的铝箔，高约 3~4 厘米。用镊子夹住滤纸蘸取氯化汞溶液擦拭铝箔的表面，铝箔表面会有大量蓬松的氧化铝产生。反应中放出的热量使管中乙醚气化，随即点燃，乙醚蒸气在管口燃烧产生明亮的火焰。如图 8-13。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0026\_\_1.bmp}

3. 铝跟水反应的实验，取一支试管，装满水倒置于水槽中，将生有“铝毛”的铝片，用滤纸擦去蓬松的“铝毛”后（注意！“铝毛”切勿与手接触），用镊子夹住铝片，伸入水槽，放在试管口下，可以观察到铝和水发生反应。产生的气体使试管内水位下降，可用爆鸣气法检验该气体是氢气。

4. 铝跟酸、碱反应的实验，铝跟浓碱的反应可按下述方法进行：在试管里加入少量铝粉和 1 毫升硝酸钠溶液，然后再加入 40% 氢氧化钠溶液，立即发生反应并放出有刺激性气味的气体。用蘸有浓盐酸的玻璃棒接近试管口，就有大量的白烟产生。或把湿润的红色石蕊试纸放在试管口，变蓝，放出的是氨气。



5. 铝热剂的实验，用滤纸折叠成漏斗状，漏斗的底面尽量尖一些，用水润湿，放在泥三角上（不用漏斗），下面放一砂盘。把干燥的 5 克氧化铁粉末和 2 克铝粉混和均匀，放在自折的纸漏斗里，上面略加少量氧化剂（如氯酸钾、过氧化钡或一条硝酸钾试纸的纸卷），并在混和物的中间插入一根镁条。点燃镁条，立即发生剧烈反应，放出大量的热，并发出强光，同时铁液破纸流下，有熔融物落入砂中。冷却后可用磁铁吸引，证实落下的是铁块（如漏斗底面尖）或铁珠（如漏斗底面平）。

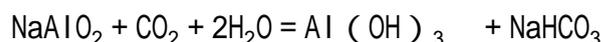
## (二) 氢氧化铝的生成和性质

**目的：**认识氢氧化铝的制取方法和性质。

**用品：**试管、试管架、量筒、过滤器、蒸发皿、铁三脚架、石棉铁丝网、酒精灯、玻璃棒。

硫酸铝溶液、氯化铝溶液、氢氧化钠溶液、氢氧化钾溶液、氨水、稀盐酸。

**原理：**加氨水或碱于铝盐溶液中，能生成白色无定形凝胶状沉淀，这是水合氧化铝，一般称为氢氧化铝。在偏铝酸盐溶液中通入二氧化碳，能得到较纯净的氢氧化铝白色沉淀。



氢氧化铝加热分解，可生成氧化铝。氢氧化铝是典型的两性氢氧化物，能溶于酸和强碱。

**操作：**

1. 氢氧化铝的生成 取三支试管各加入 3 毫升 1 摩/升硫酸铝或氯化铝溶液，分别滴加适量的氢氧化钠溶液、氢氧化钾溶液和氨水，观察试管内有蓬松的白色胶状沉淀的生成。

2. 氢氧化铝的两性 将上述三支试管静置片刻，倾去上层液体，保留沉淀。用蒸馏水洗涤沉淀，再倾去上层清液。在第一管中注入浓的氢氧化钠溶液，振荡，沉淀即溶解。在第二管中注入 2 摩/升稀盐酸，振荡，沉淀也溶解。在第三管中注入浓氨水，振荡，沉淀不溶解。

3. 氢氧化铝的热分解 将第三管里的沉淀倒入漏斗中过滤，并用蒸馏水冲洗沉淀，得到较纯净的氢氧化铝。取少量氢氧化铝沉淀放入蒸发皿里加热。氢氧化铝即分解生成白色的氧化铝。

### (三) 铝盐的水解

目的：认识铝盐的水解性。

用品：试管、试管架、量筒、蒸发皿、石棉铁丝网、铁三脚架、酒精灯。  
氯化铝、硫化铝、蓝色石蕊试纸、醋酸铝试纸。

原理：铝盐是弱碱盐，强酸的铝盐在水溶液中容易发生水解，生成氢氧化铝溶胶。



弱酸的铝盐溶于水，则大部分或几乎完全水解，生成氢氧化铝沉淀。



所以在溶液中不能制取硫化铝。

操作：

1. 氯化铝的水解 取少量氯化铝加入盛水的试管里，振荡后用蓝色石蕊试纸检验，试纸变红色，溶液呈酸性。将试管里的溶液倒入蒸发皿里，加热蒸发至干，继续用火灼烧，得到白色的固体，这是氧化铝。待冷后加入蒸馏水，微热之，观察到固体并不溶解。

2. 硫化铝的水解 取少量硫化铝固体加入盛水的试管里，振荡后稍稍加热，用湿润的醋酸铝试纸放在试管口检验，试纸变黑，生成的是硫化氢气体，试管里有白色氢氧化铝沉淀生成。

注意事项： $\text{Al}_2\text{S}_3$ 可自行制备。取3克铝粉和6克硫粉，混和后放入坩埚内，上面覆盖少量硫粉，插入一段镁带。点燃镁带，反应后即得黄色的硫化铝。

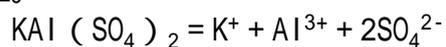
#### (四) 明矾的净水作用

目的：认识明矾的水解反应和氢氧化铝的吸附性能。

用品：研钵、蒸发皿、量筒、烧杯、玻璃棒、铁三脚架、石棉网、酒精灯。

明矾、蓝色石蕊试纸、泥水、品红溶液。

原理：明矾 $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ 易溶于水，并发生水解反应，溶液呈酸性。



水解生成的氢氧化铝胶体能凝聚水中悬浮物，具有吸附性能。同理，许多铝盐，如硫酸铝结晶、氯化铝等都是较好的净水剂。

操作：

1. 取 20 克明矾晶体在研钵中研细。将明矾粉末加入盛有 50 毫升的烧杯里，稍加热并不断搅拌，加速明矾的溶解和水解反应，用蓝色石蕊试纸检验，试纸变红，溶液呈酸性。

2. 取两只 100 毫升的烧杯盛水 50 毫升。分别加入 5 毫升泥水和 1 毫升品红溶液，搅拌后各倾入 25 毫升明矾溶液，继续搅拌，静置。水中的泥粒和品红色素被氢氧化铝絮状沉淀凝聚或吸附而沉降到烧杯的底部，上面的溶液则清沏透明。

其它实验方法：也可用硫酸铝或氯化铝溶液代替明矾溶液。将上述溶液各 5 毫升边搅拌，边加入两只盛有 50 毫升水的小烧杯里，再分别加入 1 毫升泥水、1 毫升品红溶液。

## (五) 铝的钝化和腐蚀

**目的：**认识铝的钝化和钝态铝的腐蚀。

**用品：**烧杯、量筒、镊子、玻璃棒。

铝片、硫酸铜、盐酸、浓硝酸。

**原理：**氯离子很容易被吸附在氧化膜上，取代氧化膜中的氧而生成三氯化铝。三氯化铝易溶于水，它使铝的氧化膜生成了空隙而被破坏。铝在失去了保护膜后，易跟酸、碱和盐溶液反应而被腐蚀。

**操作：**取三只小烧杯分别加入 0.5 摩/升的硫酸铜溶液、6 摩/升的盐酸和浓硝酸。取一块 3×5 厘米的铝片（表面上的氧化膜不要除去）放入硫酸铜溶液里，取出后观察铝片表面，没有变化。

将铝片用水冲洗后放入盐酸溶液里，即见氧化膜溶解后，暴露出来的铝跟盐酸起反应，有氢气放出。从盐酸中取出铝片，用水冲洗后将它的一端浸入浓硝酸里（约 2~3 厘米），放置数分钟。从浓硝酸中取出铝片，用水冲洗后，再将它放入硫酸铜溶液里，看到铝片上经盐酸处理过的部分已沉积有紫红色的铜，而经浓硝酸处理过的部分则没有，因为这部分已呈钝态。

## 四、过渡元素及其化合物

### (一) 铁的性质

目的：认识铁的物理性质和化学性质。

用品：铁制样品、干电池、小电珠、导线、细铁丝、磁铁、大头针、集气瓶、玻璃片、硬质粗玻璃管、烧瓶、酒精喷灯、单孔塞、玻璃导管、铁丝网、水槽。

细铁丝、氧气、还原铁粉、硫粉、氯气、盐酸、硫酸铜溶液。

原理：铁有一般金属的共性，但还有它的特性——感磁性。铁的化学性质比较活泼，能跟许多非金属以及水蒸气和酸溶液、某些盐溶液等起反应生成铁的化合物。

操作：

#### 1. 铁的物理性质

(1) 展示几种铁制件样品：纯净的铁是光亮的银白色金属，但通常见到的都不是纯铁。展示电磁铁的铁心（电话耳机中的铁条），指出这是比较纯净的铁制件。

(2) 铁的导电性：用细铁丝连接干电池和小电珠，电珠亮，说明铁能导电。

(3) 铁的感磁性：用磁铁吸引大头针，可以接成一串，纯铁能被磁铁所吸引但不能保留磁性。

#### 2. 铁的化学性质

(1) 铁跟氧气的反应：在干燥状态下，铁不易跟空气里的氧气起反应，但加热的铁丝能在氧气里发生剧烈的燃烧，生成暗褐色的四氧化三铁。将细铁丝一根在火柴梗上绕成螺旋状，一端留约 3 寸长的一段作手柄，另一端系一根火柴。先点燃火柴，待火柴梗大部分燃烧了，再将铁丝竖直插入氧气的中央，即见铁丝在氧气里剧烈燃烧，火星四溅。

(2) 铁跟硫和氯气的反应：将铁粉跟硫粉以 7 : 5 的质量比混和后放在石棉网上，用热的玻璃棒引燃（冷天可微热），混和物即发赤红色而燃烧。这是一个放热反应，赤红部分会逐渐扩大，使全部混和物发生反应，生成硫化亚铁。

把细铁丝一束，放在酒精灯火焰上烧到红热后，立即伸入盛有氯气的瓶里。铁丝跟氯气发生反应，维持红热状态，同时有棕黄色的浓烟生成，这是三氯化铁的细粒。待反应完毕，取出剩余的铁丝，往瓶里注入少量蒸馏水，振荡，三氯化铁溶于水，生成黄色溶液。

3. 铁跟水蒸气的反应 取一根长约 50 厘米、直径约 3 厘米的硬质玻璃管，在硬质玻璃管的中段铺一薄层还原铁粉。如图 8-14 装置。把烧瓶里的水煮沸，同时在硬质玻璃管下对准铁粉处用喷灯加以强热。当水蒸气通过灼热的铁粉时，二者即发生反应释放出氢气，用排水法收集在试管里，可用爆鸣法检验。停止实验时，先从水槽里取出导管，然后移去灯火。

4. 铁跟酸和盐溶液里阳离子的置换反应取试管两支，一支盛稀盐酸 3 毫升，另一支盛硫酸铜溶液 3 毫升，各放入新的铁钉一枚。即见盛盐酸的试管

里有气体放出，用倒合的空试管收集后，放在火焰上检验，知道释出的是氢气。在盛硫酸铜的试管里，取出铁钉，看到它表面上镀有一层赤红色的铜。

**注意事项：**

1. 对铁磁性物质加热，当达到一定温度时，就要失去磁性。这个温度称作居里点。铁的居里点约为 760 。所以铁在常温下会很快地得到磁性，当温度高到 760 以上时，就失去了磁性。

2. 盛氧气的集气瓶的底部应放些沙或水，以防止生成的四氧化三铁落入瓶底炸裂集气瓶。

3. 浓硫酸、浓硝酸能使铁钝化。

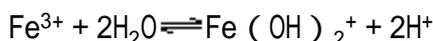
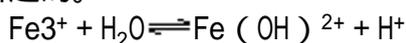
## (二) 铁的化合物的性质

目的：认识铁的一些化合物的性质。

用品：试管、试管架、试管夹、量筒、滴管。

氯化亚铁、氧化铁、四氧化三铁、氢氧化钠、硫酸亚铁、铁丝、三氯化铁、硫酸、氯化亚锡、过氧化氢。

原理：铁有亚铁化合物和铁化合物两种，铁化合物比亚铁化合物稳定。制备  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  时必须去氧才能得到白色沉淀。一般说来， $\text{Fe}^{2+}$  的水合离子呈淡绿色， $\text{Fe}^{3+}$  水合离子呈淡紫色。三价铁盐水溶液显黄色是由  $\text{Fe}^{3+}$  水解作用所引起的。



加热溶液时，上面的平衡向右移动，颜色变深。加酸，平衡向左移动，颜色变淡。根据溶液颜色的变化可判断  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  的相互转化。

操作：

### 1. 铁的氧化物

(1) 铁的三种氧化物：展示氧化亚铁、氧化铁和四氧化三铁。氧化亚铁在自然界中不存在，展示的氧化亚铁可以由加热分解草酸亚铁制得。



它是一种黑色粉末，不稳定，在空气里加热，很快就变成四氧化三铁。

展示的氧化铁可以用赤铁矿，它是一种黑褐色或钢灰色的矿石。天然氧化铁是  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ，红棕色，有顺磁性。将氢氧化铁或硫酸亚铁加以强热，所得的是  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 。

展示的四氧化三铁可以用磁铁矿，它是一种黑色矿石。锻铁时锤打赤热的铁，飞溅出来的铁滓也是四氧化三铁。

(2) 铁的氧化物跟酸碱的反应：取两支试管，各盛 2 摩/升  $\text{HCl}$  溶液 5 毫升，分别加入少量氧化亚铁和氧化铁。微微加热，见两试管内的铁的氧化物都能溶解，前者生成淡绿色的氯化亚铁溶液，后者生成黄色的氯化铁溶液。

另取两支试管，各盛 2 摩/升  $\text{NaOH}$  溶液 5 毫升，分别加入少量氧化亚铁和氧化铁，同样微微加热，但两支试管里的固体物都不溶解。这就说明氧化亚铁和氧化铁都是碱性氧化物。

天然产的四氧化三铁矿石既不溶于酸，也不溶于碱。

### 2. 铁的氢氧化物

在大试管里盛蒸馏水 5 毫升，煮沸以去除其中溶解的氧气。加入 1~2 滴 1 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸化，再加入少量洗净的硫酸亚铁绿色晶体（先把外层黄色物质的三价铁的碱式盐刮掉，再用少量不含氧蒸馏水冲洗 1~2 次），但不要摇动，以防混入空气。为了加速溶解，可以微微加热。为了防止配成的硫酸亚铁溶液里含有少量  $\text{Fe}^{3+}$ ，可加入光亮的铁丝一小团。在另一支试管里加入 2 摩/升  $\text{NaOH}$  溶液 5 毫升，煮沸去氧后，加入硫酸亚铁溶液里，可得白色的氢氧化亚铁絮状沉淀。往盛氢氧化亚铁沉淀的试管里加入硫酸 3 毫升，轻轻摇和，氢氧化亚铁沉淀即溶解。

在一支试管内盛三氯化铁溶液 5 毫升，加入等量的氢氧化钠溶液，摇匀，

即得红褐色凝胶状氢氧化铁沉淀。把沉淀物连同液体分成两管，往一管内加入 3 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3 毫升，振荡，沉淀即溶解。把另一管内的液体煮沸，使氢氧化铁沉降，倾去上层液体后继续加热，氢氧化铁即失水而生成红色的氧化铁。

3. 铁化合物和亚铁化合物间的相互转变 在试管里盛 2 毫升 1 摩/升  $\text{FeCl}_3$  溶液，加入 2 毫升 2 摩/升盐酸酸化后，逐滴加入氯化亚锡溶液，黄色溶液逐渐变成绿色。这个实验也可以在酸化了的  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入还原铁粉或新的铁钉使  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}^{2+}$ 。

在另一支试管里盛 2 毫升 1 摩/升新制备的  $\text{FeSO}_4$  溶液，加入 4 毫升 1 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸化，逐滴加入 3% 的过氧化氢或新制备的氯水，可以使溶液的颜色从绿变黄，将其中的  $\text{Fe}^{2+}$  转化成  $\text{Fe}^{3+}$ 。

#### 其它实验方法：

1. 用还原铁粉制备氢氧化亚铁 在一支大试管里盛还原铁粉少许，加入 1 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液 5 毫升，微微加热以加快反应发生。1~2 分钟后，溶液里已有一定量的硫酸亚铁生成。用胶头滴管吸取 2 摩/升  $\text{NaOH}$  溶液插入硫酸亚铁溶液的液面下，注入 1~2 滴，即有白色絮状氢氧化亚铁沉淀生成。这时因溶液下部的铁与稀硫酸仍在继续反应，有氢气上升，驱除液面上的空气，可以延缓氢氧化亚铁被氧化变色。

### (三) 铁离子和亚铁离子的检验

目的：认识检验铁离子和亚铁离子的一般方法。

用品：试管、试管架、试管夹、量筒、滴管。

三氯化铁、硫酸亚铁、硫氰酸钾、亚铁氰化钾、铁氰化钾。

原理：铁离子和亚铁离子跟某些化合物反应能生成不同的络合物，从这些络合物的颜色可以鉴别铁离子和亚铁离子。

操作：

1. 跟硫氰酸钾溶液的反应 取两支试管，一盛 0.1 摩/升  $\text{FeCl}_3$  溶液 2 毫升，另一盛新制备的 0.1 摩/升  $\text{FeSO}_4$  溶液 2 毫升，各滴入 1~2 滴硫氰酸钾溶液，前者呈现红色，后者不显红色。这是因为  $\text{Fe}^{3+}$  跟  $\text{SCN}^-$  能生成配位数从 1~6 的一系列红色的硫氰酸铁络离子的缘故。

2. 跟亚铁氰化钾和铁氰化钾的反应在两支试管里分别盛 0.1 摩/升  $\text{FeCl}_3$  溶液和新制备的 0.1 摩/升  $\text{FeSO}_4$  溶液各 2 毫升，各加入几滴亚铁氰化钾溶液，在三氯化铁溶液里有蓝色普鲁士蓝沉淀生成。

用铁氰化钾代替亚铁氰化钾做同样的实验，在硫酸亚铁溶液里有深蓝色的滕氏蓝沉淀和亚铁氰化铁钾生成。在三氯化铁溶液里不产生沉淀，只是溶液的颜色变成棕色。

普鲁士蓝和滕氏蓝两种沉淀都显深蓝色，现已证明这二者是相同的物质，近似组成是  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

#### (四) 还原氧化铁制铁

目的：认识把铁矿石炼成铁的主要反应原理。

用品：贮气瓶、分液漏斗、硬质玻璃管、试管、玻璃导管、橡皮管、弹簧夹、双孔塞、单孔塞、尖嘴管、酒精灯。

氧化铁、一氧化碳、清石灰水。

原理：在高温下，用还原剂（主要是一氧化碳）可从铁矿石里把铁还原出来。



操作：先用蚁酸和浓硫酸反应制取一氧化碳，贮存在贮气瓶里备用。

取长约 25 厘米、内径约 3 厘米的硬质玻璃管一根，在中部铺上一薄层干燥的红褐色氧化铁粉末，如图 8-15 装置。

实验时，先把硬质玻璃管中的氧化铁加热，然后放松橡皮导管上的弹簧夹，旋开贮气瓶上分液漏斗的活塞，让水缓缓流下，使一氧化碳气体均匀而缓慢地排入硬质玻璃管里，跟灼热的氧化铁发生反应。这时在盛有清石灰水的试管里可以看到有气泡冒出，溶液逐渐变成浑浊，这是反应后逸出的二氧化碳所致。但是逸出的气体中的有部分未发生反应的一氧化碳，这是一种剧毒的气体，所以在实验一开始就要时时用火点燃尖嘴管口逸出的气体，使一氧化碳燃烧成二氧化碳。

当硬质玻璃管里的氧化铁已变成黑色时，关上分液漏斗的活塞，夹紧导气管上的弹簧夹，停止排出一氧化碳。但在硬质玻璃管外仍须继续加热，直到试管里不再有气泡冒出为止。把整套装置移到通风橱里拆卸，取出反应后所得的铁屑。

为了证明氧化铁已被还原成铁，可以比较反应物氧化铁和生成物铁屑的颜色，前者是红褐色的，后者是黑色的。也可以在两支盛稀盐酸的试管里，分别加入氧化铁和生成物铁屑，氧化铁跟稀盐酸反应不发生气体，铁屑跟稀盐酸反应有氢气产生。但不要用磁铁来鉴别，因为天然的氧化铁也有顺磁性。

## (五) 铜和铜的化合物

目的：认识铜和铜的化合物的性质。

用品：试管、试管架、试管夹、量筒、坩埚钳、集气瓶、玻璃片、酒精灯、酒精喷灯。

黄铜、白铜、青铜制件、有铜绿的制件、电解铜、硫、氯气、稀盐酸、浓盐酸、稀硫酸、浓硫酸、稀硝酸、浓硝酸、硫酸铜、碳酸钠、铜屑、氧化铜、氧化亚铜、氢氧化钠、氨水。

原理：铜是一种很重要的金属，通常有+1、+2两种价态，以+2价为主。

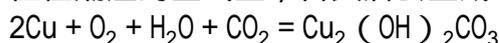
操作：

1. 铜的物理性质 展示纯铜制件（铜导线或电解铜片），它是具有紫红色光泽的金属，质很软。从铜导线可知它具有良好的导电性，从铜丝和铜片可知它有很好的延展性，从紫铜制的水浴锅可知它有良好的导热性。纯铜是由电解法制得的，称电解铜，纯度高达99.99%。

展示白铜、黄铜、青铜制件，它们都是铜的合金。白铜是铜、镍和锌的合金，黄铜是铜和锌的合金，青铜是铜、锡和铝的合金。它们分别具有质硬、坚韧、易铸造等性能。

2. 铜的化学性质

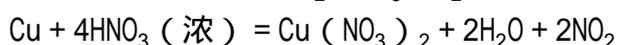
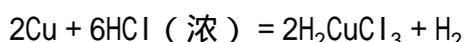
(1) 铜的锈蚀：展示生有铜绿的制件，说明铜在干燥空气里是相当稳定的，但在潮湿的空气里，日久后会生成一层绿色的碱式碳酸铜，俗称铜绿：



(2) 铜跟非金属的反应：参看第七章“氯气的性质”、“硫的性质”。

(3) 铜跟酸的反应：在三支试管里，分别盛稀盐酸、稀硫酸、稀硝酸各3毫升，各加入铜片一小片，观察反应现象。将不发生反应的试管微微加热，观察有无反应发生。结果铜不能跟稀盐酸、稀硫酸发生反应，但能溶于稀硝酸中，液面上无色，在试管口附近有红棕色的气体产生。因为生成的无色一氧化氮在空气中会被氧化成红棕色的二氧化氮。

用浓盐酸、浓硫酸、浓硝酸重复上述的实验。结果铜不跟冷的浓硫酸反应，但能跟热的浓硫酸、浓盐酸和浓硝酸反应，分别释出二氧化硫、氢气和二氧化氮气体。



3. 铜的化合物

(1) 铜的氧化物：取一根铜丝，用砂纸把它的一端擦光，露出紫红色的金属铜，在酒精灯火焰上加热片刻，取出，冷却。可以看到铜的表面已生成一层黑色的氧化铜。

另取少量黑色氧化铜粉末放在硬质试管里，用酒精喷灯强热3分钟，取出冷却。黑色氧化铜已分解成红色的氧化亚铜，并放出氧气。

(2) 氢氧化铜：在试管里盛0.2摩/升 $\text{CuSO}_4$ 溶液5毫升，用滴管吸取2摩/升 $\text{NaOH}$ 溶液，一滴滴地滴入 $\text{CuSO}_4$ 溶液里，边滴边振荡，即见有淡蓝色的氢氧化铜沉淀析出。

(3) 铜氨络合物：往盛有氢氧化铜沉淀的试管里，逐渐加入2摩/升氨

水，边加边振荡，即见沉淀逐渐溶解，得到深蓝色的溶液，因为生成了铜氨络合物。

**注意事项：**铜和浓硫酸作用时的产物往往显黑色。这是因为该反应较复杂，常伴随着生成黑色的硫化亚铜等副反应。由于反应中有少量硫化亚铜及硫化铜存在，因此反应混和物呈现黑色。

## (六) 用纸上层析法分离铜离子和铁离子

目的：认识用纸上层析法分离铜离子和铁离子的方法。

用品：大试管、橡皮塞、毛细管、回形针、移液管。

饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液、饱和  $\text{CuSO}_4$  溶液、丙酮、盐酸。

原理：纸上层析是利用离子随展开剂在纸上展开的速度不同而使离子分离的方法。纸上层析一般属于分配层析，但也有吸附层析的作用。

操作：

1. 装配仪器 取大试管一支，配一个合适的橡皮塞。{ewl  
MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0042\_1.bmp}在橡皮塞的底部用小刀切开一条缝，插入小半段回形针，用来夹持层析的滤纸条。在离开滤纸条末端约 2 厘米处用铅笔画  $\times$  作记号，如图 8-16。

2. 点层析试样 另取一支试管加入 1 毫升饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液和 1 毫升饱和  $\text{CuSO}_4$  溶液，混和后作为层析试样。用毛细管蘸取试样在滤纸条上末端画  $\times$  记号处滴一小滴，晾干后再滴，重复三次，要求留下斑点的直径保持在 0.5 厘米以内。

3. 配制展开剂 再取一支试管，加入丙酮 9 毫升和 6 摩/升的盐酸 1 毫升，混和后作展开剂。用移液管吸取后小心地注在大试管的底部，注意不要沾湿试管壁。

4. 层析操作 将橡皮塞上嵌好的点有试样的滤纸条慢慢伸入大试管内，使纸条末端浸入展开剂里约 0.1 厘米，不能让试样点接触展开剂。塞紧橡皮塞，插在试管架上静待展开剂展开。约 5 分钟后，可以看到试样随着展开剂逐渐在滤纸条上向上移动，直到溶剂上升到滤纸条的上端。

5. 显色反应 取出滤纸条，放在浓氨水的瓶口上用氨气熏，即见滤纸条上端出现红棕色，这是  $\text{Fe}^{3+}$  离子跟氨水反应生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的颜色。在滤纸条上红棕色的下方出现深蓝色，这是  $\text{Cu}^{2+}$  离子跟氨反应生成的铜氨络离子  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  的颜色。

由于  $\text{Fe}^{3+}$  的展开速度比  $\text{Cu}^{2+}$  快，它们的富集地区就分开了，达到铜离子和铁离子分离的目的。

(马经德)

## 第九章 有机化合物的实验

### 一、烃

#### (一) 有机化合物的特性

目的：认识有机化合物的特性。

用品：量筒、蒸发皿、坩埚钳、石棉网、三脚架、酒精灯。

食盐晶体、汽油、苯、蔗糖、萘、硝酸银溶液(3%)、溴乙烷、氯化钠溶液(5%)。

原理：大多数有机物难溶于水，易溶于有机溶剂；绝大多数有机物受热易分解且易燃烧；绝大多数有机物不易导电且熔点低；有机物的反应速度一般比较慢。

操作：

1. 有机物的溶解性 取四个试管，在其中两个里各加入 5 毫升水，另两个中各加入 5 毫升汽油。把少量食盐和 2 毫升苯分别加入盛水的试管中，振荡，食盐很快就溶解，但苯和水互不相溶，呈浑浊状态，稍等片刻，液体分成两层，上层是苯，下层是水。再把食盐和苯分别加入盛有汽油的试管中，振荡，苯溶解而食盐不溶。这就是“相似相溶”原则。

2. 有机物受热分解及燃烧 在三只蒸发皿里分别盛少量蔗糖、苯和食盐，放在衬有石棉网的三脚架上用酒精灯加热，蔗糖受热首先冒烟，不久就被灼焦而炭化。苯受热后即挥发，用火点燃苯蒸气，能发火燃烧，并产生黑烟。食盐受热既不焦，也不会燃烧。

3. 有机物的熔点 在一个干燥的试管中加入萘 2~3 克，在酒精灯上微微加热，很快熔化。

4. 有机物的导电性 见第六章“物质的导电性”实验。

5. 有机反应速度 取两个试管，各加入 10 滴 5% 的氯化钠溶液、溴乙烷 5 毫升，再分别加入 3% 的硝酸银溶液，振荡。在加氯化钠的试管里立即有白色沉淀析出，在加溴乙烷的试管里沉淀析出很慢。溴乙烷在实验前必须检验其中是否混有溴离子，如果不纯，要用蒸馏水洗涤，直到洗出的水跟硝酸银溶液不产生沉淀才能使用。

## (二) 甲烷的制取和性质

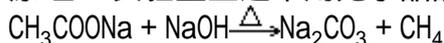
目的：认识甲烷的实验室制法和性质。

用品：蒸发皿、石棉网、玻棒、研钵及杵、干燥器、试剂瓶、试管、单孔塞、导管、集气瓶、玻璃片、水槽、高玻璃筒、燃烧匙、烧杯。

氧气贮气瓶、氯气贮气瓶、甲烷贮气瓶。

无水醋酸钠、碱石灰、生石灰、蜡烛、澄清石灰水、高锰酸钾溶液(0.5%)、硫酸(1:4)、饱和食盐水、溴水(3%)、紫色石蕊试液。

原理：实验室里通常用无水醋酸钠和碱石灰混和加热而制得。



甲烷的化学性质比较稳定，但在特定条件下，也会发生取代反应、氧化反应和加热分解。

准备：

1. 如没有无水醋酸钠，可将醋酸钠晶体放在蒸发皿中加热蒸发，除水到120℃左右变成白色固态物质。在加热过程中，必须用玻棒不断搅拌，直到冷却为止。

2. 市售碱石灰加有达旦黄指示剂，呈粉红色硬块，未加指示剂的是白色或灰白色硬块，必须击碎、研细，使用前也应煅烧去水。

操作：

1. 甲烷的制取 如图 9-1 装置，在试管底部铺一层生石灰，把 4 克研细的无水醋酸钠和 12 克碱石灰充分混和，加在生石灰上面。先缓慢加热，再集中火力在混和物下面加热。当气泡连续出现时，排出的就是甲烷气体了。收集一试管进行纯度检验，如已纯净，就收集在试管或贮气瓶里备用。

### 2. 甲烷的化学性质

(1) 化学性质比较稳定：把制得的甲烷气体通入盛有高锰酸钾溶液(加几滴稀硫酸)的试管里(图 9—1 乙)，没有变化。再把甲烷气体通入溴水，溴水不褪色。

(2) 取代反应：把一个大试管分成五等分(或用一支有刻度的量气管)，用排饱和食盐水法先收集 1/5 体积的甲烷，再收集 4/5 体积的氯气，把它固定在铁架台的铁夹上，并让管口浸没的食盐水里。然后让装置受漫射光照射。在阳光好的日子，约半小时后可以看到试管内氯气的黄绿色逐渐变淡，管壁上出现油状物，这是甲烷和氯气反应的所生成的一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳和少量的乙烷的混和物。试管中液面上升，这是反应中生成的氯化氢溶于水的缘故。用大拇指按住试管管口，提出液面，管口向上，向试管中滴入紫色石蕊试液或锌粒，可验证它是稀盐酸。如果在阴暗的天气需 1~2 小时才能观察到反应的结果。

(3) 氧化反应：点燃纯净的甲烷，在火焰的上方罩一个干燥的烧杯(图 9-1 丙)，很快就可以看到有水蒸气在烧杯壁上凝结。倒转烧杯，加入少量澄清石灰水，振荡，石灰水变浑浊。说明甲烷燃烧生成水和二氧化碳。

把甲烷气体收集在高玻璃筒内，直立在桌上，移去玻璃片，迅速把放有燃烧着的蜡烛的燃烧匙伸入筒内，烛火立即熄灭，但瓶口有甲烷在燃烧，发出淡蓝色的火焰(图 9-2)。这说明甲烷可以在空气里安静地燃烧，但不助燃。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE,!2T00043\_0047\_1.bmp}

用大试管以排水法先从氧气贮气瓶里输入氧气  $\frac{2}{3}$  体积，然后再通入  $\frac{1}{3}$  体积的甲烷。用橡皮塞塞好，取出水面。将试管颠倒数次，使气体充分混和。用布把试管外面包好，使试管口稍微下倾，拔去塞子，迅速用燃着的小木条在试管口引火，即有尖锐的爆鸣声发生。这个实验虽然简单，但也容易失败。把玻璃导管口放出的甲烷点燃，把它放入贮满氯气的瓶中，甲烷将继续燃烧，发出红黄色的火焰，同时看到有黑烟和白雾。黑烟是炭黑，白雾是氯化氢气体和水蒸气形成的盐酸雾滴。

(4) 加热分解：用 125 毫升集气瓶，收集一瓶纯净的甲烷。集气瓶口配有穿过两根粗铜电极（在瓶内约为瓶高的二分之一处）和直角玻管的橡皮塞，塞紧（如有孔隙，可涂上一薄层熔化的石蜡），并与盛有溴水的洗气瓶连接（由于反应过程中会有定量乙炔气体生成）。电极通过感应圈与电源相连。整个装置如图 9-3 所示。实验时，先放松导管上的夹子，接通 6 伏电源，铜电极间发生电火花放电，瓶壁上可以看到有炭黑产生，说明甲烷已经分解。稍等片刻，在导管的尖嘴处点火，并用于冷的烧杯罩在火焰上方，可以看到烧杯内壁变得模糊，并有水蒸气凝结，说明有氢气生成。

#### 注意事项：

1. 此实验成功与否的关键主要取决于药品是否无水。水份的存在会使实验失败。若醋酸钠含有结晶水，加热时晶体会先溶在自己的结晶水里而呈液状，这样就会降低反应温度，延长醋酸钠、碱石灰达到熔化所需时间，甚至达不到失去羧基生成甲烷的温度。因此所用药品须保证无水，即使购回的无水醋酸钠，亦应事先加热干燥后再使用。另外，所用试管也要干燥。

2. 在加无水醋酸钠和碱石灰的混和物前，先铺生石灰，其含量多少对反应的成败至关紧要。生石灰用量过少，氢氧化钠固体与试管的接触面大，试管破损率高；生石灰用量过多，妨碍醋酸钠与氢氧化钠接触，使反应速度减慢，产率降低，副产物增多；适量生石灰可防止试管破裂，又因生石灰具有吸湿作用，能除去醋酸钠和氢氧化钠中的少量水分，有利于反应的进行。

3. 制取甲烷的反应必须强热才能发生，但过分的强热会产生副反应，所以最好把逸出的气体通过碱溶液和浓硫酸的洗气瓶，或者用排水法把气体收集在细口瓶里，瓶里放一些高锰酸钾酸性溶液，使杂质慢慢被氧化和溶解。

4. 在常温下，一氯甲烷为气体，二氯甲烷为液体。在实验室中，只需把反应进行到二氯甲烷的阶段，甲烷和氯气的体积比可采用  $1 : 2.5 \sim 3$ 。

5. 用口径较小的试管做取代实验时，因为器壁能吸收能量，所以不易爆炸。若用丁烷代替甲烷做实验，不但迅速，现象明显，而且还不会爆炸。

6. 在甲烷加热分解的实验里，所有甲烷必须经过检验，以防混有空气，在通电时引起爆炸。此外，在集气瓶口的橡皮塞必须塞紧，以防通电后气体膨胀把塞子弹开。

其它实验方法：甲烷和氯气的反应，不能让阳光直接照射，以免引起爆炸。如果在甲烷和氯气的混和气体中通入少量空气（5%左右），日光照射约 20 分钟，就可以看到反应结果，若用高压水银灯光照射，5~6 分钟就可以看到明显的现象。如果用点燃镁条所产生的强光来照射，立即就能观察到反应现象。

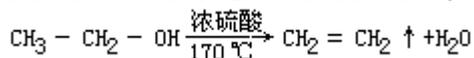
### (三) 乙烯的制取和性质

目的：认识乙烯的实验室制法和性质。

用品：蒸馏烧瓶、分液漏斗、双孔塞、温度计（200℃）、石棉网、导管、洗气瓶、水槽、集气瓶、玻璃片、试管、烧杯、玻璃棒、量筒。

浓硫酸、乙醇、氢氧化钠溶液（10%）、溴水（3%）、高锰酸钾溶液（0.5%）、液溴、稀硫酸（1:4）。

原理：实验室里通常用浓硫酸使乙醇脱水而制得乙烯。硫酸应过量，用3摩尔硫酸和1摩尔乙醇的比例混和。



乙烯分子双键里的一个键易于断裂，因此，能发生加成反应和氧化反应。

操作：

1. 乙烯的制取在250毫升的蒸馏烧瓶里铺上一层洁净而干燥的碎瓷片，既作催化剂又可防止暴沸，加入20毫升乙醇，然后慢慢地加入浓硫酸60毫升，振荡使其充分混和。如果混和液温度较高，可以把烧瓶浸在冷水里冷却。把仪器按图9-4装置好，把蒸馏烧瓶的导管顺次跟盛有浓硫酸（除去乙醇和乙醚的蒸气）和10%的氢氧化钠除去二氧化碳、二氧化硫的洗气瓶连接，插入200℃的水银温度计，使水银球浸没在乙醇和浓硫酸的混和液里。另外在烧杯里先加入乙醇10毫升，再慢慢地加入浓硫酸10毫升，边加边用玻棒搅动混和，边浸在冷水中冷却。然后把这混和液加入装在烧瓶上的分液漏斗里。

一开始就用酒精灯强热烧瓶，使温度急速上升，很快就越过160℃。当洗气瓶里有连续的、均匀的气泡冒出时，再缓缓地加热。随着反应的不进行，反应物逐渐减少，此时可从分液漏斗里慢慢地将混和液加入烧瓶中，补充反应物并起冷却作用。因烧瓶里乙醇的比量逐渐减少，硫酸的比量相对增高，所以新加进去的混和液用1:1。

2. 乙烯的化学性质

(1) 加成反应：把乙烯通入盛有3毫升溴水的试管里，溴水的颜色很快褪去。或在充满乙烯的集气瓶里，注入少量溴水，盖上玻片，振荡，溴水的红棕色很快消失。把玻璃片稍打开一些，可以听到有空气冲进瓶里发出“嘶”的声音。

(2) 氧化反应：把乙烯通入盛有3毫升高锰酸钾溶液（加几滴稀硫酸）的试管里，紫色立即褪去。高锰酸钾溶液必须是稀的，否则会使溶液变成暗褐色。

点燃纯净的乙烯，它能在空气里燃烧，有明亮的火焰。同时发出黑烟。

注意事项：

1. 制取乙烯时先要检查装置的气密性，以防加热时由于漏气而引起燃烧。

2. 反应物进行混和时，应把浓硫酸慢慢注入酒精中，而不能相反。

3. 浓硫酸和乙醇的混和物加热到130~140℃时有乙醚生成，因此要控制反应温度，抑制乙醚的生成。加热到150℃以上开始生成乙烯。所以实验一开始就要强热，迅速把温度提高到150℃以上，最好控制在170℃。

4. 可在反应容器里加一些用盐酸洗净的干燥砂子、碎瓷片、碎玻璃片或

其它惰性固体物质。这些物质既可起催化剂的作用，还可防止反应混和物受热时产生暴沸现象。

5. 浓硫酸既是脱水剂，也是氧化剂，在反应过程中可以使乙醇氧化成一氧化碳、二氧化碳和碳等，因此，混和液加热后会变黑，而硫酸本身被还原成二氧化硫。生成的气体随着乙烯一起出来，二氧化硫也能使溴水和高锰酸钾溶液褪色，但可通过氢氧化钠溶液把它除去，二氧化碳也可以被碱溶液吸收。这时的乙烯虽然还夹杂有少量的一氧化碳，但它对乙烯的性质实验已没有影响了。

6. 乙烯点燃前应检验气体的纯度。

其它实验方法：

1. 如果不要除去乙烯中的杂质气体，可以用如下的简单装置来制备。图中乙不能控制温度，只要看到混和液体发黑，便可以收集乙烯。

2. 实验室还可以用氧化铝使乙醇脱水的方式来制取乙烯。

取 10 克铝片用砂纸擦去表面的氧化膜后，浸在 20% 的氯化汞溶液中，待表面有汞析出时，取出并置于空气中会很快产生毛刷状的氧化铝细丝，即可备用。

新制的硅酸铝作催化剂效果很好。将 5 克  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  和 8.5 克  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  分别溶于水制成饱和溶液，然后混和，生成白色  $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$  沉淀，经过滤、洗涤（洗至无  $\text{Cl}^-$ ，用倾泻法洗涤亦可）、灼烧，即可供使用。用新制  $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$  和灼烧过的市售  $\text{Al}_2\text{O}_3$  混和（比例 1 : 1）作催化剂，效果也很好。

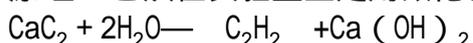
#### (四) 乙炔的制取和性质

目的：认识乙炔的实验室制法和性质。

用品：破试管、单孔塞、尖嘴管、广口瓶、导管、试管、玻璃丝、碎玻璃片、棉花、分液漏斗、橡皮管。

碳化钙、饱和食盐水、溴水(1%)、高锰酸钾溶液(0.5%)、稀硫酸(1:4)。

原理：乙炔在实验室里是用碳化钙(电石)和水反应制得的。



乙炔分子中存在着叁键，能发生加成反应和氧化反应。

准备和操作：

1. 乙炔的制取 取一个底部有孔的破试管，孔上垫上一些疏松的玻璃丝或碎玻璃片，然后在上面放几小块碳化钙。试管口上配一个装有尖嘴玻管的单孔塞，在试管的上部靠近尖嘴管的下端塞一团疏松的玻璃丝或棉花，以防生成的泡沫溢入导管堵住管口。试管插在广口瓶的塞子内，瓶里盛约1/3容积的水。

实验时，把试管往下移动插入水内，当碳化钙跟水接触时，乙炔气体就从导管口逸出，可以点燃(图9-6)，乙炔可用排水法收集。{ewl MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0054\_1.bmp}

2. 乙炔的性质

(1) 加成反应：把乙炔通入盛有3毫升1%的溴水的试管里，可以看到溴水褪色。如果在充满乙炔的试管里注入一些溴水，塞上塞子，充分振荡，溴的褪色可以快一些。

(2) 氧化反应：在尖嘴管口点燃逸出的乙炔气体，能发出明亮而带有浓烟的火焰。

在试管里盛水1/3体积，通入乙炔3~4分钟，加入0.5%高锰酸钾溶液(加几滴稀硫酸)2毫升，混和后，溶液仍会有淡紫色。然后塞上塞子，剧烈振荡，紫色就会褪去，但比较缓慢：



这个实验也可以表明乙炔是微溶于水的。

注意事项：

1. 市售的碳化钙一般都不纯净，含有硫化钙、磷化钙、砷化钙等杂质，因此用它制取的乙炔气体里总含有硫化氢、磷化氢、砷化氢等气体。这些杂质气体对乙炔的性质实验虽无影响，但它们有特殊的臭味，而且有毒，所以制取乙炔时应防止生成的气体扩散到教室里。如果要获得较纯的乙炔，可以把生成的气体通过含有重铬酸钾的浓硫酸溶液的洗瓶以除去这些杂质。

2. 碳化钙最好用蚕头大小的块状，如果颗粒太小甚至粉状，反应将异常猛烈，会产生大量泡沫。为了能使乙炔平稳而均匀地发生，可以用饱和食盐水代替水来制取。

3. 乙炔加成反应中溴水浓度不能太大，因为乙炔跟溴水的加成反应要比乙烯慢得多。

---

虽然乙烯、乙炔中都含 键，但 键结合程度、 电子云密度、以及碳原子的电负性不同，因此对不同性质的试剂反应活性不同，乙烯容易与亲电试剂溴水、高锰酸钾溶液加成；乙炔容易与亲核试剂(HCN、

其它实验方法：

1. 制取乙炔还可以利用图 9-7 的两种装置。其中甲装置可控制产气速度，而且产气量也大。

## (五) 苯的性质

目的：认识苯的一些性质。

用品：量筒、软木塞、烧杯、滴管、蒸发皿、橡皮管、导管、漏斗、酒精灯、圆底烧瓶、氯气贮气瓶。

苯、植物油、冰、溴水(3%)、高锰酸钾溶液(0.5%)、稀硫酸、液溴、铁屑、硝酸银溶液(1%)、紫色石蕊试液、发烟硫酸、镁条、木条。

原理：由于苯环上碳碳间的键是一种介乎单键和双键之间的独特的键，因而能发生取代反应和加成反应等。

准备和操作：

1. 苯的物理性质 观察一瓶比较纯净的苯，它是无色液体，有特殊的气味。

取一个试管，先加 5 毫升水，再注入 3 毫升苯，苯浮在上面，说明苯比水轻。塞上软木塞，用力振荡，试管内液体变为乳浊液。静置片刻，又分层了，说明苯和水互不相溶。

另取一个试管，加入 5 毫升苯，浸在盛有冰水的烧杯里，数分钟后，苯就凝结成无色的晶体了。说明苯的熔点很低(5.5 )。

再取两个试管，分别注入 5 毫升苯和水，各滴入几滴植物油，振荡后观察，苯能溶解在植物油中，但不能溶解在水中。

2. 苯的化学性质

(1) 苯对溴水和高锰酸钾溶液的作用：取两个试管，分别加入 2 毫升 3% 的溴水和 2 毫升酸化的 0.5% 的高锰酸钾溶液，各注入苯 2 毫升，塞上塞子，用力振荡，结果溶液颜色均不褪去。

(2) 苯在空气里的燃烧：在蒸发皿里注入 2 毫升苯，用燃着的小木条点燃，苯即燃烧，产生明亮并带有黑色浓烟的火焰，完全燃烧的产物是二氧化碳和水。

(3) 苯和液溴的取代反应：在一个试管里盛 5 毫升苯和 1 毫升液溴，在试管上配一个双孔塞，一个孔内插入玻璃导管，导管的另一端接一个漏斗，倒置伸入盛有 20 毫升蒸馏水的烧杯里，离开液面约 0.5 厘米。另一个孔内跟一个盛有 1 克铁屑的小试管相连。装置如图 9—8 所示。实验时先竖起橡皮管，使小试管里的铁屑落入大试管里。当铁屑落下后，苯和溴发生反应，生成溴苯和溴化氢。溴化氢从漏斗口导出，遇到水蒸气出现白雾，同时部分溴化氢溶于水生成氢溴酸。

反应完毕，把烧杯里的液体分别倒一些到两个试管中，一个试管内加紫色石蕊试液，变成红色，往另一个试管内滴入几滴硝酸银溶液，即见有浅黄色沉淀析出。

说明烧杯里生成的是氢溴酸。把反应试管里的液体倒入另一只盛有蒸馏水的烧杯中，生成的溴苯呈油状物而沉在水底。纯净的溴苯是无色的，这时因为有过量的溴而呈现红褐色。用水或稀氢氧化钠溶液洗涤，可得到无色透明的油状液体。

(4) 苯的硝化反应：参看本章硝基苯制备实验。

(5) 苯的磺化反应：取一个试管，注入发烟硫酸 5 毫升，再加苯 2 毫升，剧烈振荡，这两种互不相溶的液体就溶合均匀了，而且有放热现象，生成了无色能溶于水的苯磺酸。

(6) 苯和氯的加成反应：在一只 1000 毫升的圆底烧瓶里先收集好一瓶干燥的氯气。实验时拔开塞子，迅速滴入 0.5 毫升苯，再将橡皮塞塞紧后，充分摇和，移到日光下照射。约 1 分钟后就可以观察到原来透明的烧瓶里有白色烟雾生成，然后逐渐消失，氯气的颜色褪去，液态苯看不见了。在瓶壁上出现了无色晶体，这就是加成产物六氯环己烷，即六六六。也可以用两条 20 厘米长的镁条绞在一起后点燃，发出的紫外光可以使苯跟氯气进行剧烈反应。

**注意事项：**

1. 苯跟溴的取代反应实验里，装置中的直角玻璃导管因同时兼起冷凝管的作用，所以它的长要 20 厘米左右。

2. 在铁屑存在下，苯跟溴的反应一开始就很剧烈。这时可用盛有冰水的烧杯把试管浸在里面冷却。反应缓和后，可用热水微微加热，促使反应进行完全。为了防止反应过于剧烈，所用的铁屑不宜过细，铁屑要洁净的，不能带铁锈。

**其它实验方法：**苯和溴的取代反应还可以用图 9—9 所示装置，把苯、溴和铁屑一起放在烧瓶中进行；也可以把溴慢慢地滴到苯和铁屑的混和物中。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0059\_1.bmp}

## (六) 甲苯、二甲苯、萘和蒽的性质

目的：认识甲苯、二甲苯、萘和蒽的性质，并同苯的性质作比较。

用品：试管、试管夹、试管架、滴管、蒸发皿、石棉网、坩埚钳、铁架台（带铁夹、直角夹、铁圈）、酒精灯、水浴、玻棒、烧杯、单孔软木塞、玻管。

苯、甲苯、二甲苯、萘、蒽、高锰酸钾溶液（0.5%）、浓硫酸、木条。

原理：甲苯和二甲苯的分子里都含有一个苯环结构，因此能发生磺化反应。但由于苯环和侧链上甲基的相互影响，使甲基容易被氧化剂氧化成羧基。

准备和操作：

1. 物理性质 纯净的甲苯、二甲苯都是无色液体，有和苯相似的气味，和水相混都浮在水的表面，振荡后仍然分层。萘和蒽都是无色晶体，不溶于水。蒽的晶体具有蓝色荧光。把少量萘和蒽分别放在蒸发皿里加热，都发生升华。

2. 化学性质

(1) 氧化反应：把少量甲苯和二甲苯分别盛在两只蒸发皿中，放在石棉网上微微加热，用燃着的木条引火点燃，都能燃烧发出浓的黑烟。

在两个试管里分别加入甲苯和二甲苯各 2 毫升，各滴入 0.5% 酸性高锰酸钾溶液 4~5 滴，振荡，紫色都能褪去。

(2) 磺化反应：在两个干燥试管中分别加入苯和甲苯各 1 毫升，再分别加入浓硫酸 3 毫升，各配单孔软木塞一个，孔中插入一根玻管，然后把这两个试管浸在沸水浴中，边加热边振荡，勿使苯蒸干。在此条件下，甲苯和浓硫酸作用较快，数分钟后反应液即不分层了，而苯则无作用。说明甲苯容易被浓硫酸磺化，苯则需用发烟硫酸。

## (七) 石油的分馏

**目的：**了解实验室分馏石油的方法，认识石油是不同沸点烃的混和物。

**用品：**烧瓶、回流冷凝管、蒸馏烧瓶、铁架台（带铁夹、铁圈）、石棉网、温度计、单孔软木塞、冷凝管、承接管、锥形烧瓶、酒精灯。

石油、无水氯化钙。

**原理：**石油主要是烃类混和物，在烃分子里，一般是含碳原子数越少的，沸点越低；含碳原子数越多的，沸点越高。因此可以把石油分成不同沸点范围的蒸馏产物。

**准备：**分馏时应该用不含水的石油，把石油放在干燥的烧瓶里，加一些粒状无水氯化钙，配上回流冷凝管，加热回流一小时左右，或用橡皮塞塞紧后，放置几天以除去水分。

如果没有石油，可以自行配制。只要把汽油、煤油、重柴油或润滑油等以石油相近的比例混和就可以了。

**操作：**分馏仪器的装置见图 9—10。先检查气密性，然后加热分馏。加热应使承接管口滴出的液体为每秒钟 1—2 滴。

分馏物分三部分馏出。第一馏分到 150 为止，第二馏分 150 ~ 250 ，第三馏分 250 ~ 300 。在分馏第一馏分时，因为馏出物很容易挥发，在承接管上装一个单孔软木塞，把接受器的瓶口盖没，但不要塞得太紧。把三部分馏出物和蒸馏烧瓶里的残留液分盛在四个试管里，比较它们的颜色和粘度。第一馏分一般是汽油，第二馏分是航空汽油或溶剂油，第三馏分是煤油。再用滴管把三种馏出物各滴一滴在滤纸上，比较它们的气味和挥发性。

**注意事项：**

1. 这个实验所需的时间跟所用石油的量有关。用 250 毫升的蒸馏烧瓶和 100 毫升石油，蒸馏约需 25 分钟。

2. 采用明火加热，馏出物都是挥发的、易燃性物质，必须注意安全。蒸馏时最好在接受器瓶口上配一个单孔软木塞，套在承接管上，或用一团棉花把瓶口松松塞住。加热用的酒精灯跟接受器之间最好用石棉隔板隔开。

## (八) 石油的裂化

**目的：**认识石油催化裂化的原理和过程。

**用品：**圆底烧瓶、试管、广口瓶、单孔软木塞、双孔软木塞、导管、酒精灯、铁架台（带铁夹、铁圈）、石棉网。稀硫酸（1:4）、高锰酸钾溶液（0.01%）、溴水（0.3%）、石蜡（或用去掉烛心的蜡烛）、氧化铝。

**原理：**催化裂化就是在 460~520℃ 和 1~2 大气压下，经催化剂的作用把重质油裂解成轻质油的反应。常用的催化剂是硅酸铝，主要成分是  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

**操作：**按图 9-11 的实验装置，在干燥试管甲里放入 4 克石蜡和 3 克粉末状的氧化铝。加热，等石蜡熔化后，观察反应进行的情况。持续加热 5~10 分钟，可见试管丙里紫色高锰酸钾酸性溶液（或溴水）颜色的褪去。在试管乙里可以看到有少量液体凝结，它具有汽油的气味，把少量的这种液体分别注入盛有高锰酸钾酸性溶液和溴水的两支试管里，颜色均褪去。

**注意事项：**试管乙必须干燥。因为实验所得液体不多，高锰酸钾溶液和溴水的浓度必须很小，只要能看到一些颜色就可以了，否则褪色不明显。

## (九) 煤的干馏

**目的：**认识实验室干馏煤的方法和煤的干馏产物。

**用品：**铁管(或钢管、瓷管)、软木塞、铁架台(带铁夹)、玻璃导管、U形管、水槽、尖嘴玻管、酒精喷灯、铁棒。

**烟煤、水玻璃、红色石蕊试纸。**

**原理：**煤是由有机物和无机物所组成的复杂的混和物。把煤隔绝空气加强热使它分解，则有焦炭、煤焦油、粗氨水和焦炉气等产物。

**准备和操作：**取一支长约30厘米、直径约3.5厘米的洁净生铁管作干馏器。铁管中部装碎烟煤的细块约1/3管，斜夹在铁架台上。铁管的两端都用涂有水玻璃的软木塞塞紧，一端的软木塞上用玻璃导管和浸在冷水里的U形管相连接，U形管的另一端装有尖嘴玻管(图9—12)。实验前，先检查装置的气密性。用酒精喷灯在铁管中部加热，煤粉加热到1300左右，就有气体和蒸气分解出来。馏出物通过U形管，5~6分钟后，U形管的底部积集有一些水和黑褐色粘稠油状液体，这就是煤焦油。洗气后的液体是粗氨水，可以用红色石蕊试纸检验它的碱性。焦炉气由尖嘴玻管口导出，其中含有氢气、甲烷、一氧化碳等可燃性气体，可引火点燃。实验完毕，停止加热，稍冷，打开塞子，用铁棒推出里面的固体物，喷上一些冷水，可以看出它已变成坚硬而又有孔洞的黑色细块，这就是焦炭。

## 二、烃的衍生物

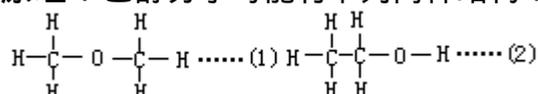
### (一) 乙醇分子结构的确定

**目的：**通过一定量乙醇和钠反应所产生的氢气体积的测定，确定乙醇的分子结构。

**用品：**圆底烧瓶、双孔橡皮塞、分液漏斗、铁架台(带铁夹)、弹簧夹、导管、橡皮管、广口瓶、量筒、酒精灯。

钠、无水酒精。

**原理：**乙醇分子可能有下列两种结构：



为了确定到底是哪一种结构式，可利用乙醇能和钠起反应放出氢气的性质。若实验时用了 0.1 摩尔乙醇，就能制得大约 1.12 升(换算成标准状况下的体积)的氢气。这就是说，从 1 摩尔乙醇里，钠可以置换出 11.2 升氢气(0.5 摩尔氢气)，也就是置换出 1 摩尔氢原子。可见钠从一个乙醇分子里，只能置换出 1 个氢原子。显然，乙醇分子里一定有一个氢原子跟其它 5 个氢原子不同，这个事实不能从(1)式得到解释，而(2)式却表示有 1 个氢原子跟氧原子结合，跟其它 5 个氢原子不同。所以，乙醇的结构式应该是(2)式。

**准备和操作：**实验装置如图 9—13 所示。在一只干燥的 250 毫升圆底烧瓶里，放入切成薄片状的钠约 3 克，配上一双孔橡皮塞。在一个孔里插入一个分液漏斗，在另一个孔里插入一根长约 20 厘米的导管，兼作冷凝管，冷却蒸发的酒精使它流回烧瓶里。用 1000 毫升的广口瓶盛水约 800 毫升作为集气瓶，并以一导管和上导出管用橡皮管相连。再用导管与作为排水、测量体积用的大量筒相连。

分液漏斗里盛无水乙醇 3 毫升。实验时，从分液漏斗把无水酒精一滴滴地全部加入烧瓶里。加入酒精的速度要慢，让酒精跟钠能很好地接触。这时反应生成的氢气就把广口瓶的水压入量筒中，压出的水的体积，就等于放出氢气的体积。当烧瓶里的反应终止后，用酒精灯在烧瓶外微微加热，观察量筒中水位是否上升。如果水位不再上升，表示反应已经完毕，让装置冷却。调整大量筒的位置，使广口瓶和量筒中水处于同一平面，夹紧导管上的夹子，记下量筒水面的刻度。从量筒中水的体积，加上广口瓶导出管水柱的体积，再减去加入烧瓶里酒精的体积，就得到酒精跟钠反应生成氢气的体积。根据计算，1 摩尔乙醇反应所得氢气体积是 11.2 升，则一个乙醇分子中含有一个可被置换的氢原子，并可推知此氢原子与氧原子相结合，故其结构式为  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。

**注意事项：**

1. 整个装置要不漏气。无水酒精必须是化学纯的，所用的钠应稍过量些，金属钠的外皮必须切尽，把钠切成薄片，浸在二甲苯里，微热使熔，用玻棒将熔钠搅成碎粒。愈细，接触酒精的面积愈大，反应就进行得愈充分。反应结束后，拆卸装置时，应加入过量乙醇使剩余的钠反应掉，切不可用水冲洗。

2. 广口瓶和量筒的容积要与乙醇的用量相适应。根据本实验的乙醇用量，它们的容积必须大于 600 毫升，在装置上，排水管必须插入能排出 600

毫升体积的水面下，否则氢气会从液面逸出。

3. 无水酒精要一滴一滴地加入，并轻轻地振荡烧瓶，使乙醇和钠充分接触。

**其它实验方法：**

准备：1. 将已刮除氧化膜外皮的金属钠约 0.5 克，放入小试管里，加入甲苯或精制煤油约 15 毫升，剪成很短的玻璃纤维(最好用高铝纤维)1 角匙。

2. 将试管加热，到钠熔化后继续加热 10 ~ 15 秒钟，然后离开火焰，加塞。

3. 用干抹布包住塞子及试管口，大拇指紧压塞子，将试管上下猛烈振荡约半分钟，使钠分散成钠粉，然后将煤油及钠粉移入大试管，加塞备用。

操作：1. 用滴管从小量筒中吸取 0.6 毫升无水乙醇，以快速度注入大试管，随即将塞子紧塞，并立即用排水集气法收集  $H_2$  于量筒中。

2. 乙醇跟钠粉立即进行反应。当反应速度减慢时，用微火进行加热，到  $H_2$  不再放出时，撤火，并立即把塞子打开。

## (二) 乙醇的性质

目的：认识乙醇的物理性质和化学性质。

用品：滴管、试管、试管夹、酒精灯、圆底烧瓶、玻璃导管、单孔橡皮塞、铁架台（带铁夹、直角夹、铁圈）、石棉网、烧杯、移液管、玻棒。

无水酒精、普通酒精、钠、铁丝、浓硫酸、溴化钾、冰、无水硫酸铜。

原理：乙醇分子是由乙基  $C_2H_5-$  和羟基  $-OH$  组成的，羟基比较活泼，它决定着乙醇的主要性质，可跟氢卤酸反应，跟浓硫酸发生脱水反应。但是，乙醇的羟基里的氢原子也会被活泼金属所取代。

准备和操作：

1. 普通酒精里的水分 在两个干燥的试管里各加入少量无水硫酸铜粉末，再用滴管分别滴入无水酒精和普通酒精，前一个试管里的无水硫酸铜仍是白色，后一个试管里则呈蓝色。普通酒精里含水约 4%（体积）。

2. 乙醇在水里的溶解性 在一个试管里盛无水酒精 2 毫升，用滴管一滴滴地加入水 2 毫升，边加边振荡试管，可以观察到乙醇和水可以任何比例混溶。

3. 乙醇和钠的反应 把 2 毫升无水酒精注入一干燥试管中，投入一小块钠，把试管浸在盛有冷水的烧杯里，以防止液体沸腾（反应放热）。当反应已不是很剧烈的时候，另取一个小试管用排气法收集所放出的气体，在试管口点燃，可以听到爆鸣声，证明放出的是氢气。以后试管里的反应逐渐减慢，这是因为钠的表面已覆盖上一层固态乙醇钠的缘故，可在酒精灯火焰上微微加热，使反应加快。

4. 乙醇跟氢溴酸的反应 在一个圆底烧瓶里注入酒精 3 毫升，慢慢地加入密度为  $1.84$  克/厘米<sup>3</sup> 的浓硫酸 3 毫升，振荡使它混和均匀。待混和液冷却以后，加水 2 毫升（避免溴化氢气体逸出），混和，再冷却。实验时，把圆底烧瓶装铁架台上，加入溴化钾 3 克，立即塞上配有玻璃管的单孔橡皮塞。导管的末端伸入另一个盛水 1 毫升和有一些小冰块的试管里，这个试管再浸在盛有冰水的烧杯里（图 9-14）。用酒精灯慢慢地加热烧瓶，使里面的液体平稳地沸腾。约 10 分钟后，溴化钾已全部消失，这时试管里冰水下面就有溴乙烷沉积。

停止加热后，把试管里的水倾去，用蒸馏水把溴乙烷洗涤一次，再用移液管把它吸出，注入另一个干净试管里。制得的溴乙烷大约有 1 毫升，用玻棒蘸一滴溴乙烷放在酒精灯火焰上燃烧，火焰的边缘会显现出特殊的绿色，这是溴乙烷燃烧的特征。

5. 乙醇的氧化反应 乙醇在空气里能够燃烧，发生淡蓝色的火焰，生成二氧化碳和水，酒精灯的燃烧属于这种情况。

在试管里加 5 毫升乙醇，把一端弯成螺旋状的铜丝放在酒精灯火焰上加热，使铜丝表面有一薄层黑色的氧化铜生成，立即把它插入盛有乙醇的试管里，如此反复操作数次，即能闻到有刺激性气味的乙醛生成。

6. 乙醇的脱水反应 在加热时浓硫酸能使乙醇脱水，脱水有两种方式：分子内脱水、分子与分子间脱水。前者是属于消去反应，这在乙烯的制取和性质部分已讲述，后者请看后面的乙醚的生成部分。

### (三) 苯酚的性质

**目的：**认识苯酚的主要性质，并通过苯酚跟碱溶液和溴水的反应来认识分子里各原子团的相互影响。

**用品：**试管、试管夹、酒精灯、量筒、滴管、药匙、二氧化碳发生器，玻璃导管、烧杯、铁架台（带铁夹、直角夹、铁圈）、石棉网。

苯酚、蒸馏水、氢氧化钠溶液（5%）、盐酸、大理石、碳酸钠溶液、钠、乙醚、饱和溴水、氢碘酸（2%）或亚硫酸氢钠溶液、氯化铁溶液。

**原理：**苯酚和一元醇相比，苯酚分子里羟基上的氢原子具有比较大的活动性，它能和碱反应生成酚盐，这是由于苯基影响的缘故。同时羟基也反过来影响苯环，使苯环上的氢原子容易被取代。

**准备和操作：**

1. 苯酚的外形和它在水里的溶解度 苯酚是无色晶体。如果显粉红色，是由于在空气中发生部分氧化的缘故。

取一个试管，加苯酚晶体 3~4 粒，注入蒸馏水 3 毫升，振荡试管，则见苯酚并不能全部溶解于水，制得的是不透明的乳浊液。静止以后，液体即分成两层。上层是苯酚的水溶液，下层是水的苯酚溶液。加热试管，上下两层液体就混成一体，因为在 70℃ 时，苯酚和水能以任何比例相溶，冷却以后，又分成两层。这说明苯酚在水里的溶解度是随着温度的升高而增大的。

2. 苯酚和碱溶液的反应 把上述试管里的液体重新摇和，滴加氢氧化钠溶液，并不断振荡试管，直到溶液变为透明为止，这时生成了能溶于水的苯酚钠。这说明苯酚呈酸性。

3. 苯酚和钠的反应 取一些苯酚在一个干燥的试管中，置试管于 50℃ 左右的水浴中加热，使之熔化（或在试管中加 3~4 毫升无水乙醚，使苯酚溶解），然后加入一小块钠，苯酚和钠剧烈反应，放出氢气。

4. 苯酚跟溴水的反应 在一个试管里加几粒苯酚晶体，用滴管注入蒸馏水，边加边振荡，直到苯酚全部溶解。再滴加饱和溴水，即见溶液变成乳浊状，生成了白色的三溴苯酚。

5. 显色反应 把几滴三氯化铁溶液注入苯酚的稀溶液里，溶液显紫色。这是检验苯酚的反应。

在紫色溶液中加入乙醇、盐酸或碱溶液，都可以使颜色褪去，因为这些物质都能使酚铁络离子电离度减少，反应液的颜色就将褪去。

**注意事项：**在苯酚跟溴水的实验里，加入的饱和溴水如果过量，则有淡黄色的难溶于水的四溴化合物（2,4,4,6-四溴环己二烯酮）生成，如果再加 2% 的氢碘酸（或亚硫酸氢钠溶液）则重新变为三溴苯酚。

#### (四) 乙醚的生成

**目的：**用乙醇和浓硫酸加热制取乙醚。

**用品：**蒸馏烧瓶、双孔塞子、温度计、分液漏斗、橡皮管、玻璃管、冷凝管、接管(带侧管)、锥形瓶、玻璃水槽、油浴、量筒、试管、试管夹、烧杯、玻璃棒。

**冰、石蜡油、酒精(95%)、浓硫酸。**

**原理：**将乙醇和浓硫酸共热，把温度控制在 140~150 之间，就生成了乙醚。

**准备：**仪器装置如图 9-15 所示。在一只 250 毫升的蒸馏烧瓶上配一双孔塞子，分别插入分液漏斗和 250 的温度计。另用一支温度计插入油浴中，以控制反应温度。分液漏斗的末端应插入液面下 10 毫米处，如果露出液面，加入的乙醇未经反应就会因受热而蒸发，插入过深，乙醇难以滴下。如果分液漏斗的颈不够长，可以用短橡皮管接上一段玻璃管。

蒸馏烧瓶的馏出管和直形冷凝管相连，冷凝管末端接上一个带有侧管的接管，再和 150 毫升的锥形瓶相连。在接管上装一长橡皮管，引至窗外，让未能完全冷凝的乙醚蒸气在远离灯火处逸出。锥形瓶要浸在冰水里，以防乙醚挥发。蒸馏烧瓶要用油浴加热，以受热均匀，使温度保持在 130~140 。

**操作：**

在蒸馏烧瓶里加酒精 25 毫升，再加 25 毫升浓硫酸，边加边振荡，待硫酸和酒精充分混和后把烧瓶装在铁架台上。实验时，通过油浴把蒸馏烧瓶中溶液加热到 130~140 ，即见有乙醚馏出，这时再从分液漏斗把 50 毫升 95% 酒精逐滴地加入。控制一定的温度，待酒精滴加完后，再加热 10 分钟，促使反应完成，然后停止加热。

**注意事项：**加入酒精的速度不能过快，要和馏出乙醚的速度保持平衡，以防没有反应的酒精蒸馏出来，减少乙醚的产量，又使馏出的乙醚里含有较多的杂质乙醇。太慢，则液体的温度容易升高，又有利于消去反应的发生。

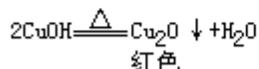
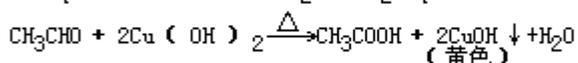
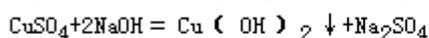
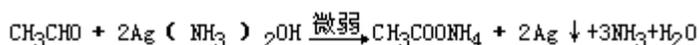
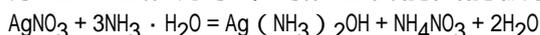
## (五) 乙醛的性质

**目的：**通过乙醛氧化生成乙酸的变化来认识醛的分子结构和性质。

**用品：**试管、试管夹、试管架、酒精灯、烧杯、玻管、三脚架、石棉网、量筒、托盘天平。

乙醇、铜丝(约 20 厘米长)、硝酸银溶液(2%)、硝酸银溶液(0.5 摩/升)、固体氢氧化钠、氢氧化钠溶液(5%)、氢氧化钠溶液(2.5 摩/升)、氨水(2%)、胆矾、硫酸铜溶液(2%)、硝酸铵溶液(1.5 摩/升)、浓硫酸(98%)、酒石酸钾钠晶体、乙醛、乙醛溶液(30%)。

**原理：**乙醛分子中的醛基官能团能被弱氧化剂所氧化。



**操作：**

1. 银镜反应在一个洁净的试管里，加入 2 毫升 2% 硝酸银溶液，加 2 滴 5% 氢氧化钠溶液，即有棕黑色沉淀产生。然后一边摇动试管，一边逐滴加入 2% 稀氨水，直到产生的沉淀恰好溶解为止，这就是银氨溶液。再加 3~5 滴乙醛，振荡后，把试管放在 60~70 左右的热水浴中，静置不动。不久，可以观察到试管内壁上附着了一层光亮如镜的金属银。

2. 乙醛还原氢氧化铜 在试管里加入 5% 氢氧化钠溶液 2 毫升，加 6~8 滴 2% 硫酸铜溶液，就有淡蓝色氢氧化铜沉淀析出。再加入乙醛 5~8 滴，加热到沸腾，试管里首先出现黄色的氢氧化亚铜沉淀，接着又变成红色的氧化亚铜。

**注意事项：**

1. 银镜反应的成败关键之一，是所用的仪器是否洁净。一般可用稀氢氧化钠溶液洗涤，用水洗清，再用蒸馏水冲洗。否则得到的是黑色的浑浊液。

2. 配制银氨溶液时，应防止加入过量的氨水。银氨溶液必须随配随用，不可久置。

3. 实验完毕，试管内的银氨溶液要及时处理，先加入少量盐酸，倒去混和液后，再用少量稀硝酸洗去银镜，并用水洗净。

4. 做乙醛还原氢氧化铜实验时，硫酸铜溶液和氢氧化钠溶液不宜过浓，加入的乙醛应略微过量，充分混和后再加热，可以防止氢氧化铜分解生成黑色的氧化铜。但过多的乙醛也会使氢氧化铜被还原为金属铜。

**其它实验方法：**

1. 如果用同体积的硝酸银溶液(0.5 摩/升)、硝酸铵溶液(1.5 摩/升)、氢氧化钠(2.5 摩/升)溶液相混和来代替银氨溶液，则在室温下也能析出光亮的银镜。

2. 为防止氢氧化铜分解，也常采用费林试剂。费林试剂平常配成甲、乙两种溶液。甲液用 34.6 克  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  溶于 200 毫升水中，再加 0.5 毫升浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，混匀后，用水稀释到 500 毫升。乙液用 173 克酒石酸钾钠晶体和 71

克粒状 NaOH 固体溶在 400 毫升水中，再稀释成 500 毫升溶液。使用时，取等量甲、乙两液混和后立即使用。由于酒石酸根离子跟  $\text{Cu}^{2+}$  形成了络合物，混和液不会发生沉淀。

使用费林试剂也可这样操作：取甲、乙两种液体各 5 毫升，混和均匀后，加入盛有 1 毫升 30% 乙醛溶液的试管中，摇和均匀，放在水浴上加热，即有红色的氧化亚铜沉淀析出。

## (六) 乙酸的性质

目的：认识乙酸的性质。

用品：单孔橡皮塞、玻璃导管、酒精灯、量筒。

冰乙酸、乙酸溶液(20%)、浓硫酸(98%)、紫色石蕊试液、无色酚酞试液，镁条或锌粒、氧化铜、浑浊石灰水、澄清石灰水、碳酸钠、乙醇。

原理：乙酸分子里的官能团是羧基(-COOH)，它是由羰基和羟基组成的。它具有明显的酸性，能发生酯化反应。

准备和操作：

1. 乙酸的物理性质 展示乙酸，它是一种无色液体，能挥发，具有强烈的刺激性气味。

2. 乙酸的化学性质。

(1) 乙酸的酸性：在盛有乙酸的试管中，滴加紫色石蕊试液数滴，立即显红色。用镁条或几颗锌粒分别投入装有乙酸的试管中，则有气体产生，经检验，是氢气。在极稀的浑浊石灰水里加几滴酚酞试液，慢慢地滴入乙酸，酚酞的粉红色褪去，浑浊的石灰水也变澄清了，因为生成的乙酸钙是能溶于水的。

(2) 酯化反应：在一个试管里加入 1 毫升乙醇，再加入 1 毫升乙酸，混和均匀后加热，闻不到有酯生成的香味。另取一个试管，先加入 1 毫升乙醇，再慢慢地滴入 98% 的浓硫酸 2 毫升，边加边摇动试管，使之充分混和，然后再慢慢加入乙酸 2 毫升，振荡均匀后，再加热，就可以闻到酯的香味。

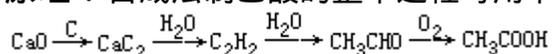
## (七) 合成乙酸

目的：认识合成法制乙酸的生产原理和过程。

用品：蒸馏烧瓶、单孔橡皮塞、分液漏斗、铁架台（带铁夹、铁圈）、洗气瓶、双孔橡皮塞、玻璃导管、橡皮管、三脚架、石棉网、试管、酒精灯。

碳化钙、饱和食盐水、硫酸铜溶液、浓硫酸、氧化汞、硝酸银、氨水、重铬酸钾、碳酸钠、三氯化铁溶液。

原理：合成法制乙酸的整个过程可用下式表示：



乙炔和水在汞盐存在下发生加成反应生成乙醛。在催化剂存在下将乙醛氧化，制得乙酸。

操作：实验装置如图 9-16 所示。在第一个蒸馏烧瓶里放电石 20 克，用分液漏斗滴入饱和食盐水，让生成的乙炔通过硫酸铜溶液，以除去其中可能存在的硫化氢等杂质。然后通入第二个蒸馏烧瓶里进行加成反应。在第二个蒸馏烧瓶里盛水 20 毫升、浓硫酸 10 毫升、氧化汞 0.5 克，氧化汞和硫酸作用生成硫酸汞，作为催化剂。用酒精灯缓缓地加热、5 分钟后，承接管里就收集到了乙醛，用银镜反应可检验。

把磨碎了的<sup>①</sup>重铬酸钾 5 克和浓硫酸 5 毫升放入蒸馏瓶里，从分液漏斗里滴入乙醛的水溶液，在 20 的温度下，乙醛就被氧化成乙酸。用酒精灯微微加热，把乙酸蒸出来，经过空气冷凝，收集在试管里，用碳酸钠中和馏出物后，加入几滴三氯化铁溶液，呈暗红色。

注意事项：乙醛氧化成乙酸的实验中，还可以用稀高锰酸钾溶液作氧化剂。

## (八) 酯的制备和性质

**目的：**制备乙酸乙酯，并认识酯类的重要性质——水解作用。

**用品：**圆底烧瓶、量筒、石棉网、试管、烧杯、滴管、单孔塞、玻管、分液漏斗、小烧杯、玻璃棒。

冰醋酸、酒精(95%)、浓硫酸(密度1.84克/厘米<sup>3</sup>)、稀硫酸(1:5)、浓氢氧化钠溶液(30%)、稀氢氧化钠溶液(2%)、饱和碳酸钠溶液、饱和食盐溶液、蓝色石蕊试纸、无色酚酞试液、氯化铁溶液。

**原理：**在有浓硫酸存在并加热的条件下，乙酸可与乙醇发生反应生成乙酸乙酯。它能发生水解，结果生成乙酸和乙醇。可见酯的水解是酯化反应的逆反应。

**准备和操作：**

1. 乙酸乙酯的制备 一只大试管，先加入95%的酒精3毫升，慢慢滴入浓硫酸2毫升，边滴边摇动试管，使充分混和，再慢慢地加入冰醋酸3毫升，混和均匀后，按图9-17安装好。用酒精灯小心均匀地加热4~5分钟(也可用水浴加热，有利于温度的控制)。产生的蒸气经导管通到饱和碳酸钠溶液的液面上。在液面上可以观察到有透明的油状液体产生，并可闻到一种香味，这种液体就是乙酸乙酯。用分液漏斗把生成的酯分离出来。

2. 乙酸乙酯的水解在三个试管里，各滴入5滴乙酸乙酯。向第一个试管里加蒸馏水5.5毫升，向第二个试管里加稀硫酸(1:5)0.5毫升、蒸馏水5毫升。向第三个试管里加30%的氢氧化钠溶液0.5毫升、蒸馏水5毫升。充分振荡后，把三个试管放入盛有热水(70℃左右)的烧杯中水浴加热，并时时振荡试管。结果，注入碱溶液的试管里酯的气味很快就消失，因为乙酸乙酯已全部水解了。注入硫酸的试管里的酯的气味还有一点，而加水的试管里则没有发生多大变化。

**注意事项：**在酯化反应中，硫酸的用量只要相当于乙醇用量的3%，就可以完成催化作用。实验中浓硫酸是过量的，其目的是除去酯化反应中所生成的水分，使平衡向生成酯的方向移动。

## (九) 油脂的提取和性质

**目的：**利用有机溶剂提取油脂，认识油脂在有机溶剂里的溶解性。

**用品：**粗玻管（直径约 6 厘米）、普通玻管、软木塞、圆底烧瓶、水浴玻璃缸、研钵和杵、量筒、试管、试管夹、电炉、酒精灯、滴管、纱布、蒸馏烧瓶、温度计、冷凝管、接液管、锥形瓶。

植物种子（黄豆或菜籽）、乙醚、汽油、酒精、四氯化碳、猪油、豆油、碘的酒精溶液、溴的四氯化碳溶液。

**原理：**油脂易溶于多种有机溶剂中，也可利用此性质将油脂提取出来。

**准备和操作：**

1. 油脂的溶解性 在四个试管里分别注入乙醚、汽油、酒精和水各 1 毫升，再各放入同样大小的猪油一小块或各滴入同样滴数的豆油。振荡试管，发现油脂在乙醚里最容易溶解，其次是汽油，在水里最难溶解。把盛水的试管用酒精灯加热，结果仍不溶解。

2. 油脂的提取 取一段长约 18 厘米、直径约 6 厘米的粗玻管作为提取管，上端配一个单孔塞，孔中插一支作为冷凝器用的直玻管；下端配一双孔塞，一个孔里插入一支直玻管和圆底烧瓶相连接，另一个孔里插入一支弯曲的玻璃管作为溢流管。把植物种子 6 克放在研钵里碾碎，然后用纱布包好，缚在溢流管的上部。圆底烧瓶里盛汽油 50 毫升，浸在水浴里加热。整个装置如图 9-18 所示。

实验时，水浴里热水温度保持在 90℃ 以上，使溶剂汽油维持沸腾状态。加热时可以观察到溶剂的蒸气在冷凝管或者提取管里冷凝以后流在植物种子上，把里面所含的油脂溶解出来。当提取管里积聚液体的液面高出溢流管的时候，它就流回烧瓶里。溶剂再蒸发，再溶解油脂，再回入烧瓶。这样不断的循环，就可以利用少量溶剂提取多量的油脂。约一小时后，停止加热，待汽油冷却以后，再卸开装置，把溶剂蒸馏出来，油脂就留在蒸馏烧瓶里。

## (十) 肥皂的制取

**目的：**学习制取肥皂的方法并认识肥皂去污的原理。

**用品：**试管、试管夹、试管架、烧杯、量筒、玻棒、漏斗、漏斗架。

猪油（牛油或羊油）、酒精、氢氧化钠溶液（30~40%）、饱和食盐溶液、硫酸铜溶液。

**原理：**利用油脂在碱性条件下水解反应制取肥皂。

**准备和操作：**在一个大试管里放5克熟猪油（牛油或羊油）和5毫升95%的酒精，先用微火加热，使油脂溶解，然后加入30~40%的氢氧化钠溶液，振荡，或用玻棒搅和。把试管放在沸水里加热，时时用玻棒搅动，混和液很快就溶成均质。约8分钟左右，皂化可以完成。用玻棒取出几滴试样放在试管里，加入5~6毫升蒸馏水，加热、振荡。如果皂化不完全，就有油脂分出。这时就得把碱液和油脂的混和物再加热几分钟，再试，直到皂化完全为止。

皂化完全以后，在制得的粘稠液体里加入20~25毫升热的饱和食盐溶液，混和液变浑浊；再加，并随时搅动，直到试管几乎充满，这时肥皂已被盐析出。把试管放在热水里浸几分钟，让肥皂全部析出上浮液面，然后再放入冷水中浸几分钟，肥皂层就凝固了，可用玻棒取出。

取盐析过肥皂的食盐水溶液2毫升，加入几滴40%的氢氧化钠溶液，再加入几滴硫酸铜溶液来检验其中存在的甘油。

## (十一) 硝基苯的制备

目的：认识苯的硝化反应。

用品：小烧瓶、量筒、滴管、水槽、烧杯、试管、玻管、单孔软木塞。  
浓硝酸(69%)、浓硫酸(98%)、苯。

原理：苯分子里的氢原子能被硝酸分子中的硝基所取代，这种反应叫做硝化反应。

操作：在一个小烧瓶里盛浓硫酸 8 毫升和浓硝酸 5 毫升，浸在冷水里慢慢振荡，使混和均匀。然后把 5 毫升苯分 5 次加入，每加一次就要把烧瓶浸在冷水里，同时小心地振荡。一方面使这些液体能充分混和，另一方面不使液体的温度升得过高。苯加完后为了使硝化反应进行得更完全，在烧瓶上配以带有 80 厘米长的直玻管(回流管)的单孔软木塞，浸在 50~60 的热水里加热，同时不停地摇动烧瓶。10 分钟后，硝基苯已经生成。把混和液倒在一个盛水的烧杯里，硝酸和硫酸都溶解于水，产物硝基苯则是一种淡黄色的油状液体，沉积在烧杯的底部，没有参加反应的苯则浮在液面上。

注意事项：

1. 所用硝酸必须是浓的，否则硝化反应不会发生。浓硝酸是过量的，因为反应有水生成。

2. 加热温度不能超过 60 ，否则就有一部分二硝基苯生成。

3. 加入浓硫酸有两个作用，一个是吸水作用，另一个是缓和硝化反应。

4. 硝基苯是无色的，由于含有少量二硝基苯等杂质而显黄色。若要除去硝基苯中的杂质，可以用移液管把硝基苯转移到盛有 5% 氢氧化钠溶液的烧杯里洗涤，用分液漏斗进行分离，然后再用蒸馏水洗，最后，在洗过的硝基苯里加一小块无水氯化钙，放在水浴上加热到透明为止。

其它实验方法：这个实验也可以在干燥的试管(作硝化器)里进行，用盛冷水的烧杯作冷却槽。具体操作是：在一个大试管里加 1.5 毫升浓硝酸和 2 毫升浓硫酸，摇匀，冷却到 50~60 以下，然后慢慢地滴入 1 毫升苯，不断摇动，使混和均匀，再放在 60 的水浴中加热 10 分钟即可。当两种酸混和在一起后，不冷却也可以，但加苯时要小心地一滴一滴地滴下，边滴边振荡试管，这样不需加热，加完苯后，把试管用力振荡几分钟就会有硝基苯生成。

### 三、糖类、蛋白质

#### (一) 葡萄糖的性质

**目的：**鉴定葡萄糖的组成元素，认识其性质，并证明它的分子结构中含有羟基和醛基。

**用品：**试管、试管夹、托盘天平、酒精灯、导管、单孔塞、干燥管、广口瓶、铁架台（带铁圈）、石棉网、烧杯、温度计。

葡萄糖、酒精、氧化铜、无水硫酸铜、镁粉、无色酚酞试液、氢氧化钠溶液（5%）、硫酸铜溶液（2%）、硝酸银溶液（2%）、稀氨水（2%）、石灰水或氢氧化钡溶液。

**原理：**葡萄糖由碳、氢、氧三种元素组成，葡萄糖分子里含有羟基和醛基，它是一种多羟基醛。

**准备和操作：**

1. 葡萄糖的物理性质 观察葡萄糖，它是一种白色的结晶物质。取试管两只，分别加入 5 毫升蒸馏水和酒精，各加入 1 克葡萄糖，振荡，葡萄糖能全部溶解于水而比较难溶于酒精。

2. 鉴定组成葡萄糖的各元素。在一个试管里加 1 克葡萄糖和 0.8 克镁粉，混和均匀，装上配有导管的单孔塞，然后加热，用向上排空气法收集气体在另一只试管里，用火点燃，有爆鸣声，证明放出的气体里含有氢气。待试管冷却后，加入 3 毫升蒸馏水，振荡试管，试管中有不溶于水的黑色焦炭。滴入 2~3 滴无色酚酞试液，溶液呈现微弱的红色，这种微弱的碱性是氧化镁跟水化合生成氢氧化镁所致，而氧化镁是由镁跟氧化合生成的。由此证明葡萄糖由碳、氢、氧三种元素组成。

3. 证明葡萄糖分子里含有多个羟基 在一个试管里加入 3 毫升葡萄糖溶液，再加 1 毫升 5% 的氢氧化钠溶液，然后滴入几滴 2% 硫酸铜溶液，振荡试管，溶液即变成绛蓝色。

4. 证明葡萄糖分子里含有醛基 在一个试管里盛银氨溶液 6 毫升加入 3 毫升 10% 葡萄糖溶液，在水浴中微热，试管上即有银镜生成。

或在试管中加入 3 毫升葡萄糖溶液，再加入等体积的 5% 氢氧化钠溶液，然后滴入几滴硫酸铜溶液，振荡试管，溶液就变成绛蓝色。加热，先有黄色的氢氧化亚铜沉淀产生，以后沉淀再变成红色的氧化亚铜。

## (二) 蔗糖的性质

**目的：**认识蔗糖的重要性质——水解反应。

**用品：**酒精灯、量筒。

硝酸银溶液(2%)、稀氨水(2%)、硫酸铜溶液(2%)、氢氧化钠溶液(10%)、稀硫酸(1:5)、稀盐酸(1:1)、蔗糖。

**原理：**蔗糖的分子结构中不含有醛基，因此不发生银镜反应。在硫酸的催化作用下，蔗糖水解生成一分子葡萄糖和一分子果糖。

**准备和操作：**取2克蔗糖配成10%的溶液。在一个洁净的试管里，盛放6毫升银氨溶液，加入1毫升蔗糖溶液，混和以后加热，不见银镜产生。在另一个试管里盛氢氧化钠溶液1毫升，硫酸铜溶液0.5毫升，加蔗糖溶液1毫升，混和以后加热，也不见有红色的氧化亚铜沉淀产生。

在余下的蔗糖溶液里加稀硫酸或稀盐酸5滴，煮沸4分钟。用碱中和以后，再做银镜反应和还原氢氧化铜的实验，反应都能发生。这说明蔗糖在催化剂的存在下已水解成葡萄糖和果糖了。

**注意事项：**市售白糖可能已部分水解，所以要进行醛基试验，否则会使实验失败。最好用结晶砂糖或冰糖，采用冰糖时，应用刀子刮去冰糖的表层或用水洗去冰糖表层附着的杂质，用内层为好。

### (三) 淀粉的性质

**目的：**了解淀粉跟碘的反应和淀粉水解生成葡萄糖的反应。

**用品：**量筒、烧杯、玻棒、三脚架、石棉网、滴管。

淀粉、碘溶液（碘酒或碘化钾的碘溶液）、稀硫酸（1/5）、碳酸钠、红色石蕊试纸、氢氧化钠溶液（5%）、硫酸铜溶液（2%）、斐林试剂。

**原理：**淀粉主要由直链淀粉（约占 20%）和支链淀粉（约占 80%）组成。直链淀粉能溶于热水，跟碘作用显现蓝色。支链淀粉不溶于水，但能在水中胀大而润湿、跟碘作用显现紫红色。淀粉在稀酸作用下能发生水解，生成一系列产物，最后得到葡萄糖。

**准备：**在一个小烧杯中加入 1 克细淀粉，加入 5 毫升蒸馏水调匀，再加 50 毫升热水，并煮沸，即制得淀粉溶液。碘溶液可以用稀释 20 倍的碘酒，也可以用碘化钾的碘溶液。检验淀粉水解以后生成的葡萄糖，除银氨溶液和新制备的氢氧化铜溶液外，还可以用斐林试剂，其配法见本章“乙醛的性质”。

**操作：**

1. 淀粉跟碘的反应 在一个试管里加入 1 毫升淀粉溶液，再加 1 滴碘溶液，立即显深蓝色。加热，颜色褪去，冷却，蓝色又出现。

2. 淀粉的水解

加 40 毫升淀粉溶液于烧杯中，再加稀硫酸 1 毫升，煮沸 5 分钟，取出 1 毫升热溶液放在试管里，使其迅速冷却，滴入 1 滴碘溶液，出现蓝紫色。以后每隔 2 分钟取一次试样检验，共计五次，可以看到不同大小的糊精颗粒对碘溶液显现紫红色、橙红色、橙黄色及黄色。

把已经水解的淀粉溶液用碳酸钠中和硫酸，使溶液略显碱性。取出 1 毫升，加入盛有斐林试剂的（甲和乙各 3 毫升的混和液）试管里，摇和均匀，加热煮沸，即有红色氧化亚铜沉淀生成。

#### (四) 纤维素的性质

**目的：**认识纤维素的水解反应、酯化反应及了解铜氨人造丝制造的化学原理。

**用品：**研钵及杵、量筒、玻璃棒、试管、试管夹、烧杯、石棉网、三脚架、酒精灯、温度计、坩埚钳、小铁片、吸滤装置、注射器。

脱脂棉(或无灰滤纸)、浓硫酸(98%)、氢氧化钠溶液(5%)、硫酸铜溶液(5%)、红色石蕊试纸、斐林试剂、碘溶液、稀盐酸(1:5)、氨水(25%)、浓硝酸(69%)。

**原理：**纤维素在稀酸和较长时间加热的条件下可发生水解，水解的最后产物是葡萄糖。纤维素跟浓硝酸、浓硫酸的混和物在一定条件反应可制得纤维素硝酸酯。

**准备和操作：**

1. 纤维素的水解 取脱脂棉一小团或少量无灰滤纸的碎片，放在研钵里，加浓硫酸3毫升，用杵研磨，使棉花或滤纸变成无色粘稠的浆状物。把这浆状物的一半倒入盛有7—8毫升水的试管中，见有白色絮状沉淀物析出，这是初步水解的产物——粉纤维和水解纤维素。粉纤维是一种类似淀粉物质，跟碘作用时也能显蓝色。

把另一半浆状物放进另一个试管里，放在水浴中加热，约15分钟后，浆状物变成亮棕色。从水浴中取出试管，冷却，倒在盛有15毫升水的小烧杯里，这时没有絮状沉淀物析出。用过量的浓氢氧化钠溶液中和硫酸，使水解液略显碱性。用新制备的氢氧化铜溶液(或者斐林试剂)检验，即见有红色氧化亚铜析出。这表明纤维素在加酸以后再加热，就能进一步水解，生成葡萄糖。

2. 纤维素的酯化 在小烧杯里盛浓硝酸(69%)10毫升，慢慢地加入浓硫酸20毫升。混和均匀后，放置冷却到30℃，再加入脱脂棉花约1克。搅拌后，维持温度在30℃，静置20分钟，让纤维素逐步进行硝化作用。

用玻棒小心地把硝化纤维夹取出来，立即放在大量的冷水里浸10分钟。取出，先用冷水洗涤，再用热水洗涤，直到洗液不显酸性为止。把硝酸纤维取出，除去水分，在空气中晾干或晒干(不能用火烘干，以免危险)，这样制得的是低级硝酸纤维和三硝化纤维的混和物，其中含氮约11%。

在一块小铁片上分别放置制得的硝化纤维和脱脂棉花各一小块，放在酒精灯火焰上加热。不久，硝酸纤维着火燃烧，而脱脂棉花还不会燃烧。

在一个硬质小试管的中部放硝化纤维一小块，在试管口附近放一小团疏松的纸团，在试管下加热放有硝化纤维的部位。硝化纤维受热发生爆炸，把小纸团弹出。

## (五) 蛋白质的性质

**目的：**以鸡蛋白为例，认识蛋白质的化学性质。

**用品：**酒精灯、漏斗、滤纸、玻棒、烧杯。

棉线（或棉布）、毛线（或毛料、蚕丝）、饱和硫酸铵（或硫酸钠、氯化钠）溶液、新鲜鸡蛋、氢氧化钠溶液（20%）、浓硝酸（69%）、硫酸铜饱和溶液、甲醛溶液（40%）、醋酸铅溶液。

**原理：**蛋白质的结构非常复杂。在蛋白质的水溶液中，加入浓的无机盐溶液，可使蛋白质从溶液中析出。蛋白质在热、重金属盐等作用下能发生凝固。蛋白质可跟许多试剂发生颜色反应。

**准备：**在新鲜鸡蛋两端的蛋壳上各钻一个小洞，把蛋白滤在烧杯里，加适量蒸馏水稀释，用玻棒搅和，即成蛋白质溶液。

**操作：**

1. 蛋白质的灼烧 把棉线和毛线分别放在火焰上灼烧，棉线的主要成分是纤维素，灼烧时没有气味，最后留下一些白色的灰。毛线的主要成分是蛋白质，灼烧时会发出“吱吱”的声音，并卷缩成团，有烧焦羽毛的臭味。

2. 蛋白质的盐析 在一个试管里加入 2 毫升蛋白质溶液，再慢慢地加入 2 毫升饱和硫酸铵溶液，摇匀，即见有白色絮状的蛋白质析出，使液体变得浑浊。这就是蛋白质的盐析。把这种浑浊液倒一些在另一个盛有蒸馏水的试管里，用力振荡，溶液又变为澄清。这说明蛋白质的盐析是可逆的。

3. 蛋白质受热凝固 在一个试管里，加入 2 毫升蛋白质溶液，加热，可以观察到蛋白质凝成絮状。把絮状蛋白质取出一些放在水里，可从看到它不能再溶解了。

4. 重金属盐对蛋白质的凝固作用 取两个试管，各加 3~4 毫升蛋白质溶液，分别滴入几滴饱和硫酸铜溶液和醋酸铅溶液，振荡试管，前一个试管里有蓝色沉淀析出，后一个试管里有白色沉淀析出，这是蛋白质跟铜盐和铅盐作用生成难溶于水的化合物，这个反应过程是不可逆的。

5. 蛋白质的显色反应 在试管里加入蛋白质溶液 2 毫升（如果用未稀释的鸡蛋白液体更好），加浓硝酸 0.5 毫升，振荡，然后在火焰上加热煮沸，溶液和沉淀都变成黄色。冷却后加入过量的氨水或 20% 的氢氧化钠溶液，黄色转变成棕黄色。再酸化，又变为黄色。这个反应称为黄蛋白反应。

**注意事项：**重金属盐沉淀蛋白质是不可逆的，然而由于沉淀被吸附在沉淀粒子上的离子所解吸，结果能溶在过量的沉淀剂中，饱和硫酸铜、醋酸铅溶液等就是如此。

**其它实验方法：**蛋白质的显色反应也可以把浓硝酸滴在煮熟的鸡蛋白或白色的羽毛上。当浓硝酸不慎落于皮肤、指甲或白色毛绒上，也会发生蛋白质的显色反应。

## (六) 酶的催化反应

**目的：**认识唾液淀粉酶对淀粉水解的催化作用。

**用品：**试管、试管夹、烧杯、三脚架、石棉网、酒精灯、温度计、玻棒、滴管。

**淀粉、新鲜唾液、碘化钾碘溶液。**

**原理：**酶是生物体内具有催化功能的蛋白质。酶具有高度的专一性，例如淀粉酶只能催化淀粉水解。唾液中含有淀粉酶和少量的麦芽糖酶。淀粉在唾液中酶的作用下，很容易水解成有还原性的麦芽糖和葡萄糖。

**准备和操作：**在一个试管里注入新配制的 1% 淀粉溶液，加入 1 毫升新鲜唾液，振荡试管，混和均匀后，放在 37 的水浴里保温。5 分钟后，用滴管吸取混和液 3—4 滴，注入清洁的试管里。冷却后滴加碘化钾碘溶液 2—3 滴，溶液的蓝紫色变浅。把上述混和液在水浴上加热，每隔 3—4 分钟取出 3—4 滴用碘化钾碘溶液检验一次，直到加入碘溶液后不变色为止。淀粉完全水解大约需要加热 15 分钟。

## 四、合成有机高分子化合物

### (一) 高分子材料的溶解性

**目的：**认识有机高分子材料在溶剂中的溶解性。

**用品：**钢锉（或小刀）、酒精灯、烧杯、量筒、三脚架、石棉网。

聚苯乙烯、锦纶 6、聚甲基丙烯酸甲酯的废旧制品、废旧橡胶轮胎、苯、苯酚、氯仿、汽油。

**原理：**有机高分子化合物通常分成塑料、纤维和橡胶三大类，一般都能溶解在适当的溶剂里制成溶胶。

**准备：**聚苯乙烯粉末可以从塑料牙刷柄、破旧的聚苯乙烯制品上锉下；锦纶 6 可以从破旧的锦纶袜或锦纶丝制的破网线袋上取下；聚甲基丙烯酸甲酯的粉末可以从有机玻璃废旧制品上锉下；橡胶粉末可以从废旧轮胎或其它废旧橡胶制品上锉下。

**操作：**

1. 在一个试管里注入 10 毫升苯，加入聚苯乙烯塑料粉末约 0.5 克，振荡试管，聚苯乙烯塑料粉末先吸收溶剂发生溶胀现象，而后慢慢地溶解在溶剂里形成溶胶。

2. 在一个试管里加入苯酚 2 克，注入氯仿 1.5 毫升，把试管放在水浴上加热到苯酚完全溶解，水浴的温度保持在 40 左右。往苯酚和氯仿的混和溶液里加入锦纶 6 约 1 克，振荡试管，锦纶 6 先溶胀，然后慢慢地溶解成溶胶。

3. 在盛有 0.5 克聚甲基丙烯酸甲酯粉末的试管里，加入 9 毫升氯仿，振荡试管，观察跟上两个实验相似的现象。

4. 在盛有 5 毫升汽油（或苯）的试管里，加入橡胶粉末 0.5 克，充分振荡试管，看到橡胶发生溶胀而难于溶解。

**注意事项：**橡胶能溶解于汽油或苯，它的溶解过程跟上面三个实验相似。但废轮胎上刮下的粉末是硫化橡胶，因此难于溶解。

## (二) 高分子材料的性能

**目的：**认识高分子材料的热塑性。

**用品：**试管、试管夹、酒精灯。

聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯的碎片。

**原理：**线型高分子受热到一定的温度，开始软化，直到熔化成流动的液体，冷却变成固体后，加热又熔化，具有热塑性。

**准备：**聚氯乙烯可以用废旧塑料鞋或电线包皮的碎片，聚乙烯可以用食品塑料袋或塑料瓶等的碎片，聚丙烯可以用包扎绳。

**操作：**在三个试管里分别放聚氯乙烯、聚乙烯和聚丙烯的碎片各约 3 克，用酒精灯慢慢加热，这三种高分子材料都是先软化，然后熔化成流动的液体。前两者加热的时间较短，易于熔化，后者加热的时间较长，较难熔化。这三种塑料熔化后，应立即停止加热，以防分解。冷却，变为固体，再热再熔化。说明它们都是热塑性塑料。

### (三) 酚醛树脂的生成

**目的：**通过甲醛和苯酚形成酚醛树脂的过程，加深对缩聚反应的认识。

**用品：**大试管、带有长玻璃管（约 30 厘米）的橡皮塞、试管夹、量筒、烧杯、石棉网、酒精灯、温度计、蒸发皿。

苯酚、甲醛（40%）、浓盐酸（37%）、浓氨水（28%）。

**原理：**酚醛树脂用苯酚和甲醛为原料，在酸或碱的催化作用下缩聚而成。苯酚过量，在酸性催化剂作用下，缩聚成线型结构的热塑性酚醛树脂。甲醛过量，在碱性催化剂作用下，缩聚成体型结构的热固性酚醛树脂。

**操作：**

#### 1. 用盐酸作为催化剂

在一个大试管里加入苯酚 2.5 克，注入 2.5 毫升甲醛溶液，混和后，放在沸水浴里加热约 15 分钟。从水浴中取出试管，加入 1 毫升浓盐酸，略加以振荡，再用带有长玻璃管的橡皮塞塞好，试管里即出现剧烈的沸腾现象，等反应不再剧烈进行时，继续加热（图 9—19），直到液体变成白色浑浊状态。而后从水浴中取出试管，稍冷，把试管里的混和物倒入蒸发皿中，倾去上层的水，下层就是酚醛树脂似米黄色。它能溶于丙酮、乙醇等溶剂中。{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0093\_1.bmp}

#### 2. 用浓氨水作催化剂

在另一个试管里加入 2.5 克苯酚，注入 3—4 毫升 40% 甲醛溶液，混匀后再加 1 毫升浓氨水，振荡混和，也用带有玻璃管的橡皮塞塞好，象上面装置一样在水浴中加热，约 15 分钟后，试管里逐渐出现白色的浑浊状态，暂停加热。待发生的气泡稍少时，再继续加热，过一会儿，就变成粘稠的半流动性液体。把所得粘稠物倒入一瓷蒸发皿里，在 50 温度下烘 1 小时后，再继续 在 70—80 下烘 8 小时，即能缩合成体型固体酚醛树脂。它几乎不溶于任何溶剂。

**注意事项：**清洗试管的方法是：倒掉试管上部的液体后，在试管底部剩下的酚醛树脂中，加入约 1 毫升的福尔马林，再用玻棒刮擦，可使酚醛树脂成团地拉出来。若是体型结构的酚醛树脂，倒出后，试管壁上还会留下一些橙红色的碎粒，同样可用福尔马林清洗，如果管壁尚有少量高聚物，则可用软质纸卷成与管口粗细相仿的纸棒，伸入试管底部，沿管壁刮擦。

#### (四) 聚氯乙烯的分解

**目的：**观察聚氯乙烯受热分解，并用加热法鉴别热塑性塑料和热固性塑料。

**用品：**试管、试管夹、酒精灯、玻棒、坩埚钳。

铁片、浓氨水、蓝色石蕊试纸、聚氯乙烯碎片、酚醛树脂碎片。

**原理：**聚氯乙烯受热易发生消去反应而分解，放出氯化氢。

**准备和操作：**

1. 取少量聚氯乙烯薄膜碎片放在一个试管里，置于酒精灯的火焰上加热。聚氯乙烯受热变软，加热到 80 左右时开始熔化。再加热，聚氯乙烯就分解，逸出氯化氢气体。用湿润的蓝色石蕊试纸试验，可以看到试纸变成红色，用玻棒蘸浓氨水来检验，在管口会产生白烟。

2. 取聚氯乙烯和酚醛树脂的碎片各少量，分别放在一块薄铁片上，用坩埚钳夹持，放在酒精灯火焰上加热。聚氯乙烯先软化，然后熔化。继续加热，聚氯乙烯被灼焦而分解，有氯化氢气味产生。而酚醛树脂受热后不变软，但颜色变深而产生裂纹，继续加热，被灼焦并产生与甲醛相似的气味。

(徐玉坤 许亚斐)

## 第十章 中学化学实验的改进

实验改进的内容，在前几章已有所论及，这里再选编一部分实验，以求获得良好的实验效果，并给人启迪，使其它实验也能想出新招。

## (一) 物质运动

目的：认识扩散是分子运动的重要现象，运动是物质的本质属性。

用品：钟罩（或大烧杯）、小烧杯、滤纸、集气瓶、毛玻片、启普发生器、酒精灯。

浓氨水、酚酞酒精溶液、锌粒、稀硫酸、琼脂、重铬酸钾、高锰酸钾、蒸馏水。

操作：

1. 氨的扩散在洁净小烧杯中加入 20 毫升蒸馏水，并滴入酚酞溶液 3~5 滴。另一小烧杯中加入 20 毫升浓氨水。将钟罩罩住两烧杯，稍待，盛放蒸馏水的烧杯出现红色。{ewI MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0096\_1.bmp}{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0096\_2.bmp}

2. 氢气的扩散 用排水集气法将氢气收集在 250 毫升集气瓶中至满，并用滤纸吸干集气瓶口的水滴。把一个空集气瓶正立桌上，瓶口盖上一张滤纸，将收满氢气的集气瓶倒合在空瓶口上。静置 5 分钟，两瓶气体都用毛玻片盖好，一一点燃，两瓶都能发生爆鸣。

3. 高锰酸钾粉末在凝胶中的扩散 把琼脂 1 克放入 100 毫升蒸馏水中，搅拌、加热，使其溶解。冷却成凝胶。将上述凝胶温热，加到试管一半处，冷却凝聚后，用 V 形纸槽小心将  $\text{KMnO}_4$  粉末（或  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  粉末）加到凝胶上（管壁沾粘的粉末应用脱脂棉擦净），再向试管中注入温热琼脂溶液，直到满管。5~10 天后，可看到  $\text{KMnO}_4$ （或  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）向上下扩散。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0097\_1.bmp}

## (二) 液体与液体的相互溶解

目的：了解两种液体相互溶解时体积的变化，藉以说明分子间有距离。

用品：50 毫升容量瓶、滴定管、玻管。

无水酒精、蒸馏水、冰醋酸、苯

操作：

### 1. 酒精与水的互溶

方法一：取一端封口，1.5 厘米、长约 90 厘米、配有橡皮塞的玻璃管一支，向管内倾注无水酒精至管长的一半处，然后加水（为便于观察，可用红墨水着色）至满。塞紧橡皮塞，并擦干管壁。上下颠倒，直到混和均匀为止。正立静置，可发现混和液体积减少，管内出现空隙。

方法二：取 50 毫升容量瓶 1 个，用滴定管加进 25 毫升无水酒精后，再用滴定管加进 25 毫升蒸馏水。盖上塞子，振摇至匀，静置片刻，发现混和液体积小于 50 毫升。

2. 冰醋酸与苯的互溶 取 50 毫升容量瓶 1 个，用滴定管加进 25 毫升冰醋酸后，再用滴定管加进 25 毫升苯。盖上塞子，振摇后静置，发现混和液体积大于 50 毫升。

### (三) 过饱和溶液的结晶

**目的：**认识过饱和溶液及过饱和溶液不如饱和溶液稳定。

**用品：**烧杯、玻棒、酒精灯、滤纸、平底烧瓶、石棉网。

醋酸钠晶体、硫代硫酸钠晶体、蒸馏水。

**准备：**

1. 醋酸钠过饱和溶液的制备 500 毫升烧杯中加入 250 克未潮解的醋酸钠晶体 ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 和 150 毫升蒸馏水，用微火加热，不断搅拌，使其完全溶解。趁热将溶液过滤到 500 毫升洁净并干燥的平底烧瓶中（注意！不能把溶液滴在烧瓶颈部）。静置冷却后，用洁净的橡皮塞将瓶口盖严。

2. 硫代硫酸钠过饱和溶液的制备 250 克硫代硫酸钠晶体 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 置于干燥洁净的平底烧瓶中，用水浴加热，使其溶于结晶水中。静置冷却，用洁净橡皮塞将瓶口盖严备用。

**操作：**瓶中投入同种溶质的小晶体，晶体迅速布满整个烧瓶。

**注意事项：**

1. 醋酸钠晶体容易吸潮，药品量可适当增加。
2. 尘土亦能使过饱和溶液结晶，所以平底烧瓶要洁净，瓶口要盖严。
3. 晶种要细小，晶形要好，这样晶体生长缓慢，现象清晰。

#### (四) 催化剂对反应速度的影响

目的：了解催化剂对化学反应速度的影响。

用品：1000 毫升圆底烧瓶、滴管、烧瓶夹、石棉绳(绒)、镍铬丝玻棒、粗玻管( 2 厘米、长 15 厘米)、贮气袋、角匙。

铝粉、碘片、氧气、氢气、四氯化铂或六氯合铂酸。

操作：

1. 水对铝粉、碘粉反应的催化作用按图 10—4 进行装置。取 1 勺半已经研细的碘粉和 1 勺铝粉，混和均匀。取一些放入试管中(作对比用)，将其余混和物装入干燥的烧瓶内。在双孔橡皮塞的一孔中插入一支吸有少量水(冬天用温水)的滴管，另一孔插入一根长约 30 厘米的长玻管，将塞子塞严实。捏滴管皮囊，加 2~3 滴水于烧瓶药物中。发生剧烈反应，放出大量热，使过量的碘升华，可看到有紫色气体产生，充满整个烧瓶，进而由玻璃管上端逸出。放在试管中的混和物，虽能反应，但速度极为缓慢。

2. 铂黑使  $H_2-O_2$  混和气体爆炸装置如图 10—5 所示。将石棉绳绕在镍铬丝的一端，加水 1~2 滴湿润，捏成绿豆大小的小球。烘干后浸以  $PtCl_4$  或  $H_2PtCl_6$  溶液，进行灼烧，即可得铂黑石棉小球。{ewl

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0100\_1.bmp}

先将铂黑小球在灯焰中灼热，使之活化。在粗玻管下口先通入一些氢气，然后从上面导管缓缓地通入氧气。 $H_2$  与  $O_2$  就在铂黑棉上进行化合，铂黑棉温度逐渐上升，使混和气体发生爆炸。

## (五) 压强对化学平衡的影响

**目的：**掌握压强对化学平衡的影响。

**原理：**同体积的  $\text{NO}_2$  气体与  $\text{O}_2$  气体在室温下用相同压强压缩，气体体积缩小不相等；撤除外力，恢复到常压，两气体能恢复原来的体积。根据  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  反应知道这是压强对化学平衡影响的缘故。

**用品：**大试管、注射器、橡皮塞、有机玻璃合。

铜片、浓硝酸、二氧化锰、30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液、凡士林。

**操作：**注射器中分别吸入 50 毫升  $\text{NO}_2$  气体与  $\text{O}_2$ ，套上橡皮塞，放入有机玻璃合中。如图 10 - 6 所示。

用手推动右边橡皮塞，当手力不能再压缩时，予以固定，以保持恒压。读出并记录此时  $\text{NO}_2$  气体和氧气的体积数。撤除外力，恢复到起始压强，两支注射器中的气体都能恢复到起始体积。

**注意事项**

1. 注射器活塞涂凡士林，可增强其气密性。将涂过凡士林的注射器吸入一定量的空气，用手力压缩到不能再压时，撤去外力，根据其能否恢复到原来体积可以判断是否漏气。

2. 本实验可用  $\text{NO}_2$  与空气、氮气对比，不能用氢气、氨气、二氧化碳等对比。这是由于氢气质量小，极易扩散，致使漏气；氨与二氧化碳极易液化的关系。

## (六) 氯化银的导电

**目的：**加深对电解质定义的理解。

**用品：**石墨电极、蓄电池、蒸发皿、电珠、铜导线、滤纸、喷灯、角匙。  
AgNO<sub>3</sub> 溶液、食盐水、蒸馏水。

**准备：**在暗室或红光下，将食盐水与热硝酸银溶液反应制取氯化银。生成的氯化银沉淀，通过过滤、洗涤、干燥、粉碎后保存在棕色瓶中或阴凉避光处（外包黑纸）备用。

**操作：**连接电路，用螺丝刀相碰两电极，电珠发光，以示通路。如图 10-7 所示。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0102\_1.bmp}

用角匙取少量氯化银于蒸发皿，使两电极没入氯化银晶体中，电珠不发光。

蒸发皿中加入蒸馏水，用玻棒搅拌，将电极插入溶液，仍不导电。取出电极，并将两极擦干。

重取氯化银于干燥洁净蒸发皿中，使电极没入氯化银晶体中，用喷灯加热。晶体熔化，电珠灯亮。

## (七) 离子的迁移

目的：观察在电场中离子的定向迁移，避免学生将电迁移误认为扩散。

用品：直流低压电源、U形管、小烧杯、镍片电极（可用回形针代）、石棉网、酒精灯。

硫酸铜饱和溶液、重铬酸钾饱和溶液、0.1 摩/升硝酸钾溶液、琼脂、蒸馏水。

操作：在小烧杯中放入 1.2 克琼脂，用 30 毫升水浸泡一昼夜，待充分肿胀后加热搅拌，使成胶冻。

将硫酸铜饱和溶液、重铬酸钾饱和溶液（体积比 2 : 1）混和液 10 毫升加入胶冻中，搅匀后趁热倒入 U 形管中（管口要留 2 厘米空间），待冷却凝固后，向两管口都加入 0.1 摩/升硝酸钾溶液至近满。如图 10—8 所示。{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0103\_1.bmp}

以镍片作电极，通 20 伏直流电，几分钟后，负极区因  $\text{Cu}^{2+}$  富集而呈蓝色，阳极区因  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  富集而呈橙黄色。

## (八) 完全水解

目的：了解盐类的相互水解作用。

用品：具支试管、小试管、橡皮塞。

饱和碳酸钠溶液、饱和硫酸铝溶液。

操作：在具支试管中加入 10 毫升饱和碳酸钠溶液。在盛有 5 毫升饱和硫酸铝溶液的小试管中插入一根细玻璃棒，然后放在具支试管中。用橡皮塞塞紧具支试管。如图 10—9。{ewl

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0104\_1.bmp}{ewr

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0104\_2.bmp}

倒置上述装置，则乳白色泡沫从支管口喷出，若喷向燃烧物，立即熄灭。

其它实验方法：本实验可用吸滤瓶做，但用量多后，压力过大，塞子容易顶出，不甚安全。若用青霉素瓶、安瓿代替反应器，则装置简单，操作方便，极为安全。

### (九) 红磷在氯气中燃烧

目的：了解红磷与氯气能直接反应，生成产物有  $\text{PCl}_3$  与  $\text{PCl}_5$ 。

用品：圆底烧瓶、燃烧匙、尖嘴玻璃管、水槽、乳胶管、弹簧夹、具支试管、塑料贮气袋。

高锰酸钾、浓盐酸、红磷。

操作：装置如图 10—11 和 10—12。

圆底烧瓶配上双孔橡皮塞，一孔插上直角玻璃导管，另一孔插入长约 15 厘米的尖嘴玻璃管，用橡皮管与长约 5 厘米的直玻璃管相连。橡皮塞上再插上反焊的燃烧匙，匙内放干燥过的红磷。{ewl

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0105\_1.bmp}{ewr

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0105\_2.bmp}

取下圆底烧瓶。用浓盐酸与高锰酸钾反应制取氯气，用向上排空气法贮于圆底烧瓶中，塞上橡皮塞。再制取一些氯气通入贮气袋备用。

迅速将充满氯气的圆底烧瓶套在装有红磷的双孔塞上，红磷着火燃烧，生成的三氯化磷以珠滴状无色液体粘附在圆底烧瓶壁上。

反应片刻后，使直角导管与氯气贮气袋相连，打开弹簧夹，使氯气鼓入圆底烧瓶中。停止通氯时，夹好弹簧夹。

液体三氯化磷与氯气继续反应，烧瓶内呈现白烟，这是固体五氯化磷。

由于三氯化磷转化成五氯化磷，烧瓶内产生负压。当把长短玻璃管连接处的弹簧夹打开，形成喷泉。

## (十) 卤素的相对活泼性

目的：通过卤素的置换反应掌握卤素的相对活泼性。

用品：500 毫升锥形瓶、玻璃绒、20 × 700 毫米玻管一支、青霉素瓶、吸滤泵。

高锰酸钾、浓盐酸、3 摩/升溴化钾溶液、3 摩/升碘化钾溶液、淀粉溶液。

操作：仪器装置如图 10—13 所示。

在玻管左口处（空约 8 厘米）填上约 10 厘米长，用 3 摩/升溴化钾溶液浸过的玻璃绒；在玻管右口 25 厘米处填上约 10 厘米长、用 3 摩/升碘化钾溶液浸过的玻璃绒；在 KI 玻璃绒右边，填上约 10 厘米长、用淀粉浆浸泡过的玻璃绒。

在青霉素瓶中加入 1.5 克高锰酸钾与 2 毫升浓盐酸后，迅速放入 500 毫升的锥形瓶中，使氯气充满锥形瓶。

加热 KI 玻璃绒部分 1~2 分钟，打开弹簧夹，并开启吸气装置（水流不要太快），使氯气慢慢地吸入玻璃管中。

在溴化钾处，有红棕色的溴蒸气，在碘化钾处，产生紫色碘蒸气。在淀粉试液处，玻璃绒变成蓝色。

其它实验方法：假若没有吸滤泵，可改用图 10—14 装置。水流不宜过快，控制在‘水珠成串’就行。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0107\_1.bmp}

### (十一) 硫化氢与二氧化硫的氧化-还原反应

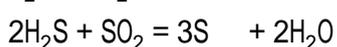
目的：掌握硫化氢气体与二氧化硫气体的相互作用及其反应现象。

用品：250 毫升圆底烧瓶、具支试管、分液漏斗、广口瓶。

硫化亚铁、亚硫酸钠、浓硫酸、稀硫酸、2 摩/升 NaOH 溶液。

操作：仪器装置如图 10—15。开启活塞，分别使浓、稀硫酸进入反应器，产生反应。

H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub> 在烧瓶中相遇，立即反应，方程式为：



淡黄色的硫沉积在烧瓶内壁。

注意事项

1. 安全出气管应伸到圆底烧瓶底部。
2. 将通气管没入氢氧化钠溶液中的作用，是用来吸收未反应的 SO<sub>2</sub> 或 H<sub>2</sub>S。
3. 本实验装置可用来进行 NO<sub>2</sub> 与 SO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>S 的氧化-还原反应。

## (十二) 二氧化硫的性质

目的：了解二氧化硫的性质及液化条件。

用品：500 毫升蒸馏烧瓶，100 毫升分液漏斗、试管、T 形管、烧杯。

亚硫酸钠、浓硫酸、1% 紫色石蕊试液、1% 品红溶液、 $\text{H}_2\text{S}$  饱和溶液、碘水（饱和碘水稀释 10 倍）、30%NaOH 溶液、粗食盐、冰。

操作：装置图如图 10—16。

将 6 支试管放在试管架上，第 5 管是空管，插入盛有冰盐水的烧杯中。在 1 至 4 试管中分别加入等体积（约为试管容积的五分之一）的紫色石蕊试液、品红溶液、 $\text{H}_2\text{S}$  溶液和碘水。在第 6 试管中加入 30%NaOH 浓溶液。

用等长度玻璃导管、T 形管或直角导管按图相互连接，组成一并联进气系统及排气系统。每个试管中的气体都由长玻璃管进入溶液，再由短管导出，最后气体都集中在第 6 管中，被浓碱溶液所吸收。

开启分液漏斗，使浓硫酸滴入  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  中，产生  $\text{SO}_2$  气体。若反应缓慢用酒精灯微热之。打开每支试管上的弹簧夹，让气体进入各支试管的溶液中。

各试管通入  $\text{SO}_2$  气体后，变化如下：

试管 1 中，紫色石蕊溶液变红；试管 2 中，红色溶液褪为无色；试管 3 中，无色透明溶液变为乳白色浑浊；试管 4 中，棕黄色溶液褪为无色；试管 5 中，凝聚着无色液体。

其它实验方法：用图 10-17 所示装置实验，可达同样效果。

$\text{H}_2\text{S}$  气体与紫色石蕊试液、碘溶液、高锰酸钾溶液、三氯化铁溶液、硫酸铜溶液、硝酸铅溶液等反应；乙炔气体与酸性高锰酸钾溶液、溴水、银氨溶液等反应，都可用上述装置进行实验。

### (十三) 接触法制三氧化硫

**目的：**制取三氧化硫，了解三氧化硫的性质，认识硫酸的生产过程。

**用品：**铁夹、气唧、反应管、安瓿、蒸发皿。

硫粉、浓硫酸、蒸馏水、氯化钡溶液、盐酸、紫色石蕊试液、重铬酸铵、粗食盐。

**准备：**仪器按图 10—18 进行安装。将 2 克硫粉，放在蒸发皿中加热，待熔化时，加入 2 克石棉绒，用玻棒搅拌，使石棉绒均匀沾上熔硫，成为硫棉。趁热撕成蚕豆大小块，冷却后备用。

用 1 克重铬酸铵晶体，放在试管中，使其受热分解成  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 。继续加热至干燥，装入反应管细管部分。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  两边，用细铜丝阻塞。

**操作：**酒精灯加热催化剂 3 分钟后，用镊子夹持硫棉一块，点燃。置于反应管粗管中，塞上连有气唧的橡皮塞。微微掀动气唧，鼓入空气，使硫继续燃烧生成二氧化硫。

当  $\text{SO}_2$  与空气的混和物通过催化剂时，能见到催化剂红热，同时在反应管右部导管口有白烟冒出。

当  $\text{SO}_3$  通过水吸收器时，产生大量酸雾而冒“烟”，通过浓硫酸吸收器时无此现象。

取下水、浓硫酸吸收器，将  $\text{SO}_3$  通入安瓿，并将安瓿没入冰盐水中冷却。片刻即可观察到白色  $\text{SO}_3$  晶体生成。反应管与吸收器连接处的乳胶管，由于炭化而变黑。

在上述通  $\text{SO}_3$  的蒸馏水中，加入  $\text{BaCl}_2$  溶液，立即出现浑浊。用盐酸酸化，浑浊不消失。

**注意事项：**

1. 鼓气不要太急太快，要使硫棉充分燃烧。
2. 欲制  $\text{SO}_3$  晶体，导管和安瓿要极为干燥（要预先烘过，用橡皮塞封口，用时打开）。
3. 装置中乳胶接头要短，以免腐蚀炭化。

#### (十四) 木炭与浓硫酸的反应

**目的：**了解浓硫酸具有氧化性及其与非金属碳的反应。

**用品：**试管、铁架台、酒精灯。

98%硫酸、木炭、品红溶液、饱和石灰水。

**操作：**按图 10—19 进行装置。

大试管中放入 5 毫升 98%硫酸，放入几片碎玻璃片（防止暴沸），加进木炭一小块，塞上带有导管的橡皮塞。

加热试管，木炭与浓硫酸反应产生的气体使品红溶液褪色；使澄清石灰水浑浊。

**注意事项：**检验的顺序不能颠倒。石灰水浑浊后，不必再通到又成澄清溶液，就可将酒精灯移至无液处。缓慢冷却后，再移开酒精灯，防止褪色品红溶液倒吸到反应器中。

### (十五) 热氨具有强烈还原性

目的：了解热氨具有强还原性。

用品：大试管、球形干燥管、小试管、玻璃绒。

硫酸铵、消石灰、氢氧化钠、氧化铜、红色石蕊试纸。

原理：热氨是一种强还原剂，它能还原某些金属氧化物，例如



操作：按图 10—20 进行装置。使 5 克氢氧化钠均匀粘附于玻璃绒后装入球形干燥管中。

取小试管一支，内壁用水湿润，粘附一层氧化铜后，放入一张湿润的红色石蕊试纸，塞上带有直玻导管并切有缺口的橡皮塞（不切缺口，氨无法通入）。

称取 5 克硫酸铵与 3 克消石灰均匀混和后装入大试管。加热，当红色石蕊试纸变蓝时，加热粘有氧化铜的试管，直至氧化铜变成紫红色金属铜为止。

## (十六) 一氧化氮氧化和二氧化氮被水吸收

**目的：**了解 NO 和 NO<sub>2</sub> 的性质。

**用品：**圆底烧瓶、直角导管、尖嘴玻管、注射器、水槽、氧气袋。

铜片、稀硝酸、紫色石蕊试液。

**准备：**按图 10 - 21 装置。用加水法分别测定烧瓶在 100 毫升、200 毫升、300 毫升容积的位置，并做好标记。{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0114\_1.bmp}

**操作：**把做好标记的圆底烧瓶装满滴有紫色石蕊试液的水，塞上双孔塞，直角导管与 NO 贮气袋相连，打开弹簧夹，鼓入 300 毫升 NO，夹紧弹簧夹。NO 不溶于水，不使紫色石蕊试液变色。

用注射法(针头刺入橡皮管内)分三次共注入 150 毫升氧气于圆底烧瓶。氧气注入时，瓶内立即出现红棕色，烧瓶内石蕊溶液由紫色变成红色，同时产生喷泉，气体由红棕色变成无色。喷泉停止时，无色气体体积为 100 毫升。

## (十七) 红磷转化成白磷

**目的：**认识磷的同素异形体——红磷与白磷，了解红磷转化成白磷的变化情况。

**用品：**试管、洗耳球。

红磷。

**操作：**先在试管中收满二氧化碳气体，然后在试管底部及试管口放入干燥的红磷，塞上带导管的橡皮塞。

预热整个试管后，在试管底部红磷处加热。当试管中有油状白磷出现后，停止加热，这时将导管上胶管夹紧，以免空气进入。自然放冷，可得固态白磷。

若演示白、红磷不同着火点，趁热，用洗耳球从导管中鼓入空气，可见白磷燃烧，产生白色烟雾。但管口红磷不燃。白色烟雾能使湿润的蓝色石蕊试纸变红。

**注意事项：**生成白磷后，可不把胶管夹紧，装上直角导管，伸入  $\text{CO}_2$  气体中。这样，自然冷却时因吸进  $\text{CO}_2$  气体，亦可避免白磷氧化。

## (十八) 二氧化碳与氢氧化钠的反应

**目的：**掌握酸性氧化物与碱反应生成盐和水这一反应规律。

**用品：**烧杯、玻棒、CO<sub>2</sub>发生器、试管、玻璃导管。

96%酒精、氢氧化钠、盐酸、蒸馏水。

**原理：**CO<sub>2</sub>与NaOH水溶液可反应生成Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>与水，因生成物Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶于水而无鲜明现象。现改用氢氧化钠的酒精饱和溶液，Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>不溶于酒精而成结晶析出。

**准备和操作：**称取2克氢氧化钠放于烧杯，加进60毫升96%酒精，不断搅拌，使成饱和氢氧化钠酒精溶液，贮入试剂瓶备用。

取3毫升饱和氢氧化钠酒精溶液于试管，通入CO<sub>2</sub>，则产生白色沉淀，这是生成的碳酸钠。

将上述生成物分装于两试管，一管中加入少量蒸馏水，振荡，沉淀溶解；另一试管中滴加盐酸，产生CO<sub>2</sub>气体，用点燃的火柴伸入试管，火焰熄灭来验证。

## (十九) 过氧化钠吸收二氧化碳放出氧气

目的：掌握  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  的反应及其气体体积之间的定量关系。

用品：250 毫升医用盐水瓶、安瓿、水槽、尖嘴长玻管。

过氧化钠、浓硫酸、稀硫酸、碳酸钠、酚酞试液。

准备：取盐水瓶一个，装满水后，将水倒入量筒，测出其容积，并在容积一半处做上标记。干燥盐水瓶，配上带有拉成尖嘴、长 20~25 厘米玻璃导管的橡皮塞。导管尖嘴正好伸入瓶容积一半处。导管另一端套上一小段橡皮管，并夹上弹簧夹。

计算在实验条件（指温度、压强需换算成标准状态）下，该容积的  $\text{CO}_2$  与  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的反应量。在分析天平上称取所需的  $\text{Na}_2\text{O}_2$ （用安瓿代替称量瓶）。

操作：用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应，制取  $\text{CO}_2$  气体，经浓硫酸洗气后，用向上排空气法收集于已测知容积的干燥盐水瓶中，收满即可。

连同安瓿，将  $\text{Na}_2\text{O}_2$  放入充满  $\text{CO}_2$  的盐水瓶中，塞上带尖嘴导管的橡皮塞，振摇，使完全反应。

将玻璃导管没入水槽（水中滴有酚酞）中，打开弹簧夹。由于  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{CO}_2$  反应，使盐水瓶内产生负压，形成喷泉。进入瓶内的水变成红色。{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0117\_1.bmp}

喷泉停止，水正好充满盐水瓶容积的一半（在刻度处）。用带有余烬的木条伸入瓶内，木条复燃，证明瓶内的气体是氧气。

注意事项： $\text{Na}_2\text{O}_2$  过量，将使氧气的量超过盐水瓶容积的一半，引起较大误差。

## (二十) 铝和氧化铝的性质

**目的：**掌握铝的重要化学性质以及氧化铝的两性。

**用品：**底端球形封口、另一端拉成尖嘴、约 25 厘米长的玻管、铁架台、铁夹、表面皿、0 号砂纸、脱脂棉或滤纸、U 形管、试管、带活塞的尖嘴玻管、漏斗、聚乙烯塑料。

铝箔(16 厘米 2)、10% $\text{HgCl}_2$  溶液，着色乙醚、2 摩/升硫酸、20% $\text{NaOH}$  溶液、蒸馏水。

**准备和操作：**

1. 铝在空气中氧化按图 10—24 进行装置。加热空玻璃球赶跑空气，再将尖嘴管插在乙醚(用品红着色)中，乙醚即上升进入管中，然后将玻管倒过来，乙醚就进入球内。没有乙醚，可用酒精代替。

用砂纸将铝箔擦净，把铝箔包裹在盛乙醚的玻璃球上。在铝箔表面滴以  $\text{HgCl}_2$  溶液(需用表面皿承接)，当铝箔表面呈现灰色时，用脱脂棉或滤纸将  $\text{HgCl}_2$  溶液吸干。

铝箔表面有大量蓬松的氧化铝生成，用玻棒将氧化铝刮入洁净的表面皿中。铝氧化时产生的热量，使球内乙醚蒸发，在玻管尖嘴处可点燃乙醚蒸气。

2. 铝与水的作用按图 10—25 进行装置。把聚乙烯塑料打上小孔，塞入 U 形管中作隔板用。管口配上带有活塞导气管(或夹子)的单孔塞，另一管口配上装有漏斗的橡皮塞。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0119\_1.bmp}

将上一个实验的铝箔取下，刮掉蓬松的氧化铝，立即投入装有隔板的 U 形管中，塞上单孔塞。打开活塞，从漏斗中注入蒸馏水，使水充满 U 形管后，关闭活塞。

可见铝箔表面有气泡逸出。气体上升，积留在反应管上方，液面下降，水被逐步压回到漏斗中。

当收集到一定量的气体后，扭开活塞，用火柴点燃气体，可听到“扑”的一声，气体安静燃烧，并有不易觉察的火焰(用脱脂棉着火证明火焰的存在)，证明该气体是氢气。

3. 氧化铝的两性 将上述实验中刮取的氧化铝放入两个试管中，分别加入 2 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和 20% $\text{NaOH}$  溶液 5 毫升，振摇，氧化铝均立即溶解。

**注意事项：**若用氢氧化铝凝胶状沉淀来制备氧化铝，一是费时，二是加热温度不易控制，如高于 850 ，则生成  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  变体，既不溶于酸，也不溶于碱，只有在 600 以下的产物，才溶于酸和碱。

## (二十一) 实验室制取甲烷

**目的：**用脱羧法制取甲烷，达到产气快、产量大、并减少试管破碎的目的。

**用品：**试管、铁架台、集气瓶、水槽。

无水醋酸钠、氢氧化钠、生石灰、铝箔、二氧化锰。

**原理：**反应的实质是无水醋酸钠与氢氧化钠作用，生成碳酸钠与甲烷气体。碱石灰中的石灰，除作干燥剂外，还使反应物疏松，让甲烷易于逸出，没有参与反应。 $\text{NaAc} \quad \text{NaOH} \quad \text{CaO} = 4 \quad 2 \quad 1$  (理论比值  $\text{NaAc} \quad \text{NaOH} \quad 2 \quad 1$ ，教材上醋酸钠与碱石灰为 1 3) 时，效果较理想。

**准备和操作：**取无水醋酸钠 4 克、未变质的氢氧化钠 2 克，放入研钵中迅速研和后，加入敲成细屑的新鲜石灰 1 克，再研和后，即成碱石灰，装入用铝箔卷成的圆柱筒（比试管内径略小）内，塞入试管，按制氧气手续进行加热和收集甲烷。

**注意事项：**

1. 醋酸钠过量，加热时会分解出丙酮，氢氧化钠过量，容易使试管破裂。二氧化锰也不宜太多。

2. 残渣务必趁热取出、扒净，试管不易破裂。

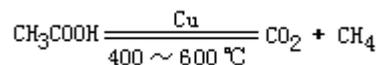
**其它实验方法：**取 2 克无水醋酸钠、1 克二氧化锰（作催化剂）、1.2 克氢氧化钠固体于纸上充分混和，迅速装入预热的试管中，按制氧气手续进行加热和收集甲烷。约 5 分钟时间，可得 540 毫升甲烷，产气率达 90%。

## (二十二) 乙酸分解制取甲烷

**目的：**用乙酸分解可快速制取数量较多的甲烷气体。

**用品：**20×250 毫米石英管、125 毫升分液漏斗、石棉绒、1000 瓦电炉丝、3~5 升贮气瓶、单孔塞、铁架台。

**原理：**冰醋酸、10%NaOH、细铜丝。



**准备：**1.按图 10—26 进行装置。在石英管外壁先绕一层石棉线，在石棉绒上绕上拉长的电炉丝，接上引出线和电源插头。电炉丝外，涂以石棉绒与水玻璃混和物（保温并固定电炉丝），干燥后备用。

2.石英管内填上细铜丝（废漆包线燃烧去漆，酸洗干燥后用，不能塞得太紧）。

3.分液漏斗中装冰醋酸。

4.贮气瓶中装满 10%NaOH 溶液。

**操作：**接通电源，当玻璃管内已红热时（从玻管截面看），开启分液漏斗活塞，使冰醋酸缓慢地滴下。速度既不能太快，以免气体太多来不及收集，使塞子弹出；又要避免部分冰醋酸不分解。

反应刚开始时的气体应该放空（内有空气），待有白雾出来时再用排水法收集在贮气瓶中。

贮气瓶中应留部分 NaOH 溶液，以利 CO<sub>2</sub> 气体吸收，使甲烷气体纯化。

**注意事项：**

1.3~5 分钟可制得 3~5 升甲烷气体。

2.生成的混和气体必须用 NaOH 溶液充分洗涤，如静置时间稍长，则 CH<sub>4</sub> 更纯。

### (二十三) 甲烷受热分解

**目的：**掌握甲烷受热分解的性质。

**用品：**感应圈、集气瓶、双通活塞。

甲烷、氧化铜、溴水。

**操作：**按图 10—27 进行装置。

250 毫升的集气瓶配上带有直角导管的单孔橡皮塞，在橡皮塞上穿过两根粗铜针，在针孔处涂熔化石蜡或凡士林，并将两铜针擦净至光亮。

用排水法收集一瓶甲烷，塞上橡皮塞（瓶内铜针高是瓶高的二分之一）。

用导线连接铜电极与感应圈，接通 6~12 伏电源，集气瓶内电极间发生电火花放电，甲烷受热分解。铜电极上出现黑色炭粒，打开活塞，在尖嘴导管处点火，可见蓝色火焰。当气体流经灼热的氧化铜时，立即出现紫红色的铜，从而证明产物中含有氢气。

**注意事项：**反应中有一定量的乙炔气体产生，装置中串联的一个盛有溴水的具支试管，是除去乙炔的。

## (二十四) 甲烷、乙烯、乙炔的热分解

**目的：**掌握甲烷、乙烯、乙炔的热分解反应，加深对阿佛加德罗定律的理解。

**用品：**100 瓦灯泡中的钨丝、调压变压器、硬质玻璃管、水槽。

甲烷、乙烯、乙炔。

**原理：**甲烷、乙烯、乙炔等气体，在隔绝空气的条件下强热，可以分解成炭黑和氢气。

**准备：**取内径约 1.5 厘米、长为 30 厘米的硬质玻璃管一根，配上一个橡皮塞。两根粗铜丝穿过橡皮塞后轧扁、包转，轧牢 100 瓦白炽灯中截取的钨丝，做成实验热源。从橡皮管上剪几个橡皮圈，套在硬质玻管上作标线之用。

**操作：**如图 10-28 进行装置。

将硬质玻璃管装满水，倒置在水槽中，固定在铁架台上。用排水法将乙烯或乙炔或甲烷送入管内第二标线处（从上向下数，标线可按进气量调节）。

接上电源，旋转调压手柄，使钨丝发出正常白炽光（约 55 伏），发出的热量使被实验气体热解，产生炭黑与氢气。

由于管内气体温度上升，使管内水面下降。当气体分解完全后，切断电源。当恢复至室温后，管内水面又回升到一定高度，如是甲烷、乙烯，回升到第四标线处，乙炔则恢复到第二标线。产生的炭黑，粘附在玻壁而呈黑色。也可点燃氢气予以检验。

## (二十五) 乙炔的热分解

目的：了解乙炔的热分解性。

用品：分液漏斗、广口瓶、硬质粗玻管、指形试管、铁架台、酒精灯。  
电石、铁粉、氧化铜。

原理：
$$\text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Fe粉}} 2\text{C} + \text{H}_2$$

操作：按图 10-29 进行装置。

将饱和食盐水滴加入电石中，产生乙炔气体，待空气排净后与热解管相连。加热铁粉至红，乙炔开始分解，碳在热解管中堆积。

热解管中产生炭黑后，加热指形试管，黑色氧化铜被还原成紫红色铜，并产生水气，以验证热解产物有氢气。

注意事项：氧化铜粉末量要少，将指形试管内壁用水湿润，薄薄粘附一层 CuO 就行。CuO 可用碱式碳酸铜加热分解制备，易于被氢气还原。

## (二十六) 不饱和烃和溴加成的喷泉实验

**目的：**加深对不饱和烃性质的认识。

**用品：**圆底烧瓶、Y形管、锥形瓶、烧杯、120°导管、尖嘴直玻璃管、洗耳球。

乙烯、乙炔、溴水（将饱和溴水稀释5倍）。

**原理：**乙烯和乙炔分子里含有碳碳双键或叁键，易与溴发生加成反应。由于反应产物是液态，在盛乙烯（或乙炔）的烧瓶里形成负压，可以进行喷泉实验。

**操作：**把充满乙烯（或乙炔）的圆底烧瓶用带有尖嘴玻璃管的橡皮塞塞紧，并按图10-30安装仪器。

松开弹簧夹A，用洗耳球通过导管向盛溴水的锥形瓶打气，使约10毫升的溴水压入烧瓶，再把弹簧夹A夹紧。

振荡烧瓶，溴水很快褪色，有油状物生成，烧瓶内形成负压。松开弹簧夹A，溴水即自动喷入。喷入约10毫升溴水后，把弹簧夹A夹紧，振荡烧瓶，溴水又很快褪色。如此操作，可重复5~6次。

当喷入的溴水颜色不能完全褪尽时，就可松开弹簧夹B，让蒸馏水喷入烧瓶。只要反应完全，液体几乎可充满整个烧瓶。

**注意事项：**对比乙烯和乙炔跟溴水反应的速度，看到乙烯与溴水反应褪色速度快，乙炔与溴水反应褪色速度慢，说明碳碳双键的键能比碳碳叁键的键能小。

## (二十七) 乙炔水合制乙醛

**目的：**了解乙炔水合可制得乙醛，乙醛与银氨溶液能起银镜反应。

**用品：**硬质玻璃管、棉花、玻璃绒、具支试管。

电石、硫酸铜、磷酸、2%AgNO<sub>3</sub>溶液、2%氨水、细铜丝。

**准备：**按图 10-31 进行装置。

**非汞催化剂的制取：**小烧杯中，加入 6 克浓磷酸和 0.6 克硫酸铜粉末，缓慢温热并转动烧杯，使之溶解。稍冷加入 25 克碎瓷片，搅拌均匀，使瓷片表面均载满催化剂待用。

**操作：**在硬质玻璃管左端约 10 厘米处，先放一些玻璃绒，从右端口放进电石 4~6 克，并用玻璃绒隔开，放入非汞催化剂后塞上带有导管的单孔橡皮塞。最后，在玻管左端口装进浸湿的脱脂棉（约 8 厘米长），用橡皮塞塞严。

对催化剂区均匀预热后，固定加热 2 分钟。

对湿棉花处预热并固定加热。

当具支试管中冒泡甚猛，尖嘴导管中有气体逸出后，稍待，点燃导管处气体，能看到明亮火焰。

待尖嘴导管火焰熄灭后，取出具支试管中溶液，用银镜反应检验乙醛的存在。

**注意事项：**

1. 本实验的成败关键是：（1）硬质玻璃管和电石必须干燥；（2）加热次序不能颠倒，加热要持续，保持足够的水气；（3）具支试管中水以 10 毫升左右为宜，使所得乙醛的浓度大些。

2. 连接尖嘴管的橡皮管内塞细铜丝团，起阻火作用。

## (二十八) 煤的干馏

**目的：**掌握干馏概念，了解煤的综合利用。

**用品：**约 15~20 毫米、长约 300 毫米的硬质玻管、具支试管、1.5 千伏安以上调压变压器、300 瓦、1500 瓦电炉丝、烧杯、铁管(约 25 毫米、长 200 毫米、两端配铁螺旋塞)。

烟煤、石棉绒、红色石蕊试纸。

**操作：**

1.方法一 取内径 15~20 毫米，长约 300 毫米的硬质玻管一根，并截取 1500 瓦电炉丝全长的 1/4 左右，稍为拉长一些后，作电热的热源置于硬质玻管中。导线裸露部分套上绝缘材料或裹上绝缘胶布，以防触电，如图 10-32。

实验时，在硬质玻管中装入研碎的烟煤，并将其压紧，两端松松地塞上石棉绒。橡皮塞上插两根铜棒，焊上导线与调压变压器的输出端相连接。接上电源后，缓缓旋转变压器的手柄，使电压从零慢慢升高到 55 伏左右(由于电炉丝长度为原长的 1/4，故额定电压相应为原来 220 伏的 1/4)。当看到电炉丝发出正常的红光，此时的温度近 1000。片刻后烟煤强烈分解，出现棕黄色浓烟，并在具支试管内(也可用 U 形管)冷凝成粗氨水和煤焦油。点燃从具支试管排出的煤气，火焰长度可达 10 厘米左右。用玻棒蘸取粗氨水，滴在红色石蕊试纸上，立即变蓝。

2.方法二 用铁管代替硬质玻管，其两端用铁的螺旋塞代替橡皮塞。铁管外壁先裹上玻璃纤维带，再绕 300 瓦电热丝作电热源，如图 10-33。

实验时，在铁管中装入研碎的烟煤，并将其压紧。接通电源，实验现象同前。

**注意事项：**

1.方法一中装入的烟煤屑要覆盖住大部分电热丝，只一小段电热丝露于煤屑之外，以便观察电炉丝是否正常通电发光。每装满一次烟煤屑，可重复十次左右的演示。当煤气火焰不旺时，说明烟煤已大部分转变成焦炭。

2.这个实验装置可用于木材干馏、石灰石的分解等实验。

## (二十九) 减压分馏原理与煤油的催化热裂

**目的：**理解减压分馏原理和煤油的催化热裂过程。

**用品：**圆底烧瓶（100、250、500 毫升）、三通阀、100 温度计、抽气机、气球囊、25 × 250 毫米具支试管 2 支、15 × 150 毫米试管、250 毫升烧杯、酒精灯。

粗食盐、煤油（已净化）、酸性高锰酸钾溶液（1 摩/升）、无水三氯化铝。

**操作：**

1. 减压分馏按图 10-34 装置。

在右面的 250 毫升圆底烧瓶中倒入 90° 左右的热水，并使温度计没入水中，读出水温度数。开启三通阀，使抽气机与左面 500 毫升圆底烧瓶相通。由于瓶内气体压强减小，气球囊体积增大。转动三通阀，使抽气机与 250 毫升圆底烧瓶相通。抽气片刻，250 毫升圆底烧瓶中热水出现“沸腾”现象。水虽“沸腾”，水温度仍保持原来度数；逸出的蒸气在 100 毫升圆底烧瓶中冷凝成水。

2. 煤油的催化热裂按图 10-35 装置。

将煤油加热至沸，产生之气雾通入酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液中，溶液颜色不发生变化。说明尚无不饱和烃生成。

将 0.5 克无水三氯化铝加到沸腾的煤油中去，产生的气雾能使酸性高锰酸钾溶液变色（变成棕色至淡黄色之间）。

**注意事项：**

1. 减压分馏实验中，水温在 75 以上，减压后，“沸腾”现象就非常明显。在三通阀与抽气机间，应该串联一个氯化钙干燥器，以免水气进入抽气机。

2. 煤油催化热裂实验中，市售煤油含有少量不饱和烃，应事先作净化处理。方法是：在 20 毫升市售煤油中加入 5 毫升酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液，在分液漏斗中充分振荡到  $\text{KMnO}_4$  之紫色不褪。取出煤油再用 3~4 毫升浓硫酸除去煤油中的水分。

无水三氯化铝可用干燥的氯化氢气体与灼热的铝屑接触制得，装置可参照图 10-36。

### (三十) 卤代烃的消去反应

目的：认识卤代烃的消去反应。

用品：大试管、铁架台、酒精灯。

1-氯戊烷、饱和氢氧化钠的乙醇溶液、硝酸、硝酸银溶液、酸性高锰酸钾溶液。

操作：将 2 毫升用硝酸酸化的硝酸银溶液加入试管，滴加 2—3 滴 1-氯戊烷。振摇，没有白色氯化银沉淀产生。

重取试管，加入 2 毫升饱和氢氧化钠的乙醇溶液与 0.5 毫升 1-氯戊烷。振摇片刻后，按图 10—37 装置加热。将产生的气体，通入盛有酸性高锰酸钾溶液的试管或溴水的试管中，酸性高锰酸钾溶液或溴水溶液褪色，说明有不饱和烃产生。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T00043\_0133\_1.bmp}

在试管剩下的液体中滴加硝酸，使其酸化。酸度至 pH=4 时，滴加硝酸银溶液，这时有白色氯化银沉淀产生，说明溶液中有 Cl<sup>-</sup> 存在。

注意事项：卤代烃不能取沸点太低的，以免受热时挥发使实验不成功。

### (三十一) 乙醇与钠的反应

**目的：**使学生掌握乙醇与钠的反应，并运用反应产生的氢气计量，来确定乙醇的结构式。

**用品：**100 毫升大口烧瓶（球外径 65 毫米、颈外径 32 毫米）、酸式滴定管、6~8 毫米、长约 800 毫米的玻管、三通管、磁力搅拌器、2500 毫升具下口贮气瓶、水槽。

钠、乙醇（化学纯）、二甲苯。

**原理：**钠与乙醇反应，生成乙醇钠并逸出氢气。由于生成的乙醇钠包在钠的表面，使反应缓慢，甚至中止。采用加热（使钠与乙醇钠熔融）与搅拌的方法，改进集气装置，能有效地提高氢气得率。

**准备：**100 毫升大口烧瓶配双孔塞。一孔插 25 毫升酸式滴定管，另一孔插一根玻管，前者用于计量加入乙醇，后者导出氢气并使逸出的乙醇回流。滴定管上口配小塞插短玻管，并用三通管与烧瓶塞上的长玻管合并成一个出口，引向集气计量瓶。装置如图 10-38。

用 2500 毫升具下口集气瓶在玻璃水槽中按常规排水集气。瓶外贴纸条划刻度。计量零点置于瓶肩处，事先塞紧下口加水至零刻度，再盖紧上口，移入水槽在水面下拔去下口塞。实验时将来自反应器的氢气导管从瓶下口伸入，集气后直接在纸条刻度上读出体积。操作在常温常压下进行，换算为标准状况。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0135\_1.bmp}

**操作：**烧瓶预先烘干，放好磁子。滴定管中加好无水乙醇，记下起始读数。

用烧杯取二甲苯约 20 毫升，用水浴加热至近沸。切蚕豆大小的金属钠一块，可连同氧化层一起投入二甲苯中，待钠熔化后用玻棒拨落氧化物，露出熔融钠的光亮表面，供用。

在 100 毫升大口烧瓶中加入二甲苯 15 毫升，先开启磁力搅拌器的电热功能，预热至微有蒸气时，开动搅拌。用牛角匙（或铝匙，不能用苯塑药匙）取熔融钠珠迅速投入烧瓶中，加塞。按“滴珠可辨”速度加入无水乙醇，总量 5.8 毫升（0.1 摩尔），连续滴入，一次加完。万一超过 5.8 毫升，据实计算。

乙醇进入烧瓶立即就有氢气产生，起初很快，1~2 分钟后渐渐变慢，最后隔若干秒才有一个气泡，全过程可持续 10 多分钟。

将所得数据，计算得氢率，并推出乙醇结构式。

**注意事项：**

1. 磁力搅拌器型号有多种，磁子是封闭在素瓷壳中的一小段永磁铁，可用中号磁子。由于乙醇钠的粘性，磁力搅拌器的旋转速度要调节得恰当。

2. 集气瓶中的排水管必须插入水面以下，否则氢气会从液面上逸出，造成实验失败。

3. 钠的用量应稍过量些（根据无水乙醇的用量先作计算）。反应结束后，应加入过量的乙醇使剩余钠反应掉，不得加水冲洗。

4. 为了防止反应过于剧烈而使乙醇挥发，要较缓地振荡烧瓶，逐滴地慢慢加入无水乙醇。

5. 反应到后期，气体发生虽然缓慢，但仍要等到反应结束，才能在纸条刻度上读出氢气体积。

## (三十二) 乙醇氧化成乙醛

**目的：**使学生掌握醇氧化成醛的重要性质。

**用品：**1 厘米玻管、1.5 厘米硬质玻管、2 厘米粗玻管、滤纸、注射针头、铁架台、酒精灯、试管、双连球气唧。

无水酒精、铜丝、稀  $\text{HNO}_3$ 。

**操作：**

1. 方法一按图 10-39 进行装置。

在 1 厘米、长约 20 厘米的玻管上卷 2~3 层滤纸，一并塞入 1.5 厘米、长约 15 厘米的硬质玻管中。将此套管再套在 2 厘米、长约 10 厘米的粗玻管中，并用单孔橡皮塞组成酒精仓。滤纸的一头浸没在酒精中，在硬质玻管内离滤纸 1~2 厘米处放置洁净细铜丝团作催化剂。在橡皮塞上刺入一只注射针头，作添加酒精入口。

全套装置如图 10-40。

加热铜催化剂，酒精受热挥发。

开启分液漏斗，缓缓鼓入空气。酒精蒸气与空气在铜丝团处混和，催化剂发红热，使乙醇氧化成乙醛。用蒸馏水吸收乙醛蒸气，制成乙醛溶液。

将制得的溶液做银镜反应或新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液还原成  $\text{Cu}_2\text{O}$  反应，以检验乙醛的生成。

2. 方法二按图 10-41 进行装置。

剪取电线中的 16 根铜丝，用稀硝酸清洗处理，绞缠在一起，以增大接触面，作为催化剂。铜丝团两旁塞少量石棉绒，防止滑动。

加热催化剂后，鼓入空气与乙醇蒸气。可观察到铜丝的颜色呈有规则的变化，从紫红到暗红到黑色，同时发出明亮的光来。

用银氨溶液作试剂，检验乙醛的生成。

**注意事项：**

1. 必须用无水乙醇，否则铜丝不会发红和发出光亮。

2. 方法一中，根据酒精灯焰的大小，需调整铜丝团与滤纸间的距离，相距 1~2 厘米为宜，使酒精挥发速度适当。

(张同文)

## 第十一章 中学化学投影实验

采用投影仪将实验现象投影到银幕上，由于能把实物放大 15 至 20 倍，可以使原来看不清楚的实验现象看得十分清晰，如少量气体发生、阴极上析出金属、晶体的生长过程等。用常规方法演示胶体电泳实验，需要经过约 20 分钟，才能看清楚胶体液位的移动。经过投影放大，在 1~2 分钟内就能看清楚液位的移动，大大地缩短了演示时间。

投影实验并非适用于每一个实验，对于现象比较明显的实验，不必再投影。有色溶液浓度较小时，经过投影，会在银幕上得到比较准确而清晰的有色的影象。如果在反应中有少量的气体生成，则在银幕上出现许多生动的小黑点（即小气泡的影象）。这类实验的投影效果较好。如果反应物和生成物是不透明的，或者是浓度较大的有色物质的溶液时，则在银幕上得到的是黑色影象。这类实验就不适于采用投影法。另外，实验仪器也有相当的局限性。

## (一) 金属钠跟水的反应

**用品：**培养皿（100 毫米）、玻片、镊子。

金属钠、酚酞试液、蒸馏水。

**操作（水平投影）：**在培养皿中注入蒸馏水约 20 毫升，然后滴入 2 滴酚酞试液，置于投影仪载物台上。

用镊子取出金属钠一小块，用滤纸吸干其表面上的煤油，并切去金属钠表面的氧化膜，然后切成如米粒大小的 2~3 粒。

将切下的钠粒用镊子夹持投入培养皿中，并用玻片盖好。金属钠跟水剧烈作用，并熔成小球，飘浮在水面上不断运动。凡是钠球经过的地方，溶液变为红色，最后整个溶液逐渐变为红色。

**注意事项：**

1. 切下的金属钠表面氧化物用水或乙醇处理。
2. 培养皿中的蒸馏水不宜过多，否则会产生光的折射。

## (二) 铝与水的作用

**用品：**槽 10 (投影槽代号, 以下同)、铁三脚架、石棉网、酒精灯、烧杯 (100 毫升) 两只。

铝条、6 摩/升 NaOH 溶液、0.1 摩/升  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液。

**准备：**将铝条放在 NaOH 溶液中稍加热, 经 2~3 分钟后, 把铝条取出, 用蒸馏水冲洗干净。然后把它放入  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液再浸泡 2~3 分钟后取出, 并用蒸馏水冲洗干净。

**操作 (垂直投影)：**将盛有蒸馏水的投影槽放在投影仪

常用投影槽的规格表

的聚光镜前。迅速将经过处理的铝条放入槽中。铝条和水反应放出大量气体, 同时铝条附近有白色絮状物产生。

### (三) 铝跟酸和碱的作用

用品：槽<sup>10</sup>四只、铝条、4摩/升 HCl 溶液、浓 HNO<sub>3</sub>、4摩/升 NaOH 溶液、30%NaOH 溶液。

操作（垂直投影）：将编了号的槽放在投影仪的聚光镜前。

在四只槽中各放入一根铝条，然后在 1 号槽中加入 HCl 溶液；在 2 号槽中加入浓 HNO<sub>3</sub>；在 3 号槽中加入 4 摩/升 NaOH 溶液；在 4 号槽中加入 30%NaOH 溶液。1 号槽中反应激烈，有大量气体放出；2 号槽中无反应现象；3 号槽中反应明显，并有气体放出；4 号槽中反应激烈，有大量气体放出。

注意事项：铝跟碱在常温时若反应不明显，可稍稍加热，但应把投影槽换成试管，再将试管放在盛有水的投影槽中投影。

#### (四) 铝毛的生成

用品：槽<sup>10</sup>、铁三脚架、石棉网、酒精灯、烧杯（100 毫升）两只、碎滤纸。

铝片、6 摩/升 NaOH 溶液、0.1 摩/升  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液。

准备：将铝片放在 NaOH 溶液中稍加热，经 2~3 分钟后，把铝片取出，用蒸馏水冲洗干净，然后将它放入  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液里浸泡 2~3 分钟后取出，并用碎滤纸轻轻地将其表面吸干。

操作（垂直投影）：将经过处理的铝片直立放在槽中，置于投影仪的载物台上。

放置 1~2 分钟，在铝片表面形成一层疏松的白色绒毛，生成的是  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

## (五) 铜和浓硝酸的反应

用品：培养皿。

浓硝酸、铜片或铜丝。

操作（水平投影）：将 12 厘米的培养皿放在投影仪的载物台上。

在 8 厘米的培养皿中加入铜片 1 克，然后倒入浓硝酸约 10 毫升，将此培养皿迅速放入 12 厘米的培养皿中，并立即用 10 厘米的培养皿盖住 8 厘米的培养皿，形成“气室”，使产生的  $\text{NO}_2$  不致外逸。

产生的红棕色气体逐渐从小培养皿进入中、小培养皿之间，同时溶液逐渐变蓝色。

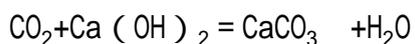
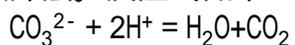
注意事项：浓硝酸的量是过量的，目的是使铜反应完全，以便在银幕上只有红棕色气体和蓝色溶液。

## (六) 碳酸盐和酸的作用

用品：槽<sup>30</sup>、滴管(插在 35 × 30 毫米的硬纸板上)、小量筒(10 毫升)。  
0.5 摩/升 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液、6 摩/升 HCl 溶液、饱和石灰水。

操作(垂直投影)：在槽内装入 1/3 体积的石灰水，溶液中放有一个盛有 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液的小量筒。在槽上盖有一块硬纸板，硬纸板的中央插有充满 HCl 溶液的滴管。滴管的尖端对准着小量筒的筒口。将这投影装置放在投影仪的聚光镜前。

小心地滴加 HCl 溶液到小量筒的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液中，石灰水中出现一团团烟雾状浑浊。反应式如下：



## (七) 铵离子的检验

用品：培养皿。

熟石灰粉末、氯化铵、酚酞溶液、蒸馏水。

操作（水平投影）：在 12 厘米的培养皿中加入蒸馏水 20 毫升，放置在投影仪的载物台上。向上述培养皿中滴入酚酞 2 滴。

在 8 厘米的培养皿中放入各 5 克的熟石灰和氯化铵，混和均匀后，将它小心地放入盛水的 12 厘米的培养皿中，并立即用 10 厘米的培养皿盖住盛有熟石灰和氯化铵的培养皿，则形成一“气室”，进行投影。可以见到水变为红色。

注意事项：水要浸没 10 厘米培养皿的边沿，以防  $\text{NH}_3$  外逸。

## (八) 物质的结晶

**用品：**培养皿、大试管、量筒、烧杯、酒精灯、铁架台、铁圈、石棉网。硝酸钾、蒸馏水。

**准备：**取大试管盛水 20 毫升，将研细的硝酸钾粉末 20 克分次加入试管中，不断振荡，使之溶解，直到硝酸钾固体不再溶解，并稍有剩余，即得硝酸钾在该室温时的饱和溶液。

将此试管微微加热并不断振荡，原来剩余的硝酸钾固体完全溶解。再继续分次加入少量硝酸钾粉末到不再溶解，即得高于室温的硝酸钾饱和溶液。

**操作（水平投影）：**将 12 厘米的培养皿放在投影仪的载物台上。把高于室温的硝酸钾饱和溶液小心地倾倒在培养皿中。随着温度的降低，可在银幕上观察到硝酸钾晶体慢慢析出和自然成长的过程。

**注意事项：**在制取高于室温的硝酸钾饱和溶液时，在微热的情况下加入硝酸钾时，宜少量多次，这样可使加入的硝酸钾粉末溶解得快，并且不使最终温度太高，冷却析出结晶的时间可缩短。

## (九) 阿佛加德罗常数的测定

**用品：**分析天平、砝码、烧杯、玻璃棒、容量瓶、胶头滴管、大号培养皿（20 厘米）。

**硬脂酸、苯、蒸馏水。**

**准备：**硬脂酸的苯溶液的制备参见第六章。

**操作（水平投影）：**把盛有蒸馏水的培养皿放在投影仪的载物台上。用一支特别拉制的尖细胶头滴管吸取硬脂酸苯溶液，在距培养皿水面 3—5 厘米高度处滴入一滴，待苯挥发，硬脂酸全部扩散至看不见油珠时再滴第二滴。以后逐滴滴入，直到滴入的最后一滴不再扩散而呈透镜状为止。

当滴入第一滴硬脂酸的苯溶液时，银幕上出现一个暗点，即为水面上的硬脂酸溶液。但其亮度立即变大，同时水面上产生波动，显示液滴扩散和扩散结束的情景，当逐滴滴入时均呈此现象，但到最后一滴时，水面不再产生刚才的波动现象，其亮度也不再变化，说明硬脂酸溶液呈透镜状而不再扩散。图中 A 为一滴溶液刚滴下的情景；B 为液滴扩散情景；C 为快扩散完的情景；D 为最后一滴不再扩散的情景。{ewl

MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0144\_1.bmp}

**注意事项：**因表面皿的表面积很小，投影实验只适宜于观察液滴的扩散。定量实验参见第六章。

## (十) 酸碱指示剂

用品：试管三支、槽<sup>10</sup>三只、玻璃棒。

酚酞指示剂、石蕊指示剂、甲基橙指示剂、蒸馏水、2 摩/升 HCl 溶液、2 摩/升 NaOH 溶液。

操作（垂直投影）：在三只槽中分别加入 2/3 体积的蒸馏水。然后，各滴加石蕊指示剂 2 滴。

上述三只槽中的一只，留作对比用。将槽放在投影仪的聚光镜前。

在另外两只槽中分别滴加相同滴数的 HCl 和 NaOH 溶液，并用玻璃棒搅拌均匀。

对酚酞和甲基橙指示剂重复上述操作。

实验现象如下：

注意事项：蒸馏水应预先检验为中性。每用一次玻璃棒，均须洗涤。

## (十一) 离子的移动

**用品：**玻璃 U 形管（12×190 毫米）、整流器、调压变压器、铂片或镍片电极、玻棒、有机玻璃投影槽。

0.002 摩/升  $\text{KMnO}_4$  溶液、0.01 摩/升  $\text{KNO}_3$  溶液、0.5 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液、尿素、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体。

**准备：**

1. 配制含有尿素的  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{KMnO}_4$  的混和溶液取 50 毫升 0.002 摩/升的  $\text{KMnO}_4$  溶液，往其中加入  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体，直到该溶液被硫酸铜饱和为止。再加入尿素约 5 克，搅拌，使之溶解。

2. 配制酸性  $\text{KNO}_3$  溶液取 0.01 摩/升  $\text{KNO}_3$  溶液 40 毫升，用 0.5 摩/升的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液将其酸化。

3. 将含有尿素的  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{KMnO}_4$  混和溶液加入 U 形管的 2/3 处 然后用滴管口靠在 U 形管的内壁上，顺着管壁往里加入酸性  $\text{KNO}_3$  溶液，操作务必要慢，可先往右管加半毫升左右  $\text{KNO}_3$  溶液，再往左管中加半毫升左右，这样可使混和溶液与  $\text{KNO}_3$  溶液间的液面不会产生很大的波动，从而保持两者之间有着清晰的界面。如此重复操作，一直等到 U 形管两臂接近装满  $\text{KNO}_3$  溶液为止。

**操作（垂直投影）：**将 U 形管固定在盛有水的有机玻璃水槽中，把两支铂片或镍片电极插入 U 形管两边的  $\text{KNO}_3$  溶液中，并用导线将电极分别与整流器的正、负极相连，整流器与调压变压器和交流电源相连。控制调压变压器的输入电压为 60 伏。

约十分钟后，U 形管插阴极的一臂内，在蓝紫色混和溶液的上面出现天蓝色液层，说明铜离子向阴极移动。而在 U 形管中插阳极的一臂内，在混和溶液的上面出现紫红色液层，说明高锰酸根离子已向阳极移动。银幕上出现了三种不同颜色的液层。

**注意事项：**

1.  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{KMnO}_4$  混和溶液中加入尿素的目的是增大溶液的比重，有利于加入  $\text{KNO}_3$  溶液时，使两者的界面清晰。

2. 加入  $\text{KNO}_3$  溶液时，操作要小心，使它与  $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{KMnO}_4$  的混和溶液之间有着清晰的界面，这是做好本实验的关键。

3. 电压以 60 伏左右为宜，电压太低，离子移动的速度太慢；电压过高，离子移动得快，易引起溶液界面的紊乱而影响演示效果。

4. 混和溶液与电极之间的距离不宜太近，以免影响两种溶液之间的界面。

## (十二) 盐类的水解

用品：培养皿（8 厘米）、玻璃棒、药匙。

固体 NaCl、固体  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、固体  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、紫色石蕊试液、蒸馏水。

操作（水平投影）：将三只培养皿放在投影仪的载物台上，分别编为 1 号、2 号和 3 号。

于培养皿中分别加入 2/3 体积的蒸馏水，并分别滴入 2 滴紫色石蕊试液，在 1 号培养皿中加入 NaCl，2 号培养皿中加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，3 号培养皿中加入  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  各一药匙，并用洁净的玻璃棒不断搅拌，使固体完全溶解。

1 号培养皿中的 NaCl 溶液不变色，2 号培养皿中的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液呈碱性变成蓝色，3 号培养皿中的  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液呈酸性变成红色。

注意事项：市售 CP 级 NaCl 往往偏酸性，可将固体 NaCl 溶解，调节 pH 值后重结晶，或使用 AR 级 NaCl。要使用显中性的蒸馏水。

### (十三) 原电池

**用品：**灵敏电流计（用有机玻璃透明表盘有利投影）、培养皿（10 厘米）。

3 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液、铜片、锌片。

**操作（水平投影）：**把一块锌片和一块铜片各接上一根导线，置于培养皿中。将培养皿和灵敏电流计一同放在投影仪载物台上。

向培养皿中倒入约 15 毫升 3 摩/升的硫酸。将铜和锌的导线分别弯成“Cu”、“Zn”字样，各接在电流计的两个接线柱上。

在铜和锌的导线未接电流计之前，可看到锌的表面有气体放出而铜没有；在铜和锌的导线与电流计相连接后，可见到电流计的指针发生偏转，说明有电流通过，并在铜的表面有大量气泡放出而在锌的表面几乎没有气泡。

**注意事项：**

1. 铜片和锌片上引出的导线的接线处应搁在培养皿上，不要与硫酸溶液相接触，以免接线处发生原电池现象干扰演示。

2. 硫酸的浓度以 3 摩/升为宜，酸的浓度过小，电极反应太慢，电流计指针偏转角不大；酸的浓度过大，反应激烈，银幕上出现一团黑色，看不出气泡放出。

#### (十四) 氯化钠溶液的电解

**用品：**石墨电极、低压直流电源、U形管、有机玻璃投影槽、双孔有机玻璃板、导线。

饱和 NaCl 溶液、酚酞试液、碘化钾-淀粉试纸、0.1%品红溶液。

**准备：**在食盐热饱和溶液中分次加入少量 NaOH 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的固体到溶液呈明显的碱性为止；用棉花以加速滤去沉淀 $[\text{CaCO}_3$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3]$ ，将滤液加热到沸，再滴加盐酸到酚酞变无色。这样就除去了食盐溶液中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 。

**操作（水平投影）：**装置如图 11-3，将精制饱和食盐水注入 U 形管内，液面离管口约 2 厘米。用一双孔有机玻璃板将 U 形管固定在盛有水的玻璃投影槽内。将石墨电极插入 U 形管的两个管内，接阴极的管口滴入几滴酚酞试液，在接阳极的管口滴入几滴品红溶液。{ewr

MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0149\_1.bmp}

用导线将两电极与低压直流电源相接，调节电压至 8~10 伏。

用湿润的碘化钾-淀粉试纸悬放在阳极管口，以检验逸出的气体。可看到阴、阳极上均有气泡产生。阴极附近溶液逐渐从无色变为红色，阳极附近溶液红色逐渐褪去，碘化钾-淀粉试纸变为蓝色。

**注意事项：**

1. 如果不将食盐溶液中的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  除去，则电解时在阴极附近会出现乳白色混浊，即  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀。

2. 电极可采用废干电池中的石墨棒，将此棒伸入电解液的一端磨尖，以利于观察气泡的生成和逸出。

## (十五) 胶体的电泳

**用品：**玻璃 U 形管 ( 12 × 190 毫米)、有机玻璃水槽 ( 100 × 50 × 170 毫米)、铁三脚架、石棉网、酒精灯、玻璃棒、低压直流电源 ( 36 伏)。铜丝或镍铬丝、8 摩/升  $\text{FeCl}_3$  溶液、尿素、苯、0.01 摩/升  $\text{KNO}_3$  溶液。

**准备：**

1. 制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶 在烧杯中加入 100 毫升蒸馏水，加热至沸，缓缓滴入 8 摩/升的  $\text{FeCl}_3$  溶液 12.5 毫升 ( 20 时的饱和溶液 )，搅拌均匀，继续煮沸 1 ~ 2 分钟，静置冷却，再加入尿素约 10 克，搅拌使之溶解。

2. 将铜丝或镍铬丝的一端绕成螺旋形。

**操作 ( 垂直投影 )：**将 U 形管固定在盛有水的有机玻璃水槽中，将含有尿素的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶加到离管口约 5 厘米处。然后分别在 U 形管两端加入苯，使苯的液层高度为 1 厘米。再沿管壁小心地滴入 0.01 摩/升  $\text{KNO}_3$  溶液，使它的液层高度约 3 厘米。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0150\_1.bmp}

在 U 形管的两端插入螺旋形金属铜丝或镍铬丝电极，并使两极分别处于  $\text{KNO}_3$  溶液中的 2 厘米深处。将此装置放在投影仪的聚光镜前。

将 U 形管中的电极和低压直流电源相接，接通电源，调节电压为 36 伏。

U 形管中明显分为三层，上层为无色的苯，中间是  $\text{KNO}_3$  溶液，下部为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶。在通电约 2 ~ 5 分钟后，即能明显地看到 U 形管的一管中有有色液面上升，另一管中有有色液面下降，有色液面差可达 1 ~ 1.5 厘米。有色液面上升的管中的电极是阴极，说明  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶带正电荷，向阴极作定向移动。

**注意事项：**

1. 加尿素是增大  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶的密度，有利于界面清楚；加苯也是为了使  $\text{KNO}_3$  溶液跟  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶之间有一清晰的界面；加  $\text{KNO}_3$  溶液是起导电作用。有一清晰的界面是做好电泳实验的关键之一，为此在加入  $\text{KNO}_3$  溶液时操作要慢，而且要左右两臂轮流少量滴加，以保持平衡。由于溶胶中已有尿素，增加了密度，还滴加了苯，所以当滴加  $\text{KNO}_3$  溶液时，可缓慢地先通过苯层，达到不致把溶胶层冲乱。

2.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  溶胶必须是新配制的。 $\text{KNO}_3$  溶液要稀，浓度大，会造成溶胶在阴极区聚沉。

## (十六) 浓度对化学反应速度的影响

用品：玻璃点滴板。

0.1 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液、0.1 摩/升  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液、蒸馏水。

操作（水平投影）：将玻璃点滴板放在投影仪的载物台上。向玻璃点滴板的三个孔中分别滴入 0.1 摩/升的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液 3 滴、2 滴和 1 滴。然后在滴 2 滴的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的孔中滴入 1 滴蒸馏水；在滴 1 滴的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的孔中滴入 2 滴蒸馏水。再向三个孔中分别滴入 0.1 摩/升  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液各 1 滴。

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液与酸作用，有硫黄析出，因此，在三个不同浓度的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液中滴入硫酸后，发现浓度大的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液先浑浊（有硫黄析出），浓度小的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液后浑浊。这说明浓度大，反应速度快。反应式如下：



## (十七) 催化剂对化学反应速度的影响

用品：玻璃点滴板。

双氧水、 $\text{MnO}_2$ 。

操作（水平投影）：将玻璃点滴板放在投影仪的载物台上。在玻璃点滴板的两个孔中分别滴入双氧水 3 滴，再用润湿的玻璃棒沾极少量的  $\text{MnO}_2$  粉末加入其中的一个孔中。

加入  $\text{MnO}_2$  的孔中，双氧水的分解速度快，有大量气泡产生。未加  $\text{MnO}_2$  的孔中，双氧水的分解速度慢，产生气泡量很少。

注意事项：加入  $\text{MnO}_2$  的量不宜多，否则由于分解反应剧烈和  $\text{MnO}_2$  的粉末分散在液体中，造成银幕上只见黑斑而看不清楚气体的放出。

## (十八) 浓度对化学平衡的影响

用品：槽<sup>10</sup>三只、量筒(100毫升)、玻璃棒。

饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液、饱和  $\text{KSCN}$  溶液。

操作(垂直投影)：在量筒中量取 20 毫升蒸馏水，并加入  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{KSCN}$  溶液各 1~2 滴，搅拌后，分装在三只槽中，然后将槽放在投影仪的聚光镜前。

在槽 1 中加 2 滴  $\text{FeCl}_3$  溶液；槽 2 中加 2 滴  $\text{KSCN}$  溶液；槽 3 留作对比用。

$\text{FeCl}_3$  与  $\text{KSCN}$  反应后，溶液呈血红色，当加入  $\text{FeCl}_3$  或  $\text{KSCN}$  后，颜色均加深。

## (十九) 葡萄糖的银镜反应

用品：烧杯、培养皿、量筒、试管、玻棒、酒精灯。

2%硝酸银溶液、2%葡萄糖溶液、2%氨水、2%氢氧化钾溶液、碘的饱和水溶液。

准备：

1. 配制银氨溶液参看第九章。

2. 取2%的葡萄糖溶液10毫升，滴入4滴碘的饱和水溶液。碘在这里起催化作用，能加快银镜反应的速度。

操作(水平投影)：将洗净的10厘米的培养皿放在投影仪的载物台上，然后缓慢地加入等量的葡萄糖溶液和银氨溶液。若反应缓慢，可加入几滴2%的氢氧化钾溶液，或将此培养皿放入盛热水的大培养皿中加热。

约1分钟左右，银幕上出现黑影，此时倒掉废液，把培养皿放在投影仪的斜上方，让它反射出光线。培养皿内壁反射出光线，出现光亮的银镜。

注意事项：

1. 配制银氨溶液时不宜加过量氨水，而且必须随配随用。用剩的银氨溶液可加入硝酸处理。否则会析出黑色的叠氮化银沉淀，稍有摩擦，就会分解而发生猛烈的爆炸。

2. 培养皿内壁必须洁净，先用热的碱液洗净后，再用自来水、蒸馏水依次冲洗。这是取得实验成功的关键之一。

(张德钧)

## 第十二章 中学化学实验问题解析

### 1. 怎样清除玻璃仪器上粘附的不易溶于水的物质？

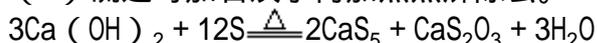
在玻璃仪器上粘附的不易溶于水的物质有碳酸盐、氢氧化铁或氢氧化铜等氢氧化物、二氧化锰、硫、银盐、银镜、油污、酚醛树脂等。现将它们的洗涤方法介绍如下：

(1) 除去碳酸盐可滴盐酸或用盐酸浸洗。例如碳酸钙就可用此法洗去。

(2) 氢氧化物也可以用稀盐酸处理，将它们转变成可溶性物质(三氯化铁、氯化铜等)后再用水刷洗。

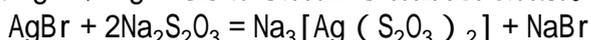
(3) 二氧化锰可用浓盐酸清除，也可用硫酸亚铁的酸性溶液、用硫酸酸化的亚硫酸钠溶液、用硫酸酸化的草酸盐溶液清除。盛高锰酸钾溶液的试剂瓶和制氯气的烧瓶内壁常用上述方法清除。

(4) 硫迹可加石灰水再加热煮沸除去。

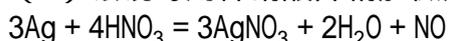


生成的多硫化钙和硫代硫酸钙都能被水洗去。

(5) 银盐(AgCl、AgBr)污迹可用硫代硫酸钠( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )清除。 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 可使AgCl、AgBr变成可溶性的络合物而溶解。



(6) 银镜可用稀硝酸并稍加微热清除。



(7) 油污一般可用热的纯碱( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )、烧碱( $\text{NaOH}$ )溶液或热肥皂水、合成洗涤剂乃至铬酸洗液来清除。

(8) 酚醛树脂可加入少量乙醇，浸泡几分钟，然后刷洗。

## 2. 磨口活塞打不开时怎么办？

如果是凡士林等油状物质粘住活塞，可以用电吹风或微火慢慢加热使油类粘度降低，或熔化后用木棒轻敲塞子即可打开。

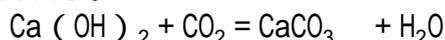
活塞长时间不用被灰尘等积垢粘住，可把它放入水中，浸泡几小时后便可打开。

因碱性物质粘住的活塞可将仪器在水中加热至沸，再用木棒轻敲塞子。

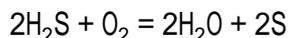
对于贮有试剂的试剂瓶塞打不开时，要针对所贮试剂的性质采取适当的方法。若瓶内盛放的是腐蚀性试剂如浓硫酸等，先要把瓶放在塑料桶内以防瓶破裂时浓硫酸四溅，操作者要戴有机玻璃面罩，操作时不要使脸部离瓶口太近。准备工作做好后，可用木棒轻敲瓶塞。也可洗净瓶口。用洗瓶吹洗一点蒸馏水润湿磨口，再轻敲瓶塞。打开有毒蒸气的瓶塞（如液溴）要在通风橱内操作。对于因结晶或碱金属盐沉积及强碱粘住的瓶塞，可把瓶口泡在水中或稀盐酸中，经过一段时间后可能被打开。

### 3. 较常用的但又不宜长久存放的溶液有哪些？

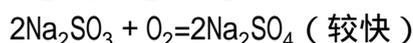
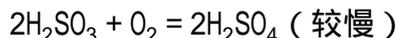
(1) 石灰水。



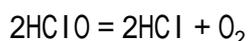
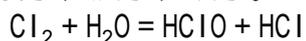
(2) 氢硫酸及其盐的溶液。



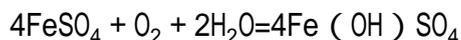
(3) 亚硫酸及其盐的溶液。



(4) 氯水、溴水、碘水。

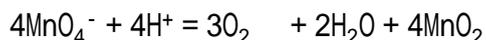


(5) 亚铁盐溶液。



在保存亚铁盐溶液时，应加入足够浓度的酸，必要时应加入几颗铁钉来防止氧化。

(6) 高锰酸钾溶液。KMnO<sub>4</sub> 溶液的酸性溶液、中性溶液、微碱性溶液中都会缓慢地分解（在中性、微碱性溶液中分解较慢些），受光照会催化它的分解。所以 KMnO<sub>4</sub> 溶液应盛于棕色瓶中避光保存。



(7) 硝酸银溶液。AgNO<sub>3</sub> 溶液受光照而逐渐分解析出 Ag，AgNO<sub>3</sub> 溶液应当装在棕色瓶中。

(8) 氯化亚锡溶液。

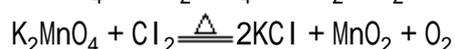
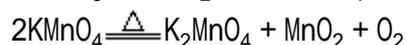


(9) 银氨溶液。银氨溶液长久存放易分解而生成黑色的叠氮化银(AgN<sub>3</sub>)沉淀，叠氮化银在干燥时一受震动会分解而发生猛然爆炸。配制银氨溶液时，应防止加入过量的氨水，否则会生成容易爆炸的雷酸银(AgONC)。

(10) 氢氧化铜的悬浊液（检验醛基和多羟基时用）。存放时间较久，氢氧化铜会因分解而失效。

#### 4. 实验室制取氧气时，为什么有时会闻到氯气的气味，并有“白雾”产生？

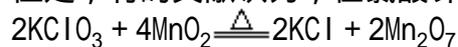
在实验室里用加热氯酸钾来制取氧气，加入二氧化锰作催化剂，对于二氧化锰的催化作用，到目前为止还没有肯定的解释。有的文献认为反应过程如下：



有时生成的氯化钾带有紫红色，说明了反应过程中有  $\text{MnO}_4^-$  存在。

“白雾”是氯酸钾受热分解生成的氯化钾以微粒分散在氧气中的原因。

但是，有的文献认为，在氯酸钾受热分解反应机理是：



$2\text{Mn}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} 4\text{MnO}_2 + 3\text{O}_2$  持这种看法的，对于为什么存在氯气的气味得不到应有的解释。

## 5. 在实验室中制取氢气时，锌粒表面的黑色物质是什么？

将锌粒和稀硫酸反应制取氢气时，经常发现残余的锌粒表面附着一层黑色的物质，或者在锌粒全部溶解后看到有黑色的悬浮物残留在液体中。不纯锌粒中常含有 Pb、Bi、Cu、Sn 等杂质，当锌粒和酸发生反应时，锌中所含的 Pb、Bi、Cu、Sn 等较不活泼的金属杂质就游离出来，成微粒状态而呈黑色，并部分沉积在锌粒表面。它们能形成无数微小的原电池，对氢气发生的速度起促进作用。

## 6. 电解水时为什么要加入少量电解质？

从纯水的导电实验测得，在 25℃ 时，纯水中  $\text{H}^+$  离子和  $\text{OH}^-$  离子的浓度等于  $10^{-7}$  摩/升。因此，实际上观察不到水的电解现象。这是因为，当  $\text{H}^+$  离子在阴极上得到电子而生成氢气时，破坏了附近水的电离平衡，最终使阴极附近的  $\text{OH}^-$  离子的数目相对地增多，这就使阴极附近的溶液带负电，它会吸引其它的  $\text{H}^+$  离子并阻止  $\text{H}^+$  离子继续在阴极上放电。阳极的情况与此相仿。若在水中加入少量某种强电解质，由于这些强电解质在溶液中全部电离，离子数目增多，在电场的影响下分别向两极移动，这样，水在电解时，阴阳两极附近的溶液里离子的电荷得到平衡，使水的电解能继续进行。

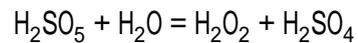
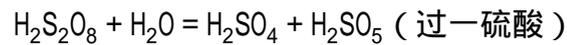
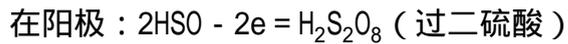
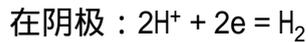
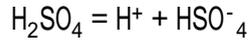
以纯水中加入  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  通电分解为例，在水溶液中存在着  $\text{Na}^+$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{OH}^-$  四种离子。根据它们电极电位的高低，在阳极， $\text{OH}^-$  离子放电，产物是氧气。随着  $\text{OH}^-$  离子不断放电，如前所述，阳极附近聚集了相对多的  $\text{H}^+$  离子时，由于  $\text{SO}_4^{2-}$  离子不断迁移到阳极附近，使阳极附近溶液里离子的电荷得到了平衡。在阴极， $\text{H}^+$  离子放电，产物是氢气。同理，阴极附近溶液里离子的电荷也得到平衡。这样，水的电离平衡就不断向右移动， $\text{H}^+$  离子和  $\text{OH}^-$  离子不断地在两极上放电，但  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  并不发生电解，它只是起着使电极附近电解溶液里的电荷迅速得到平衡，从而使水的电解能继续进行的作用。

## 7. 电解水时为什么收集的氢气和氧气体积之比不恰是 2 : 1 ? 怎样克服 ?

电解水时, 氧气的体积常小些, 其原因主要有二:

(1) 氢、氧两种气体在水中的溶解度不同。氧气的溶解度稍大些。

(2) 电极的氧化、电极产生副反应等。如用稀硫酸溶液作电解液, 有人认为有下列副反应发生:



生成的过氧化氢在酸性溶液中较稳定, 不易放出氧气。

克服的办法是, 在电解液中加入碱比加入酸的误差会小些。或者事先将电解液用氧气饱和, 可以消除因溶解度不同而产生的误差。

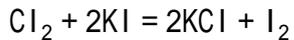
## 8. 为什么结晶时，有些盐带有结晶水，有些盐不带结晶水？

当盐溶解在水中时，阴离子和阳离子会分别吸引极性水分子的正极和负极一端，从而形成水合离子。阳离子通常都比阴离子小，所以与水分子间的吸引力远比阴离子强，能形成比较稳定或相当稳定的水合离子，以致有些盐从溶液中结晶析出时，晶体内仍带有一定个数的水分子。

阳离子水合能力的大小，主要决定于阳离子的大小和所带电荷的多少。阳离子的半径越小，电荷越多，水合能力就越大。在碱金属中，除半径小的 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 离子能形成水合离子时，其余的 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、 $\text{Cs}^+$ 离子都不易形成水合离子。对碱土金属来说，由于电荷增多，半径减小，形成水合离子的倾向增大。不过这种倾向，同样随着碱土金属离子半径的增大而减小。阳离子所吸引的水分子数目同样与半径和电荷有关，半径较大、电荷较多的阳离子，既有较强的水合倾向，又能吸引较多的水分子。

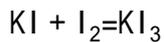
### 9. 氯水和碘化钾溶液反应，为什么有时看不到紫黑色的碘析出？

氯水和碘化钾溶液反应的化学方程式如下：

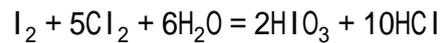


由此可见，反应中应见到有紫黑色的碘析出。但往往看到的是溶液呈棕红色或无色的现象。

如果碘化钾溶液过量，那末生成的碘还未来得及沉析就会与溶液中多余的碘化钾反应而生成棕红色的多碘化物：



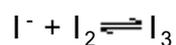
如果氯水过量，那么生成的碘就将进一步被氧化为碘酸：



所以，溶液呈现棕红色是由于碘化钾溶液过量引起的，而溶液为无色则是由于氯水过量引起的。

10. 在实验室配制碘的水溶液通常不是将碘溶于水，而是将碘溶于碘化钾溶液，这是为什么？

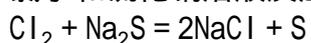
固态碘是非极性分子晶体，难溶于极性较强的水中，在 25℃ 时，1 升水中只能溶解 0.3 克碘。实验室使用的碘水要求有比较大的浓度。为了得到浓度较大的碘水，可先向水中加入少量碘化钾晶体，然后再加入碘的晶体。这是由于在含有碘离子的溶液中，每个碘离子可以跟一个碘分子结合，生成三碘离子  $I_3^-$ 。生成的  $I_3^-$  离子能够离解成碘和碘离子，溶液中有下列平衡存在：



当反应需要碘时，上述平衡即向左方移动，使溶液内有碘供应，所以含有  $I_3^-$  离子溶液的性质与含有  $I_2$  的溶液即碘水的性质相似。

### 11. 氯水和硫化钠溶液反应时，为什么往往看不到乳黄色浑浊现象？

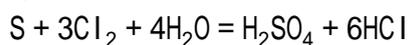
氯水和硫化钠溶液反应的化学方程式如下：



由此可见，反应中应有乳黄色浑浊现象产生，表明有硫析出。但往往看到的是溶液呈黄色或无色的现象。

如果硫化钠溶液过量，那末反应中产生的单质硫就会继续和硫化钠反应而生成多硫化钠  $\text{Na}_2\text{S}_x$  ( $x=2 \sim 5$ )，多硫化钠能溶于水，这时溶液呈黄色。

如果氯水过量，那末反应中产生的单质硫会进一步氧化为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。反应式如下：

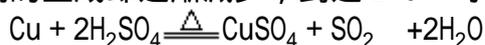


可知氯水和硫化钠溶液反应得不到硫的原因是由于硫化钠或氯水过量所引起的。

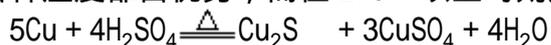
## 12. 铜与浓硫酸共热时产生的黑色物质是什么？

国外的化学工作者指出铜和浓硫酸共热时最常见到的反应产物是硫酸铜和硫化亚铜。

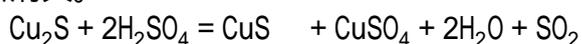
在 80℃ 以后，随着温度的提高，反应中硫酸铜的生成逐渐增加，而硫化亚铜的生成却逐渐减少，到达 270℃ 时，硫化亚铜在反应中完全消失。反应



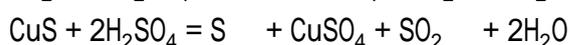
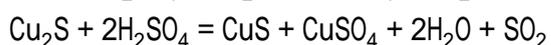
在各种温度都占优势，而在 270℃ 以上时则是唯一的反应。另一个反应



与第一个反应同时进行。在 80℃ 左右时，第二个反应达到和第一个反应相对的最大速率。而在 80℃ 以后，由于下述两个反应的存在，硫化亚铜在反应中逐渐消失。



近年来，我国化学工作者对该反应的机理也进行了研究，得出如下结论：在较低温度下，铜与浓硫酸作用后，先生成的黑色物质为  $\text{Cu}_2\text{S}$ ；提高温度后，生成的黑色物质为  $\text{CuS}$ 。指出铜与浓硫酸之间的反应主要有：

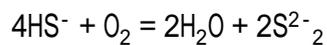
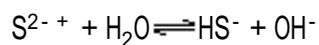


第一个反应的反应温度在 250℃ 附近。当铜耗尽时，生成的  $\text{Cu}_2\text{S}$  按第三、四个反应式发生反应。

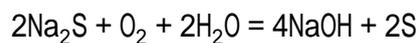
铜与浓硫酸作用后，生成的黑色物质  $\text{CuS}$ 、 $\text{Cu}_2\text{S}$  得以沉淀出来，可能是因为它们的溶度积较小的缘故。

### 13. 久置于空气中的硫化钠为什么会变黄？

硫化钠具有强烈的吸湿性，在空气中易被氧气氧化为多硫化物，反应式如下：



$\text{Na}_2\text{S}$  也可以被氧化为  $\text{S}$ ，而  $\text{S}$  能溶解于  $\text{Na}_2\text{S}$  形成多硫化钠。反应如下：



多硫化物中硫的个数为 2~5。多硫化物都是有色的，二硫化物呈浅黄色，五硫化物为深黄色或红色，其它多硫化物颜色介于两者之间。 $\text{Na}_2\text{S}$  暴露于空气中时间越长，则越易形成多硫化物，所以颜色越来越深。

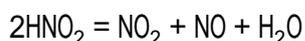
#### 14. 在加热氢氧化钙和氯化铵制取氨气的实验中，黄色物质是什么？

将黄色物质溶于少量水中，分别用 KSCN 和  $K_4[Fe(CN)_6]$  检验，当加入 KSCN 时生成血红色溶液，当加入  $K_4[Fe(CN)_6]$  时产生深蓝色沉淀。这说明黄色杂质中含有  $Fe^{3+}$ 。

检验氯化铵，发现氯化铵中并不含有铁的化合物，初步推测  $Fe^{3+}$  是氢氧化钙带进去的。为了证实这一点，可用纯度较高的氢氧化钙和氯化铵重复制取氨气的实验，结果没有发现黄色物质产生。由此可以断定，那种黄色物质是粗石灰中所含有的三价铁的化合物，在高温时和氯化铵反应产生的三氯化铁。因为三氯化铁的升华温度（大于 300 ）与氯化铵的升华温度（332 ~ 350 ）相差无几，所以在实验过程中，在试管壁上白霜状的氯化铵的升华物附近，常伴随有三氯化铁黄色的升华物质。

15. 为什么浓硝酸跟金属反应的还原产物为  $\text{NO}_2$ ，稀硝酸的还原产物主要是  $\text{NO}$ ，更稀的硝酸的还原产物有  $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$ …… $\text{NH}_3$  等？

当浓硝酸与金属作用时，硝酸本身浓度的因素占主要地位，第一步的还原产物主要是亚硝酸，亚硝酸是不稳定的化合物，它分解为  $\text{NO}_2$  和  $\text{NO}$ ：



而  $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{HNO}_3$  之间又有如下的平衡：



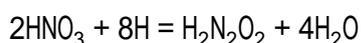
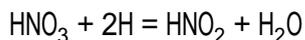
在浓硝酸中，平衡向左移动，因此还原产物主要是  $\text{NO}_2$ 。在反应过程中，尽管有  $\text{NO}$  生成，但它在浓硝酸中不能存在，继续被氧化成  $\text{NO}_2$ 。

关于稀硝酸浓度（约为 8 ~ 10N）与金属反应的还原产物，从下面的化学平衡方程式可以看出

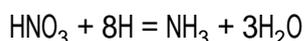
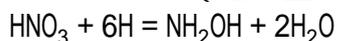


在稀硝酸中，平衡向右移动，因此还原产物主要是  $\text{NO}$ 。

至于在更稀的硝酸中，还原产物有  $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{N}_2$ …… $\text{NH}_3$ ，有人曾作过这样的解释：金属活动性顺序表中氢以上的金属在稀硝酸中的第一步反应，是能置换出氢的，但随着即与硝酸发生第二步反应，将硝酸还原成一系列的还原产物。

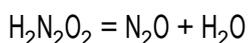
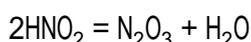
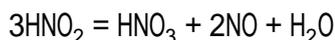


（连二亚硝酸）

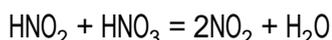
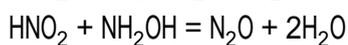
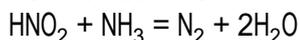


这些还原产物，除本身分解成为简单的化合物外，相互之间又发生反应，生成一系列不同价态的氮的化合物。这第三步反应，有两类：

（1）还原产物本身的分解反应：



（2）还原产物相互的反应：

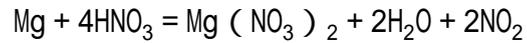


总之，硝酸与金属的反应比较复杂，对反应机理还不能得到一致的说法。

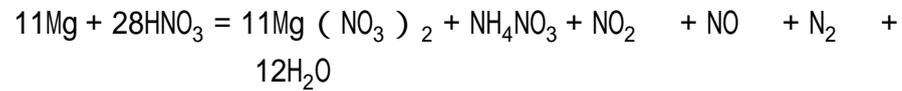
## 16. 金属镁与不同浓度的硝酸反应时，有哪些产物？

根据实验结果，金属镁与不同浓度的硝酸反应时，有下列几种情况：

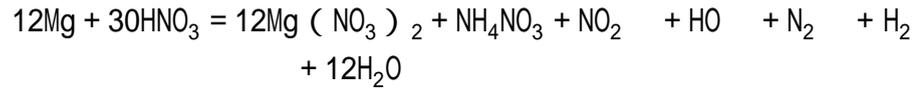
(1) 当硝酸浓度大于 10N 时



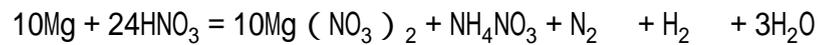
(2) 当硝酸浓度为 6.6 ~ 10N 时



(3) 当硝酸浓度在 0.1 ~ 6.6N 时



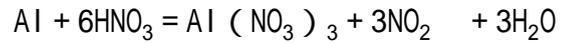
(4) 当硝酸浓度小于 0.1N 时



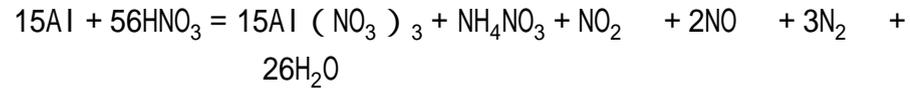
### 17. 金属铝与不同浓度的硝酸反应时，有哪些产物？

根据实验结果，金属铝与不同浓度的硝酸反应时，有下列几种情况：

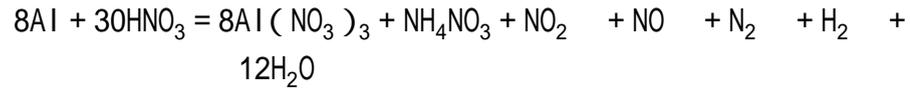
(1) 当硝酸浓度大于 8N 时



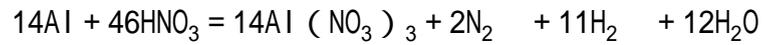
(2) 当硝酸浓度为 3 ~ 4N 时



(3) 当硝酸浓度在 1 ~ 3N 时

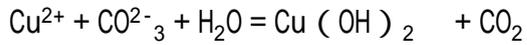


(4) 当硝酸浓度小于 1N 时

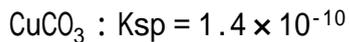


18. 为什么氯化铜溶液跟碳酸钠溶液反应的产物是氢氧化铜，而不是碳酸铜？

氯化铜溶液跟碳酸钠溶液进行反应时，实验的结果是除有蓝色沉淀产生外，还有二氧化碳气体产生。这是由于氯化铜溶液跟碳酸钠溶液混和，水解反应很完全的缘故。



为什么  $\text{Cu}^{2+}$  跟  $\text{CO}_3^{2-}$  不结合成碳酸铜呢？比较常温下  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  和  $\text{CuCO}_3$  的溶度积便可知道：



$\text{Cu}^{2+}$  跟  $\text{OH}^-$  结合成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  比  $\text{Cu}^{2+}$  跟  $\text{CO}_3^{2-}$  结合成  $\text{CuCO}_3$  容易得多，所以，在这个反应里水解占主导地位。

## 19. 中和滴定时，怎样选择酸碱指示剂？

在实际操作时，用已知浓度的标准酸（或碱）慢慢滴入未知浓度的碱（或酸）中，到酸和碱的克当量数相等，这时称为等当点。中和反应达到等当点时，溶液外观一般没有变化，需要利用酸碱指示剂的变色作为到达等当点的信号。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0167\_1.bmp}

选择一个合适的指示剂，一方面要了解指示剂的变色范围，另一方面要了解在滴定过程中溶液 pH 值变化的情况，尤其是在达到等当点前后 pH 值突变的情况。在滴定过程中，我们把溶液 pH 值与加入标准酸（或碱）液量的对应关系作图，可以得到滴定曲线（图 12-1），在等当点附近加入一滴酸（或碱）所引起的 pH 值急剧变化，在滴定曲线上几乎形成一段垂直线，这种急剧变化称为滴定突跃，这一垂直线所对应的 pH 值范围称为突跃范围。滴定突跃是选择指示剂的主要根据。

最理想的指示剂应该恰好在等当点时变色，但这样的指示剂很难找到，而且也没有必要。实际上，凡在 pH4.3~9.7 以内变色的指示剂都可保证测定有足够的准确度。由上图可知，酚酞变色时，等当点已过，NaOH 已加入过量，即滴定终点比等当点略迟，但酚酞变色范围的 pH 值为 8~10，在等当点附近的 pH 突跃范围以内，从等当点到酚酞开始变红时，NaOH 的加入量相差不超过半滴。所以，滴定虽然略有一些误差，但符合容量分析的要求，因此酚酞可以用作这一中和滴定的指示剂。如果用甲基橙作指示剂，虽然滴定终点比等当点略早，但当甲基橙由红刚变橙时，加入的溶液量跟等当点相差不超过半滴，这点误差也是可以忽略不计的。这就是说，凡是指示剂的变化范围全部或部分在滴定突跃范围内都可使用。

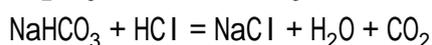
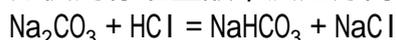
强酸与强碱相互滴定时，反应生成的盐不发生水解，溶液的 pH 值等于 7，滴定突跃范围的 pH 值在 4.3~9.7。甲基橙和酚酞都可以用作指示剂。

强酸与弱碱相互滴定时，反应生成的盐水解后使溶液显酸性。如盐酸滴定氨水，等当点时溶液 pH 值为 5.3，滴定突跃范围的 pH 值在 4.3~6.3 之间，可选用甲基橙为指示剂，不宜选用酚酞。如图 12-2 所示。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0169\_1.bmp}{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0169\_2.bmp}

强碱与弱酸相互滴定时，反应生成的盐水解后使溶液显碱性。如 NaOH 滴定  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ，等当点时溶液 pH 值为 8.7，滴定突跃范围的 pH 值在 7.7~9.7，显然，酚酞的变色范围恰好在突跃范围之内，可作为这一滴定的指示剂，但不宜选用甲基橙。如图 12-3 所示。

弱酸盐或弱碱盐的滴定常直接用标准酸或标准碱溶液。如碳酸钠的滴定，如使用标准盐酸，反应分两步进行：



第一步反应达到等当点时，溶液 pH 值为 8.31，可用酚酞作指示剂；第二步反应达到等当点时，溶液 pH 值为 3.9，可选用甲基橙为指示剂。

20. 酚酞在稀碱中呈红色，在浓碱中无色。它在稀酸中无色，在浓酸中却呈红色。这是为什么？

酚酞是一种有机弱酸，在水里的溶解度很小，易溶于酒精，所以一般把它制成 1% 的酒精溶液应用。

酚酞在弱酸性或中性溶液中，一般是以无色的内酯式存在；在稀碱中则以红色的醌式结构的醌酚盐存在；在浓碱中，醌式结构被破坏，转化成无色的羧酸盐。所以，酚酞与较浓的碱溶液作用时，显红色后又立即褪去。例如，向 2% 的氢氧化钠溶液中滴入酚酞时，只有瞬间显红色，马上褪成无色；向低于 5% 的氢氧化钠溶液中滴入酚酞，显红色并可以较长时间不褪色。

酚酞在浓盐酸或浓硫酸中变成红色，也是因为结构发生变化。

21. 锌是强还原剂，高锰酸钾是强氧化剂，为什么纯锌不能使高锰酸钾溶液褪色？

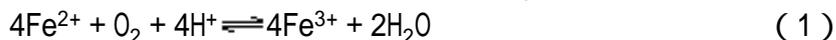
用锌粉和酸性高锰酸钾溶液作用。它们的标准电极电位分别是： $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  为 -0.763 伏， $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  为 +1.51

伏  $1.51 - (-0.763) = 2.273$  伏

得到的是正值，而且电极电位差值很大，从理论上说，这个反应可以发生。但实际上把纯锌加入高锰酸钾溶液中，看不到它褪色。这不是反应不能发生，而是在常温和没有催化剂存在的条件下，这个反应的反应速度极慢，几乎不发生反应。

## 22. 为什么 $\text{Fe}^{2+}$ 在碱性溶液中迅速氧化为 $\text{Fe}^{3+}$ ?

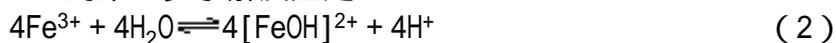
浅绿色的硫酸亚铁溶液放久了，会转变为黄棕色和出现浑浊现象。有人解释为  $\text{Fe}^{2+}$  被空气中的氧气氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，反应式为：



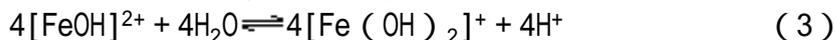
从反应式可以看出，增加  $\text{H}^+$  的浓度，平衡会向右移动，即在酸性溶液中有利于  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$ 。但事实却相反， $\text{Fe}^{2+}$  在碱性溶液中能迅速地转化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，而在酸性溶液中这个氧化过程几乎是被抑制的。这是什么道理呢？

如果只考虑氧化的因素，问题就难以解释，将氧化与水解同时进行考虑，就能解决上述矛盾。

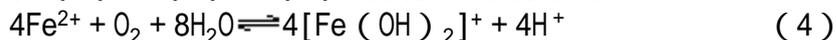
$\text{Fe}^{3+}$  的第一步水解反应是：



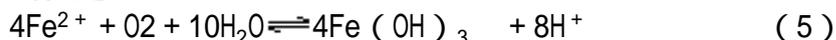
在中性或碱性溶液中，水解还能继续进行：



将 (1)、(2)、(3) 式相加，即得下式：



(4) 式是  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，同时  $\text{Fe}^{3+}$  又水解到第二步时的反应总式。如果考虑到水解还可能进行到第三步的话，那末氧化和水解同时发生的反应式就是：

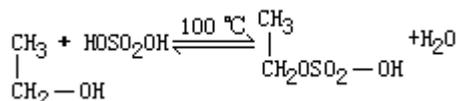


可以清楚地看出：(4) 式和 (5) 式都表明了碱性溶液中平衡是向右移动的，即有利于  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ 。这就解释了  $\text{Fe}^{2+}$  在碱性溶液中迅速氧化为  $\text{Fe}^{3+}$  的原因。

从不同介质中的电极电位值也可以知道，在酸性介质中特别是有金属铁存在时， $\text{Fe}^{2+}$  较稳定；在碱性介质中， $\text{Fe}^{2+}$  会迅速被氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ 。

### 23. 为什么制取乙烯时，浓硫酸要过量，且不能浓度太大？

实验室里制取乙烯，是用乙醇跟浓硫酸作用，首先生成硫酸氢乙酯，然后硫酸氢乙酯在 160℃ 以上分解，生成乙烯和硫酸。



乙醇的酯化反应是可逆的，为了充分利用乙醇，使平衡向生成酯的方向移动，所以必须使浓硫酸过量。经验证明：1 体积乙醇（浓度不低于 95%）和 3 体积浓硫酸（24N）混和，乙醇的酯化程度很高，乙醇损失很少。随着硫酸氢乙酯的分解，乙烯的生成，反应物中硫酸的量逐渐增多，乙醇量相对减少，故硫酸用量再多也是多余的了，所以硫酸和乙醇用量以 3 : 1 为宜。

由于硫酸具有氧化性，且浓度越大氧化性越强，在加热时，有一部分乙醇被氧化，结果生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{SO}_2$  等（因此试管中常有黑色物产生）。然而硫酸稀了又不利于乙烯的生成，所以一般用 24N 的硫酸较为合适。

#### 24. 为什么用碳化钙制取乙炔时常有难闻的气味产生？怎样除去？

生产碳化钙的原料是生石灰和焦炭，它们中常含有杂质硫、磷和砷。因此当用电弧炉制造碳化钙时，同时可生成磷化钙、硫化钙，砷化钙。在碳化钙和水反应时，磷化钙、硫化钙、砷化钙也跟水反应，生成  $\text{PH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{AsH}_3$  混杂在乙炔之中，使乙炔具有难闻的气味和毒性。

为了把它们除去，可使气体通过酸性重铬酸钾洗液和碱溶液进行洗涤： $\text{PH}_3$  被氧化为  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ， $\text{H}_2\text{S}$  被氧化成  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ， $\text{AsH}_3$  被氧化成  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ 。通过碱液再除去剩余的  $\text{PH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{AsH}_3$  和酸等。

## 25. 为什么乙烯比乙炔容易使溴水褪色？

在乙炔分子中，有两个  $\sigma$  键，在乙烯分子中，只有一个  $\sigma$  键，但相对来说，乙炔分子中  $\pi$  电子云不如乙烯中  $\pi$  电子云集中。另外，乙炔分子中碳原子是  $sp$  杂化，乙烯分子中碳原子是  $sp^2$  杂化。凡碳原子杂化电子云  $s$  成分愈大，这个碳原子的电负性也愈大，所以乙炔分子中碳原子的电负性比乙烯分子中碳原子的电负性大，再加上乙炔分子中两个碳原子之间的共用电子比乙烯的多，造成乙炔的键长比乙烯的短，乙炔分子中的  $\sigma$  键比乙烯分子中的  $\sigma$  键结合得比较牢固。

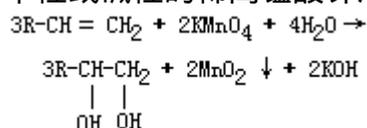
正由于乙烯和乙炔分子具有上述结构上的差异，因此表现在对不同试剂的反应上，活泼性就不同。乙烯分子中  $\pi$  电子云比乙炔的集中，当遇到亲电试剂进攻时，乙烯比乙炔易加成。溴和高锰酸钾都属于亲电试剂。

## 26. 烯烃和炔烃被高锰酸钾溶液氧化的产物是什么？

高锰酸钾是强氧化剂，它能和许多有机物发生化学反应，但在不同介质中，高锰酸钾的还原产物是不同的。一般来说，在中性和弱碱性溶液中，高锰酸钾被还原为二氧化锰；在酸性溶液中，高锰酸钾被还原为二价锰盐。而且，高锰酸钾的氧化能力在酸性溶液中比在中性或碱性溶液中强得多。

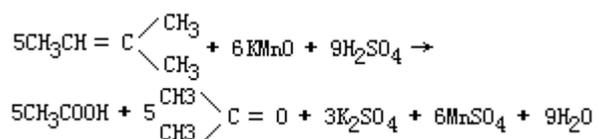
### (1) 烯烃与高锰酸钾溶液的反应

中性或碱性的稀高锰酸钾冷溶液能使烯烃氧化成二元醇，反应式如下：



生成的二元醇可进一步被氧化，生成羧酸。

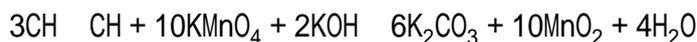
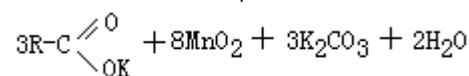
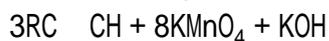
在酸性高锰酸钾溶液中氧化，烯烃分子中碳碳双键完全断裂， $CH_2 =$ 基被氧化成  $CO_2$ ， $RCH =$ 基被氧化成羧酸， $\overset{R}{R'}C =$ 基被氧化成酮。



### (2) 炔烃与高锰酸钾溶液的反应

炔烃被高锰酸钾氧化时，叁键断裂， $RC$ 基变成羧酸， $CH$ 基变成  $CO_2$ 。

在碱性溶液中：



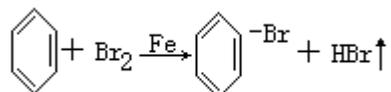
其中  $K_2CO_3$  是由  $CO_2$  与  $KOH$  作用而生成的。

在酸性溶液中：



27. 为什么制取溴苯，开始时反应较慢？一般制得的溴苯都不纯净，怎样使它净化？

苯与溴在铁催化下，可生成溴苯：



这个反应实际上起催化作用的不是铁，而是三溴化铁，并进而生成四溴化铁复合离子。这个过程需要一定的时间，致使反应一开始并不明显。

反应完毕后，反应混和物中含有溴、三溴化铁、氢溴酸以及溴苯等。要制得较纯净的溴苯，可先将反应混和物倒入冷水中，由于溴比水重，溴化铁、氢溴酸溶于水，这样可把大量杂质除去。因为溴在溴苯中的溶解度大于在水中的溶解度，所以难以用水将溴完全洗净。为了进一步提纯溴苯，可将不纯的溴苯先放在分液漏斗中用水洗，然后再用稀氢氧化钠溶液洗，NaOH 与 Br<sub>2</sub> 作用，生成溶于水的 NaBr 和 NaBrO，使溴除去。最后再用水洗，然后加以干燥，即可得到较纯的溴苯。

## 28. 苯进行硝化时，为什么要加入浓硫酸？

过去有人认为硫酸是起着脱水的作用，但是又发现硫酸的浓度约在 90%（含水 10%）时，反应的速度最大。高于或低于这个浓度，都会使反应速度降低，可见硝化反应的速度主要决定于混和酸中硫酸的浓度，而不在于它的脱水性能。这一点还可从其它事实得到证明。例如。在硝化过程中加入五氧化二磷（强脱水剂），对反应速度并不发生影响。

经过其它实验表明，浓硫酸在反应中不仅是脱水剂，而且与硝酸作用生成硝酰正离子  $\text{NO}_2^+$ （或叫做硝基正离子），硝酰正离子（ $\text{NO}_2^+$ ）是进攻苯环的试剂。由此可见，浓硫酸在硝化反应中除了脱水作用外，还能使硝酸离解，促使硝酸完全转变为硝酰正离子；硝酰正离子和苯生成的正碳离子中间体受  $\text{HSO}_4^-$  作用，很容易失去一个质子（ $\text{H}^+$ ）完成取代反应过程，生成取代产物硝基苯。

## 29. 在实验室中如何制备无水乙醇？

普通酒精的含量为 95.57%（质量），尚含 4.43%的水，用直接蒸馏的方法不能把这部分水除掉。因为 95.57%的酒精和 4.43%的水组成一恒沸混和物，沸点是 78.15℃，把这种混和物蒸馏时，气相和液相的组成不发生变化，即乙醇和水始终以这个混和比率同时蒸出。因此，要想进一步除去水，必须采用其它方法。但不能用无水氯化钙来干燥，因为氯化钙和乙醇能形成醇合物。

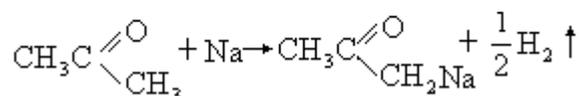
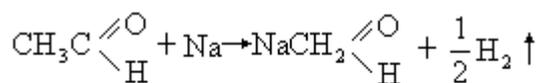
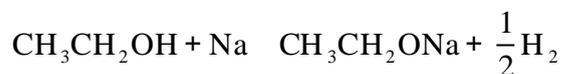
实验室制备无水乙醇时，在 95.57%的酒精中加入新制的生石灰加热回流，使酒精中的水跟氧化钙作用，生成不挥发的氢氧化钙来除去水分。然后再蒸馏，这样可得到 99.8%的无水酒精，沸点 78.5℃。如果要制备绝对无水的酒精，可以在 95.57%的酒精内加苯后蒸馏。因为 18.4%乙醇，74.1%苯和 7.4%水的混和液的沸点比这三种纯液体的沸点都低，为 65℃。在这时收集到的馏分是乙醇、苯和水的混和物，水可全部蒸出。以后在 78.5℃收集到的馏分就是绝对酒精。

### 30. 苯酚跟溴水反应时，为什么有时得不到白色的三溴苯酚？

实验中使用饱和的溴水，在常温下立刻发生反应，会生成 2、4、6-三溴苯酚的白色沉淀。但有时实验中却出现了黄色沉淀，这是因为在过量的溴水中，三溴苯酚可以继续和次溴酸（溴水中存在）作用生成黄色的 2、4、4、6-四溴环己二烯酮。如用 2% 的氢碘酸（或亚硫酸氢钠溶液）处理，可重新还原为 2、4、6-三溴苯酚。

31. 为什么不能用金属钠来区别乙醇、乙醛和丙酮？  
应该选择什么试剂来区别它们？

怎样区别乙醇、乙醛和丙酮？有的读物上把答案写成：“与钠反应能产生氢气的为乙醇；发生银镜反应的是乙醛；余下的一种为丙酮。”这与实际情况是不相符的，因为乙醛和丙酮也能与金属钠反应，有氢气放出。

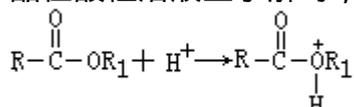


乙醛和丙酮分子中由于羰基 ( $\text{>C=O}$ ) 的吸电子作用，使  $\alpha$ -碳上的氢原子也很活泼，所以它们跟金属钠都能反应。

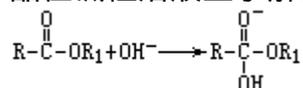
区别乙醇、乙醛和丙酮时，可以先用银氨溶液作试剂，能发生银镜反应者为乙醛，余者为乙醇和丙酮。再用酸性高锰酸钾溶液区别，乙醇有还原性，能使紫红色的高锰酸钾溶液立即褪色，本身被氧化成乙酸，丙酮则很难被高锰酸钾氧化。

### 32. 酯水解时为什么既可用酸又可用碱作催化剂？

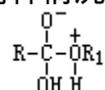
酯在酸性溶液里水解时，第一步是  $H^+$  加到烷氧基的氧原子上。



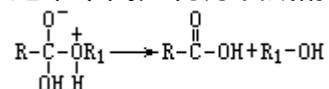
酯在碱性溶液里水解时，第一步是  $OH^-$  加到羰基的碳原子上。



前一个生成物能跟  $OH^-$  离子相结合，后一个生成物能跟  $H^+$  离子相结合，在两种情况下都得到相同的中间产物：



这个中间产物分裂成醇和酸：



酯的水解在碱的作用下能更快地进行，这是因为碱既能起催化作用，又能跟生成的酸结合成盐，使平衡向水解方向进行。

(恽祥媛)

### 第十三章 仪器和药品的自制

在做化学实验时，常常会碰到缺乏仪器或药品的情况，如果能掌握一些自制的知识和技能，对实验的顺利进行是有益的。但是，自制的仪器和药品在精度和纯度上有所欠缺，所以，应尽可能选用标准仪器和药品。

## 一、仪器的自制和代用

### (一) 自制加热仪器

#### 1. 吹管三芯灯

灯的构造及附属设备见图 13-1。

用直径 6~8 厘米的油漆罐头为灯身，罐头盖中央打一个孔，尖嘴管由孔内向外戳出，用粘合剂（环氧树脂等）粘牢在盖子上。也可在盖子中央打一个针头大的小孔（针孔）再焊上由薄铁皮卷焊成的弯管，如图 13-2。灯芯管由薄铁皮卷焊制成，高出盖子 1~1.5 厘米。管与管之间相距约 1 厘米。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0180\_1.bmp}

用于实验时，先点燃灯芯，将反应容器加热片刻，然后进行鼓气。如果在三个灯芯管的管脚间，塞放一些石棉绳（缺少时改用棉花），用滴管或小壶加上煤油，点燃后就可获得较大的高温火焰。最好在三个灯脚的外围，焊上一个高约 0.3 厘米的薄铁环（如图 13-2），环内放石棉绳。灯帽可用广口化妆品瓶或其瓶盖代替。

#### 2. 吹管火焰

装置见图 13-3。

使用时应调节吹管的倾斜度、吹嘴与火焰的相对位置、酒精火焰的大小、以及空气-汽油蒸气混和气中汽油的含量。当需用粗短的大火焰时，汽化器内的汽油要多，尖嘴管管嘴要离开火焰。当需用细长的小火焰（锋焰）时，应该改用大试管为汽化器，器内不放木刨花，导管不插入汽油中，吹管管嘴要伸到火焰之中。锋焰适用于试管的开孔、封口、吹制 T 字管等。

防爆铜丝团按下法填塞：将胶质导线中的细铜丝剪成 2 厘米长的短段，弄散，捏成小团（可混入少许棉花）后塞入导管中，再用粗铁丝稍稍填紧。防爆铜丝团的总长度为 1~2 厘米，要安放二道，以确保安全。

#### 3. 电热式酒精-汽油喷灯

装置见图 13-4。灯身系一根粗玻管，管的内径 2~2.5 厘米，长 9~6 厘米（内径愈粗，长度愈短），外面绕上石棉绳保温；电极系上端为铜片，下端为粗铜丝，下半段紧紧套上细的塑料管；酒精-汽油混合液溶有少许 KOH 或 NaOH；尖嘴管要很短，管口很小；燃烧管内径约 1.5 厘米，由薄铁皮卷成，外绕石棉绳，燃烧管用铁片铁丝等与灯身连接，并且可上下移动，以调节进入的空气量；漏斗内盛的是不含 KOH 的酒精-汽油混和液。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0181\_1.bmp}

使用时由漏斗加入溶有 KOH 的酒精-汽油混合液（汽油量占 1/4~1/3），直到液体浸没电极。接通 220 伏市电，约 1 分钟后，液体即行沸腾，待尖嘴管管口有蒸气喷出时，加以点燃。向漏斗中继续加入燃料，同时将漏斗提高。

溶有 KOH 的酒精能导电，其电阻相当于几十瓦的灯泡（与 KOH 的含量有关）；酒精中溶有汽油后能提高火焰的温度，同时能起消泡作用。疗盐水瓶代烧瓶；用无色广口药瓶代集气瓶，塑料广口药瓶

另有一种电热芯酒精喷灯，装置见图 13-5。50 瓦的内热式电热芯应该外套薄壁金属管，以防止酒精从电热芯的顶端渗入芯内而使电热丝损坏。使用

手续与 3 同。 {ewI MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0182\_1.bmp}

## (二) 玻璃仪器及实验支架的自制或代用

### 1. 用废药瓶及家用器皿作代用品

用白色搪瓷杯或无色茶杯代替烧杯(茶杯用水浴加热);用医疗盐水瓶代烧瓶;用无色广口瓶代集气瓶,塑料广口药瓶作爆炸容器;用葡萄糖注射液安瓿或其它薄壁药瓶代试管;用瓷汤匙代蒸发皿;利用废针筒制成量筒,塑料眼药瓶制成滴管或分液漏斗,塑料药瓶制成长颈漏斗(图 13-6);用截去上半段的果浆瓶作小水槽,截去底部的盐水瓶作钟罩,等等。

### 2. 用木料、泡沫塑料、铁皮条等制成各种实验支架

用铁丝弯制成三脚架;用木板、木条及铁皮条等制成铁架台的代用品,如图 13-7。用薄层水药瓶为反应容器,进行少量或半微量化学实验,可用图 13-7 右边的装置。

### 3. 用泡沫塑料制成的各种实验支架 见图 13-8。

聚苯乙烯泡沫塑料可用苯或甲苯作粘合剂。其粘合工艺如下:在窗玻璃或铁片上平放一张白纸,滴上少许(不宜多)甲苯或苯,将待粘工件的粘合面在纸上来回摩擦数次,再迅速压到另一工件上去,数秒钟后松手,经半小时后,两者即已粘牢。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0183\_2.bmp}

### (三) 贮气及抽气设备的代用

塑料油桶、气枕及充气塑料玩具、各种塑料薄膜袋（最好是聚氯乙烯制品）都可作为贮气用。

有自来水的地方，可用过滤水泵进行抽气。自制的吸滤水泵如图 13-9。

{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0184\_1.bmp}

外管用薄铁片卷焊制成，直径约 2 厘米，细颈处约 0.4 厘米，尖嘴管管口的外径略小于 4 毫米。在支管一边的内壁上，贴衬一张橡胶或塑料薄膜。使用时，支管连接需要抽气的容器，尖嘴管则接在自来水龙头上。

如果自来水的的水压较高，这种水泵可获得约 30 毫米汞柱的真空度。

#### (四) 简易整流器

##### 1. 灯泡限流整流器

线路见图 13-10。串联灯泡的目的是限制电流。如果需用较大的电流，可用 2~3 只灯泡并联，或者改用 300~400 瓦的电炉，此时应改用功率较大的二极管 (2CL12D)。使用这种整流器时，应防止触电。最好使火线与二极管-灯泡相联，那样可稍安全些。电容耐压为 250~400 伏，省去后也可使用，但整流后所得的直流电压较低，并且不太平稳。

##### 2. 电容限流整流器

线路如图 13-11。

电容为 2~5 微法耐压 250~400 伏的低介电容器，最好用 CZJ 型金属膜低介电容器。二极管用 2CZ 或 2CP 型的，额定电流 500 毫安。电阻为 100 千欧、1/4~1/2 瓦的碳膜电阻，它的作用是泄放电容器上的残留电压。使用这种整流器做电化学实验时，不需调节两极间的距离，不论电解槽内电阻的大小如何，通过的电流几乎是恒定的。

## 二、某些药品的自制或回收

### 1. 氢氧化钠（苛化法）

大烧杯中放纯碱（无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）50 克，溶于 300 毫升水中，加热近沸，分次投入新鲜的生石灰约 30 克。间歇地加热，使液体温度保持在 80 ~ 100 之间。约经 1 小时后，加盖静置，让它沉降。小心倾取上层清液，即得浓度约为 10% 的 NaOH 溶液。残渣加水搅拌，静置后即得 NaOH 稀溶液。

改用洗衣碱  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  为原料时，用量按 106 : 286 的比例增加。

### 2. 硫酸钠

（1）用碳酸钠和石膏制取：将研成细粉的生石膏（或粉笔灰），分次投入沸热的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  饱和溶液中并加以搅拌，直到加入时液体显中性为止。趁热过滤，将滤液浓缩至出现结晶膜，冷却后即析出分子式为  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  的结晶。

生石膏与无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的用量比约为 2 : 1。

（2）用碳酸钠和硫酸制取：向 20% 的硫酸热溶液中分次少量地撒入碳酸钠粉末，直到撒入时不再发泡为止。过滤，蒸发滤液至出现结晶，冷却后即得  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。

（3）用制 HCl 后的废液制取：制取 HCl 后的废液废渣，其主要成分是  $\text{NaHSO}_4$ （含 NaCl）。加少量水并将它加热，应限制水的用量，使留有一部分废渣（NaCl）。倾取清液放冷，即析出  $\text{NaHSO}_4$ 。制得的产品中尚含有少量 NaCl，可用重结晶法提纯。

### 3. 亚硫酸钠的提纯

在烧杯中将工业品  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶于 50 ~ 60 的水中。如有不溶物，则加以过滤。将溶液蒸发浓缩，即有无水  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的细小结晶析出。俟杯内已有多量的结晶时，进行吸滤。结晶用少量水洗涤，再迅速吸干（可用涤纶布或府绸包着结晶，再包上干毛巾挤压，或把它放在两块烘干的洁净砖瓦间压干吸干），然后迅速炒干。

说明：（1）可将已洗涤过的结晶直接移入盛有蒸馏水（不溶有空气的）的细口瓶中而配制成所需用的溶液。将蒸馏水煮沸后注入烧瓶内，再加塞放冷，即成不含有空气的蒸馏水。瓶内最好预先充满  $\text{CO}_2$ 。

（2）母液中含  $\text{SO}_4^{2-}$  及  $\text{Cl}^-$  之量较多，可把它蒸干后供制取  $\text{SO}_2$  用。

（3）用于吸水的砖头应先用水长时间浸泡，以除去可能含有的盐类。

### 4. 硫代硫酸钠

俗称大苏打。

将硫粉加入  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液中煮沸，即可制得  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。烧瓶中放  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  100 克和研得极细的硫粉 14 克，加水 200 毫升，放炉上用小火煮沸约 2 小时。滤去硫粉，蒸发滤液至开始结晶，放冷，即析出  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的结晶。将母液浓缩，可得第二批结晶。

说明：硫粉应先用酒精润湿，否则它会漂浮在液面上。

### 5. 碳酸钠的提纯

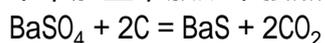
工业用的纯碱中含有少量 NaCl。可用重结晶法提纯，其方法如下：

烧杯中放无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  32 克，加入蒸馏水 64 毫升，加热并加以搅拌。 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

溶解后，将溶液放冷，使之重结晶。滤出结晶，用少量水洗涤并将它吸干，再用尽可能少的热蒸馏水溶解，趁热过滤，滤液冷却后，又重新析出结晶。将此结晶滤出吸干，即成三级品。如果照此上项手续再重结晶一次，即成二级品。

#### 6. 氯化钡

可用  $\text{BaSO}_4$  废渣制取  $\text{BaCl}_2$ 。将  $\text{BaSO}_4$  废渣收集起来，加 2 倍重的面粉，研和后放坩埚（或小铁罐，小铁盒，但外面要涂水玻璃-铁红粉或泥浆以防烧穿）中，加盖，放炉中强热 1 小时（温度愈高愈好）。混和物就起下列反应：



$\text{BaSO}_4 + 4\text{C} = \text{BaS} + 4\text{CO}$  冷却，将所得  $\text{BaS}$  投入 5~10 倍重的水中，加热到沸，在通风处滴加盐酸到中性或弱酸性（注意  $\text{H}_2\text{S}$  有毒），过滤，将滤液浓缩至出现结晶膜，冷却后即得  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  晶体。

#### 7. 氯化钙

制取二氧化碳后的废液是含少量  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  的  $\text{CaCl}_2$  溶液。将废渣煮沸，加入少量石灰乳（随加随搅拌）至呈弱碱性（ $\text{pH} = 8.5 \sim 9$ ），然后移入搪瓷盆中，让它敞口放置一至二天，使所含的  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$  并转变为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ （也可改用氯水为氧化剂，此时不必敞口放置）。过滤，向滤液中滴加盐酸至呈微酸性，再蒸发到厚浆状，放冷，即得  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。将  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  放在扁铁罐中（厚度不超过 2 厘米），灼烧到无水气放出，即得无水  $\text{CaCl}_2$ 。

说明：（1）滤液如有颜色，可加活性炭脱色。

（2）用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$  制取  $\text{NH}_3$  的废渣是  $\text{CaCl}_2$  和它的碱式盐。将废渣用稀盐酸溶解（使废渣略有剩余），在敞口容器中放置数天后过滤，滤液即为  $\text{CaCl}_2$  溶液。

#### 8. 氢氧化镁和氧化镁

取盐卤或  $\text{MgSO}_4$  溶液，加热到约  $60^\circ\text{C}$ ，然后一边搅拌，一边分次加入稀  $\text{NaOH}$  溶液，到呈弱碱性为止。沉淀用倾析法洗涤数次，用布袋滤出。继续用水洗涤数次，最后将它挤干、晾干，即得  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。将  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  灼热到红，就变为  $\text{MgO}$ 。

说明：将市售  $\text{MgO}$  加水浸泡若干天，即成  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。

#### 9. 氢氧化铝和氧化铝

制法：将 5% 的  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  或明矾溶液，加热后加入浓度为 10% 的氨水，到溶液呈明显碱性（ $\text{pH} 8 \sim 9$ ）为止。静置，倾去清液，用热水倾析洗涤若干次后用布袋过滤；将滤袋挂自来水龙头上，用细小的水流洗涤一小时或将袋挂在盛大量水的容器中，直到洗涤水中不含  $\text{SO}_4^{2-}$  为止（用  $\text{BaCl}_2$  检验）。然后将布袋挤干（最好再用干毛巾包着挤压），再烘干或晒干，即得  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。将  $\text{Al}(\text{OH})_3$  灼烧，即得  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

制法二：在冷的明矾饱和溶液中，一边搅拌，一边缓缓注入热的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ （8%、比重 1.07）溶液，直到溶液接近中性（ $\text{pH} 6.5$ ）为止。再静置用热水倾析洗涤 过滤 挤干 烘干（ $70 \sim 80^\circ\text{C}$ ）。

#### 10. 硫酸铝

制法一：烧杯中放废铝片（抗菌素小瓶的铝帽）半杯，加入热的稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，

其量刚能浸没铝片。任其放置，过一、二个月，即得  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  的结晶。

制法二：把废铝屑（铝刨花、铝片）放在大烧杯里，加入沸水 10 体积，再分几次加入浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  共 1 体积。反应缓慢时，将液体加热到无氢气放出。过滤，将滤液蒸发浓缩，用滴管吸取少量溶液放玻片上，冷却后若能析出大量晶体，即可停止蒸发，放冷，即得  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  晶体。

制法三：还可用白色的煤灰与稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  共热来制取。煤灰重：浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  重：水重 = 100：10：900。将混和物加热到沸，保温 1 小时，再过滤、蒸发、放冷，即析出结晶。也可用煅烧（700 ~ 800 °C）过的煤矸石或白色的粘土为原料。

### 11. 无水三氯化铝

在有机化学实验中，有时需用无水  $\text{AlCl}_3$  为催化剂。少量制取时可用图 13-12 的装置。

制取的手续如下：先将铝屑或铝刨花加热到 200 °C 以上，再缓缓通入干燥的  $\text{HCl}$  气体，反应生成的  $\text{AlCl}_3$  立即升华而在反应管右端的滤纸上及集气瓶中凝成白色粉末。

制得的  $\text{AlCl}_3$  要立即保存在干燥的试管中。

说明：将浓硫酸滴到粉末状的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  上，即能获得稳定、干燥的  $\text{HCl}$  气流。两者的用量比约为 1 毫升：1 克。

### 12. 硅酸铝催化剂

在不断搅拌的情况下向明矾饱和溶液（或硫酸铝溶液）中加入稀的水玻璃，直到液体显碱性。静置相当时间后用布袋滤出沉淀，并用大量热水洗涤。最后将沉淀吊干、炒干、灼烧至暗红。

可以在水玻璃中调入高岭土或粘土（色较白的）粉末，再经灼烧而制得更为便宜的催化剂。

### 13. 二氧化锰的收集

试剂公司或医药公司所出售的  $\text{MnO}_2$ ，纯度较高，但价格非常之贵（较工业品贵 50 倍），而且因为它已经烧结成颗粒状，不适宜用作  $\text{KClO}_3$  制  $\text{O}_2$  实验中的催化剂（必须研磨得很细才能使用）。在中学化学实验中，只要工业品就行了。

从废干电池中，可以分离出  $\text{MnO}_2$ ，其方法如下：

将废干电池中的黑色物质取出，用大量热水浸泡，并加搅拌，使其中  $\text{NH}_4\text{Cl}$  及  $\text{ZnCl}_2$  溶解；将上层液体倾去，残渣用倾析法洗涤后过滤，滤渣经晒干或烘干，即得黑色粉末，其成分大致为： $\text{Mn}_2\text{O}_3$  及  $\text{MnO}$  280%，炭黑 15%，石墨 1%。将黑色粉末放入铁罐或搪瓷盆中，在炭炉上灼烧到暗红，并时时加以炒拌，直到粉末变为灰棕色、撒入  $\text{KClO}_3$  粉末时不再出现火星为止。此时炭黑及一小部分石墨已烧掉，得到的是  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  和  $\text{MnO}_2$ （可能还有  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  及  $\text{ZnO}$ ）的混和物，可用作分解  $\text{KClO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  等的催化剂，也可用于铝热法，但不宜用来制取  $\text{Cl}_2$ 。

### 14. 锌粉

锌在 200 以上时变脆，可捣研成粉末。制取少量锌粉的方法是把锌烧到熔化，倒入烤烘到 150 以上的铁研钵中，再急速用力捣研而得。或者照下法制得：

取表面较平的耐火砖两块，放炉上加热，另将锌放坩埚或小铁皿中加热，待锌熔化时，将一块砖从炉上取下，平放桌上，令砖的受热面朝上，把熔化的锌（蚕豆大体积）倒在砖的中央，再把另一块砖（受热面朝下）压在上面，并进行研磨，就可得到锌粉。如果在坩埚中同时放入一些食盐，灼热后跟熔锌一起倒在砖头上研磨，效果更好。锌粉中的食盐，可用水溶去。

铝粉和锡粉，也可用同样的方法制得。

#### 15. 氢氧化锌和氧化锌

把制氢后的废液过滤，滤液即为  $ZnSO_4$  溶液。加 5 倍体积的水稀释，再一边搅拌，一边加入 5% 的 NaOH 溶液，到显微碱性为止。沉淀照第 9 个药品氢氧化铝和氧化铝中关于洗涤、挤干、烘干法处理即得  $Zn(OH)_2$ ，再经灼烧得  $ZnO$ 。

#### 16. 硫酸锌和氯化锌

在用 Zn 和稀  $H_2SO_4$  制取  $H_2$  后的废液中，加入过量的 Zn 粒，放置过夜后过滤。将滤液蒸发到液面有结晶膜出现时，冷却，即析出  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  晶体。

用稀 HCl 和 Zn 反应后的废液，照同样手续处理。将滤液蒸发浓缩后，转移到蒸发皿中，继续蒸发到糊状。最后加少量浓 HCl，再蒸发到干，即得无水  $ZnCl_2$ 。

说明：将过量的 Zn 和 6N 盐酸反应后的溶液可作焊液用。

#### 17. 氢氧化铁和氧化铁

制法一：先把  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  配成溶液，加热后加入 NaOH 溶液（或氨水）到呈明显的碱性，就得到泥状的  $Fe(OH)_2$  沉淀。将  $Fe(OH)_2$  摊成薄层，放在空气中任其氧化，过几天后就全部变为  $Fe(OH)_3$ （含  $Na_2SO_4$ ）。把它晒干或炒干，用热水洗去  $Na_2SO_4$ ，再晒干，就是  $Fe(OH)_3$ 。把  $Fe(OH)_3$  灼热，即得  $Fe_2O_3$ 。

也可把  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  放蒸发皿中，加热，使变为无水物，再把无水物研细，放铁皿中或铁片上，在炉火上煅烧到无水物变为黑褐色，即得  $Fe_2O_3$ （冷时为红色）。

制法二：将  $Fe_2(SO_4)_3$  配制成稀溶液，加热后注入 5% 氨水至微有氨臭，用热水倾析洗涤沉淀数次，然后过滤（用布袋）并继续用热水洗涤。最后将沉淀吸干（吊干），即得  $Fe(OH)_3$ 。

说明：化工原料商店及油漆涂料商店出售的“铁红粉”“铁丹”、“氧化铁红”、“氧化铁黄”等都是  $Fe_2O_3$ 。中药“赭石”也是  $Fe_2O_3$ 。

#### 18. 硫酸亚铁

烧杯中放已除去油污的铁刨花或铁屑 12~15 克，加入热开水约 100 毫升，在通风处分若干次加入浓硫酸共 10 毫升。最后将液体加热到沸，进行蒸发。当液面出现结晶膜时，趁热过滤。向滤液中投入一些干净的铁丝或铁片，加盖放冷，即有  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  的结晶析出。将结晶滤出，用少量水洗涤后再用少量酒精洗涤，再吸干即得粗制品。

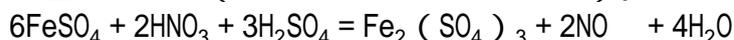
将粗制品溶于沸热的蒸馏水中制成热饱和溶液，滴加浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  使溶液的 pH 1，再加盖放冷让它重结晶，即得精制品。

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  受潮极易氧化，因此最好将重结晶后的产品放在蒸发皿内，滴加极少量浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，加热使之融化并脱去一部分结晶水，直到熔融物呈浅绿色。然后放冷，保存在密闭的容器中。

说明：某些工厂的酸洗车间里有大量的废酸，每升含  $\text{FeSO}_4$  约 300 克，含  $\text{H}_2\text{SO}_4$  约 50 克。把它和铁刨花共煮并进行蒸发，再过滤、放冷，即可获得  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

### 19. 硫酸铁

将 100 克  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  溶解于 300 毫升热水中，加入浓硫酸 18 克，在通风处热至将沸，再分次加入少量浓硝酸，加入后溶液即变棕色并发生气泡（毒）。当棕色和气泡消失时，继续加入少量硝酸，直到加入时溶液不再变色和发生气泡为止（浓硝酸总用量为 8~12 克）。其反应式是：



将氧化后的溶液蒸发浓缩，最后移入磁蒸发皿中蒸发至厚浆状，放冷，即得固体  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ （含少量  $\text{H}_2\text{SO}_4$  及  $\text{H}_2\text{O}$ ）。

### 20. 氯化亚铁和氯化铁

在烧杯中放已除去油污及镀层的铁刨花或铁丝 50 克，加入 6N 盐酸溶液约 200 毫升。当反应缓慢时，将溶液煮沸约 2 分钟，趁热过滤，向滤液中投入一团无锌的细铁丝，然后进行蒸发，直到出现结晶膜。加盖放冷，即慢慢析出  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  的结晶。迅速滤出结晶并用少量酒精洗涤，然后按第 3 个药品亚硫酸钠的提纯中关于结晶吸干法处理。

如果向  $\text{FeCl}_2$  的饱和溶液中通入  $\text{Cl}_2$ ，直到溶液（试样液）对  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  不再产生深蓝色沉淀。将溶液进行蒸发，在蒸发过程中应不断加入少量浓盐酸，直到试样液冷却时能完全硬化为止，放冷即得固体  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

### 21. 硫化亚铁

取直径为 6~7 厘米，高约 10 厘米的泥坩埚一只，放入铁屑 150 克，盖上一个中央开有圆孔的盖子（可用涂上玻璃粉-铁红粉混合物的铁盖）。在炉中强热至铁屑呈红色，向圆孔中一块一块地投入蚕豆大的硫块，共投入约 75 克。投完后将坩埚中的熔融物（ $\text{FeS}$ ）倾注在大钢板上，使之迅速凝固。

最好用黄铁矿  $\text{FeS}_2$  和铁反应的制取  $\text{FeS}$ 。此时在坩埚中放  $\text{FeS}_2$ （小块）100 克，在上面再放 70 克薄铁片或铁刨花，加热到足够高的温度时  $\text{FeS}_2$  即分解成  $\text{FeS}$  和  $\text{S}$ ， $\text{S}$  再和  $\text{Fe}$  化合成  $\text{FeS}$ 。

### 22. 硝酸铅

烧杯中放铅（捶成薄片）10~20 克，在通风处加水及浓硝酸各 5 毫升，反应立即剧烈进行。反应缓慢时，再加入 5 毫升浓硝酸，估计已有相当量的硝酸铅生成时，停止加酸，将溶液蒸发至将干。然后加入适量水并进行加热，使硝酸铅重新溶解。趁热过滤，将滤液蒸发，即得小晶体的硝酸铅。如将滤液缓缓冷却，则得到较大的结晶。

将氧化铅溶于热的稀硝酸（1:1）中，过滤，将滤液蒸发到干，亦可制得  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 。

### 23. 醋酸铅

制法一：将浓度为 50% 的 HAC 溶液加热并投入过量的 PbO。过滤，滤液加少量 HAC 酸化，再蒸发至有结晶析出。静置放冷，即析出  $Pb(AC)_2 \cdot 3H_2O$  的结晶。将母液蒸发浓缩，以获得第二批结晶。

制法二：将铅质药膏皮剖开，除去管内残留的膏和表面的油漆，放入烧杯里，加入稀醋酸，任其长时间放置，铅就逐渐被空气中的氧所氧化，并与醋酸反应而得  $Pb(AC)_2$  溶液。继续长期放置，铅即继续腐蚀，变为白色的  $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$ ，这就是古老的制取铅白的原理。向上述烧杯中再加稀醋酸，使白色粉末溶解，即得  $Pb(AC)_2$  溶液，将溶液蒸发到现结晶膜，冷却，即析出分子式为  $Pb(AC)_2 \cdot 3H_2O$  的结晶。

### 24. 铜的收集和回收

导线中的铜丝，其纯度都是很高的（>99.5%）。黄铜是铜-锌合金，在实验中不可把黄铜当作铜来应用。

将实验室的含铜的废液废渣收集起来，加酸使之呈酸性，过滤，向滤液中投入干净的铁片，几天之后，就得到铜粉。将铜粉洗涤后吸干晾干，就可用于实验中。如果将铜粉放铁皿中焙烧，就可得到 CuO。

### 25. 氢氧化铜、氧化铜

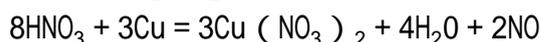
将 25 克  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  溶于 200 毫升温水中（50~60℃），一边搅拌，一边慢慢加入浓度为 5% 的 NaOH 溶液（约 75 毫升），到混和溶液呈浅蓝色为止（5~10 分钟内加完）。静置片刻，然后照第 9 个药品氢氧化铝和氧化铝中的手续将沉淀洗涤、过滤、洗涤、挤干、晾干或晒干而得  $Cu(OH)_2$ 。将  $Cu(OH)_2$  灼热，即得 CuO。

说明：（1）实验中可用浓氨水代替 5%NaOH 溶液。加至液体呈鲜艳的天蓝色，约需加浓氨水 6 毫升。（2）将碱或碳酸铜或硝酸铜灼热，亦可得 CuO。

### 26. 硫酸铜

烧杯中放铜丝 40 克和水 120 毫升，加入浓硫酸 46 毫升，加热至 70~80℃，再分 10 次加入浓硝酸共 11 毫升。反应时有氮的氧化物放出，故实验应在通风处进行。如发现铜丝上有较多的结晶附着，添加水 10~20 毫升使之溶解。反应停止后，趁热过滤，滤液冷却时即有结晶析出。滤出结晶并用少量水洗涤，再摊开晾干，即得  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  的粗制品。

说明：（1）用铜和稀硝酸制取 NO 后的废液是硝酸铜溶液。向此溶液中投入过量的铜丝并加热至 70~80℃，再小心加入少量浓硫酸，即起如下的反应：

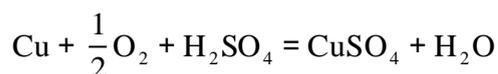


当气体发生减慢时，再加入浓硫酸，直到加入硫酸时不再有 NO 放出为止。趁热过滤，滤液即为  $CuSO_4$  溶液，将溶液蒸发、浓缩，再冷却即析出  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  结晶。

（2）将铜丝放在氧化焰中灼烧，使表面生成相当厚的氧化层，然后浸入热的稀硫酸中，反复进行上述操作，亦可制得硫酸铜。

### 27. 硫酸铜（自然氧化法）

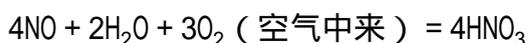
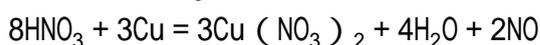
铜在和空气接触的条件下，能够和硫酸起如下的反应：



工业上把铜和稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  加热到  $70 \sim 80$  ，通入空气进行生产。在常温下，反应也能进行，不过速度较慢而已。少量制取方法如下：

在大烧杯或瓷碗里放入从废导线中剥下的铜丝 100 克，注入 4N 稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液，使液面浸没铜丝。然后滴加  $\text{HNO}_3$  几滴，让它长期敞口放置。每隔十余天翻动一次。几个月后，溶液中就有不少  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体生成。将烧杯加热到晶体全部溶解，趁热过滤，蒸发滤液到出现结晶膜，冷却，就析出  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。母液添加 Cu 和稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  后继续制取。

说明：加  $\text{HNO}_3$  的目的是促进反应，它起催化剂的作用，不加也行。



### 28. 硫酸铜的提纯

工业硫酸铜中含有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ，可按下列法除去。

烧杯中放  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  15 克，加水 50 毫升，加热使之溶解，向溶液中滴加 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液的 2 毫升，再滴加 NaOH 稀溶液使溶液的 pH = 4。煮沸片刻，滤出沉淀，滤液用  $\text{H}_2\text{SO}_4$  调至 pH = 2，再蒸发至出现结晶膜，然后放冷、滤出结晶，再把它摊开晾干。

### 29. 氯化铜

瓷蒸发皿中放铜丝 50 克和 6N 盐酸 180 毫升。在通风处分次加入浓  $\text{HNO}_3$  (比重 1.42) 共 43 毫升。反应完毕后将液体加热至沸，趁热过滤。蒸发滤液至出现结晶膜，冷却，即析出  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  的结晶。滤出结晶并用少量酒精洗涤，再将结晶析于滤纸间，放在二块干燥的砖头间压干吸干。

说明：将  $\text{CuO}$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CuCO}_3$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$  逐渐投入 8N 盐酸中直至 pH = 2 ~ 3。再经过滤、蒸发、结晶、干燥等手续，亦可制得  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

### 30. 硝酸铜

制取  $\text{NO}_2$  后的废液，在冷却时即见有水合硝酸铜的晶体析出。向反应器中加少量水并进行加热，使晶体溶解，然后趁热过滤。蒸发滤液至呈现结晶膜，放冷，即析出  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  的结晶。滤出结晶，并用少量水洗涤，然后把它吸干，存放广口塑料瓶中并加以密封。

### 31. 碱式碳酸铜

烧杯中放 0.5N 的  $\text{CuSO}_4$  溶液 100 毫升(将约 6 克的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  溶于 100 毫升水中)，一边搅拌，一边加入 0.8N  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液(或 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液)，两者先反应生成绿色沉淀，继而放出大量  $\text{CO}_2$  气泡。继续加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，直到溶液显碱性 pH = 8 为止。静置过夜，用布袋过滤。将滤袋挂自来水龙头上，用细小的水流洗涤一小时(或将袋挂在盛大量水的液面上，借扩散和对流作用，使  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶去)，然后将盛有沉淀的布袋挤压，用干毛巾包裹后挤干后放在烘干的砖间吸干。最后把沉淀摊开，放通风处晾干或晒干。

### 32. 氯化汞、硝酸汞、氧化汞

取汞 10 克放小烧杯中，加入浓盐酸 15 毫升，在通风处微微加热，然后

分次滴加浓  $\text{HNO}_3$  1~2 毫升，待 Hg 完全溶解后，将溶液蒸干，即得  $\text{HgCl}_2$ 。

向  $\text{HgCl}_2$  饱和溶液中，一边搅拌，一边加入浓度为 5% 的 NaOH 溶液，直到液体呈碱性，即得黄色沉淀。将液体加热到沸，然后用倾析法洗涤沉淀，再滤出晾干，即得黄色  $\text{HgO}$ 。将黄色  $\text{HgO}$  放蒸发皿中在通风处炒拌到变成黑色（温度不宜过高），冷后即得红色  $\text{HgO}$ 。

在通风处将 2 克汞加 5 毫升 25%  $\text{HNO}_3$  微热，使汞溶解，即得  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液。将溶液蒸发到干，再炒到黑色，冷却后即得  $\text{HgO}$ 。

说明：（1）如果向沸热的  $\text{HgCl}_2$  中加入 NaOH 溶液，即得红色  $\text{HgO}$ 。

（2） $\text{HgCl}_2$ 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  等可溶性汞盐都是剧毒物质， $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{HgO}$  及 Hg 也有毒。实验时如有汞散落到桌面或地面上，可用涂上稀盐酸的锌片去粘拾，汞与锌会形成锌汞齐，将锌汞齐用稀盐酸处理，即可回收汞。如果汞已进入缝隙中，应撒上硫粉或洒 20%  $\text{FeCl}_3$  溶液，使之转变成不挥发的化合物。

### 33. 银的回收

方法一：废瓶胆上银（每只含银 0.2~0.4 克），可照下法回收：

用木板或砖头将洗干净的废瓶胆压碎，放在盛有 10% 稀盐酸或稀硫酸的大烧杯中，煮沸后银层就能剥落下来，将银滤出（酸液继续使用）并用水洗涤，在通风处滴加浓硝酸使银溶解，就得到  $\text{AgNO}_3\text{-HNO}_3$  的混合溶液。将溶液蒸发到干，即得  $\text{AgNO}_3$ 。

方法二：把在实验中生成的  $\text{AgCl}$  集中起来，放在烧杯或试管里，投入锌片或锌粒，再加入 2~3% 的稀硫酸，加盖，让它放置几天。Ag 即被 Zn 置换出来。将所得黑色的银粉用稀酸溶去可能残存的锌，再用水洗涤，然后按前述方法制成  $\text{AgNO}_3$ 。

### 34. 硝酸银

将银币（含铜 10~12%）1 枚，放烧杯中，加水 5 毫升，在通风处加入比重为 1.42 的浓硝酸约 5 毫升。如反应不快，可稍稍加热。当反应趋于缓慢时则再加入 5 毫升浓硝酸。银币完全溶解后，将溶液蒸发到干，得  $\text{AgNO}_3$  与  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  的混和物，将混和物转移入瓷蒸发皿或大的瓷坩埚中，用砂浴（铁皿中放砂）加热。混和物熔化后继续升温至 300℃，此时  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  即发生分解（放出棕色气体并变黑），维持此温度（或略高于此温度）约 1 小时，停止加热，放冷，加适量水搅拌，使  $\text{AgNO}_3$  溶解，再进行过滤。将滤液蒸发到干，即得  $\text{AgNO}_3$ 。如滤液尚有蓝色，则重复加以灼烧。

### 35. 其他药品的采购和收集

（1）铵盐及氨水： $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  均取相应的化肥。氨水向化肥厂购买浓的。

（2）碳酸钙：方解石是纯  $\text{CaCO}_3$ 。大理石的纯度也较高。石灰石和贝壳的主要成分是  $\text{CaCO}_3$ 。白云石的分子式是  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ，质地较纯，在炼钢时要用到它，在建筑上也常用于装饰性的混凝土中。

（3）从照相器材商店可买到  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、NaBr、 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、冰醋酸等；从医院药剂室可取得  $\text{MgSO}_4$ 、ZnO、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、 $\text{I}_2$ 、三溴片（含 KBr、NaBr、 $\text{NH}_4\text{Br}$ ）、S、酚酞（“果导”或“果乐比”均含酚酞）；从火柴厂可设法购到  $\text{KClO}_3$ 、红磷、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  等；从翻砂厂、肥皂厂可索取到

水玻璃。

(孙公望)

## 第十四章 中学化学课外活动实验

### (一) 氯酸钾分解制氧气中催化剂的选择

用品：硬质试管、集气瓶、水槽、酒精灯、铁架台（铁夹）。

氯酸钾、二氧化锰、三氧化二铬、三氧化二铁、氧化铜、氧化镁、玻璃粉。

操作：

1. 取预先分别研细的氯酸钾粉末 3 克和二氧化锰粉末 1 克，在纸上均匀混和。

2. 将上述混和好的粉末，装入带有导管的硬质试管（事先应检查装置的气密性）中，然后把橡皮塞塞紧试管口，小心加热。先把试管中的空气排掉，当气泡连续地并比较均匀地放出后，再用排水集气法收集一瓶（250 毫升）氧气，并计算自产生气体开始，直到收满一瓶为止所需的时间。

3. 用同样的方法，把氯酸钾和二氧化锰的用量比改为 3 : 2 和 3 : 3 进行试验。

4. 再分别用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{MgO}$  以及玻璃粉代替  $\text{MnO}_2$  作催化剂进行试验，氯酸钾和各种催化剂的用量比，可以用 3 : 1, 3 : 2, 3 : 3 三种比量进行对照试验，最后了解每种催化剂的最佳用量和最优催化剂。

注意事项：

1. 选用的氯酸钾必须是纯净的，否则容易引起爆炸。一般可用重结晶法进行简单的提纯。

2. 加热的温度不宜过高，温度越高，分解的速度越快，产生的白烟越多。

## (二) 氧气、二氧化碳和一氧化碳对血红蛋白的作用

**用品：**烧瓶、漏斗、试管、酒精灯、铁架台、铁夹。

氯酸钾、二氧化锰、大理石、盐酸、蚁酸、浓硫酸、鲜鸡血、草酸钠。

**原理：**氧气和二氧化碳都能和血液里红血球中的血红蛋白形成不稳定的化合物，而这种化合物又能把氧气或二氧化碳释放出来。如果血红蛋白遇到一氧化碳，但生成的是一种较为稳定的化合物，这样，就降低了血红蛋白输送氧气到组织中去的能力，从而使人或动物窒息、中毒。

**操作：**

1. 先安装好实验室制取氧气、二氧化碳和一氧化碳的实验装置。

通常采用蚁酸和浓硫酸共热的方法制取一氧化碳。

2. 将制得的氧气和二氧化碳分别通入混有少量抗凝剂（草酸钠）的鲜鸡血的试管里（约2毫升左右），不一会就可看到通入氧气的一管，鸡血的颜色变为鲜红色；通入二氧化碳的一管，鸡血的颜色变为暗红色。

3. 再将通入氧气和二氧化碳的导管进行交替，使原来通氧气的改通二氧化碳，原来通二氧化碳的改通氧气。过一会就可看到血液的颜色和上述的正好相反。这说明血红蛋白既有结合氧气和二氧化碳的功能，又有容易释放氧气和二氧化碳的功能。

4. 再用二氧化碳和一氧化碳分别通入混有少量抗凝剂的鲜鸡血的试管里，过一会可看到通入二氧化碳的鸡血变成了暗红色，而通入一氧化碳的鲜鸡血则变为鲜红色了。如图 14-1 所示。

5. 也将通入二氧化碳和一氧化碳的导管进行交替，即在通入二氧化碳后的鸡血再通一氧化碳，通入一氧化碳后的鸡血再通入二氧化碳，结果可清楚地看到和前面的结果不一样。一氧化碳通入暗红色的血液里，很快就变为鲜红色，而将二氧化碳通入鲜红的血液里，就不能改变成暗红色了。因为原来的一氧化碳和血红蛋白结合后，形成了比较稳定的化合物，从而使血液失去了它同氧结合的能力，这就说明了一氧化碳的毒性。

**注意事项：**

1. 如果不用鲜鸡血，也可以用鸭血或其它动物血进行试验，但一定要新鲜，并加少量草酸钠作抗凝剂。

2. 在做一氧化碳的实验时，应该在通风橱中进行。

### (三) 自制植物酸碱指示剂

用品：研钵、量筒、移液管、大、小试管、试管架、白布一小块。

红色花朵如月季、石蜡红、一串红等，紫萝卜或红萝卜、芥菜、酒精、蒸馏水。

1N 氢氧化钠溶液、1N 氨水、1N 醋酸溶液、1N 盐酸溶液、广泛 pH 试纸。

原理：自然界中有些植物的花、叶、茎、根、果实中含有一些植物色素，主要是花青素。花青素在不同的酸碱环境中，能呈现出不同的颜色，因此，可利用来做酸碱指示剂。如月季花等各种红色、紫色、蓝色的花朵、紫罗兰等的叶子，红萝卜、紫萝卜、紫扁豆、海棠果、山楂果、苹果等的表皮；紫草等的根；杨梅、龙葵等的果实等，都可从它们表皮的浸出液（杨梅取其果汁）做成酸碱指示剂。

操作：

1. 取洁净的大试管 14 只，依次贴上 1~14 序号的标签，排列在试管架上，然后根据表 14-1 配制 pH 溶液系列，并倒入相应序号的试管中，混和均匀备用。

用广泛 pH 试纸测定上述各混和溶液的 pH 值，并记录在对应的试管序号标签下面，这就是实验测知的 pH 值溶液系列。

2. 植物酸碱指示剂的制备

(1) 以花瓣为原料的制备法：取新鲜的月季花数朵，去掉花蕊，留下花瓣，先用清水洗净（轻轻冲洗掉花瓣上的尘土）再放入研钵或洁净的瓷碗中，用玻璃棒或洁净的竹筷将花瓣捣成浆状。然后加 1~2 毫升酒精，再捣几次，使其溶解，并用少量蒸馏水加以稀释（不用酒精直接用蒸馏水溶解也可以，因花青素能溶于水，此处用酒精还有一定的防腐作用），但不宜太稀，以免影响颜色的变化。如汁液过于浑浊，可用小白布把浸出液用力挤出，以滤去残渣，或用离心机分离掉残渣。所得澄清液即为植物酸碱指示剂。

表 14 - 1 pH 溶液系列的配制

量取所需溶液的毫升数					PH
NaOH ( 1N )	NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O ( 1N )	CH <sub>3</sub> COOH ( 1N )	HCl ( 1N )	H <sub>2</sub> O	
-	-	-	2	18	1
-	-	-	0.2	19.8	2
-	-	1.2	-	18.8	3
2.6	-	17.4	-	-	4
7.8	-	12.2	-	-	5
9.8	-	10.2	-	-	6
-	10	10	-	-	7
-	10.2	-	9.8	-	8
-	12.2	-	7.8	-	9
-	17.4	-	2.6	-	10
-	1.2	-	-	18.8	11
0.2	-	-	-	19.8	12
2	-	-	-	18	13
20	-	-	-	-	14

(2) 以果皮为原料的制备法：取一只表皮颜色较深的紫红色新鲜萝卜，用清水洗去泥灰，再用小刀把紫红色的表皮小心刮下（不要把肉质带下），放入研钵或瓷碗中，把它捣成浆状，然后加酒精少许，再捣几次，使其充分溶解。以下步骤与用花瓣为原料的制法相同。这样便制得颜色较深的紫红萝卜皮浸出液的指示剂试液，一只 200 克重的萝卜，一般可制得 50 毫升左右的试液。

(3) 以植物全株为原料的制备法：取半斤荠菜，去长根后洗净，分两次投入 500 毫升的沸水中氽一分钟，捞出荠菜后，剩下的水溶液经过滤后，所得滤液即为酸碱指示剂了。

### 3. 测试植物酸碱指示剂的变色范围

取上述配制的各种 pH 值的溶液各 1 毫升，分别注入小试管中，按 pH 值 1~14 的顺序排列在试管架上，然后取一种自制的植物酸碱指示剂，依次向小试管中滴加 3~5 滴，观察

表 14 - 2 几种植物酸碱指示剂在不同 pH 值条件下的显色情况

指示剂在不同 pH 值条件下的显色情况，并将结果记录在表 14-2 中。

#### (四) 对酸性空气的模拟检验

**用品：**大漏斗、金属网、滤纸、抽气机、线绳。

甘油、碳酸氢钠、甲基橙、盐酸。

**原理：**利用甲基橙作指示剂时，在碱性溶液中呈黄色而在酸性溶液中则呈红色的特点，来检验空气中是否存在一定浓度的酸性气体。

为了保持滤纸的湿润，故先在滤纸上滴加少量的甘油，以便能吸收空气中的水分，保证指示剂的显色作用。

**操作：**

1. 选取一只大漏斗，在漏斗的敞口部分覆盖一个大小和漏斗口适合的金属网，在金属网上放一张滤纸，再用线绳把它固定好。

2. 在滤纸的中央先滴加一滴甘油，然后再滴加一滴 0.01 摩/升的碳酸氢钠溶液和一滴甲基橙试液，这时在滤纸的中央应呈黄色。如果颜色不明显，可多加几滴甲基橙指示剂，但下面每次测试时，都应以这次滴数为标准，作为平行实验的对比。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0208\_1.bmp}

3. 将漏斗的下口用导管与抽气机相联接。

4. 取一瓶 20% 的盐酸，打开瓶塞，置于大漏斗的附近。然后开动抽气机，并记录时间，当滤纸的中央颜色明显地呈现出红色时，停止抽气，记录所耗费的时间。

5. 选择不同的测试点，进行比较，如在通风处、药品仓库、化学实验室等处。

**注意事项：**

1. 金属网和滤纸与漏斗口之间要尽可能扎得紧密些，使它不漏气。

2. 最好用金属漏斗，这样，便于把金属网和滤纸扎紧，而且不易破碎。

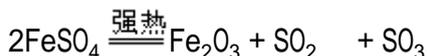
## (五) 无机颜料的制备

用品：烧杯、漏斗、滤纸、酒精灯、喷灯。

绿矾、铬酸铅、氢氧化钠、硫代硫酸钠、三氯化锑、醋酸铅、重铬酸钠。

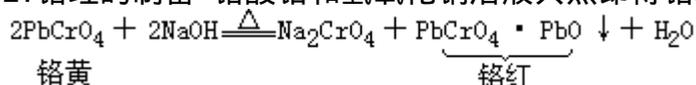
操作：

1. 铁红的制备 绿矾  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  加热失水可得白色的无水硫酸亚铁，继续加强热，则分解成红色氧化铁，即铁红。



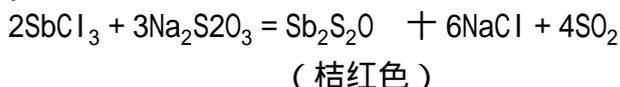
取绿矾 15 克于硬质试管中，试管口略向下倾斜，先用酒精灯缓缓加热，使绿矾中的结晶水逐步变成水蒸气逸出，直到生成白色的无水硫酸亚铁。接着用喷灯继续加强热，白色的硫酸亚铁开始变成浅黄色，继而变成杏黄色，最后变成红色，这就是三氧化二铁，俗称铁红、铁丹、赭石，它们的主要成分都是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。加热过程应在通风橱内进行。

2. 铬红的制备 铬酸铅和氢氧化钠溶液共煮即得铬红。



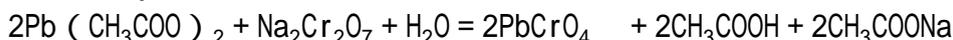
将铬黄（铬酸铅）10 克，倒入盛有氢氧化钠（2 克氢氧化钠溶于 15 毫升水中）溶液的大试管中，搅拌至溶解，加热煮沸约半小时，直到黄色物全部变为红色时为止。然后再过滤、洗涤、干燥，即得铬红。

3. 锑红的制备 三氯化锑和硫代硫酸钠反应生成不溶于水的沉淀物即是锑红。



取硫代硫酸钠 14 克，放入烧杯中，再加水 30 毫升，用玻璃棒搅拌使其溶解。再取三氯化锑 15 克，放入另一只烧杯中，加水 10 毫升，使其溶解，然后将三氯化锑溶液倒入硫代硫酸钠的溶液中，搅拌，并加微热（温度不能超过 55℃）直到出现红色，即可停止加热。再将红色沉淀进行过滤、洗涤、干燥，即得红色粉末状的颜料。实验应在通风橱内进行。

4. 铬黄的制备 醋酸铅和重铬酸钠在溶液中反应生成的黄色沉淀为铬酸铅，即为铬黄。



称取醋酸铅 20 克，溶解在 80 克水中，如发现浑浊，则进行过滤。再称取重铬酸钠 12 克，溶于 80 克水中，然后将两种溶液混和，即有黄色沉淀生成。用玻璃棒搅拌均匀，使其反应充分。静止后，用倾泻法把溶液倒掉，将过滤后留在滤纸上的沉淀用清水洗涤两次，然后将沉淀物干燥，即得铬黄，又叫铅铬黄。

在制备过程中，要防止硫离子进入溶液，否则会有黑色硫化铅沉淀生成。实验最好在通风橱内进行。

## (六) 用比热法测定原子量

用品：烧杯、温度计、三角架、酒精灯、棉花、棉线、铅块、台天平。

原理：杜隆和培蒂在 1819 年发现许多固体单质，尤其是金属的比热和它们的原子量常常成反比，即比热与原子量的乘积常近似为一常数，其数值约为 6.4（有的书上用 6.3），这就是杜隆-培蒂定律，表示如下式：

$$\text{原子量} \times \text{比热} = 6.4$$

操作：取一块圆柱形纯铅（如无合适的，也可自行熔化浇铸，铅的熔点仅 327.5℃）约 20 克左右，一端用细铜丝焊一个小圈。用台天平称出质量，在小圈上系一根棉线，棉线的一端结在玻璃棒上，如图 14 - 3 所示。{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0211\_1.bmp}

取一只 250 毫升的烧杯甲，内盛清水，水的用量以能淹没铅块为度（约 200 毫升）。把铅块轻放在水中，将玻璃棒搁在烧杯口，然后放在三角架石棉网上，用酒精灯加热到沸，插入一支温度计，测出沸水的温度，也就是铅块的温度，记作  $t_{\text{铅}}$ （如图 14 - 4），另取一只 250 毫升的烧杯乙，周围用棉花包扎好，以防散热，把它放在一只 500 毫升的大烧杯里（如图 14 - 5）。用量筒准确量取一定量（200 毫升）的蒸馏水放入烧杯乙内（要使水的用量浸没铅块），插入另一支温度计，并测出水的温度，记作  $t_1$ 。{ewr

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0212\_1.bmp}{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0212\_2.bmp}

然后将沸水中的铅块迅速地提出，立即放入烧杯乙的水中，应注意在操作过程尽量防止热量散失，提铅块时也应尽可能使铅块少带沸水到烧杯中，以免影响烧杯乙的水温。为了使铅块放入后烧杯中的水温均匀，小心地用温度计（最好用玻璃棒）搅动杯中的水，并注意观察烧杯中的水温，直到温度计的水银柱不再上升为止，记下这时的最高温度  $t_2$ 。依下式算出铅的比热：

$$\text{铅的比热}_s = \frac{\text{烧杯乙中的水重(克)} \times (t_2 - t_1)}{\text{铅块重(克)} \times (t_{\text{铅}} - t_2)}$$

代入前述公式，即可求出铅的近似原子量。

## (七) 苏尔维制碱法的实验

**用品：**烧杯、试管、广口瓶、分液漏斗、温度计、铁架台、铁夹、螺旋夹、酒精灯。

**氯化钠**（化学纯、精盐也可用）、大理石、盐酸、浓氨水。

**原理：**利用二氧化碳和氨气在饱和的食盐溶液中进行反应，首先是二氧化碳和氨在溶液中反应生成碳酸氢铵，碳酸氢铵再和氯化钠反应生成溶解度轻小的碳酸氢钠和氯化铵。把碳酸氢钠分离出来后进行煅烧，即得碳酸钠的成品。而氯化铵又可和氢氧化钙反应可以得到氨气（可用作原料），氢氧化钙可由生石灰消化而来，生石灰又可由石灰石煅烧制得，同时有二氧化碳产生，二氧化碳又可作原料。因此，最终的原料仅是石灰石和食盐。

**操作：**

1. 在广口瓶 A 中装入大理石 100 克及少量的水，分液漏斗中加入大半漏斗的盐酸，用双孔橡皮塞插入瓶中（带有直角玻璃导管）。也可使用启普发生器作为实验装置。

2. 广口瓶 B 作洗气用，瓶内放入约 1/3 瓶的水，橡皮塞上配有两根直角玻璃导管，塞紧瓶口，导管插入水内，以洗掉盐酸酸雾和氯化氢气体。

3. 称取 3 克化学纯的氯化钠，放入 5 毫升的水，再加 5 毫升的浓氨水（比重为 0.91），使其溶解。待完全溶解后，倒入 C 管，再将 C 管浸入盛有水的烧杯内。如室温在 15 以下，可以加热盛水的烧杯，使温度保持在 35 ~ 140，以加快反应速度。

4. 用橡皮管把 A、B、C 三个瓶、管连接好，检查气密性后，打开分液漏斗的活塞，使盐酸慢慢地流入 A 瓶中。导管中的螺旋夹可以调节二氧化碳的气流速度，当有二氧化碳通入 C 管时，可经常小心摇动。约 20 分钟左右，可观察到在 C 管中有混浊现象，再继续通入二氧化碳，不久即有碳酸氢钠沉淀生成。

5. 把过滤得到的碳酸氢钠，放入试管中小心加热（试管口向下倾斜），使其分解即得碳酸钠。

**注意事项：**

1. 氨水的浓度，在达到 9 ~ 10.5%（比重 0.96 左右）都较为适宜。

2. 二氧化碳和氨的反应是放热反应，但如果室温在 15 以下，反应速度很慢，实践证明在 40 左右能较快地生成  $\text{NaHCO}_3$ 。如室温在 25 以上，则可不加热。

3. 二氧化碳的速度不要过猛，只要使气泡一个接一个地均匀产生即可。

## (八) 玻璃刻花

**用品：**铅皿、毛笔、石蜡、玻璃片、小刀、酒精灯、蒸发皿。

**氟化钙、浓硫酸。**

**操作：**先选一小块无气泡的平玻璃，在上面用毛笔均匀地涂上一层熔化的石蜡，待冷却凝固后，用小刀在蜡层上刻字或刻花。

再取一只铅皿，放入 2 角匙的萤石 ( $\text{CaF}_2$ ) 粉末，加适量的浓硫酸，用玻璃棒搅拌，使成糊状，然后把涂有蜡层并已刻好字或画的玻璃片盖在铅皿上，用微火将混和物在酒精灯上小心加热十分钟，然后把铅皿放在通风橱里。过两天后，取下玻璃片，括去蜡层，用水冲洗玻璃上的药液，揩干，即可观察到玻璃片上刻好了你原来“写”的字或画。

**注意事项：**

1. 氟化氢气体有毒，本实验最好全部在通风橱中进行。
2. 在涂有石蜡的玻璃片上刻字刻画时，应注意不能使蜡层整块地剥落下来，以免影响字迹和画面。

## (九) 维生素 C 的性质试验

用品：试管、烧杯、玻璃棒。

维生素 C 药片、pH 试纸、三氯化铁、硫氰化钾、铁氰化钾。

原理：维生素 C 又叫抗坏血酸。它的第 2、3 碳位的烯醇结构具有很强的还原性，在酸性条件下能被一些氧化性物质选择性地氧化成脱氧抗坏血酸。故维生素 C 在酸性溶液中能把碘原子还原成碘离子，使原来淀粉遇碘所显示的蓝色自行退去。

操作：

1. 酸性试验 在一支大试管中放入两片维生素 C（每片含量在 100 毫克），加入 20 毫升蒸馏水，用玻璃棒轻轻捣碎药片，使其溶解。用滴管吸取少量清液，滴在 pH 试纸上，可测得它的 pH 值大约为 2.5。说明它的酸性较强。

2. 还原性试验 取两支洁净的试管，一支注入维生素 C 清液 2 毫升，另一支注入蒸馏水 2 毫升（作对照用）。然后各滴入三氯化铁稀溶液几滴，振荡后，发现有维生素 C 的试管中，溶液仍显无色，而盛有蒸馏水的试管中，溶液呈棕黄色，证明维生素 C 已把  $\text{Fe}^{3+}$  还原成  $\text{Fe}^{2+}$ 。

再取 2 毫升维生素 C 清液，分盛于两支试管中，并各加数滴三氯化铁溶液。然后其中一管滴加几滴硫氰化钾溶液，不见红色出现（即不存在  $\text{Fe}^{3+}$ ），另一管中滴几滴铁氰化钾溶液，可以看到溶液变成蓝色，这进一步证实维生素 C 已把  $\text{Fe}^{3+}$  还原成  $\text{Fe}^{2+}$  了。

3. 不稳定性试验 取两支试管，各注入维生素 C 清液 3 毫升，将一管在酒精灯上加热至沸，保持沸腾 15 分钟，另一管不加热。待加热的试管冷却后，在两支试管中各滴入蓝色的淀粉碘酒溶液<sup>制</sup> 6 滴，这时可观察到不加热的试管中，蓝色基本被退尽，而经加热的试管中，蓝色基本保持不变。这说明加热容易引起维生素 C 的分解破坏。因此，在烧煮蔬菜时，不能煮的时间太长。

4. 比较几种蔬菜和水果中维生素 C 的含量 分别取青菜、黄芽菜、桔子、橙子、绿茶、维生素 C 的汁液<sup>制</sup> 各 1 毫升于试管中，各加 6 滴淀粉碘酒溶液，观察蓝色的退色程度，比较维生素 C 的含量大小。

---

<sup>制</sup> 备淀粉碘酒溶液：在烧杯中注入 100 毫升蒸馏水，加热煮沸后，加入 0.5 克淀粉，迅速搅拌成稀淀粉溶液（也可用稀米汤）。取上层清液 20 毫升，滴加 3 滴碘酒溶液，呈蓝色即成。

<sup>制</sup> 备汁液：取新鲜青菜、黄芽菜各 10 克和桔子、橙子各两瓣，洗净后在研钵中捣烂，再各加 10 毫升蒸馏水搅拌后过滤，即得。取维生素 C 药片 1 片，用玻棒捣碎后加蒸馏水使其溶解即得。绿茶浸泡后，取浓汁清液待用。

## (十) 自制火柴

**用品：**点燃过的火柴梗（梗较长的）、研钵、蒸发皿、木夹、旧毛笔、酒精灯。

氯酸钾、重铬酸钾、硫、锌白、氧化铁、玻璃粉、骨胶、红磷、三硫化二锑、白垩。

**原理：**利用摩擦生热，使火柴盒上的磷颗粒受热后在空气中着火，接着便引起具有氧化剂的火柴头燃烧起来，并继续燃烧着表面涂有蜡层的火柴梗。

**操作：**

1. 配火柴头药 先将氯酸钾、重铬酸钾、锌白、氧化铁粉、玻璃粉分别在研钵中研细，按表 14 - 3 的配方进行混和，用骨胶配成胶水后，把混和药品调成较稠的薄糊状。

在蒸发皿中融化适量的石蜡，把火柴梗一端浸在液态的石蜡中（石蜡的温度稍高些，避免沾上的石蜡过稠）迅速地蘸一下，长约 2 厘米左右。

将附有石蜡层的火柴梗逐一蘸取火柴头药，搁在一边待干。

2. 配火柴盒药 按表 14 - 4 配方把红磷、三硫化二锑、氧化铁粉、白垩、锌白、玻璃粉等分别在研钵中研细后，用稀骨胶调成糊状，用毛笔均匀地涂在旧火柴盒边（或另用一条硬纸），晾干待用。

**注意事项：**

1. 各种原料一定要分别研成细粉以利摩擦，但绝不能混和后研磨，以防爆炸。

2. 火柴梗蘸蜡一定要均匀，只要涂薄薄的一层即可。

3. 一定要等药干燥后再进行摩擦试验。

表 14 - 3 火柴头药配方 ( % )

配方一		配方二	
氯酸钾	46.5	氯酸钾	52
重铬酸钾	1.5	重铬酸钾	1
硫粉	4.4	硫粉	5
锌白	3.5	锌白	1
铅丹或氧化铁粉	15.5	二氧化锰	12
玻璃粉	17.3	炭黑	1
骨胶	11.3	玻璃粉	12
		松香	4
		骨胶	12

表 14 - 4 火柴盒药配方 ( % )

配方一		配方二	
红磷	30.8	红磷	48
三硫化二锑	41.8	炭黑	1
铅丹或氧化铁粉	12.8	硫化锑	48
白垩	2.6	骨胶	3
锌白	1.5		
玻璃粉	3.8		
骨胶	6.7		

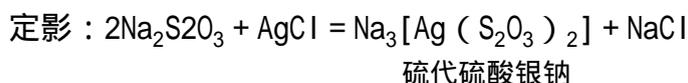
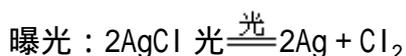
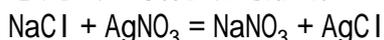
## (十一) 简易印像法

**用品：**烧杯、冲洗盘、排笔、白道林纸。

硝酸银、精制食盐、大苏打。

**原理：**当感光纸上的氯离子和银离子反应后，即产生氯化银的沉淀，氯化银具有感光性，在光线的作用下，能分解出单质的银。如某一部分感光最强，则该部分表面上的氯化银分解最多，定影后，印出来的像片，该部分也就最暗。而光线最少通过的部分，感光纸上的氯化银分解得最少，定影后，氯化银被定影剂溶解，结果像片印出来那一部分就最明亮。其有关化学方程式表示如下：

感光纸上氯化银的形成：



**操作：**

### 1、配制溶液

(1) 氯化钠溶液的配制：称取 2 克精制食盐(如用化学纯氯化钠最好)，溶于 15 毫升蒸馏水中。

(2) 硝酸银溶液的配制：称取硝酸银 2 克，溶于 10 毫升蒸馏水中(最好在暗室中配制)，并将溶液盛于棕色试剂瓶中。

(3) 定影液的配制：称取硫代硫酸钠 6 克，溶于 100 毫升蒸馏水中。

2、制备感光纸 用排笔蘸氯化钠溶液，均匀地涂在白道林纸上并晾干。然后在暗室中把硝酸银溶液倒入洁净的冲洗盘内，小心地把涂有氯化钠溶液的道林纸并晾干的一面，均匀地浮浸在硝酸银溶液中，待全部均匀地浸上感光液后取出，用竹夹夹好后，挂在黑暗处晾干。待干后裁剪成一定的大小规格，贮藏在纸筒(蜡纸筒、乒乓球筒、羽毛球筒等均可)内备用。

3、印像 在暗室中取出适当大小的自制感光纸一张，把照像底片的无光面和感光纸面重合贴紧，上下面各垫一块玻璃，两边用夹子夹紧，以防移位。然后拿出暗室，在日光下曝晒一刻钟即可。如在冬季，则曝晒二十分钟。曝光后再拿回暗室，取出感光纸，并立即将它浸入定影液中，约经 5 分钟后取出，再用清水冲洗，就可看到清晰的印像。经晒干后，便是一张黑白像片了。

**注意事项：**

1. 用排笔涂氯化钠溶液一定要涂得均匀。
2. 有些操作必须在暗室内进行。

## (十二) 空气平均分子量的简易测定

**用品：**带橡皮塞的输液用 1000 毫升玻璃瓶（俗称盐水瓶）、带针筒的注射器、量筒、物理天平、温度计、气压计、抽气机。

**原理：**对于一定量的气体，当温度、压强、体积一定时，它的物质的量也是一定的。如果知道这一定量的气体的质量，则摩尔质量就可知道，而摩尔质量在数值上就等于该物质的分子量。这不仅适用于单一气体，也适用于混和气体。因此，测定空气的平均分子量也可用

$$pv = nRT = \frac{m}{n} RT$$

或

$$\bar{M} = \frac{mRT}{pv}$$

**操作：**将输液用玻璃瓶洗净、干燥，用原来的橡皮塞塞紧瓶口，在天平上称重。再将针筒穿透橡皮塞插入瓶内，注射器筒的另一端塞一带玻璃导管的橡皮塞，导管接抽气机。装置如图 14 - 7。抽气后，拔掉针筒再称空瓶瓶重，然后使输液瓶装满水，再用量筒量出瓶内水的体积。

测量在实验时的室温和大气压，再根据  $\bar{M} = \frac{mRT}{pv}$  公式进行计算，将实验数据填入下表 14 - 5。

表 14 - 5 测定空气平均分子量的数据

实验次数	瓶子加空气重量(克)	空瓶重(克)	空气重(克)	室温( )	大气压(Pa)	体积(升)	平均分子量
1	32.150	319.350	0.800	13	9332.54	0.635	29.10
2							
3							
4							
5							

\* 1 标准大气压 = 101325 帕 (Pa)

1 毫米汞柱 = 133.322 帕

### 注意事项：

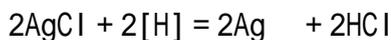
1. 输液瓶一定要干燥，应尽量把输液瓶中空气抽掉。
2. 测量瓶内水的体积，应尽量减少误差。

### (十三) 从氯化银废液中回收银

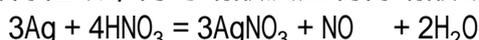
用品：烧杯、布氏漏斗、抽气设备、蒸发皿、石棉网。

氯化银废液、铁片、浓硝酸、紫铜。

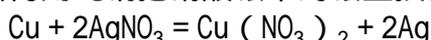
原理：主要采用置换法。反应如下：



将所得粗银，再与硝酸反应制得硝酸银。



最后再用纯铜把硝酸银中的银置换出来



操作：

1. 从氯化银中置换出银取 1000 毫升大烧杯，盛入氯化银沉淀 200 克，将铁片数片（约 150 克左右）埋于氯化银中，再加浓盐酸 200 毫升，使氯化银和铁片都被盐酸所淹没。然后加热至沸，并不断搅拌，约 1 小时，白色的氯化银便被置换成灰白色的银粉。

倾去上层溶液后，用倾泻法再洗涤沉淀两次，取出残余的铁片。然后进行减压过滤，用蒸馏水洗涤银粉到无氯离子为止。将银粉抽滤干后，移入蒸发皿中，放在石棉网上加热烘干，最后即得灰白色无光泽的粗制银粉。

2. 粗银粉的提纯在 1000 毫升的大烧杯中盛入浓硝酸 90 毫升和蒸馏水 90 毫升，放进通风橱中，分六次加入粗银粉 120 克。当加入粗银粉后，便有大量二氧化氮气体产生，还会有泡沫上升，用玻棒进行搅拌，使银粉溶解，到反应很慢时，再加第二批。把全部粗银粉加完后，待反应很慢时，再放到石棉网上加热半小时，搅拌，直到银粉不再溶解为止（如反应剧烈，应随即移去火焰）。再把制得的硝酸银溶液用 300 毫升蒸馏水稀释，并进行过滤。滤渣中还有残余银粉，可再加适量的浓硝酸和等量的水，加热，使它全部溶解。用水稀释后，进行过滤，用蒸馏水洗涤后滤入同一容器。

将上面制得的硝酸银滤液，再用新鲜蒸馏水稀释成 2000 毫升，然后加入紫铜，铜表面即会出现羽毛状的、有光泽的银灰色银粉。静置一夜后，银粉几乎都被置换出来，搅拌后，银粉全部沉淀，小心地倾去上层的硝酸铜溶液，检出残余的铜，用蒸馏水洗涤两次，再进行减压过滤，反复用蒸馏水洗涤，直到不再有铜离子。然后进行抽滤，用不锈钢刀沿漏斗内壁划一深沟，倒转漏斗，使斗口对准蒸发皿，用嘴从斗柄口吹气，银粉便落到蒸发皿内。再将滤纸上及漏斗内的残余银粉都刮入蒸发皿内，放在石棉网上加热烘干，即得有光泽的银灰色的纯银粉。

注意事项：

1. 铁片不宜太薄，否则反应后剩余的铁屑就不易检出，也不要铁钉、铁块，它们与盐酸的接触面积小，反应较慢。

2. 紫铜最好用粗铜丝，否则反应后剩余的铜丝也不易检出。

3. 用铜丝置换时，硝酸银的浓度不能太大，太浓了，银粉中将夹杂铜离子，不易洗净，一般浓度不超过 5%。

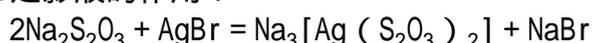
#### (十四) 从废定影液提取金属银和制取硝酸银

用品：烧杯、坩埚、铁架台（带铁圈）、三角架、酒精喷灯。

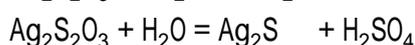
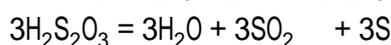
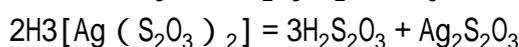
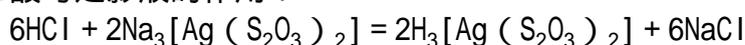
废定影液（从照相馆中取得）、锌片、盐酸（或硫酸）、硝酸。

原理：用定影液（硫代硫酸钠）除去底片和相片上没有感光部分的卤化银（一般为溴化银）时，形成可溶性的硫代硫酸银络离子。硫代硫酸银络离子在酸的作用下，能转化为不溶性的硫化银。硫化银经煅烧便可还原出金属银来。如用硝酸来溶解硫化银，则生成硝酸银。溶液中尚有少量的卤化银，可用锌把银还原出来。它们的反应如下：

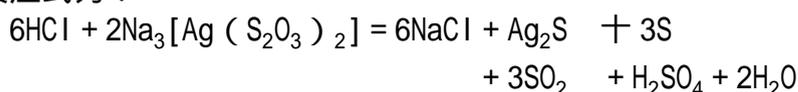
1. 定影液的作用：



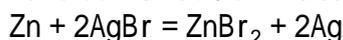
2. 酸与定影液的作用：



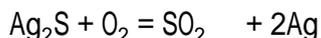
总反应式为：



3. 锌与废定影液中少量卤化银的作用：



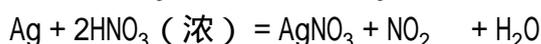
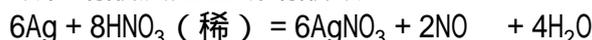
4. 硫化银煅烧还原成银：



5. 硫化银溶于硝酸生成硝酸银：



6. 银和硝酸反应生成硝酸银：



操作：在大烧杯中放置 500 毫升废定影液（最好用照相馆中的废定影液，一般含银可达 0.4% 左右），加 6N 的盐酸，直到无气体和沉淀产生，边加边搅拌，并投入锌片，加热煮沸，数分钟后，烧杯底部有黑褐色的沉淀，此沉淀即为含银的硫化银沉淀。过滤后，用清水洗涤沉淀，干燥后，放在坩埚中用酒精喷灯灼烧（开始时先用温火），几分钟后，有熔融的液态银出现，冷却后即得小的银粒。如将滤得的硫化银（一般称为“银泥”）不用煅烧处理，可加硝酸，使“银泥”完全溶解；如用稀硝酸处理，开始时稍加微热即能溶解，所得的溶液即是硝酸银溶液。如要制得硝酸银晶体，则须加热，使它浓缩成过饱和溶液。然后让它自然冷却，硝酸银晶体析出后，剩下的溶液可留待下次继续制取硝酸银用。

由于反应中有刺激性气体（NO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 等）产生。所以反应要在通风橱中或通风良好的环境中进行。

## (十五) 胃舒平中氢氧化铝的检验

用品：研钵、试管、锥形瓶、pH 试纸。

胃舒平药片、盐酸、氢氧化钠、茜素试剂。

原理：胃舒平是一种常用的治胃病药物，它的主要成分是氢氧化铝，氢氧化铝具有两性的特点，利用此特点，可以检验胃舒平中的主要成分是氢氧化铝。

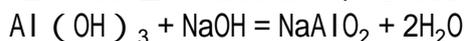
操作：取胃舒平 2 片，放在研钵中把它研成细粉，并移入大试管中。加入 20% 的盐酸溶液，边滴边振荡，直到样品几乎全部被溶解为止。过滤，把少量不溶物质滤去，然后把滤液移到锥形瓶中，再滴加 20% 的氢氧化钠溶液，直到用 pH 试纸测定溶液呈中性时为止。这时就有白色絮状沉淀产生，这絮状沉淀即为氢氧化铝。



(胃舒平)



继续滴加氢氧化钠溶液，则白色絮状沉淀又被溶解。



还可进一步用特殊试剂来检验  $\text{Al}^{3+}$  的存在，方法是在上述胃舒平的盐酸溶液中，滴入 1% 的茜素试剂 1~2 滴，再加入浓氨水，使溶液呈微碱性，溶液即呈现出玫瑰红色，这就是  $\text{Al}^{3+}$  的证明。

注意事项：

1. 所用盐酸必须纯净，滴加量为样品正好溶解为止；如过量了，以后碱液用量就要增加。

2. 滴加氢氧化钠溶液时，必须边加边振荡，速度不应过快，一定要经过所得的絮状沉淀不再溶解的过程，然后再滴加一、二滴氢氧化钠溶液，沉淀即能溶解，这样过程才比较明显。

## (十六) 为铝制品着彩衣

**用品：**玻璃电解槽（或用大烧杯代替）、小烧杯、酒精灯、低压电源、石墨电极、铝片。

10%氢氧化钠溶液、20%硫酸溶液、红药水、紫药水、甲基橙、茜素红、亚铁氰化钾、硫酸铁。

**原理：**光滑的铝片表面不能染色，如把铝片或铝制品作阳极，石墨作阴极，在硫酸溶液里电解，就会在铝片表面生成一层多孔性的氧化膜。由于多孔，因而有较强的吸附能力，也就可以用来吸附各种颜料或染料，使铝制品染上各种美丽的色彩。如果要使颜色不退，还可进行封闭处理，使颜料或染料封闭在铝表面的孔隙中。

**操作：**

1. 电解前的准备在空电解槽里，先把铝阳极和石墨阴极的位置试装好，使阳极和阴极之间的距离约为2厘米。把两片铝片阳极并联在直流电源（约12~16伏）正极上，把石墨阴极接在电源的负极上。试装好后，取出铝片，并向电解槽内倒入20%的硫酸溶液，直至浸没电极为度（如图14-8）。

2. 阳极氧化先用去污粉擦洗铝片表面的油污，并用清水冲洗干净，然后浸入加热到60℃左右的10%氢氧化钠溶液中约半分钟，这时反应剧烈，放出大量氢气。用镊子迅速取出铝片，浸在热水里，再用镊子夹住棉花，在水里擦试铝片的表面，最后再移浸在热的蒸馏水里冲洗，以彻底洗去铝片上的碱液。把洗去碱液的铝片迅速装在电解槽的玻璃棒支架上，立即接通电源，进行阳极氧化，电流强度保持在6.5安培左右，由于电流强度较大，电解槽温度会迅速升高，因此，要注意温度维持在10~20℃之间。通电半小时后，即可从电解槽内取出铝片，然后切断电路。

3. 铝片的染色把氧化过的铝片放在清水里冲洗，先用1%的氨水进行中和，再用清水反复冲洗。把冲洗过的铝片剪成几块，分别放入盛有下列80℃左右的溶液中浸泡3~5分钟，即能染上各种颜色。

- (1) 红药水中——红色
- (2) 紫药水中——紫色
- (3) 甲基橙溶液中——橙色
- (4) 茜素红溶液中——红色

还可把铝片先浸在亚铁氰化钾溶液里，十分钟后取出，用清水冲洗，再放到硫酸铁溶液中浸十分钟，即可染成普鲁士蓝色。如发现蓝色不理想，还可反复处理几次。

4. 封闭处理染色后的铝片经洗清后，应及时进行封闭处理，即重新排列氧化铝膜层，使电解所生成的无水氧化铝分子水化成水合氧化铝，这样，均匀致密的水合氧化铝膜覆盖在所染上的颜料或染料上面，起到保护作用。封闭的方法，只要把已染上颜色的铝片，放在沸水中煮沸5分钟，或在60~80℃温度下烘干即可。如所用的是有机染料，用水煮为好，如用无机颜料，则用烘干法较好。

**注意事项：**

1. 电解前，铝片一定洗得非常干净，不能有一点油污。最后一定要用蒸馏水冲洗，以防带入氯离子和其它离子，损坏氧化膜层。

2. 电解时，如电解液温度升得过高，可加冷电解液或把电解槽浸在冷水

里。

3. 染色成功的关键是氧化膜的厚度，氧化膜越厚，染色效果越好。

## (十七) 蓝黑墨水的配制

用品：烧杯、玻棒、量筒。

鞣酸(单宁酸)、没食子酸、绿矾、墨水蓝(或靛蓝)、阿拉伯胶、硫酸、苯酚。

原理：蓝墨水中的蓝色，是一种可溶性的蓝色染料，日久后容易退色，为了防止退色，加入鞣酸和没食子酸后，就能使墨水中蓝色逐渐变成蓝黑色。没食子酸的作用与鞣酸一样，但颜色可比用鞣酸更深，只是溶解性比鞣酸小，价格比鞣酸贵，故两者都用。

没食子酸和鞣酸都能和硫酸亚铁作用，生成没食子酸亚铁和鞣酸亚铁，它们的亚铁盐在空气中逐渐氧化后，变成黑色的没食子酸铁和鞣酸铁。这种铁盐不溶于水，因而就沉淀在纸上的细孔中，并且附着很牢，不易被水冲洗掉，这就是蓝黑墨水由蓝变黑的原因。

阿拉伯胶和硫酸在墨水中的作用，主要是防止墨水时间久后发生沉淀现象。苯酚则起防腐剂的作用。

操作：先配制鞣酸、没食子酸、绿矾、墨水蓝(或靛蓝)及阿拉伯胶五种水溶液，然后把五种溶液混和搅拌，再加硫酸和苯酚各两滴即成蓝黑墨水。

各种溶液的配制法：

1. 取鞣酸 0.8 克，溶于 15 毫升水中。
2. 取没食子酸 0.5 克，溶于 15 毫升水中。
3. 取绿矾 1 克，溶于 10 毫升水中。
4. 取阿拉伯胶 0.5 克，溶于 5 毫升水中。以上四种，如有沉淀必须过滤。
5. 取墨水蓝 0.2 克，溶于 5 毫升水中。如用五倍子代替鞣酸，则需用 3 克五倍子研细后，溶于 20 毫升水中，加热煮沸五分钟，过滤，取其溶液。

制蓝黑墨水的配方很多，除上面介绍的一种外，再提供几个供参考。

表 14 - 6 蓝黑墨水的几种不同配方

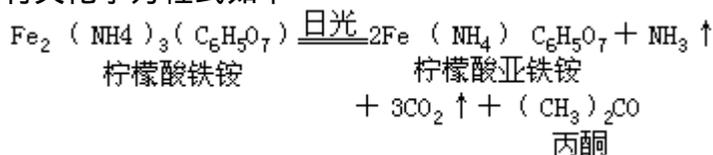
配方	鞣酸 (克)	没食子酸 (克)	绿矾 (克)	阿拉伯胶 (克)	硫酸 (克)	苯酚 (克)	染料 (克)	水 (毫升)
1	12.5	4	15	5	1.5	0.5	2.5	500
2	11.5	7.3	15	5	2.5	0.5	2.5	500
3	24	50	50	21	2.5	5	15	500
4	8	2	7	2	1	2.5	2	500

## (十八) 自制晒图纸和晒制蓝图

**用品：**烧杯、棕色试剂瓶，洗相盆、排笔、竹夹子、白道林纸、铁夹。  
赤血盐、柠檬酸铁铵、稀盐酸。

**原理：**一般的三价铁盐溶液和赤血盐（铁氰化钾）相混和，产生褐绿色的溶液。如果柠檬酸铁铵遇到日光，则被还原成亚铁盐。赤血盐遇到亚铁盐，立即产生所谓滕氏蓝沉淀。晒图纸就是在纸上涂有赤血盐和柠檬酸铁铵的混和液，当曝光时，图纸上受光的部分即未被线条或图像遮住的部分中，柠檬酸铁铵中的三价铁被还原成二价铁，遇水就产生滕氏蓝沉淀。未受到光的部分，纸上的盐类仍为可溶性的，便溶解在水中，结果纸仍为白色，这样便可得到清晰的蓝底白色的图样。

有关化学方程式如下



**操作：**

1. 配制溶液柠檬酸铁铵和赤血盐的混和液配方有多种，现介绍三种供选用

表 14 - 7 晒图液的几种配方

用量	配方 1	配方 2	配方 3
柠檬酸铁铵 (甲液)	10 克	15 克	10 克
赤血盐 (乙液)	8 克	7.5 克	10
克蒸馏水	100 毫升	100 毫升	100 毫升

以上药品须分别溶解在水的总量的一半中，并保存在棕色试剂瓶中，使用时再混和。

2. 制备晒图纸 把上述甲、乙两种溶液，取等量于烧杯中混和均匀，然后用干净排笔在暗室中蘸着混和溶液，均匀地涂在白道林纸上，涂时注意不要使药液涂得太多。如有排笔上的掉毛，不要使它留在纸上。涂好后，用竹夹子在纸边上夹起并悬挂在没有灰尘的暗处，凉干后即成晒图纸。晾干的晒图纸呈青铜色，如把它密封起来，不使其透光和受潮，可保存半年有效。

3. 晒制蓝图或印蓝像 将预先画好的半透明描图纸上的工程图或无霉斑的照像底片，在暗处平铺在晒图纸上，上下两面用同样大小的玻片贴紧，使药面向上。再用铁夹子把玻璃夹紧，使图纸或照像底片与晒图纸不能移位。然后放在日光下曝晒，如在夏季，上午 10 时到下午 3 时之间仅需晒 8 分钟即可；如在冬季，约晒 15 分钟。无阳光时，可用投影幻灯作光源。曝光后，再到暗处用清水洗涤，约 10 分钟，即有图像出现。取出后再用清水漂洗一次，最后在滴有几滴盐酸的水中漂洗，再用清水冲洗即告完成。然后用夹子把图纸悬挂在绳上，凉干后即成。

4. 蓝图调色

(1) 制棕色图像：将用上法印好的图像浸没在稀氨水中，则图像的颜色

会立即消失。用清水洗涤后，再浸在鞣酸的稀溶液或冷的浓茶中，就可使图像的颜色由原来的蓝色转变为棕色或棕紫色。

(2) 制紫色图像：把印好的蓝色图像浸没在硼砂的溶液或醋酸铅溶液中，可使图像的颜色由蓝色变为淡紫色。

(3) 制绿色图像：把印好的蓝色图像浸没在经硫酸酸化过的硫酸亚铁溶液中，可使图像的颜色变为绿色。

**注意事项：**

1. 制晒图纸时，使用的排笔一定要干净，涂在纸上的溶液一定要厚薄均匀，否则晒出图的颜色也不均匀。

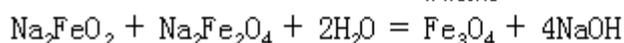
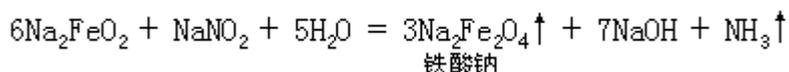
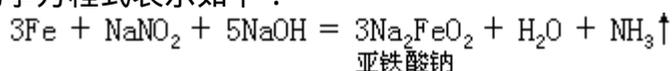
2. 图纸或照像底片一定要和晒图纸贴紧，否则晒出的图，线条不清晰。

## (十九) 钢铁制品表面的发蓝试验

用品：烧杯、铁片（铁钉或缝衣针）。

氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸钠、盐酸、肥皂、锭子油、铁粉、硫酸铜。

原理：钢铁制品容易发生锈蚀。发蓝是用化学方法，把钢铁制品放在热的氧化性溶液中煮沸一定时间，使钢铁制品表面形成一层致密的、由磁性氧化铁组成的黑色和蓝黑色的氧化膜，这层氧化膜具有较强的抗腐蚀能力。有关化学方程式表示如下：



操作：

1. 配制发蓝溶液先把 30 克氢氧化钠溶于 30 毫升水的烧杯中，再慢慢地加入 9 克亚硝酸钠和 5 克硝酸钠，使之溶解，再加水到 50 毫升。然后再入一些纯净的铁粉，并加热至沸，这时温度约可达到 138~150 。

2. 钢铁制品表面的预处理把几枚缝衣针（或铁钉、铁片）表面上的油污、锈斑处理干净。一般用 10% 的碱液在 80 浸 10 分钟取出，用清水洗涤即可除油，然后再用盐酸除锈。

3. 发蓝把缝衣针（或铁钉、铁片）浸入煮沸的发蓝液中约半小时取出后，在表面上即有一层蓝黑色的氧化膜。

4. 后处理把经过发蓝处理的缝衣针（或铁钉、铁片），浸入冷水中漂洗，再浸入热水中漂洗，以洗去表面沾有的发蓝液。取出后，浸入 3~5% 的热肥皂水中（80~90）5 分钟左右，然后再用冷水和热水分别冲洗一次，最后浸在 105~110 的锭子油处理 5~10 分钟，取出后放置 10 分钟，使沾着的油液流净后再擦干表面即可。

经这样处理的钢铁制品表面呈蓝黑色而且均匀致密。

注意事项：

1. 在发蓝处理前，钢铁制品的表面一定要洗净。

2. 如要检验发蓝是否有防护作用，可把经发蓝处理过的制品浸入 2% 硫酸铜溶液中，在室温下浸半分钟后取出，观察表面是否有红色的铜析出，如没有铜析出，则发蓝有效。

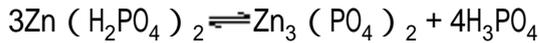
## (二十) 钢铁表面的磷化处理

**用品：**烧杯、酒精灯、石棉网、铁架台（带铁圈）、镊子。

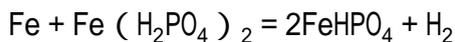
铁片、磷酸二氢锌、硝酸锌。

**原理：**钢铁制品或零件经磷酸盐溶液浸泡后，工件表面能形成一层不溶于水的磷酸盐薄膜，其厚度超过发蓝的厚度，所以它的抗腐蚀能力也比发蓝强。磷化膜具有松孔的特点，它与油漆有较高的结合力。其反应原理如下：

磷酸二氢锌溶于水后能产生磷酸：



经过表面清洗的钢铁工件放入磷化液后，铁与磷酸发生反应：



在工件和溶液的接触面，生成的磷酸盐晶体便沉积在铁的表面，形成不溶于水的磷化膜。

硝酸盐有促进钢铁表面氧化，加速铁的溶解，使磷化膜形成得更快的作用。

**操作：**

1. 磷化液的配制称取磷酸二氢锌晶体 ( $\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 55 克、硝酸锌晶体 ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 120 克分别溶于适量的水中，如不溶解可加热，使溶解均匀，成为 1 升混和溶液。

2. 工件表面的清洗与“发蓝”处理相同（参考前一实验）。

3. 磷化磷化要在 70~80 的温度下进行。把磷化液放在酒精灯上加热到 70~80 ，然后把铁片投入，15 分钟后取出，用清水洗净，擦干，表面应呈浅灰色。

4. 磷化质量的检查用硫酸铜点滴法。先配溶液：

0.5  $\text{NNa}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  40 毫升

10%  $\text{NaCl}$  溶液 20 毫升

0.1N 盐酸 0.8 毫升

检查过程：先用脱脂棉沾酒精擦拭磷化工件的表面，酒精挥发后，在零件表面滴上几滴试液，试液的颜色从天蓝色变成土黄色的时间，在 1 分钟以上为合格。

**注意事项：**

1. 磷化前一定要把铁件清洗干净。

2. 配磷化液时，磷酸盐的质量包括结晶水在内，不必扣除。

3. 有的工厂为了使磷化膜均匀致密，在磷化液中还加入相当于溶液量 0.2% 的碱式碳酸铜。

## (二十一) 几种同分异构体的鉴别

用品：试管。

1-丁醇、2-丁醇、重铬酸钾、硫酸、乙醚、金属钠。

操作：

1. 丁醇羟基位置异构的实验在两个试管中，分别注入 5% 的重铬酸钾溶液和 10% 的硫酸溶液各 5 毫升，然后在两个试管中分别注入 1-丁醇和 2-丁醇各 1 毫升，轻轻振荡试管并置于 40~50 的水浴中。

因为 1-丁醇比 2-丁醇容易氧化(1-丁醇氧化为丁酸,2-丁醇氧化为甲乙酮)，所以在盛有 1-丁醇的试管里，由橙色变成绿色的速度快，仅 1 分钟就能出现变化；而盛 2-丁醇的试管里，从橙色变为绿色的速度慢，要经过 2 分钟才能观察出来。

2. 正丁醇与乙醚官能团异构的实验在两只试管中分别注入正丁醇和乙醚各 5 毫升，然后在两个试管中分别加入绿豆大小的一块新切的金属钠(用滤纸吸掉表面的煤油)刮掉氧化物)，看哪一管有气体产生。对有气体产生的那管，用拇指按住管口，等一会后，在试管口点火，可听到爆鸣声，证明有氢气产生，说明试管内原来是正丁醇。而放乙醚的试管，无上述现象，说明乙醚中没有羟基官能团，从而可鉴别出正丁醇和乙醚。

## (二十二) 食醋中醋酸含量的测定

**用品：**碱式滴定管、移液管、锥形瓶、容量瓶。

**食醋、标准氢氧化钠溶液 (0.2N 左右)、酚酞指示剂。**

**操作：**先用移液管吸取 2.5 毫升食醋于 100 毫升锥形瓶中，再加水稀释至 25 毫升，加酚酞指示剂 2 滴，用标准氢氧化钠溶液滴定，直到出现浅红色，并在半分钟内不退为止。再重复滴定操作一次，记下数据，然后计算食醋中醋酸的当量浓度。

**注意事项：**普通食醋常带有颜色，故必须稀释。如果食醋中含醋酸较浓，则应使用较大浓度的氢氧化钠标准溶液来滴定。一般食醋溶液浓度常为 1.5N 左右。

### (二十三) 豆腐中钙质和蛋白质的检验

**用品：**烧杯、漏斗、滤纸、铁架台（带铁圈）、精密 pH 试纸。

**草酸钠、浓硝酸。**

**原理：**豆腐中的钙质与草酸钠溶液反应便生成不溶于水的草酸钙白色沉淀。



蛋白质遇到浓硝酸，微热后呈黄色沉淀析出，冷却后再加入过量的氨水，沉淀就变成橙黄色。因为蛋白质分子中一般有带苯环的氨基酸，浓硝酸和苯环发生硝化反应，能生成黄色的硝基化合物，故可用来检验蛋白质。

**操作：**

1. 豆腐的酸碱性试验取 200 克豆腐放入烧杯中，加入 20 毫升蒸馏水，用玻棒搅拌，并捣碎到不再有块状存在。过滤，得到无色澄清的滤液和白色的滤渣。

用精密 pH 试纸测试豆腐滤液的酸碱性（一般测得的 pH 值为 6.2，显弱酸性）。

2. 豆腐中钙质的检验取上述豆腐滤液 2 毫升于试管中，再滴入几滴浓草酸钠溶液，试管中立即出现明显的白色沉淀。说明豆腐中含有丰富的钙质，而且能溶于水，不一定与蛋白质结合在一起。

3. 豆腐中蛋白质的检验取上述白色的豆腐滤渣少许，放入试管中，再滴入几滴浓硝酸，然后微热，可以看到白色的豆腐滤渣变成黄色。冷却后，加入过量的氨水，黄色转变成橙黄色，这就是蛋白质的黄色反应。

**注意事项：**

1. 在制豆腐滤液前，一定要把豆腐捣碎，才能使钙离子溶解到水中。

2. 由于豆腐中含有较多蛋白质，形成胶体，故过滤较慢。但蛋白质一般不易透过滤纸，所以滤液不会有黄色反应。

## (二十四) 由锯木屑制葡萄糖

**用品：**烧杯、铁架台（带铁圈）、酒精灯、石棉网、红色石蕊试纸。

锯木屑、浓硫酸、氢氧化钠溶液、2%硝酸银溶液、2%氨水、硫酸铜溶液。

**原理：**锯木屑中约含 50%纤维素，纤维素在无机酸的催化下可以水解，水解的最终产物是具有还原性的葡萄糖。

**操作：**称取 2 克干燥的锯木屑，装入大试管中，加少量水使木屑润湿，再滴加浓硫酸约 3~4 毫升，边加边搅拌。再加水 4 毫升，继续搅拌，然后放入水浴烧杯中加热。煮沸 10 分钟，冷却后将液体倒入小烧杯中，用 30%的氢氧化钠溶液中和硫酸到水解液略显碱性（用石蕊试纸检验）。

用水解后的溶液 2 毫升倒入试管中，再加入新配制的银氨溶液，可检验出水解后的溶液中有还原性的葡萄糖生成。

再取 2 毫升水解液，倒入试管，加碱性氢氧化铜悬浊液，加热，有红色氧化亚铜沉淀生成，也证明水解液中生成了葡萄糖。

**注意事项：**

1. 锯木屑在加浓硫酸时，如有部分碳化变黑，不会影响水解。要防止碳化，在加浓硫酸时，一定要逐滴加入，并及时搅拌。

2. 为保证水解完全，在煮沸 10 分钟后，可用滴管吸取半毫升，进行还原氢氧化铜的试验，如不能使氢氧化铜还原成红色氧化亚铜，则水解仍须继续进行。

3. 水解液中应加过量的浓碱液，如果 NaOH 溶液太稀，加入太多，会使单位体积内所含水解产物的量相应减少，还原作用就会不明显。

## (二十五) 用燃烧法鉴别各种纤维

**用品：**镊子、酒精灯、各种纤维样品。

**原理：**由于各种纤维的化学组成和结构不同，因此它们在燃烧时，发生的化学反应和产生的现象，也有所不同。从织物边沿抽出几根经纱和纬纱作为试样，放在火焰上燃烧，仔细观察发生的现象，可以进行鉴别。

**操作：**

见表 14 - 8。

表 14—8 纤维燃烧试验鉴别表

品种		燃烧过程	灰烬状态	
化学纤维	人造纤维	锦纶（聚酰胺） 涤纶（聚酯）	接近火焰时，边熔边缓慢燃烧，燃烧时冒白烟，有刺鼻气味 接近火焰时，边熔边冒黑烟燃烧，有芳香气味	褐色玻璃球状硬块 黑褐色玻璃球状硬块
	合成纤维	腈纶（聚丙烯腈）	边收缩边熔融，边燃烧，有特殊气味	脆而不规则的黑色块状
		维纶（聚乙烯醇）	软化收缩时、缓慢燃烧、燃烧时有特殊臭味	黑褐色不规则状 无灰烬，燃剩部分为透明珠状，残余物呈不规则黑色块状
		丙纶（聚丙烯）	边熔融，边缓慢燃烧，有石蜡气味	残留极少量灰白色灰烬
		氯纶（聚氯乙烯） 粘胶纤维（人造丝）	接近火焰时，收缩熔融，不燃烧，有氯气的刺激性气味 燃烧速度快，火焰呈黄色，有烧纸的气味	
天然纤维	棉纤维	同上吹熄火焰有火星在延烧一会	灰烬呈灰色细软粉末，烧焦部分为黑褐色，灰烬色泽有时较深	
	麻纤维	同上有干草的气味	灰烬呈不定形或球状，有光泽的黑色脆性物质	
	羊毛	燃烧速度较慢，先卷缩，接着冒烟，然后起泡燃烧，有烧焦毛发的臭味	灰烬呈黑褐色小球，用手指一压即碎	
	蚕丝	燃烧速度较慢，燃烧时卷缩成团，略有烘焦毛发的臭味		

## (二十六) 用燃烧法鉴别几种常用的塑料

用品：镊子、酒精灯。

包装食品用的聚氯乙烯薄膜，捆扎商品用的聚丙烯绳子，塑料凉鞋的聚氯乙烯废旧边角，塑料梳子或包装箱中垫衬用的泡沫聚苯乙烯、钮扣用的有机玻璃、做电气开关座盖用的电木。

原理：塑料由于结构成分不同，它们燃烧的情况也就不同，从而可予以鉴别。

操作：将上述样品剪取长约 5 厘米、宽约 2 厘米大小的一条，分别用镊子夹住，放到酒精灯上燃烧，燃烧现象见表 14 - 9。

表 14 - 9 塑料燃烧结果鉴别表

续表

塑料名称		燃烧的 难易程度	离开火焰 后情况	火焰的状态	表面状态	臭味
热 固 性 塑 料	酚醛塑料 (无填料)	难燃	不燃	黄色火花	裂纹,颜色变深	甲醛味
	酚醛塑料(木 粉为填料)	缓燃	不燃	黄色,黑烟	膨胀,裂缝	木材和 甲醛味
	脲醛塑料	难燃	不燃	黄色,上端蓝色	膨胀,裂纹发白	甲醛味

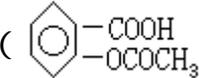
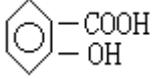
## (二十七) 利用阿斯匹林进行几种有机反应的实验

用品：试管、滴管、研钵。

三氯化铁、甲醇、碳酸钠、高锰酸钾、碘酒、溴水、浓硫酸。

操作：

1. 药片中淀粉的检验 取阿斯匹林半片，在研钵中研碎后，放入试管中，加水 2 毫升，加热煮沸。冷却后，用滴管滴加稀碘酒溶液几滴，淀粉溶液即变为蓝色。再加热，蓝色可退去，但冷却后蓝色又会出现，这说明药片中含有淀粉。

2. 阿斯匹林的水解反应 阿斯匹林化学名为乙酰水杨酸 (  ) 它是由水杨酸酯化而来。阿斯匹林很容易水解，水解后即生成水杨酸 (  ) 和乙酸，水杨酸中既有羧基又有酚羟基，遇三氯化铁能显紫色，这是酚羟基的特性。

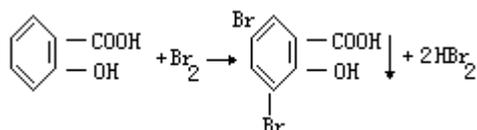
取阿斯匹林半片，研成粉状，加水 5 毫升。分装两个试管，一管煮沸 3 分钟后冷却，另一管不加热。分别在这两个试管中滴加稀三氯化铁溶液几滴，可观察到经煮沸过的溶液呈深红紫色，另一管不显色。

3. 水杨酸的酯化反应 取阿斯匹林 1 片，研成粉末，放入试管，加水 5 毫升，煮沸 10 分钟。然后再加入甲醇 2 毫升，浓硫酸 3 毫升，微热，可闻到特殊的香味，这是水杨酸甲酯的气味，说明水杨酸的酯化反应已进行。

4. 水杨酸被氧化的反应 取阿斯匹林 1 片，研碎后放入试管，再加水 5 毫升。煮沸 10 分钟后，加入 3 毫升碳酸钠溶液，再滴加稀高锰酸钾溶液数滴，振荡，可观察到高锰酸钾溶液的颜色被退去，这说明水杨酸中的酚羟基已被氧化，生成新的物质。

5. 水杨酸的脱羧反应 取阿斯匹林 1 片，研碎后，放入试管，加水 3 毫升，加热煮沸，可嗅到有些醋酸味。继续小心加热到干，再加热到大约 250℃，这时就有苯酚的特殊气味出现，这说明阿斯匹林水解后生成的水杨酸已热分解而生成了苯酚和二氧化碳。

6. 水杨酸的卤代反应 取阿斯匹林半片，研碎后，放入试管，加水 4 毫升，煮沸 10 分钟。冷却后，滴加溴水几滴，立即可观察到有白色不溶于水的沉淀，这沉淀是 3,5-二溴水杨酸。

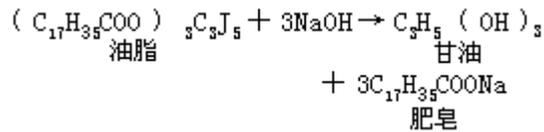


## (二十八) 自制肥皂

用品：圆底烧瓶、铁架台、铁夹、酒精灯、试管、烧杯。

油脂（猪油）、氢氧化钠、乙醇、氯化钠、盐酸。

原理：油脂在碱性情况下水解，能得到硬脂酸钠、软脂酸钠等高级脂肪酸的钠盐，即为肥皂。



高级脂肪酸钠在水里形成胶体溶液，所以可以用盐析的方法，把肥皂从食盐和甘油的混和液中析出。肥皂在上层，甘油和食盐的混和液在下层，这样便可把上层肥皂取出。

操作：按图 14—9 装配好仪器。{ewr  
MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0244\_1.bmp}

1. 先称取 7 克熟猪油放入烧瓶里，为了促进油脂的溶解，加速皂化，可加入 10 毫升乙醇，8 毫升软水，再加入 3 克氢氧化钠，制成溶液。配上带有回流冷凝作用的玻管的橡皮塞，塞紧瓶口，防止酒精挥发。然后小心加热，并不断摇动，让其充分混和均匀，煮沸 15 分钟后，皂化基本结束。

2. 用玻棒蘸取少许皂化液滴入试管中，另加 5 毫升蒸馏水，加热煮沸。如完全溶解无油滴出现，说明皂化已完全；如仍有油滴出现，则表示皂化尚未完全，仍须继续进行皂化。过几分钟后，再取样检查，查到皂化完全为止。

3. 把皂化已完全的皂液倒在盛有 50 毫升饱和食盐水的烧杯中，肥皂即能浮在液面。收集起来，压成块状即为肥皂。

4. 取肥皂少许，加水溶解并加热煮沸。然后取上层清液 1 毫升，滴加盐酸数滴，观察析出硬脂酸沉淀的现象。

## (二十九) 自制几种胶粘剂

**用品：**烧杯、量筒、有机玻璃。

氯仿、酒精、丙酮、乙酸丁酯、乙酸乙酯、甲醛溶液、氢氧化钠溶液、尿素。

**操作：**

1. 有机玻璃胶粘剂取 1 份(指质量比,下同)有机玻璃,溶解在 19 份氯仿(三氯甲烷)中,成为粘稠液体。为了防止氯仿在日光的作用下被氧化为有毒的光气( $\text{COCl}_2$ ),再加入 1~2%的酒精,用玻棒调匀即成,可贮存在瓶子中,用于修补有机玻璃制品。

2. 赛璐珞胶粘剂取 2 份丙酮、30 份乙酸丁酯,15 份乙酸乙酯和 4 份赛璐珞混和,用玻棒搅拌均匀即成。

3. 木制品胶粘剂取 5 份 37%的甲醇溶液,放在烧杯中,再滴加 10%的氢氧化钠溶液,使呈碱性为止。再加 4 份尿素,振荡均匀后加热到 90 左右(最好在水浴中加热)。1 小时后,待冷却即成。用于胶粘木制品。

4. 几种塑料的胶粘剂凡是能够溶解某种塑料的溶剂,都可做该种塑料的胶粘剂。

可作聚氯乙烯塑料的溶剂有：

(1) 二氯乙烷, (2) 环己酮, (3) 丙酮。

可作聚苯乙烯塑料的溶剂有：

(1) 苯, (2) 甲苯, (3) 氯仿, (4) 乙酸乙酯。

苯酚是尼龙塑料最好的溶剂之一。把苯酚稍稍加热变成透明的液体,涂在欲粘合的尼龙塑料面上,用力把两粘合面压紧,10 分钟后即可粘牢。

一般胶粘剂的使用方法：先除去被粘物表面的油污、尘埃等使其洁净,然后将胶粘剂均匀涂在被粘物表面,几分钟后,使两粘合面压紧,半小时后即可粘牢,时间越长、效果越好。

**注意事项：**

1. 作胶粘剂的原料多数是易燃物。

2. 这些溶剂都易挥发,配好后要密封保存。

### (三十) 自制泡沫塑料

**用品：**锥形瓶、烧杯、硬质试管、铁架台（带铁圈、铁夹）、酒精灯。

聚苯乙烯的旧牙刷柄或坏梳子、二氯甲烷或甲苯（苯也可以）、碳酸铵。

**原理：**塑料在成塑过程中，当鼓入某些气体或加入某些发泡剂，就能产生大量气泡，从而使塑料的体积骤然膨胀到原来的几十倍。冷却、硬以后，里面的气孔能固定下来，成为轻软、多孔的泡沫塑料。

**操作：**把聚苯乙烯做的旧牙刷柄或坏梳子剪碎，称取 10 克，放在一个 100 毫升的锥形瓶中。加入 10 克二氯甲烷作溶剂（如用甲苯或苯代替，用量要略多些）。用软木塞塞住瓶口，摇荡，促使其溶解。然后加入 3 克研细了的碳酸铵粉末作发泡剂，把混和液倒在平滑的玻璃板上，放在通风橱内让溶剂挥发掉，直到溶质变干变硬为止。最后，再把它碎成小颗粒。

把这些小颗粒放入试管中，压紧（还可以在里面加少量汽油，以增加发泡效果），将试管放入 95 的水浴中加热几分钟。由于碳酸铵受热分解，放出大量的二氧化碳和氨气，所以聚苯乙烯就象“发酵”一样，出现大量的气泡。加热以后，立即把试管取出，用冷水急剧冷却试管，迅速使塑料定型，从试管中取出便成泡沫塑料。

**注意事项：**

1. 聚苯乙烯一定要完全溶解在溶剂里，所以聚苯乙烯要剪得很小很小，以利溶解。

2. 发泡剂一定要加得均匀，才能使产生的气体也均匀地分布在塑料中。

### (三十一) 纺织品上印字

**用品：**陶瓷盆、油漆刷、印字版、烧杯。

**快色素**（颜色自选）、酒精、氢氧化钠、太古油、石花菜（或浆料）。

**原理：**把色素调成浆料，利用纤维素的吸附性，让纤维素吸附，并在上面发生氧化-还原反应而显色。这种染色比较牢固，不易退色。

**操作：**

1. 制印字版先选一块无破损无皱纹的硬纸板，写上需要印的字或图案，用小刀把字体或图案雕成空心字体或图案。

2. 调色浆称取 15 克石花菜（南北货商店有售），加 200 毫升水，加热煮沸，边加热边搅拌，待完全溶解后，趁热用三层纱布过滤，把滤液置于陶瓷盆中。

在烧杯中加入 3 克氢氧化钠，加 20 毫升水使其溶解，再加入太古油 15 毫升，用玻棒搅匀。

在另一只烧杯中放入 30 克快色素 6032 大红，加酒精 25 毫升，使其溶解。

再把前面两种溶液都倒入陶瓷盆中，加水到大约 500 毫升体积，搅拌使混和均匀，即成色浆。

3. 印字画洗净纺织品。把印字版平放在要印字的位置，用油漆刷蘸色浆，在印字版上向一个方向小心抹刷几遍，看到色浆在织物上已均匀地上色即可。

把印好的织物放置在阴暗处，让它氧化 2 小时，干后即可使用。

**注意事项：**

1. 配制的浆料因会失效，不宜久置。

2. 其它品种的快色素有：快色素 201 嫩黄、252 桔黄、1B 紫酱、1RH 大红、B 蓝色等。

## (三十二) 树叶上镀铜

**用品：**烧杯、镊子、铜棒、铜丝、导线、丝绸。

**酒精、0.5N 氯化亚锡、2%硝酸银、2%氨水、甲醛溶液。**

**原理：**利用酒精能溶解叶绿素的原理，把叶片上的叶绿素用酒精溶解后，使叶片具有多孔性，从而便于发生银镜反应，反应后有银粒析出在叶片的孔隙中，这就为镀铜创造了条件。

**操作：**

1. 镀前准备 选取质硬、完好的带柄树叶几片，放入浓肥皂水中浸泡半小时，用镊子将叶片取出。用清水漂洗后，把叶片铺在玻璃片上，并用丝绸轻轻贴在叶面上来回摩擦目的在于叶面洗净。然后用镊子将叶片放入酒精中浸泡 10 分钟后取出。

2. 镀前处理 把在酒精中浸泡过的叶片，再投入新配制的稀氯化亚锡溶液<sup>注</sup>中浸泡半分钟，并用镊子夹取叶片在蒸馏水中进行漂洗。

另取一只 500 毫升的烧杯，放入 200 毫升 4% 的硝酸银溶液，再逐滴滴入 4% 的氨水，直到最初产生的沉淀恰好溶解为止，这就是银氨溶液。把树叶放入银氨溶液中，并滴入 36% 的甲醛溶液约 20 滴，2 分钟后即取出，用清水漂洗，这时叶片已经银光闪闪。

3. 电镀 装置如图 14 - 10。{ewl  
MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0249\_1.bmp}

在烧杯内放入硫酸铜浓溶液，再加少量稀硫酸。叶柄用裸铜丝缠绕后放入电解液内作为阴极，取铜网为阳极。电镀电流可通过改变树叶和铜网之间的距离来调节，一般控制在 0.5 ~ 1 安，

**注意事项：**

1. 叶片一定要质硬而完整，带柄，并洗净。

2. 浸泡叶片的酒精，最好用无水酒精，有利于叶绿素的溶解，使析出的银附牢在叶片的毛孔中。

---

<sup>注</sup> 解 56.4 克 SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 于 500 毫升的 12N 盐酸中，然后加水稀释至 1 升，最后放少量锌粒于其中。

### (三十三) 香烟烟雾中几种毒物的简易测定

**用品：**具支试管，棉花、普通香烟，带过滤嘴香烟、烟嘴。

95%酒精、新鲜动物血、2N 氯化汞溶液、2%硝酸银溶液、2%氨水。

**原理：**根据科学家实验统计，香烟烟雾中有一千多种化合物，其中至少有三百种化合物在不同程度上有毒，如一氧化碳，尼古丁、醛类等。有的还具有致癌作用，如联苯胺、亚硝胺、3,4-苯并芘等。

本实验仅检验一氧化碳、尼古丁和醛类。

一氧化碳可与鲜血中的血红蛋白结合，这时血红色的血液会变成鲜红色，表示血液中毒。

尼古丁又叫烟碱，烟碱遇氯化汞溶液会产生白色沉淀。

醛类可通过银镜反应来检验。

**操作：**

1. 一氧化碳的毒性检验装置如图 14 - 11。

在 B 管中加入 5 毫升新鲜的动物血（鸡、鸭等家禽的血都可），加少量苯酸钠作抗凝剂，用吸滤气唧抽气，点燃香烟装入烟嘴，使香烟的烟雾通过 A 管（其中盛入 1/3 管蒸馏水，再通入 B 管。当点燃到第三支香烟时，血液可明显的看出由血红色逐步变成鲜红色，这说明一氧化碳与鲜血中的血红蛋白结合。

2. 尼古丁的检验 把 B 管换成 10 毫升 95%的酒精，用吸滤气唧抽气，点燃香烟装入烟嘴，香烟的烟雾通过 B 管，当点燃到第三支香烟时，可看到酒精的颜色逐渐变为黄色，当点完第七支香烟时，溶液可变为褐色。取下 B 管，倒 2 毫升褐色溶液于另一试管中，再滴入 3 滴 2N 氯化汞溶液，立即生成白色沉淀，这说明有尼古丁存在。

3. 醛类的检验 取下试管 A，倒 5 毫升溶液于另一试管中，加 2 毫升银氨溶液，放在水浴中微热，可观察到有银镜生成。

用带有过滤嘴的香烟代替普通香烟，做同样的试验以作对比。

**注意事项：**

1. 所有塞子和香烟插入处，不应漏气。

2. 实践证明，有过滤嘴和没有过滤嘴的香烟，其烟雾没有明显区别，说明过滤嘴仅能滤掉微粒而滤不掉有毒气体。

### (三十四) 从茶叶中提取咖啡因

**用品：**烧杯、酒精灯、漏斗、滤纸、铁架台（带铁圈、铁夹）、石棉网、砂子。

**茶叶、醋酸铅、氯仿、萘。**

**原理：**茶叶的成分很复杂，有丹宁、茶碱（1,3-二甲基黄嘌呤）、咖啡因、蛋白质、碳水化合物、挥发性物质、树脂、胶质、果胶素、维生素C、灰分等。茶叶中一般含咖啡因约2~4%。

咖啡因又叫咖啡碱，化学名称为1,3,7-三甲基黄嘌呤。它与很多在生理上有重要作用的生物碱相似，能影响神经、心脏和肾脏的功能，主要是中枢神经系统的一种兴奋剂。

由于咖啡因在氯仿中的溶解度比在水里的溶解度大（约大8倍），所以利用氯仿进行萃取，然后再用升华法进行提纯。

**操作：**

1. 萃取 取5克茶叶放在一只600毫升烧杯中，加水125毫升，煮沸15分钟，在热茶中加入20毫升0.5摩/升醋酸铅溶液（使蛋白质等杂质沉淀以便除去），用玻棒充分搅拌混和物，使沉淀并趁热过滤，在过滤时，把剩下的混和物继续加热，如过滤速度太慢或滤液滤不下来，则小心地把旧滤纸取出，另换一张新滤纸，但要把旧滤纸上的液体全部转移到新滤纸上，并继续过滤剩下的热液体，直到原烧杯内的液体全部滤完为止。最后把滤渣去掉。

煮沸滤液（加几片瓷片以防爆沸），浓缩到大约只有25毫升。把滤液冷却到25℃，并加入12毫升氯仿，充分搅拌混和物，将它转移到分液漏斗中，塞上塞子，用拇指按紧塞子，猛烈地振荡，再打开塞子。以减释压力，这样反复振荡几次，使它分层。打开塞子，把氯仿相放到一只烧杯中。重复进行萃取两次，每次在分液漏斗中另外加12毫升氯仿，再将合并的氯仿萃取液过滤到一只洁净的烧杯中。加入一片爆沸瓷片，放在另一只底部盛有约5厘米厚的砂子的烧杯中，用砂浴加热，以蒸发掉滤液中的氯仿，这最好在通风橱中进行。最后留下的白色残余物就是不纯的咖啡因。{ewl

MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0253\_1.bmp}{ewr

MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0253\_2.bmp}

2. 升华 从砂浴上取出烧杯，把一支盛有少量萘的试管插在砂浴中，继续给砂浴本身加热。如试管中的萘已经熔化，则可停止加热，然后用洁净的角匙把萃取所得的咖啡因小心地刮下，并把它转移到一支洁净和干燥的大试管中。在这支大试管中插入一支盛有2/3管冷水的小试管，使小试管口的外缘正好架在大试管的管口外缘上，如图14-13。

给砂浴加热，直到大试管里的咖啡因升华出来为止。

冷却后，观察两支试管冷却部位上生成的咖啡因。

**注意事项：**

1. 由于茶叶中还含有丹宁、树脂、胶质等，因此过滤较难，最好在离心机中进行。

2. 砂浴锅不宜用烧杯，可改用旧马口铁罐头。

3. 升华时先用萘在砂浴锅加热，是为了掌握温度。萘的熔点仅80.6℃，咖啡因升华温度178℃。

### (三十五) 土壤有效养分的化学速测

**用品：**烧杯、白磁反应板、毛细管、滴管、滤纸、天平、铁架台、石棉网、酒精灯。

盐酸、硫酸、氢氧化钠、冰醋酸、氯化钾、硝酸钠、碘化钾、碘化汞、氯化亚锡、钼酸铵、亚硝酸钴钠、磷酸二氢钠、二苯胺、石蜡油。

**操作：**

#### 1. 试剂和标准液的配制

(1) 二苯胺硫酸溶液：称取 1 克二苯胺溶于 100 毫升浓硫酸（分析纯，密度 1.84 克/毫升）中。

(2) 碘化汞试剂：称取 11.5 克碘化汞和 8 克碘化钾溶于 50 毫升蒸馏水中，加 25 毫升 6N 氢氧化钠溶液。如产生沉淀，可用倾泻法取得澄清溶液，贮于暗处。

(3) 钼酸铵硫酸溶液：称取 2.5 克钼酸铵溶于 50 毫升蒸馏水中，加热到 60℃，使其全部溶解后，取下冷却。另取 7 毫升浓硫酸加到 80 毫升水中，最后将两种溶液混和、冷却。

(4) 氯化亚锡溶液：称取 56.4 克  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  溶于 500 毫升 12N 盐酸溶液中，加水稀释到 1 升，最后放少量锌粒于其中。上面加薄层石蜡油，使它与空气隔绝，贮存于暗处。

(5) 亚硝酸钴钠溶液：称取 10 克亚硝酸钴钠溶于 20 毫升蒸馏水中；取 30 克亚硝酸钠溶于 50 毫升蒸馏水中；混和以上两种溶液，并加 5 毫升冰醋酸，加水到 1000 毫升。把混和液倒入棕色瓶中，开盖二、三小时，使多余的  $\text{NO}_2$  全部放出，然后再加盖保存备用，此即为 10% 的亚硝酸钴钠溶液。

#### (6) 标准液的配置

硝态氮、磷和钾混合标准液：称取 1.214 克硝酸钠（化学纯）溶于 1000 毫升蒸馏水内，即为纯氮 200ppm 浓度的标准母液。称取 1.0 克磷酸二氢钠溶于 1000 毫升蒸馏水内，即为含磷 200ppm 的标准母液。称取 1.905 克氯化钾溶于 1000 毫升蒸馏水内，即为含钾 1000ppm 的标准母液。用时按下表稀释。

表 14 - 10 硝态氮、磷、钾混合标准液稀释表

氮 } 纯磷 } (ppm)	1	5	10	20	40
钾 (x5ppm)					
硝态氮母液 (毫升数)	0.5	2.5	5	10	20
磷母液 (毫升数)	0.5	2.5	5	10	20
钾母液 (毫升数)	0.5	2.5	5	10	20
加蒸馏水至 (毫升数)	100	100	100	100	100

铵态氮标准液：称取 0.382 克氯化铵或 0.472 克硫酸铵溶于 100 毫升蒸馏水中，即为纯氮 100ppm 浓度的标准母液，用时按下表稀释。

表 14 - 11 铵态氮标准液稀释比例表

纯氮 ( ppm )	2	4	6	8	10	12
母液 ( 毫升 )	2	4	6	8	10	12
加蒸馏水至 ( 毫升 )	100	100	100	100	100	100

### (7) 土壤的盐酸浸液的制备

称取 5 克土壤，置于平底指管内，加 5 毫升 0.5% 盐酸水溶液，用玻棒充分混匀，静置 1~2 小时，澄清后，上层液即为土壤浸液。

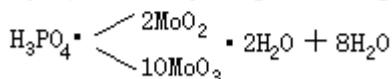
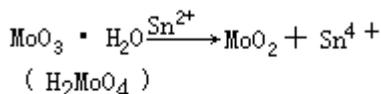
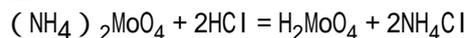
2. 硝态氮的测定 土壤中的硝态氮属可溶性的，故可用水、弱酸或中性盐溶液浸提。测定时用二苯胺作试剂，因为二苯胺在强酸性条件下，能被硝酸盐所氧化而形成醌型联二苯胺，联二苯胺显蓝色，它所形成的蓝色的深浅及快慢与硝酸含量成正比。

在白磁反应板的凹穴内，分别滴入 1、5、10、20、40ppm 的混合标准液滴，然后将待测的土壤浸泡分别滴入其凹穴内，最后每个凹穴各加 5 滴二苯胺硫酸溶液。用毛细玻璃棒搅匀，3~5 分钟后，观察标准液与待测液的蓝色变化，待测液的蓝色近似于某标准液的蓝色，就是该土壤的硝态氮含量。

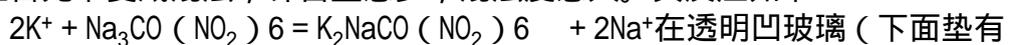
3. 铵态氮的测定 土壤中无机态的铵盐，在碱的作用下，能逸出氨气，而氨能与纳氏试剂 ( $K_2[HgI_4]$ ) 作用生成黄色沉淀 (碘化氨基亚汞)。氨量不同，生成沉淀的量不等，形成的黄色深线也不等，可用标准系列对比测定其含量。

在白磁反应板凹穴内分别滴入 2、4、6、8、10、12ppm 的铵态氮标准液 1 滴，再将待测的土壤浸液滴入其凹穴内，然后各加 1 滴碘化汞试液，比较标准液与待测液的黄色变化，求出土壤的铵态氮的含量。在大多数情况下，土壤含铵态氮不超过 1ppm。

4. 有效磷的测定 在酸性条件下，土壤中的无机磷与钼酸铵形成磷钼酸，在氯化亚锡还原下产生蓝色的磷钼蓝，溶液蓝色的深浅与含磷量成正比。其反应如下：



在白磁反应板的凹穴内，分别滴入 1、5、10、20、40ppm 混合标准液和待测液 5 滴。然后各加钼酸铵硫酸溶液 1 滴，以毛细玻璃棒混匀后再加氯化亚锡溶液 1 滴，搅匀后，比较标准液与待测液的蓝色，找出土壤中含有效磷的含量。一般讲土壤中含有效磷应保持在 20ppm 以上。5. 速效钾的测定土壤中的可溶性钾离子与亚硝酸钴钠作用，生成亚硝酸钴钠钾的黄色沉淀。这种沉淀在日光下变成混浊，钾含量愈多，混浊度愈大。其反应如下：



在透明凹玻璃 (下面垫有黑纸) 的凹穴内分别滴入 1、5、10、20、40ppm 的混合标准液 (其中含钾各乘 5ppm) 和待测液 1 滴，然后各加亚硝酸钴钠溶液 1 滴。10 分钟后，在阳光下比较标准液与待测液的黄色混浊，找出相应的钾含量。如混浊度过大，则

可再稀释 2~3 倍。一般讲土壤内有效钾离子的总浓度不应低于 25ppm。

附：土壤的采集和处理

(1) 土样要有代表性：下面介绍几种常用的取样方法，如图 14 - 14。

对角线取样法：适宜于面积小（10 亩内）、地势平、肥力均匀的田块，选 5~10 个采样点。

棋盘式取样法：适宜于面积中等（10~40 亩），地势平但肥力不均匀的田块，可选 10~15 个采样点。

蛇形式取样法：适宜于面积大、地势不太平、肥力又不均匀的田块，一般可选 15~20 个样点。

(2) 采样的深度：只需取耕作层土壤，约 15~20 厘米深即可。

在每个采样点取土样前，要刮去 3 毫米左右表土，以除掉表土的植物残体，然后用铁铲挖成一铲宽、20 厘米深的剖面。一面修光，再垂直向下切取约 1 厘米厚、20 厘米见方的一片耕层土样，或者采用土钻取样。

(3) 土壤数量：由于测定所需的土壤样品是多点混合而成，取土量往往很大，而实际进行测定时，仅需少量，故可按四分法反复弃取，最后留下 200~300 克备用。具体做法如下：

取土样前，在田头铺一张塑料薄膜，将各样点取来的土样放在上面压碎，拣去石砾、根茎、叶等杂物，然后充分混匀，把土样堆成圆形，在中间划一十字，分为四份。按对角线去掉相对的两份，把剩下的两份再充分混匀，重复上述方法，直到剩下所需要的数量为止。

经四分法留下的土样应装入袋中，用铅笔写好两张同样的标签，一张放在袋里，一张扎在袋口上。标签上应记有采样地点、时间和采集人，以备日后查考。

(4) 土壤样品的处理：土壤有效养分的速测，一般宜用风干土。风干土的土样较易混合均匀，重现性、准确性都较好。风干的方法是将采用的土样倒在纸上，如未压碎，可趁未干时把土块压碎，铺成薄层，在阴凉处晾干（不宜在太阳下晒干或烘箱内烘干），然后再用木棒研碎并通过 1 毫米筛孔的筛子（20 号筛）混匀后即可。

（孙志宽）

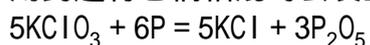
## 第十五章 化学趣味实验

### (一) 鸣炮庆祝

**用品：**研钵、玻璃片、滴管、玻棒、纸。

**氯酸钾、红磷、酒精、浆糊。**

**原理：**氯酸钾为强氧化剂，红磷为易燃物，两者之间很容易发生化学反应。用药匙将它们相混时会发生燃烧。将混和物撞击时会发生猛烈的爆炸。



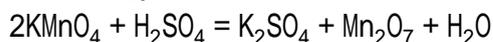
**操作：**将 2 克氯酸钾晶体放在研钵里研成粉末，倒在玻璃片上。取 0.6 克红磷放在氯酸钾粉末旁。用滴管吸取酒精滴到两种药品上，使药品潮湿，然后用玻棒将它们混和均匀调成糊状，分成三等分。等它们干燥后分别用纸包紧粘牢。

庆祝开始时，把三个纸包先后用力朝水泥地或砖头上掬，就会发出三声炮响。

## (二) 玻棒点火

**用品：**玻棒、玻璃片、酒精灯。98%浓硫酸、高锰酸钾。

**原理：**高锰酸钾和浓硫酸反应产生氧化能力极强的棕色油状液体七氧化二锰。它一碰到酒精立即发生强烈的氧化-还原反应，放出的热量使酒精达到着火点而燃烧。



**操作：**用药匙的小端取少许研细的高锰酸钾粉末，放在玻璃片上并堆成小堆。将玻棒先蘸一下浓硫酸，再粘一些高锰酸钾粉末。跟着接触一下酒精灯的灯芯，灯芯就立即燃烧起来，一次可点燃四、五盏酒精灯。

**注意事项：**七氧化二锰很不稳定，在0℃时就可分解为二氧化锰和氧气。因此玻棒蘸浓硫酸和高锰酸钾后，要立即点燃酒精灯。否则时间一长，七氧化二锰分解完，就点不着酒精灯了。

### (三) 钢丝点火

**用品：**钢丝、瓶盖、蜡烛、硫粉。

**原理：**利用铁丝上硫燃烧时火焰很淡，白天在远处看不出来，好象真的是钢丝把蜡烛点着的。

**操作：**事先把自行车钢丝一端锤扁成凹槽，在槽里放一些硫粉，加热熔化着火，备用。将一支蜡烛点燃后放在桌上。这时用瓶盖将烛焰盖灭，再用钢丝接触烛芯上升的白烟，烛火便复燃。可再盖灭，再点燃。这样一亮一灭，令人暗暗叫奇。

#### (四) 手指点火

用品：研钵、小木板。

蜡烛、氯酸钾、硫。

原理：蜡烛的余烬使硫燃烧。硫燃烧时放出的热量使氯酸钾分解产生氧气，因而硫燃烧得更旺，余烬便着火了。

操作：取 1 克氯酸钾和 0.5 克硫，分别放在研钵里研成很细的粉末，然后把它们混和均匀。或者用十根火柴，把头药刮下研细也行。

在小木板上固定好一支蜡烛，并将它点燃。事先用手指头蘸些混和好的药粉。表演时，将烛火吹灭，趁着尚有余烬，把蘸有药粉的手指头，轻轻地 向烛芯碰一下，蜡烛便可复燃。可以再吹灭，再点燃。

注意事项：蜡烛的烛芯长约 1.5 厘米。这样在吹熄后才有余烬。如果用研细的火柴头药，只能在手指头上粘上薄薄的一层。多了，手指上的头药也会着火，可能灼伤手指。

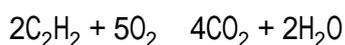
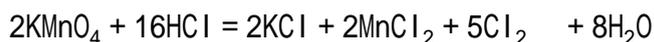
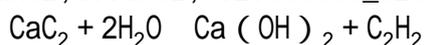
## (五) 氯气点火

**用品：**250 毫升广口瓶、分液漏斗、导管、玻璃水槽、集气瓶、毛玻片、试管、滴管。

**电石、水、浓盐酸、高锰酸钾。**

**原理：**电石和水反应产生乙炔。高锰酸钾和盐酸反应产生氯气。氯气和乙炔反应放出的热使乙炔着火，然后乙炔在空气中继续燃烧。{ewr

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0262\_1.bmp}



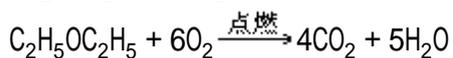
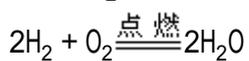
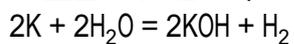
**操作：**实验装置如图 15 - 1 所示。在广口瓶里放入 10 克小块电石，制取乙炔。轻轻旋开分液漏斗的活栓，使水慢慢地滴下。等广口瓶内的空气排净后，用排水法收集一瓶乙炔。瓶口用毛玻片盖住，直立放在桌上。另取一支试管放入 0.5 克高锰酸钾晶体滴入 2 滴浓盐酸就有氯气产生并充满试管。这时，左手拿开乙炔瓶上的毛玻片，右手把试管里的氯气倒入乙炔瓶里。当乙炔和氯气相遇，便立即着火发出光亮而带浓烟的火焰。

## (六) 杯中大火

用品：600 毫升烧杯、蒸发皿、坩埚、镊子。

乙醚、钾、细砂。

原理：钾和乙醚在常温时不发生反应。当把它们倒入水时，钾和水相遇立即产生氢气并着火，从而引起剧烈的燃烧现象。



操作：在烧杯底部放一厚层细砂，砂上放盛有 5 毫升水的蒸发皿。向坩埚里注入 2 毫升乙醚，再放入绿豆大的一块钾。将乙醚和钾的混和物倒入蒸发皿时，杯内立即发生大火。

## (七) 滴水生火

**用品：**600 毫升烧杯、蒸发皿、镊子、滴管。

滤纸、细砂、过氧化钠、白磷。

**原理：**过氧化钠和水反应产生氧气并放出大量的热，使白磷着火生成大量的五氧化二磷白烟。

**操作：**在 600 毫升烧杯的底部铺一层细砂，砂上放一个蒸发皿。取 2 克过氧化钠放在蒸发皿内，再用镊子夹取 2 块黄豆大小的白磷，用滤纸吸去水分后放在过氧化钠上。用滴管向过氧化钠滴 1~2 滴水，白磷便立即燃烧起来，产生浓浓的白烟

## (八) 液中星火

**用品：**大试管、铁架台、铁夹。

98%浓硫酸、酒精、高锰酸钾。

**原理：**高锰酸钾和浓硫酸接触会产生氧化性很强的七氧化二锰，同时放出热量。七氧化二锰分解出氧气，使液中的酒精燃烧。但由于氧气的量较少，只能发出点点火花，而不能使酒精连续燃烧。

**操作：**取一个大试管，向试管里注入 5 毫升酒精，再沿着试管壁慢慢地加入 5 毫升浓硫酸，不要振荡试管。把试管垂直固定在铁架台上。这时，试管里的液体分为两层，上层为酒精，下层为浓硫酸。用药匙取一些高锰酸钾晶体，慢慢撒入试管，晶体渐渐落到两液交界处。不久，在交界处就会发出闪闪的火花。如果在黑暗的地方进行，火花就显得格外明亮。{ewr  
MIMAGE,MIMAGE, !2T000043\_0264\_1.bmp}

**注意事项：**高锰酸钾的用量不可过多，否则，反应太剧烈，试管里的液体会冲出来。

## (九) 冰块着火

用品：大瓷盘、滴管。

电石、钾、冰块。

原理：水和钾反应剧烈，使生成的氢气燃烧。氢气的燃烧使电石和水反应生成的乙炔着火。燃烧所产生的热进一步使冰融化成水，水和电石作用不断地产生乙炔，因此火焰就越烧越旺，直到电石消耗完，火焰才渐渐熄灭。

操作：取一大块冰放在大瓷盘里，在冰上挖一个浅坑，放入一小块电石和一小块钾。然后向浅坑里滴几滴水，立即冒出一团烈火和浓烟，好象冰块着火似的。

## (十) 星光飞舞

用品：20 毫升塑料瓶、针、酒精灯。

胆矾粉末、镁粉、还原铁粉。

原理：当胆矾粉末、镁粉和还原铁粉落在火焰上时，胆矾的铜离子使火焰呈现绿色，镁粉和铁粉因体积很小，与空气的接触面很大，容易被火焰灼热，所以能和空气中的氧气化合生成氧化镁和四氧化三铁。



$3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$  反应所产生的热使四氧化三铁发红，使氧化镁达到白炽状态，于是便出现细小的红光和耀眼的白光。因为金属粉末不是同一时间落在火焰上燃烧的，加上在氧化时被热气流冲开，所以红光和白光四射，一闪一闪好象星光在飞舞。

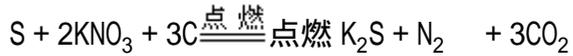
操作：取胆矾粉末、镁粉和还原铁粉各 1 克。把它们混和均匀后，放入小塑料瓶里。瓶底用针打一些小孔。然后在酒精灯火焰的上方，轻轻拍打塑料瓶。瓶里的粉末落在火焰上时，火焰呈绿色。在绿色火焰的上方，飞舞着红色和白色的星光，景色十分美丽。

## (十一) 水中燃烧

用品：研钵、玻璃水槽、直径约 4 厘米的塑料瓶，铁棒，引火线。

硝酸钾、硫粉、木炭粉、细砂。

原理：黑火药在水中燃烧时，所喷出的大量烟尘和气体足以把水冲开而不影响其反应的继续进行。黑火药燃烧的主要化学反应是：



操作：取硝酸钾 5 份、硫粉 1 份、木炭粉 1 份、分别研细后放在纸上反复拌匀，配成黑火药，备用。

取一直径约 4 厘米的塑料瓶，把它截成高约 6 厘米、有底的圆筒。向筒内先装入约 2 厘米厚的细砂，再填入黑火药。每装入少许，用铁棒捣结实，填满到筒口后，插入引火线（它是用棉绳浸透 30% 硝酸钾溶液晒干而成的。）再把黑火药压紧。把装好火药的塑料筒，轻轻放入盛有水的玻璃水槽，筒口要高出水面约 1 厘米。

点燃引火线，不久有大量烟尘和火焰从塑料筒里喷出来。燃烧逐渐蔓延到水下，直到黑火药烧完为止。由于有少量没有烧完的炭粉分散在水中，使水变成棕黑色。

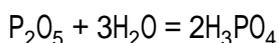
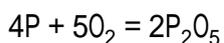
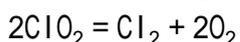
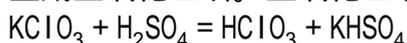
## (十二) 水中火光

1

用品：200 毫升烧杯、2 毫升移液管、镊子、药匙。

水、98% 浓硫酸、氯酸钾、白磷。

原理：氯酸钾和浓硫酸作用，生成易分解的氯酸，产生二氧化氯。二氧化氯很容易分解生成氯气和氧气，同时放热使白磷达到着火点在氧气中燃烧，生成五氧化二磷。五氧化二磷和水反应生成磷酸。



操作：在烧杯中放入 10 克氯酸钾晶体，慢慢注入 100 毫升水，再用镊子夹取 2~3 块绿豆大的白磷放在氯酸钾晶体中间。然后用移液管吸取浓硫酸 2 毫升注到氯酸钾和白磷的交界处。这时白磷燃烧，发出火光。

2

用品：400 毫升烧杯、镊子、铁架台、铁夹、试管、带导管的橡皮塞。

氯酸钾、二氧化锰、白磷、40 的热水。

原理：水的温度达到了白磷的着火点又有氧气存在，所以白磷在水中燃烧。 {ewl MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0267\_1.bmp}

操作：把 5 小块绿豆大的白磷投入一个盛有半杯 40 热水的烧杯里。

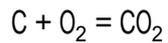
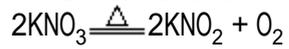
把 6 克氯酸钾和 2 克二氧化锰混和均匀后放在试管里。用带有导管的塞子紧塞管口。给试管加热。将放出氧气的管口靠近白磷时，白磷便立即燃烧，发出闪烁的火光。

### (十三) 木炭化妆跳舞

**用品：**铁架台、铁夹、酒精灯、大试管、镊子。

木炭、硝酸钾。

**原理：**硝酸钾受热先熔化而后分解为亚硝酸钾和氧气。熔化的硝酸钾和木炭接触，反应所放出的热将木炭灼红，生成的二氧化碳把木炭推上去。木炭和硝酸钾脱离接触后，由于重力的作用而落下。木炭就是这样上下跳跃不停，直到它作用完为止。



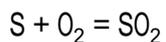
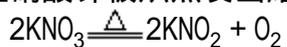
**操作：**取 5 克硝酸钾放入大试管里。把试管垂直固定在铁架台上。用酒精灯外焰加热试管底部，使硝酸钾熔化。等有气体放出时，投入黄豆大的木炭并继续加热。一会儿，木炭由黑变红在试管里不断上下跳动，发出明亮的火光。移去酒精灯，木炭还可以跳跃片刻。

#### (十四) 化学灯

**用品：**铁架台、铁夹、镊子、硬质大试管、酒精灯。

**硝酸钾、硫块。**

**原理：**硫和熔化的硝酸钾反应非常剧烈，放出大量的热，使反应中生成的亚硝酸钾被炽热发出耀眼的白光。



**操作：**把装有 5 克硝酸钾的大试管垂直固定在铁架台上加热试管底部，使硝酸钾熔化。这时拿开酒精灯，向试管里每隔半分钟投入黄豆大的硫块，试管便持续地发出耀眼的白光。

## (十五) 焰火

**用品：**研钵、纸筒、引火线(用棉绳浸透 30%硝酸钾溶液，晒干而成)。

氯酸钾、硫、木炭粉、硝酸钾、硝酸钠、硝酸钡、硝酸锶、蔗糖、镁粉、三硫化二锑。

**原理：**焰火呈现红、绿、紫、蓝、黄各种颜色是药品中某些金属元素的焰色反应。

**焰色：**K, K<sup>+</sup> (紫色), Na, Na<sup>+</sup> (黄色), Sr, Sr<sup>2+</sup> (深红色), Ba, Ba<sup>2+</sup> (黄绿色)。

**操作：**按下面的配方(质量比)来配制各色焰火。

红色：氯酸钾 4，硫粉 11，木炭粉 2，硝酸锶 33。

绿色：氯酸钾 9，硫粉 10，硝酸钡 31。

白色：硫粉 3，硝酸钾 12，镁粉 1，木炭粉 2。

紫色：氯酸钾 7，硫粉 5，硝酸钾 7，蔗糖 2。

黄色：硫粉 12，木炭粉 2，硝酸钾 30，硝酸钠 5。

蓝色：硝酸钾 9，硫粉 2，三硫化二锑 2。

将所需药品按数量称好，分别研细再混和均匀，装入纸筒，边装边压紧，装好后插入引火线。点燃引火线，火药便燃烧(或用滴入浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 引燃)，发出各色火焰，非常好看。

**注意事项：**配制火药时，各个成分必须分别研细千万不能混研，以防燃烧或爆炸。反应时将会有较多的烟生成，因此该实验适合在室外进行。

## (十六) 蜡烛自明

**用品：**6×6 平方厘米木板、30 毫升试剂瓶、镊子、滴管。

二硫化碳、白磷、蜡烛。

**原理：**将白磷的二硫化碳溶液滴在烛芯上，二硫化碳很快挥发掉，剩下细小的白磷颗粒。白磷与空气接触，激烈地氧化放热，使白磷燃烧起来。白磷燃烧时就把烛芯点着了。

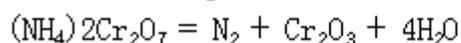
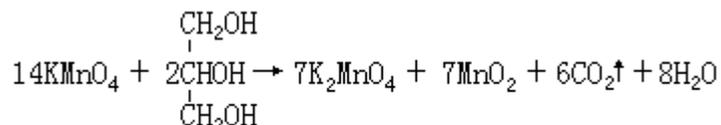
**操作：**取一支点燃过的蜡烛固定在木板上。烛芯要长而松散。在试剂瓶中注入 5 毫升二硫化碳，再用镊子夹取一块蚕豆大小的白磷放入二硫化碳中，塞上瓶盖，轻轻摇晃，使白磷溶解成溶液。用滴管吸取少量白磷的二硫化碳溶液，滴到烛芯上。不久，烛芯就自燃起来。

## (十七) 火山爆发

用品：滴管。

烧石膏、高锰酸钾、重铬酸铵、甘油。

原理：高锰酸钾和甘油发生激烈的氧化还原反应，放出的热使甘油着火。重铬酸铵受热迅速分解产生氮气，使三氧化二铬粉末向上飞，迸发出火星。



操作：将烧石膏加水捏成小山，山顶留一坩埚大小的坑，晾干备用。

在石膏山顶的坑中间，堆放高锰酸钾粉末，顶上压一小槽。在高锰酸钾的周围，堆放研细的重铬酸铵粉末。用滴管吸取甘油，滴 1~2 滴于高锰酸钾的小槽里。一会儿，就可看到有紫红色火焰喷出，跟着又喷出许多绿色的“火山灰”，布满在小山坡上，景象逼真，婉如火山爆发。

## (十八) 海底火山爆发

1

用品：玻璃水槽、20 毫升广口药瓶、塑料薄膜、牛皮筋、滴管。

烧石膏，蔗糖、氯酸钾、98% 浓硫酸。

原理：浓硫酸和氯酸钾反应生成奇臭的二氧化氯。二氧化氯氧化力极强，能使蔗糖猛烈燃烧。

操作：用烧石膏加水捏成小山，山顶上嵌入广口药瓶，晾干备用。

将 10 克氯酸钾和 10 克蔗糖混和均匀，装入石膏山顶的小瓶内。用塑料薄膜封瓶口，牛皮筋扎紧，然后将小山没入水槽的水里。用滴管吸取浓硫酸，刺破塑料薄膜，滴入几滴浓硫酸。火山立即在水中爆发，十分壮观。

2

用品：玻璃水槽、墨水瓶。

沸水、红墨水。

原理：沸水和冷水发生对流，沸水上升，冷水下降。

操作：在空墨水瓶里滴入 10 滴红墨水，再注入沸水，扭紧瓶盖，把它放入水槽里。向水槽里倒入冷水，浸过瓶口约 5 厘米。然后轻轻地旋开瓶盖，瓶内的红水慢慢上升喷向水面，好象海底火山爆发一样。

## (十九) 节奏的爆炸

用品：研钵、60 毫升锥形瓶、玻棒。

碘片、30% 浓氨水。

原理：碘和浓氨水反应生成六氨合三碘化氮。它不溶于水，干燥后，性质极不稳定，轻微的触动，即引起爆炸。



分布均匀细小的六氨合三碘化氮爆炸时没有危险。

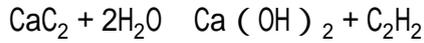
操作：取 1 克碘片放在研钵里，加入 5 毫升浓氨水。小心研磨 3 分钟，便得到黑色六氨合三碘化氮的细小固体。加水 50 毫升，经搅动后倒入锥形瓶中。振荡锥形瓶，使黑色粉末均匀地分布在水中，然后洒在舞台上，让它干燥。干燥后，这时在上面跳舞，随着舞步可发出有节奏的爆炸。

## (二十) 一触就炸

**用品：**试管 2 个、带导管的橡皮塞、漏斗、滤纸、药匙、石棉网、三角铁架、酒精灯。

棉花、2%硝酸银溶液、2%稀氨水、电石。

**原理：**电石和水反应产生乙炔。乙炔和银氨溶液作用生成乙炔银。



$\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{Ag}_2 + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  乙炔银受撞击或受热即发生爆炸分解出银和碳。



**操作：**

在图 15 - 4 左面的试管里加入 3 毫升水，再放入 2 小块电石，试管口放些棉花，再把连着导管的塞子塞好。让生成的乙炔不断通入银氨溶液中，即有灰白色的乙炔银沉淀产生。等反应停止后，用滤纸过滤，冲洗，取出沉淀物，放在干净的石棉网上并分成若干绿豆大的小堆。俟其干燥后，一触即可爆炸。也可以把石棉网放在三角铁架上，下面放一盏燃着的酒精灯。片刻，水分蒸发后乙炔银就发出猛烈的爆炸，同时有火光出现。{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0272\_1.bmp}

## (二十一) 烧不坏的手帕

1

用品：手帕、100 毫升烧杯、酒精灯、竹夹子。

酒精。

原理：酒精遇火燃烧，放出热量，使酒精和水大量挥发，带走部分热量。左右摇晃手帕时可散去大量热。这样火焰的温度被降低，不能达到手帕的着火点。

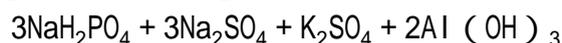
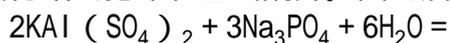
操作：在烧杯中倒入 20 毫升酒精和 10 毫升水，充分摇匀，将手帕放入溶液中浸透。用竹夹子夹出手帕，轻轻地把酒精挤掉，然后放在燃着的酒精灯上点燃。手帕着火后，火焰很大。这时要左右摇晃手帕，直到熄灭。火熄灭后，手帕完好无损。

2

用品：手帕、玻棒、酒精灯。

酒精、磷酸钠饱和溶液、明矾饱和溶液。

原理：浸过磷酸钠和明矾溶液的手帕在晾干后，磷酸钠和明矾所形成的氢氧化铝会把布和空气隔开。因此酒精燃烧产生的热，不能使手帕达到燃点。



操作：把手帕放在磷酸钠饱和溶液中浸透，取出晾干。再把这块手帕在明矾饱和溶液中浸几分钟，取出晾干。

表演时，把酒精倒一些在手帕上，再用一根玻棒把手帕挑起，在燃着的酒精灯上点燃。手帕着火发出淡蓝色的火焰。火焰熄灭后，手帕一点没有烧坏。

## (二十二) 烈火中的花布

**用品：**花布、细铁丝、镊子、酒精灯。

**樟脑丸**

**原理：**樟脑丸的化学成分为萘，很容易燃烧。在燃烧时所产生的热量一部分用于使萘升华，所以和樟脑丸紧贴的花布温度被降低，不能达到布的着火点，布就不会燃烧。

**操作：**用一块小花布紧紧地包住一颗樟脑丸，再用细铁丝扎紧，然后用镊子夹住，放在酒精灯火焰上点燃，转眼功夫，小花布被熊熊烈火包围，烈火中还散发出浓浓的黑烟。将火吹灭后，打开布包一看，樟脑丸变小了，但花布却和原来一样一点没有烧坏。

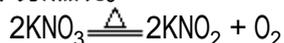
### (二十三) 奇异的脱脂棉

用品：脱脂棉、100 毫升烧杯、玻棒、铁丝、铁夹四个。

磷酸钠饱和溶液、明矾饱和溶液、30% 硝酸钾溶液、浓硝酸（密度 1.4 克/毫升）、浓硫酸（密度 1.84 克/毫升）。

原理：用磷酸钠和明矾溶液浸过的脱脂棉，由于在棉纤维上有一层不能燃烧的保护膜，所以不易燃烧。

用硝酸钾溶液浸过的脱脂棉，由于硝酸钾受热分解出氧气的助燃，所以很容易燃烧。



用 1 体积浓硝酸和 2 体积浓硫酸的混和液浸泡 15 分钟的脱脂棉，由于棉纤维和硝酸发生酯化反应生成了极易燃烧的纤维素三硝酸酯，取出，洗净、晾干后，火药棉在外表上跟原脱脂棉相似，但遇火即迅速燃烧。

操作：将脱脂棉分为四等份：第一份是原来的脱脂棉；第二份是先放入磷酸钠溶液中浸透，取出，干后再浸入明矾溶液，取出，晾干后的脱脂棉；第三份是浸入硝酸钾溶液，取出，干燥后的脱脂棉；第四份是浸入 10 毫升浓硝酸和 20 毫升浓硫酸的冷混和液中，约 10 分钟后取出，洗净，晾干后的脱脂棉。

将上面四份脱脂棉夹在铁丝上，彼此留 5 厘米的距离，然后依次点燃。第一份可以燃烧，但速度不快；第二份不易燃烧；第三份容易燃烧；第四份极易燃烧。

## (二十四) 口吐“仙气”

**用品：**尖嘴玻璃管、酒精灯、有色塑料管、药棉。

汽油、肥皂液、甘油。

**原理：**汽油蒸气可以点燃。当汽油和空气混和后遇火会发生剧烈的燃烧并发出爆炸声。

**操作：**在长 20 厘米尖嘴玻璃管外套一层有色的塑料管，管内放一段吸饱汽油的棉花球。把尖嘴管对着酒精灯火焰，向玻管的另一端吹气。当气从尖嘴管出来，遇火便燃烧起来。离开火焰继续燃烧。如果向玻管吹气力量稍大时，火焰可以离开尖嘴 4~5 厘米远，并呈现明亮的蓝色的火焰，十分好看。

这时把玻管尖端浸入滴有少量甘油的肥皂液。取出后，向玻管另一端吹气。当肥皂泡连串出现在空中时，用燃着的酒精棉球去点一个个的肥皂泡，便发出一连串轻微的爆炸声和火球，非常有趣。

## (二十五) 火灭画现

**用品：**100 毫升烧杯、毛笔、刷子、玻棒、玻璃板、彩色画片。

**硼砂浓溶液、明矾饱和溶液、火药棉、丙酮、铝粉。**

**原理：**画片经过硼砂和明矾溶液先后处理过后，在画面上就有一层不易燃烧的保护层。火药棉燃烧迅速，所以画片不会烧坏。

**操作：**取一张彩色画片，用毛笔在画片上涂一层硼砂溶液，晾干后涂一层明矾溶液，再晾干后备用。

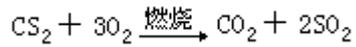
将火药棉放在小烧杯里加入丙酮和铝粉，调匀。然后把火药棉的丙酮浓稠的液体，刷在玻璃板上，刷的面积比画片略大一些。重复刷 3~4 遍，干后揭下贴在画片上。这时用火柴点燃火药棉。当火药棉迅速烧完时，美丽的画面就出现在眼前。

## (二十六) 烧不着纸的火

用品：蒸发皿、玻棒、镊子、纸。

二硫化碳、四氯化碳。

原理：二硫化碳是容易燃烧的液体，但四氯化碳却不能燃烧。二硫化碳燃烧生成二氧化碳和二氧化硫，同时放热。



因有四氯化碳在里面，四氯化碳大量挥发时带走了不少热量，因此火焰的温度被降低而达不到纸的着火点。

操作：在蒸发皿中倒入 6 毫升二硫化碳和 16 毫升四氯化碳，搅拌均匀。用火点燃后，可以看到淡蓝色的火焰。这时用镊子夹一张普通的纸放在火焰上，纸却烧不着。

## (二十七) 火能写字作画

用品：白纸两张、毛笔、大头针、香、酒精灯。

30%硝酸钾溶液、3摩/升硫酸。

原理：硝酸钾受热时分解出氧气，使纸燃烧。但由于燃烧时产生的热量不大，所以没有涂硝酸钾的纸不会烧着。

3摩/升稀硫酸在烘烤时由于水分蒸发而变成浓硫酸。浓硫酸有脱水性，使纸碳化，现出画来。

操作：

1.用毛笔蘸30%硝酸钾溶液在白纸上写字，字要大，笔画要简单些，笔迹要连结在一起，在起笔处用大头针戳个小孔作记号，然后晾干。

表演时，用香火在每个字的针孔处点燃，于是火就顺着笔画写出空心字来。

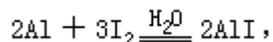
2.用洗净的毛笔蘸硫酸在白纸上作画，阴干后看不出画迹。表演时，把白纸小心地放在火上烘烤，于是逐渐现出墨笔画来。

## (二十八) 滴水生烟

用品：研钵、坩埚、滴管。

碘片、铝粉。

原理：碘和铝在常温下不发生反应。加水催化剂后，反应便立即发生。反应放出的热使水变为水蒸气，它和碘蒸气和白色的碘化铝在一起形成大量的橙色烟雾。烟雾中混杂着碘升华美丽的紫色蒸气。



操作：取 3 克碘片放在干燥的研钵内研细，再加入 0.2 克铝粉。把它们混和均匀后，移入坩埚并堆成小丘，在丘顶上压一小坑。用滴管往小坑内滴 1~2 滴水。碘和铝立即发生剧烈反应，发光发热，同时产生浓厚的棕色烟雾，烟雾中夹杂着美丽的紫色碘蒸气。

## (二十九) 杯中烈烟

**用品：**600 毫升烧杯、小量筒、滴管、蒸发皿。

砂、浓硫酸(密度 1.84 克/毫升)、浓硝酸(密度 1.4 克/毫升)、松节油。

**原理：**浓硝酸和浓硫酸的混和液具有强烈的氧化作用。松节油为易燃物，跟混和酸一接触就被氧化放出大量的热，使松节油燃烧，但燃烧不完全析出大量的碳形成黑烟。

**操作：**在 600 毫升烧杯底部放 1 厘米厚细砂。取一个蒸发皿，向蒸发皿内注入 5 毫升浓硝酸和 5 毫升浓硫酸，轻摇使混和均匀，然后把蒸发皿放在烧杯里的砂上。用滴管吸取少量松节油逐滴滴入混和酸中，一滴一蓬火，一股烈烟。

### (三十) 烟圈赛跑

**用品：**鞋盒、坩埚、镊子、铁丝、酒精灯。

滤纸、白磷。

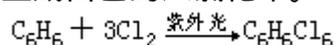
**操作：**在鞋盒的前侧对称地打两个 1.5 厘米直径的孔。用镊子取一块黄豆大的白磷，吸去水分，放在坩埚里，再把坩埚放入盒内，立即盖上盒盖。热天白磷会很快自燃，冷天可用灼热的铁丝碰一下白磷，使它燃烧。白磷燃烧使盒内很快充满浓厚的五氧化二磷白烟。这时，用手指轻轻地点一下盒盖，就有两个白色烟圈从圆孔中冲出，向前奔跑。不停地拍点盒盖，白色烟圈就不停地从圆孔中跑出。手指拍点的位置不同，出来的两个烟圈速度就不一样，看上去好像烟圈在赛跑。

### (三十一) 光照生烟

**用品：**大试管、铁架台、铁夹、带导管的橡皮塞、集气瓶、毛玻片、滴管、药匙、酒精灯、镊子。

镁带、苯、高锰酸钾、37%浓盐酸。{ewr  
MVIMAGE,MVIMAGE,!2T000043\_0279\_1.bmp}

**原理：**镁带燃烧时能发出紫外光。苯和氯气在紫外光的照射下发生取代反应生成白色的六氯化苯。

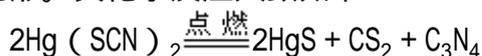


**操作：**把大试管倾斜固定在铁架台上，放入一药匙高锰酸钾，再倒入3毫升浓盐酸。用向上排气法收集一瓶氯气，瓶口用毛玻片盖住。用滴管向氯气瓶中滴入3滴苯。然后将长约5厘米的镁带燃着后，靠近集气瓶作由下而上的移动，瓶内立即出现浓厚的白烟。等白烟变淡时，再用镁光照射，又会出现浓浓的白烟。

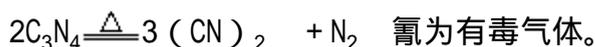
## (三十二) 人造毒蛇

**用品：**400 毫升烧杯、玻棒、吸滤瓶、酒精灯、滴管、锥形纸模子。  
0.1 摩/升硝酸汞溶液、0.1 摩/毫升氯化铁溶液、1 摩/毫升硫氰化钾溶液、糊精。

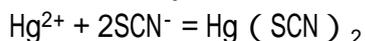
**原理：**硫氰化汞不溶于水，点燃则形成体积很大的灰烬，曲曲折折生长成蛇形。其化学反应大致如下：



$\text{C}_3\text{N}_4$  是黄色固体，无定形，易分解。



硫氰化汞是以硝酸汞和硫氰化钾溶液反应，并以  $\text{Fe}^{3+}$  作指示剂，当溶液变成红色时，说明反应恰好得到沉淀，如果硫氰化钾过量，硫氰化汞则会生成络合物而溶解。



**操作：**烧杯中倒入 0.1 摩/升硝酸汞溶液 300 毫升，滴入 10 滴氯化铁溶液，然后逐滴加入 1 摩/升硫氰化钾溶液 60 毫升，直到刚出现红色，经搅拌而不退色为止。用吸滤瓶抽滤得硫氰化汞沉淀，取出晾干。

将干燥的硫氰化汞加入适量糊精和水调成糊状，灌入锥形模子，晾干。表演时，用火点燃锥状物的尖端，就有黄绿色烟产生，曲曲折折而成蛇状。

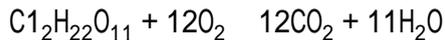
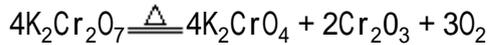
**注意事项：**硫氰化汞燃烧产生剧毒物质，实验应在室外或通风橱中进行。硫氰化汞本身也有毒。

### (三十三) 双蛇出洞

用品：研钵、聚乙烯薄膜、线。

烧石膏、白糖、重铬酸钾、硝酸钾。

原理：在白糖、重铬酸钾和硝酸钾的混和物点燃后，硝酸钾和重铬酸钾分别放出氧气，将白糖氧化生成二氧化碳和水蒸气，不断地将反应的生成物铬酸钾、三氧化二铬等向外推出来。



操作：用烧石膏加水捏成小山，山底左右两边各挖一个直径 2 厘米、长 2.5 厘米的洞。晾干备用。

把 4 克白糖、4 克重铬酸钾和 2 克硝酸钾分别在研钵中研成很细的粉末。然后把它们混和均匀，分成两份。每份都用聚乙烯薄膜包成圆筒形，用线轻轻扎紧。把这两个塑料包分别放进山洞里，用火将塑料包一头点着。不久两条绿黑色的“蛇”从洞中扭曲着爬出来。景色逼真逗人。



### (三十五) 白花变红花

**用品：**玻璃钟罩、长宽各 25 厘米的木板、坩埚、扇子、60 毫升广口瓶、用滤纸做成的小白花。

2% 酚酞溶液、35% 浓氨水。

**原理：**氨水有碱性，能使酚酞变红。对红花扇风时，氨气挥发，水的碱性消失，因此红色的酚酞变为无色。

**操作：**取一块木板，在它的正中开一个洞，洞的大小正好嵌入一个坩埚，坩埚内注入浓氨水，然后用玻璃钟罩罩住。

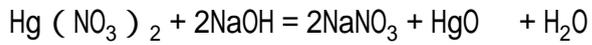
将滤纸做的小白花放在酚酞溶液中浸透，取出晒干插在广口瓶里。将瓶放进钟罩，小白花很快变成红花。将红花取出，用扇子对着它扇风，红花又逐渐变成白花。这样可重复做几遍，怪有趣的。

### (三十六) 白花变彩色花

**用品：**滤纸、细铁丝、喷雾器、花瓶。

2% 酚酞溶液、2% 硫酸铜溶液、5% 硝酸汞溶液、5% 氢氧化钠溶液。

**原理：**氢氧化钠溶液使酚酞变成红色，硫酸铜和氢氧化钠反应生成蓝色的氢氧化铜。硝酸汞和氢氧化钠反应生成氧化汞黄色沉淀。



**操作：**用滤纸做三朵白花。将它们分别放入酚酞溶液、硫酸铜溶液和硝酸汞溶液里浸透，取出晾干，再反复浸几次，干后备用。

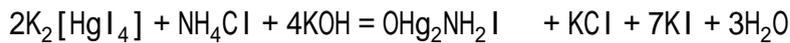
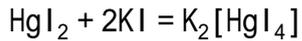
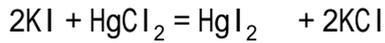
表演时用盛有 5% 氢氧化钠溶液的喷雾器对着三朵白花喷雾，三朵白花分别变为红花、蓝花和黄花。

### (三十七) 神奇的玻棒

用品：200 毫升烧杯、玻管、蓝色塑料管、药棉。

碘化钾晶体、氯化铵晶体、固体氢氧化钾、含 0.2 克氯化汞溶液 100 毫升。

原理：碘化钾和溶液中氯化汞相遇生成碘化汞红色沉淀。当碘化钾过量时，碘化汞和碘化钾进一步反应变成无色的四碘合汞酸钾。四碘合汞酸钾与氯化铵和氢氧化钾反应生成碘化汞铵红色沉淀。



操作：神奇的玻管是一根长约 20 厘米的玻璃管，管外套一层蓝色塑料管，管的一端先堵一点药棉，再放入 0.7 克碘化钾晶体，再堵上药棉；管的另一端先堵一点药棉，再放 0.05 克氯化铵晶体和 0.2 克切碎的氢氧化钾固体，再堵上药棉。

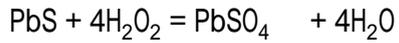
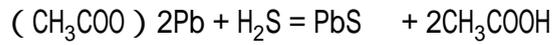
取一个烧杯倒入含 0.2 克氯化汞的稀溶液 100 毫升。用玻管藏有碘化钾的一端搅拌溶液，溶液立即便为红色，继续搅拌，红色消失又变为无色。这时将藏有氯化铵和氢氧化钾的一端去搅拌溶液，溶液又变为红色。

### (三十八) 变色图画

用品：滤纸、毛笔。

0.5 摩/升醋酸铅溶液、氢硫酸饱和溶液、5%过氧化氢溶液。283

原理：醋酸铅和氢硫酸反应生成灰黑色的硫化铅沉淀。硫化铅遇过氧化氢就被氧化变成了白色的硫酸铅。



操作：在滤纸上用毛笔蘸 0.5 摩/毫升醋酸铅溶液作一幅图画，晾干后不显笔迹。

把盛氢硫酸饱和溶液的瓶塞打开，对准白纸上作过图画的地方，立即出现灰黑色的画。跟着用洗净的毛笔蘸上过氧化氢溶液涂在灰黑色的图画上，画便很快消失掉。

## (三十九) 喷雾现画

1

**用品：**图画纸、毛笔、喷雾器。

5% 硫氰化钾溶液、15% 亚铁氰化钾溶液、5% 对苯二酚溶液、5% 没食子酸溶液、5% 氯化铁溶液。

**原理：**三氯化铁溶液遇亚铁氰化钾溶液就产生蓝色沉淀，遇硫氰化钾溶液显红色，遇对苯二酚呈绿色，遇没食子酸生成黑色沉淀。

**操作：**取一张图画纸，画上小女孩穿戴的颜色，用亚铁氰化钾画蓝的部分，用硫氰化钾溶液画红的部分，用对苯二酚溶液画绿的部分，用没食子酸溶液画线条和眼、鼻、嘴。画好后晾干，几乎看不出什么颜色和痕迹。

**表演时，**用盛有 5% 氯化铁溶液的喷雾器对着图画纸喷雾。一会儿，白纸上就出现一幅可爱的小女孩的画。

2

**用品：**图画纸、毛笔、喷雾器。

5% 硫酸镉溶液、5% 硫酸镍溶液、5% 三氯化铈溶液、5% 硫化钠溶液。

**原理：**硫化钠溶液中的硫离子和镍离子、镉离子和铈离子作用分别生成硫化镍黑色沉淀，硫化镉黄色沉淀和硫化铈桔红色沉淀。

**操作：**在图画纸上画上小男孩穿戴的颜色，用毛笔蘸硫酸镍溶液绘黑的部分，蘸硫酸镉溶液绘黄的部分，蘸三氯化铈溶液绘桔红部分。晾干备用。

**表演时，**用硫化钠溶液对图画纸进行喷雾，就会看到正在奔跑的小男孩。

## (四十) 寒来暑往

**用品：**毛笔、白纸一张（30×40厘米）。

蜡烛一支、硫酸铜饱和溶液，氯化钴饱和溶液。

**原理：**氯化钴结晶水合物是红色的，受热至 50 时呈紫红色，此时只失去部分结晶水，受热高于 120 时，结晶水全失去，变成淡蓝色。结晶硫酸铜也一样，受热后，颜色由蓝绿色逐渐变成白色。

**操作：**在白纸上绘出风景画的轮廓，用氯化钴饱和溶液涂成淡红色的天空，用硫酸铜饱和溶液涂成蓝绿色的草地。另外，可用颜料画上人物等。将风景画置于烛火上烘一下，淡红色的天即变成蓝色的天，蓝绿色的草地变成了白茫茫的雪地。

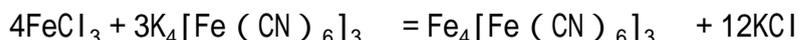
**注意事项：**氯化钴在水里的溶解度：10 时 46 克，20 时 50.4 克，30 时 53.5 克。用饱和氯化钴溶液和饱和硫酸铜溶液画风景画时，最好反复几次，让其充分吸附溶液，这样颜色变得更显著一些。

## (四十一) 染色与褪色

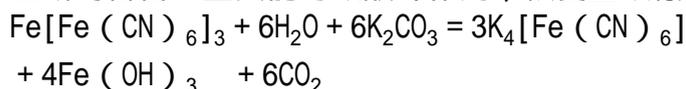
用品：滤纸、白纸、白布、毛笔、试管、滴管。

10%的氯化铁溶液、10%亚铁氰化钾溶液、15%碳酸钾溶液、10%草酸溶液、6%高锰酸钾溶液。

原理：三氯化铁中的三价铁能与亚铁氰化钾溶液作用，生成普鲁士蓝沉淀。



生成的普鲁士蓝又能与碳酸钾作用，恢复亚铁氰化钾原来的颜色。



由于草酸溶液还原了高价锰的化合物，转化为可溶性的二价锰盐，溶解于水中。

操作：

1. 取一张白纸(30×30厘米)，用毛笔蘸取三氯化铁溶液在白纸上画一只小鸭子(或写上几个简单的字)，晾干。干后，白纸上并没有小鸭子(或字)的痕迹。

另取一张滤纸，让它吸透亚铁氰化钾溶液，然后把它覆在画有小鸭子(或字)的干白纸上，用手轻轻按几下以后揭开，白纸上就出现了蓝色的小鸭子或字迹。

再用滴管吸取15%碳酸钾溶液，滴在蓝色的小鸭子或字上，蓝色又消失了。

2. 取一支试管注入10毫升6%的高锰酸钾溶液，将一小块白布条浸入，3~5分钟后取出，晾干。白布条上留下了紫红色斑点，并渐渐转化为难以洗去的棕黑色污迹。

另取一支试管注入5毫升10%草酸溶液，将有棕黑色污迹的布条投入试管中，稍稍加热。不久，布条上的污迹就消失了。

## (四十二) 变色玻管

用品：10 毫升安瓿瓶、细玻棒、酒精灯、镊子。

碘片。

原理：变色玻管中的碘受热升华为紫色蒸气，冷却，碘就凝成很细小的晶体，人眼几乎看不清，因而管中的紫色就不见了。

操作：找一个刚用过的 10 毫升安瓿瓶，洗净、烘干，放进针头大小的碘。用镊子镊住这个安瓿瓶，放在酒精灯上均匀加热。当小瓶中充满紫色气体并且开始冒出时，立即使灯的外焰集中管口，使管口玻璃烧软。这时拿一根细玻棒在火焰上烧软，然后让它和管口软化的玻璃粘住，用力一拉，抽走玻棒。继续灼烧直到管口封严为止。这样变色玻管就制好了。

表演时，把变色玻管加热就变成紫色，冷却时，逐渐变为无色。再加热又变紫，冷却又变为无色。

### (四十三) 电笔绘画

**用品：**200 毫升烧杯、玻棒、玻璃板、药匙、三脚架、石棉网、酒精灯、铁夹、导线、铜笔、稳压电源、刷子、滤纸。

可溶性淀粉、蒸馏水、碘化钾。

**原理：**当接稳压电源正极的铜笔接触到刷有碘化钾淀粉溶液的滤纸时，碘化钾溶液就被电解，在阳极铜笔上有碘单质产生，碘遇淀粉就呈现蓝色。

阳极： $2\text{I}^- - 2\text{e} = \text{I}_2$

阴极： $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$

$2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{KOH} + \text{H}_2 + \text{I}_2$

**操作：**取 200 毫升烧杯，加入 1 克可溶性淀粉和少量蒸馏水调湿，再加蒸馏水到 50 毫升，煮沸三分钟，静置，冷却后，加入 3 克碘化钾，搅拌，碘化钾溶解后即得碘化钾淀粉溶液。

取一张滤纸贴在玻璃板上，用刷子蘸碘化钾淀粉溶液刷在滤纸上。用铁夹夹住玻璃板和滤纸，夹上接一根导线，导线的另一头连接稳压电源的负极。另取一支焊有导线的铜笔，导线的另一头连接稳压电源的正极，电压用 24 伏直流电。

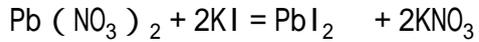
绘画时，用铜笔在滤纸上慢慢地画，就会出现蓝色的画面。

#### (四十四) 液中金光

用品：大试管、酒精灯、试管夹。

0.02 摩/升硝酸铅溶液、0.04 摩/升碘化钾溶液。

原理：硝酸铅和碘化钾在溶液中发生反应生成金黄色碘化铅沉淀。



操作：取两支大试管，分别加入 8 毫升硝酸铅溶液和 8 毫升碘化钾溶液。把这两种溶液分别加热到沸腾，然后将硝酸铅溶液倒入碘化钾溶液中，振荡试管使溶液混和均匀后，把试管放在试管架上慢慢冷却。在冷却过程里，溶液中就有金黄色的碘化铅晶体析出。这时，振荡试管，溶液中的小晶体就上下翻腾发出闪烁的金光。

## (四十五) 造冰新法

**用品**：200 毫升烧杯、150 毫升烧杯、小铝管(日光灯上启辉器的铝壳)、小木板、长 50 厘米、一端弯成 130 度的玻璃管。

硝酸铵晶体、氢氧化钡饱和溶液、氯化铵晶体、硫酸钠、浓盐酸、(密度 1.19 克/毫升)、浓氨水(密度 0.89 克/毫升)。

**原理**：当 60 克硝酸铵溶于 100 毫升水时要吸收大量的热，能使水温下降 27 度，因此小铝管里的冷水冻结成冰。

氢氧化钡和氯化铵反应，浓盐酸和硫酸钠反应都要吸收大量的热，产生低温，使冷水结冰。

向浓氨水大量吹气时，使氨很快挥发。氨在挥发过程中要吸收热量，使烧杯和木板间的水结冰。

**操作**：

1. 取 200 毫升烧杯，加入冷水 100 毫升和 60 克硝酸铵晶体。用盛有 5 毫升冷水的小铝管放入烧杯内不断搅拌，几分钟后，小铝管里的水就结成了冰。

2. 取 200 毫升烧杯，倒入 100 毫升氢氧化钡饱和溶液，再加入 30 克氯化铵晶体。用盛有 5 毫升冷水的小铝管进行搅拌，可闻到氨的刺激性气味。数分钟后，小铝管里的水结冰了。

3. 取 200 毫升烧杯，加入浓盐酸 50 毫升和硫酸钠 80 克。用盛有 3 毫升冷水的小铝管放在烧杯中慢慢搅拌，十分钟后，铝管里的水结成了冰。

4. 倒 100 毫升浓氨水于 150 毫升烧杯中。将烧杯放在有少量水的小木板上。用长玻璃管插入氨水中不断吹气。几分钟后，烧杯和木板间的冷水冻结成冰，把烧杯和木块冻结在一起，把烧杯拿起来时，木块也不会脱落。

**注意事项**：冷水的温度最好在 10 以下，这样效果最佳。

## (四十六) 人造雪景

**用品：**木板、铁钉、手锯、木锉、手摇钻和钻头、玻璃钟罩、酒精灯、绿叶树枝、坩埚。

**苯甲酸。**

**原理：**苯甲酸受热熔化并蒸发，冷后又凝结，致使绿叶树枝上挂满白色晶体，宛如一幅严冬的雪景。

**操作：**用木板做一个有顶无底、三面有壁、一面无壁的小木箱。小木箱的长和宽都是 25 厘米，箱高 10 厘米。在箱顶中央打一个能正好嵌入坩埚的圆孔。坩埚内放 4 克苯甲酸。坩埚周围装饰些绿叶树枝，然后用玻璃钟罩罩住。从木箱无壁的那边，放进一盏点燃的酒精灯，将坩埚加热，片刻之后，绿叶树枝上挂满“白雪”，景色十分美丽。{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0290\_1.bmp}

## (四十七) 红色喷泉

**用品：**125 毫升广口瓶两个、单孔橡皮塞、双孔橡皮塞、导管、尖嘴管、滴管。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0290\_2.bmp}

红墨水、锌粒、6 摩/升盐酸。

**原理：**B 瓶中锌和盐酸反应生成氢气。随着氢气量的不断增多，氢气对水的压强也越来越大，最后终于使水通过尖嘴管压了出来，形成红色喷泉。

**操作：**取两个广口瓶，按图 15-7 所示装配好。B 瓶中盛满滴过 10 滴红墨水的水。A 瓶中放 20 克锌粒，再注入 6 摩/升盐酸直到刚好浸没锌粒为止，塞紧橡皮塞。

过一会就可看到红色的水从尖嘴管喷出，活象喷泉。如果产生的氢气多、压强大，喷水的高度可达到 2 米左右。

#### (四十八) 化学种子

**用品：**盛有 20% 硅酸钠溶液的水槽、硫酸铜 6 克、硫酸铁 1 克、氯化钙 1 克、硫酸锰 1 克、熟石膏 4 克。

**原理：**除碱金属的硅酸盐和硅酸铵能溶于水外，其余金属的硅酸盐都不溶于水，并且还呈现不同的形状和颜色。

**操作：**用水把硫酸铜、硫酸铁、氯化钙、硫酸锰、熟石膏调和，捏成黄豆大小的一颗颗化学种子，晾干。把化学种子投入水槽内，使颗粒之间有一定距离。不久就可看到有的“种子”发芽，有的已生长，有的已树繁叶茂了。

## (四十九) 樟脑图案

**用品：**玻璃板（25 × 25 平方厘米）、试管、药匙。

汽油、樟脑。

**原理：**樟脑易溶于汽油，当汽油蒸发时樟脑重新结晶。

**操作：**将 1 克樟脑粉末放入试管中，再倒入 3 毫升汽油，振荡配成樟脑的汽油溶液。然后把这个溶液倒在平放的玻璃板上，汽油挥发后，玻璃上呈现美丽的花样图案。

**注意事项：**樟脑也可用樟脑丸代替，汽油也可用酒精代替。

## (五十) 固态酒精

**用品：**200 毫升烧杯、酒精灯、铁片、药匙。

95%酒精、醋酸钙饱和溶液、无水氯化钙固体、40%氢氧化钠溶液。

**原理：**酒精和水可以互溶，但醋酸钙只溶于水不溶于酒精，致使醋酸钙在该混和物中呈现胶状物，这就是常用的固态酒精。

无水氯化钙和酒精能形成醇合物  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，没有沉淀产生。把此醇合物倒入氢氧化钠溶液时，醇合物逐渐形成胶状物。

**操作：**

1. 在烧杯中注入 100 毫升 95%酒精，然后缓缓地倒入 20 毫升醋酸钙饱和溶液。轻轻摇晃烧杯，酒精很快结冻变为冻胶——固态酒精。从烧杯中取出放在铁片上点燃。

2. 把 5 克无水氯化钙固体溶解在 20 毫升酒精中，然后把这个溶液倒入盛有 8 毫升 40%氢氧化钠溶液的烧杯里(不要搅拌)，也能得到一种白色软块，取出点火也能燃烧。

## (五十一) 大气吹气球

**用品：**铁架台、铁夹、大试管、纸、玻棒、带导管的大试管塞、500 毫升烧瓶、扎有气球导管的烧瓶塞、酒精灯、红色石蕊试纸。

消石灰、氯化铵、3 摩/升稀硫酸。

**原理：**烧瓶中的氨气几乎被稀硫酸全部吸收，瓶内的压强大大小于瓶外的大气压，因此大气把气球吹大起来。

**操作：**取消石灰和氯化铵各 2 药匙放在纸上用玻棒充分拌和，然后放到试管里，用带导管的塞子塞住试管口，使试管口略向下倾斜固定在铁架台上。导管的另一头，向上伸入一个干燥、倒置的大烧瓶里。用小火加热试管，便有氨气产生。在收集氨气的烧瓶口处，放一张润湿的红色石蕊试纸。不久，试纸由红变蓝，说明烧瓶中已充满氨气。立即用带有气球导管的塞子把瓶口塞紧。

这时稍为拨开瓶塞，迅速往瓶里倒入 5 毫升稀硫酸，再塞紧瓶口并轻轻摇动烧瓶。一会儿，气球被大气吹大起来。

## (五十二) 引晶出液

**用品：**150 毫升烧杯、玻棒、表面皿、酒精灯、三脚铁架、石棉网。  
硫酸钠晶体。

**原理：**冷却后的硫酸钠溶液为过饱和溶液。过饱和溶液不稳定，当投入一小粒硫酸钠晶体时，全部过量的硫酸钠晶体便迅速沉积在这一粒晶体所分离出来的质点上结成晶体。

**操作：**取烧杯一个，注入 50 毫升水，再加入 60 克硫酸钠晶体，加热并不断搅拌使晶体全部溶解。在烧杯上盖一表面皿，防止灰尘或杂质落入杯中，静置冷却。溶液冷却后，无晶体析出。这时拿去表面皿，投入一粒硫酸钠小晶体，瞬间从溶液中引出大量针状的晶体。

### (五十三) 发射火箭

**用品：**60 毫升广口瓶、橡皮塞、打孔器、滴管、内径为 5 毫米的玻璃管、硬泡沫塑料、圆木棍。

**碳酸氢钠、凡士林、37% 浓盐酸或 98% 浓硫酸。**

**原理：**当浓盐酸或浓硫酸滴在碳酸氢钠时，立即有大量二氧化碳放出，使瓶内产生很大的压强，把小火箭发射出来。箭杆上涂凡士林可以增加玻璃管和箭杆之间的附着力，从而保证每次发射都能成功而且发射得比较高。

**操作：**取一只广口瓶，配好橡皮塞。在橡皮塞上打两孔，一个孔内插入滴管，另一孔内插入一段玻璃管。用硬泡沫塑料削成小火箭的箭头，尾部插一根圆木棍（或圆竹棍）作为箭杆。箭杆和玻璃管的粗细要吻合，在管内能上下灵活移动。{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T00043\_0294\_1.bmp}

在广口瓶里放入 5 克碳酸氢钠粉末，滴管里吸满浓盐酸或浓硫酸（约 2~3 毫升），然后把橡皮塞塞紧广口瓶，再把箭杆涂上凡士林后，插入玻璃管内。表演时，把滴管里的浓盐酸或浓硫酸全都挤入广口瓶里，小火箭便立即被发射出去，高度超过两米。

## (五十四) 隐蔽墨水

用品：100 毫升烧杯、玻棒、毛笔、白纸。

氯化钴晶体。

原理：氯化钴稀溶液呈淡红色，写在纸上干后看不出什么颜色。把它放在火上烘烤，六水氯化钴就失水变为蓝色的无水氯化钴。喷水后，无水氯化钴和水结合又生成六水氯化钴。它是淡红色的，在纸上几乎看不出颜色。

操作：在烧杯中放入 1 克氯化钴，再倒入 10 毫升水，搅拌配成氯化钴溶液。用毛笔蘸此溶液在白纸上写“密信”。等纸干后，字迹看不出来。

看信时，只要把信放到火上烘烤，便会现出蓝色的字迹。看后，往信上喷一点水雾，蓝色的字迹又会消失，这样可使信的内容保密起来。

### (五十五) 纸上指纹

**用品：**白纸、酒精灯、三脚铁架、坩埚、放大镜、镊子。

**碘片。**

**原理：**指纹压在白纸上时，指纹上的油脂就粘在纸上，但看不出来。当油脂溶解碘后就十分清晰了。

**操作：**将拇指用力按在一张白纸上。留下的指纹，在放大镜下也看不出来。取两片碘放在坩埚里，加热，有紫色碘蒸气产生时，把压有指纹的白纸放在蒸气上，这时就显出指纹。

## (五十六) 神奇的烟灰

**用品：**酒精灯、镊子。

方糖或水果糖、烟灰。

**原理：**糖是由碳、氢、氧组成的有机化合物，只接触火焰不能燃烧，但加上烟灰，由于烟灰中含的微量元素如砷、镉、镍等起催化作用，促进化学反应的进行，糖就着火了。

**操作：**把方糖或水果糖用镊子夹住放在酒精灯火焰上加热，糖熔化而不会燃烧。把表面熔化的糖蘸上一些烟灰再放到火焰上，糖就燃烧起来，产生粉红色的火焰。

## (五十七) 血手

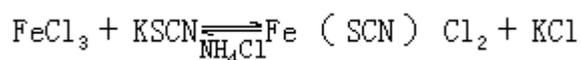
用品：玻璃水槽两只、脱脂棉。

2% 硫氰化钾溶液、2% 氯化铁溶液、5% 氯化铵溶液。

原理：硫氰化钾溶液和氯化铁溶液相遇就生成血红色的 295 硫氰合铁(Ⅲ)络离子。



再放入氯化铵溶液中，由于溶液中带电荷的离子增加，静电效应增强，即发生盐效应，使  $\text{Fe}^{3+}$  跟  $\text{SCN}^-$  结合成  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  的机会减少，促使平衡向逆反应方向移动，变为淡黄色。



操作：将硫氰化钾溶液和氯化铵溶液分别放在两个玻璃水槽里。用脱脂棉蘸氯化铁溶液涂于手心，待干。

表演时，将双手在硫氰化钾溶液中搓洗，当双手鲜血淋漓时，佯做痛苦状，使观众大惊。这时将双手放到氯化铵溶液中洗洗，又变成无色。

## (五十八) 盒盖跳高

**用品：**有盖铁盒（如油墨盒或汽车蜡盒）、感应圈、剪刀、橡皮塞、粗铜丝、导线、锉刀。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0296\_1.bmp}

汽油、酒精。

**原理：**汽油蒸气或酒精蒸气和空气相混可以形成爆炸性的混和气体，遇火花就会引起剧烈的爆炸。爆炸力越强，盒盖就跳得越高。由于酒精的沸点比较高，使酒精烧十五秒钟，把铁盒烧热以增加酒精的蒸气。

**操作：**取一个有盖的铁盒，于侧面近底部的地方开一个孔并配上橡皮塞。在橡皮塞内穿入两根粗铜丝，一端锉尖并弯成直角，使两尖端相对并留3毫米的距离如图15-9，a、b两端通过导线和感应圈相连。

**表演时，**将铁盒置于桌上，将盒盖打开，倒入5毫升汽油，再把盖盖紧。这时按动感应圈的微动开关，盒内铜丝两尖端间便产生火花，引起爆炸，使盒盖腾空飞起。如果按动开关，不发生爆炸，可以把盒盖打开，用嘴向盒内吹几下，再把盖盖紧。这时再按动开关，就会引起爆炸。可重复做多次，直到盒内汽油烧完为止。

如果用酒精代替汽油，表演时，向铁盒里倒入8毫升酒精，用火柴点燃，烧十五秒钟后，把盒盖盖上，使火熄灭，再将盒盖打开并向盒内吹去酒精燃烧时生成的二氧化碳和水蒸气，让新鲜空气进入，然后再把盖盖紧。这时按动开关，使尖端放电，即可引起爆炸，使盒盖高高飞起。

**说明：**这里介绍一种感应圈的制法。

将零件按图15-10连接。升压变压器的绕法：用纸涂上浆糊卷成直径为5毫米的纸管一个。在上面先绕次级线圈，用SWG39-41号漆包线共绕2000圈，每绕好一层（100圈）垫两层聚乙烯薄膜，作为层间绝缘，共绕20层。次级绕圈绕好后再垫两层聚乙烯薄膜，然后绕初级绕圈，用SWG24漆包线绕10圈即可。

## (五十九) 神壶

**用品：**茶壶、玻璃杯四只、热水瓶。

**草酸、无水硫酸铁、茶叶。**

**原理：**茶叶内含有鞣酸，鞣酸与硫酸铁反应生成黑色的鞣酸铁沉淀，加入草酸则生成草酸铁而褪色。

**操作：**在桌上放四只玻璃杯，A 为空杯，B 杯中放 0.2 克硫酸铁白色粉末，C 为空杯，D 杯中放 3 克草酸粉末，还有 1 克草酸粉末放在靠近 B 杯处的桌面上。

表演时，把茶壶向观众交待清楚，是一把普通茶壶。然后取 5 克茶叶放入壶中，再把热水瓶中的热水倒入壶中，略等片刻，倒一杯茶在 A 杯，表演者先喝一口，还请前排观众喝一口。这时表演者倒茶入 B 杯变成了一杯黑墨水，又倒入 C 杯，仍是一杯清茶。而后把 A、B、C 三杯全倒入茶壶中，重新倒入 A 杯时，发现是一杯墨水。这时表演者在讲话时把右手食指很自然地捺桌上的草酸粉末。草酸粉末粘在食指上，用右手端 B 杯，食指很自然地放在杯口内。向 B 杯倒茶，茶淋在食指上使草酸淋入杯内，杯内是一杯清茶。倒入 C 杯，是一杯墨水。倒茶入 D 杯，又变为清茶。将四杯全倒回壶中，再倒入 A、B、C、D 四杯全是清茶。

## (六十) 茶变墨水

**用品：**烧杯、量筒、酒精灯、三脚架、石棉网、棉花。

蒸馏水、茶叶、绿矾。

**原理：**涂有绿矾溶液的烧杯暴露在空气中，二价的亚铁离子会被空气中的氧气氧化成三价的铁离子。三价的铁一旦遇到茶里的鞣酸，就马上发生反应，生成黑色的鞣酸铁。于是，茶就变成墨水了。当然，这种生成了黑色沉淀的墨水是不能使用的。

**操作：**将 8 克绿矾溶解在 50 毫升蒸馏水中，配成溶液。用棉花蘸取该溶液涂在烧杯内壁上，这时烧杯内壁并不呈现颜色。

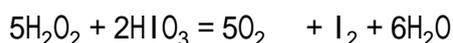
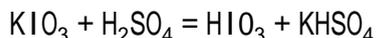
取一小烧杯，加入 100 毫升蒸馏水，将烧杯放在三脚架的石棉网上加热煮沸。用小角匙取 2 匙茶叶加在沸水中再煮沸，停止加热。稍冷一冷，将浓茶水倾入内壁涂有绿矾溶液的烧杯内，茶叶水立即变成了黑色的墨水。

## (六十一) 交替变色

用品：800 毫升烧杯、250 毫升烧杯三只、250 毫升量筒、玻棒。

30%过氧化氢溶液、碘酸钾、2 摩/升稀硫酸、丙二酸、硫酸锰、可溶性淀粉。

原理：碘酸钾和稀硫酸反应生成碘酸。过氧化氢和碘酸在锰离子存在下生成氧气和单质碘，碘遇淀粉变成蓝色。



过氧化氢和碘反应生成碘酸，使变蓝的淀粉褪色。

碘和丙二酸反应生成琥珀色的一碘丙二酸和二碘丙二酸。



操作：配制下列三种溶液：

溶液 A：在烧杯里倒入过氧化氢 102.5 毫升，加水稀释到 250 毫升。

溶液 B：在烧杯里放入 10.7 克碘酸钾，再倒入 10 毫升稀硫酸，加水稀释到 250 毫升。

溶液 C：在烧杯里放入 0.075 克可溶性淀粉，加 2 毫升水调成薄糊，再加水 100 毫升水煮沸片刻制成淀粉溶液。静置冷却后，加入 3.9 克丙二酸和 0.845 克硫酸锰，再加水稀释到 250 毫升。

以上三种溶液应在表演前一小时配好。

表演时，将 A、B、C 三种溶液一起倒入 800 毫升烧杯中，用玻棒搅动，蓝色、琥珀色和无色交替出现，时间可持续数分钟。交替变色直到过氧化氢反应完为止。

## (六十二) 化学细胞膜

**用品：**培养皿、量筒。

亚铁氰化钾晶体（黄血盐）、5%的硫酸铜溶液。

**原理：**当把亚铁氰化钾投入硫酸铜溶液中时，会发生下列反应：



这层亚铁氰化铜薄膜是一种半透膜，它能让水分子自由地透过，但  $K^+$ 、 $CN^-$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  和  $SO_4^{2-}$  离子则不能透过。这样，硫酸铜溶液中的水分子不断进入薄膜内，使薄膜内产生很大的渗透力。当压力增大到一定程度时，这层薄膜就会胀破，于是亚铁氰化钾又会从薄膜内钻出来，与硫酸铜溶液反应，生成新的薄膜。这样反复下去，使这层亚铁氰化铜细胞膜不断长大，增多。

**操作：**在一只培养皿中加入 5% 的硫酸铜溶液 20 毫升。选两粒（赤豆般大小）亚铁氰化钾小晶体投入硫酸铜溶液中。3~5 分钟以后，就可看到在亚铁氰化钾晶体与硫酸铜溶液的接触面上，生成了黄色油状透明的薄膜，这层囊状透明薄膜越长越大，颜色也略变深。4 小时以后，在培养皿内生成了一个个褐色的细胞，飘浮在溶液中，犹如在显微镜下看到的一个个活细胞。

**注意事项：**选两粒长得较好的亚铁氰化钾晶体投入溶液中时，这两粒晶体相距 3~4 毫米较好，不要紧靠在一起，也不要相隔太远，这样长出来的细胞膜较漂亮。也可选一粒黄豆般大小的晶体。

### (六十三) 会“踩水”的鸡蛋

**用品：**量杯、量筒。

饱和食盐水、鸡蛋。

**原理：**鸡蛋在水中要下沉，但在饱和食盐水中却能浮起来，因为饱和食盐水的密度比水的密度要大。

**操作：**取一 500 毫升的量杯，加入 250 毫升饱和食盐水，再沿着量杯的内壁缓慢加入 250 毫升水，这时仔细观察可以看到在这两种液体之间能形成一个“界面”。

再取一个鸡蛋（约一两重）丢进量杯内。这时鸡蛋不下沉到杯底，也不漂浮在液面上，而是沉入上层液体的下面，漂在下层液体的上面，就在那个“界面”上，自由的“踩水”，非常有趣

**注意事项：**如果水加入太快，饱和食盐水与水之间形成的“界面”就不容易观察出来。

## (六十四) 鸡蛋入瓶

**用品：**广口瓶、棉花。

**酒精、鸡蛋、2N 醋酸溶液。**

**原理：**将鸡蛋壳用醋酸溶液浸泡后，蛋壳变软，利用瓶中减压法可使鸡蛋入瓶。过一段时间蛋壳稍变硬，好象鸡蛋原样。蛋壳的主要成分为碳酸钙。

**操作：**选一个鸡蛋和广口瓶，广口瓶的瓶口比鸡蛋略小。使鸡蛋刚刚不能进入瓶内。先将鸡蛋浸入 2N 的醋酸溶液里，到鸡蛋壳变软后随即取出鸡蛋。向广口瓶中投入一燃着的酒精棉球，迅速将鸡蛋的小头对准瓶口，鸡蛋立即被吸入瓶中。也可以先将鸡蛋煮熟，然后把蛋壳剥去，按上述方法试验，效果尤其好。

## (六十五) 有趣的离子“赛跑”

**用品：**小烧杯、玻棒、酒精灯、石棉网、三脚架、天平、大试管、量筒。琼脂（俗称洋菜）、酚酞、5%氢氧化钠溶液、蒸馏水、10%亚铁氰化钾溶液、1摩/升氯化铁溶液。

**原理：**氯化铁水解，溶液显酸性。在氯化铁溶液中主要存在  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{H}^+$  两种阳离子，这两种阳离子在琼脂内的扩散速度不同。尽管氢离子的浓度比较小，但它的扩散速度却大大超过  $\text{Fe}^{3+}$  离子。因此胶柱的上端为蓝色层，即产生的是普鲁士蓝沉淀。

$4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  蓝色段的底线是  $\text{Fe}^{3+}$  移动到到达的位置，它说明  $\text{Fe}^{3+}$  在竞赛中是倒数第一名。中段白色层，由于  $\text{H}^+$  离子扩散速度比  $\text{Fe}^{3+}$  离子快， $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  结合生成水分子，琼脂中溶液失去碱性，酚酞恢复无色。最下段是由于  $\text{H}^+$  离子还没有扩散到，仍然呈粉红色。

**操作：**在一只小烧杯中加入 50 毫升蒸馏水，煮沸。一边搅动一边加入 15 克琼脂。待琼脂完全溶解后停止加热、趁热加入 10% 的亚铁氰化钾溶液 2 毫升、6~8 滴酚酞指示剂，搅动均匀。酚酞呈淡红色（因亚铁氰化钾水解，溶液呈弱碱性），把琼脂也染成淡红色。如琼脂溶液中红色不明显，再滴加 1 滴 5% 的氢氧化钠溶液，搅匀。将琼脂溶液趁热倒入一大试管中，让其冷却（或者放在冷水中冷却），琼脂很快在试管中凝成淡红色胶冻。这就是离子赛跑的“跑道”。

这时在大试管的胶冻上面小心加入 1 摩/升氯化铁溶液 10 毫升，千万不要搅动。用厚纸将试管口包扎好，静置。4~5 小时后，试管内琼脂形成了一个三色柱，显示出赛跑的结果：最上一段红色琼脂变成蓝色，中段琼脂变成白色，下段琼脂仍是粉红色。如图 15-11 所示。一星期以后，可以观察到最下段琼脂的粉红色完全消失。{ewr

MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0303\_1.bmp}

**其它实验方法：**用含有相同浓度  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  的水溶液分别倾在各个琼脂柱上，静置几天后，可观察比较这些有色离子在琼脂柱中扩散速度的差异。

## (六十六) 液体上的浮石

**用品：**大烧杯、玻棒、小石子。

氢氧化钾固体、碘化汞固体、玻璃槽。

**原理：**碘化汞溶于氢氧化钾浓溶液时，生成一种密度很大的液体，该液体能使小石子浮在它的表面上。

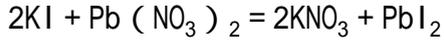
**操作：**取一大烧杯，加水 400 毫升，加 450 克固体氢氧化钾，搅拌以加速其溶解，制成氢氧化钾的饱和溶液。然后再加入 84 克碘化汞，边加边搅拌。静置一会，将上面澄清的液体倒入玻璃槽内，再将几颗小石子轻轻放在液面上，结果小石子没有下沉。

## (六十七) 化学同心圆

用品：200 毫升烧杯、天平、玻棒。

0.1 摩/升碘化钾溶液、硝酸铅晶体、琼脂。

原理：白色的硝酸铅固体与胶冻内的碘化钾反应产生黄色的碘化铅，它并非一般的沉淀，也不是闪闪发亮的结晶，而是以  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  晶体为中心的黄色同心圆环。



圆环的出现是因为硝酸铅固体与胶冻接触时，有少量  $\text{Pb}^{2+}$  离子以相似的速度向四周扩散，遇到  $\text{I}^-$  离子形成  $\text{PbI}_2$  黄色圆环沉淀，继而又有少量  $\text{Pb}^{2+}$  离子向四周扩散，而在较远处与  $\text{I}^-$  离子反应又形成  $\text{PbI}_2$  圆环。随着时间的继续，由近到远逐渐形成许多以硝酸铅为中心的黄色同心圆环。

操作：在一只 500 毫升烧杯中加入 100 毫升水，煮沸。边搅拌边加入 0.4 克琼脂，加热到琼脂完全溶解即停止。再往烧杯内注入 40 毫升 0.1 摩/毫升的碘化钾溶液，用玻棒搅匀，让其冷却，此时溶液的高度不低于 3 厘米。琼脂溶液冷却后即凝结成透明的胶冻。这时在溶胶的中心位置上面轻轻地放一颗绿豆般大小的硝酸铅固体（注意只要放在胶冻的浮面上就可以了，不必把它压到胶冻里面去）。5~10 分钟后，可看到以硝酸铅晶体为中心，形成许多黄色的同心圆环，非常醒目。

注意事项：做好本实验的关键在于胶冻内所含的琼脂量要合适。琼脂含量太多， $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  在胶冻内扩散得太慢，形成的环太密。如果琼脂含量太少，又使  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  扩散得太快，生成的环有点模糊。由于本实验中所用的琼脂只有 0.4 克，不易称准，如果试验效果不太理想，可适当增减琼脂的用量。

## (六十八) 会沉浮的樟脑丸

**用品：**量筒、大试管（或量杯）。

樟脑丸、18%碳酸钠溶液、36%醋酸。

**原理：**因为樟脑丸的密度比醋酸溶液略大，所以，当樟脑丸落在醋酸溶液里时，它就会往下沉。加入碳酸钠后，碳酸钠和醋酸发生化学反应，产生二氧化碳气体。气体密度比液体小得多，随着附在樟脑丸表面气泡量的增加，樟脑丸和气泡这一整体的密度反而小于液体的密度。因而使得樟脑丸浮起来了。当樟脑丸到达液体表面时，附着在樟脑丸表面上的气体逸出散失后，气泡减少了，樟脑丸又象最初没有气泡附着时那样沉了下去。如此反复，就出现沉浮翻转的现象。

**操作：**在一只直径较大的试管（或量杯）里放入 10 毫升 36%醋酸溶液，将一粒樟脑丸放入溶液中，樟脑丸立即下沉。这时再往试管（或量杯）中加入 20 毫升 18%碳酸钠溶液，液体中产生气泡，原来沉在下面的樟脑丸立即浮起来。只见它时而浮起，时而沉降，时而静止不动，时而翻转，变化多端，十分有趣。

(六十九)  $25 + 25 = 50$  ?

用品：50 毫升量筒 5 个、25 毫升移液管。

无水酒精、四氯化碳、叔丁醇、汽油、煤油、苯、甲苯。

原理：不同的物质在液体状态时，分子之间的作用力并不相同。酒精和水都是弱极性分子，混和后由于两种分子相互作用，使分子之间空隙减小，缩短了酒精分子与水分子之间的距离，溶液的密度增大了，总体积就减小了。叔丁醇和四氯化碳混和后，四氯化碳减弱了叔丁醇分子之间的作用力，从而加大了分子之间的距离，溶液的密度减小，总体积就增大了。

两种液体混和后，体积发生变化并不违背质量守恒定律。因为质量守恒定律说的是质量，而不是体积。

操作：在干净的量筒内加入 25 毫升水，用移液管吸 25 毫升无水酒精沿壁慢慢地加入量筒内，把量筒轻轻摇动均匀，静置片刻，便会发现液体的体积缩小了。

另取一支干净的量筒，加入 25 毫升叔丁醇，用移液管取 25 毫升四氯化碳加入量筒内，摇动均匀，静置片刻，可以发现液体的体积增大了。如果用等体积的酒精和汽油混和，它们的体积也会变大。

按照同样的方法，把同体积的汽油和煤油、苯和甲苯混和均匀，它们的体积并不发生变化。（周兴发杨筱琴）

## 第十六章 中学化学实验习题

### 一、基本操作和基本知识的实验习题

1. 要分别量取液体 500.0 毫升、11.1 毫升、10.0 毫升、10 毫升应分别选用什么量器。
2. 什么是水浴加热法？它有哪些特点？在哪些实验中须用水浴法加热？
3. 回答下列问题
  - (1) 使用温度计测定液体的温度时，温度计的水银球应放在什么位置？蒸馏液体时放在什么位置？
  - (2) 使用漏斗过滤应该注意哪些事项？
  - (3) 分液漏斗有哪些用途？
  - (4) 怎样使用 pH 试纸？
  - (5) 常用的干燥剂按酸碱性分类有哪些？
  - (6) 用水吸收氯化氢气体应用下列哪一种装置（图 16-1）？为什么？  
{ewr MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0307\_1.bmp}
4. 溶解固体和气体物质时应怎样操作？
5. 取用液体试剂，应怎样操作？ 图
6. 使用浓酸、碱时，如不慎洒在桌上，应怎样处理？
7. 怎样贮存溴和碘？为什么？
8. 浓酸沾到皮肤上，立即用\_\_\_\_，必要时涂上\_\_\_\_。如有浓碱液沾到皮肤上，也先用\_\_，必要时涂上\_\_。如眼睛里溅进酸或碱液，应立即\_\_\_\_，然后用\_\_最后再用\_\_，必要时\_\_\_\_。
9. 使用试剂时应注意什么？
10. 回答下列有关实验操作方面的问题：
  - (1) 把固体粉末装入试管底部，要求不沾在管口，管壁上，应怎样操作？
  - (2) 写出切断玻管的操作要点？
  - (3) 使用漏斗过滤液体时，在装置上要注意什么？
11. 回答氢气还原氧化铜实验的下列问题：
  - (1) 需用哪些药品？
  - (2) 怎样证明氢气发生器的气密性？
  - (3) 怎样检验氢气的纯度？
  - (4) 怎样进行操作？
12. 在“粗盐的提纯”实验里。有四处使用玻璃棒的操作，请指出在各个操作中，玻璃棒各起什么作用？
13. 配制一定摩尔浓度的氢氧化钠溶液，为什么要待溶液冷却后再注入容量瓶中？烧杯里的溶液注入容量瓶后，为什么要用少量水洗涤两次，并把洗液注入容量瓶中？
14. 中和滴定实验中，滴定管装溶液前，要不要用少量待装溶液润洗 2~3 次？锥形瓶在装溶液前，要不要用少量待测溶液润洗 2~3 次？为什么？
15. 根据什么现象来确定氧气、氯气、二氧化碳、氯化氢、氨已集满容器了？
16. 在实验室里制取下述气体时，哪几种可以利用启普发生器装置？哪几

种不能？为什么？不能用的应改用怎样的装置？

- (1) 用硫化亚铁跟稀硫酸反应制取硫化氢。
- (2) 用氯化铵跟消石灰反应制取氨气。
- (3) 用亚硫酸钠跟硫酸反应制取二氧化硫。
- (4) 用氯化钠跟硫酸反应制取氯化氢。

17. 试简述分离或提取下列物质的方法和依据。

- (1) 从汽油和煤油的混和物中提取汽油。
- (2) 从碘水中提取碘。
- (3) 从海水中提取粗盐。

18. 下列气体哪些可以通过浓硫酸干燥？哪些可以用碱石灰干燥？哪些可以用无水氯化钙干燥？

$\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 。

19. 用标准盐酸溶液滴定氢氧化钠溶液，出现下列情况将对实验结果产生什么影响？

- (1) 滴定前，酸式滴定管尖端部分留有气泡。
  - (2) 洗净的滴定管未用标准盐酸润洗就直接装入盐酸。
  - (3) 洗净的移液管未用氢氧化钠溶液润洗直接移取氢氧化钠溶液。
  - (4) 洗净的锥形瓶用氢氧化钠溶液润洗。
  - (5) 滴定至终点时，滴定管尖嘴外挂有一滴标准盐酸溶液未滴入锥形瓶中。
20. 指出下列各实验操作错误之处，并加以改正。

{ewl MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0310\_1.bmp}{ewr  
MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0310\_2.bmp}

- (1) 除去氢气中混有的  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$  等杂质（图 16-2）。
- (2) 实验室制取、并收集  $\text{NH}_3$ 。

21. 将适量的三氯甲烷放入烧瓶中，用开有小孔的铝箔盖子盖住，放在加有水的恒温槽中加热。保持水温一定，使烧瓶内的三氯甲烷蒸发。刚蒸发完了时取出烧瓶，迅速冷至室温，使烧瓶内残存的三氯甲烷蒸汽液化。为了求得三氯甲烷的分子量，需用下列的各测定量中的哪些数值？

- $m_1$ ：开始时放入的三氯甲烷的质量。  
 $m_2$ ：空烧瓶和铝箔的质量。  
 $m_3$ ：冷却至室温时烧瓶中包含的液化三氯甲烷和烧瓶以及铝箔的质量。  
 $T_1$ ：室温。  
 $T_2$ ：使三氯甲烷蒸发时的水温。  
 $P$ ：大气压。  
 $V$ ：烧瓶的容积。

22. 怎样用 98% 的浓硫酸（密度 1.84 克/毫升）配制 6N 硫酸溶液 250 毫升？写出详细的实验步骤。

## 二、物质性质和制备的实验习题

1. 图 16-4 是实验室制取  $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$  并表示它们性质的实验装置，试说明下列各点：

- (1) 装置图有哪些错误？怎样改正？
- (2) 装稀盐酸的广口瓶起什么作用？
- (3) 集气瓶中可观察到什么现象？
- (4) 在集气瓶的出口导管处放一润湿的蓝色石蕊试纸，可观察到什么现象？为什么？

2. 填写下列实验现象并写出有关的离子方程式：

(1) 如图 16-5，装在试管中的  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  溶液呈\_\_色，向此试管中加入澄清石灰水，可观察到\_\_\_\_，离子方程式为\_\_。

(2) 如图 16-6，装在试管中的  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  溶液呈\_\_色，向此试管中加入  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液，可观察到\_\_，离子方程式为\_\_。

(3) 如图 16-7，装在试管中的  $\text{FeCl}_3$  溶液呈\_\_色，向此溶液中通入  $\text{H}_2\text{S}$  气体，可观察到\_\_\_\_，离子方程式为\_\_。

(4) 如图 16-8，装在试管中的苯酚钠溶液呈\_\_色，向此溶液中通入  $\text{CO}_2$  气体，可观察到\_\_，离子方程式为\_\_。

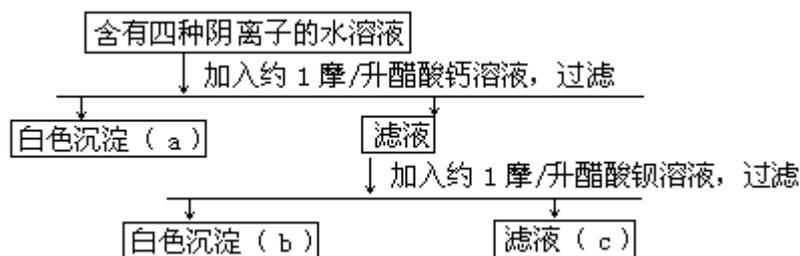
3. 在实验室里常采用如下措施，简述理由并写出有关的离子方程式：

- (1) 制备氢氧化铁胶体时，将氯化铁的稀溶液滴加到沸腾的蒸馏水中。
- (2) 配制氯化亚锡溶液的时候，在加水溶解前，需要加盐酸。
- (3) 用较纯净的锌粒和稀硫酸反应制取氢气时，常加入一些硫酸铜溶液。

4. 在磷酸二氢钠溶液中，逐滴加入  $\text{AgNO}_3$  溶液时，有黄色的  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  沉淀不断生成；但在磷酸二氢钠溶液中加入适量的硝酸后，再加  $\text{AgNO}_3$  溶液，却无沉淀生成。说明理由，并写出有关的电离方程式和离子方程式。

5. 用实验证明  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$  氧化能力的顺序，简述操作过程，产生的现象和化学方程式（仪器可自行选用）。实验药品可在下列药品中选用：锌片、铜片、 $\text{ZnCl}_2$  溶液（0.1 摩/升）、 $\text{CuSO}_4$  溶液（0.1 摩/升）、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液（0.1 摩/升）。

6. 现将含有浓度大致相同的四种离子（碘离子、硫酸根离子、氯离子、碳酸根离子）的中性水溶液按下列实验操作步骤使它们分离析出。



对以上实验进行实际操作并回答下列问题：

- (1) 在白色沉淀 (a) 中加热时，放出气体并完全分解，写出这个沉淀

物的化学式。

(2) 写出白色沉淀 (b) 的化学式。

(3) 在滤液 (c) 中加入少量溴水时, 在四氯化碳中可得到呈紫色的物质, 用化学方程式表示这时在水溶液中所发生的化学反应。

7. 下列是实验 (1) ~ (5) 所看到的现象, 试回答问题:

(1) 加浓硫酸于晶体 A 时, 放出气体 B, B 遇到 C 时就产生白烟。

(2) 在 B 的水溶液中, 金属 M 可以溶解, 而金属 N 不溶解。

(3) 在浓硝酸中, 金属 M 不溶解, 而金属 N 可以溶解。

(4) 上述金属离子  $M^{3+}$  和  $N^{2+}$  的水溶液都具有颜色, 这些溶液充分吸收 C 以后, M 的化合物变成沉淀, N 的化合物则溶解。

(5) 在 A 的饱和溶液中充分吸收 C 后, 再向其中通入二氧化碳时, D 就沉淀出来。

问题: (a) 写出化合物 A、B、C 的化学式。

(b) 在实验 (2) 中, 金属 M 溶解, 金属 N 不溶解, 是什么原因?

(c) 在实验 (3) 中, 由于金属 N 的溶解, 放出的是什么气体?

(d) 写出实验 (4) 中所生成的 M、N 的化合物的化学式和颜色。

(e) 写出实验 (5) 中生成 D 的化学方程式。

8. 完成下列实验, 并描述实验现象, 写出有关的化学方程式。

(1) 将一小块金属钠投入装有硫酸铜溶液的烧杯中, 现象: \_\_; 化学方程式: \_\_。

(2) 向盛有苯胺乳浊液的试管中滴入浓盐酸并振荡, 现象: \_\_; 化学方程式: \_\_。

(3) 按图 16-9 装置, 用排水法把 NO 收集在大试管里, 将此试管倒立于水槽中, 自水下向试管里通入适量氧气。现象: \_\_; 化学方程式: \_\_。

9. 在甲、乙、丙三支试管中分别加入 0.1 摩/升  $Na_2S_2O_3$  溶液 2 毫升、4 毫升、6 毫升, 并在甲、乙两支试管中先分别加入蒸馏水至 6 毫升, 然后再向三支试管各加入 0.1 摩/升硫酸溶液 6 毫升。{ewr

MVIMAGE, MVIMAGE, !2T000043\_0315\_1.bmp}

(1) 哪一支试管最先出现浑浊? 哪一支试管最迟出现浑浊? 为什么?

(2) 另取三支试管 A、B、C 分别加入 0.1 摩/升  $Na_2S_2O_3$  溶液 5 毫升, 将 A 试管浸入冷水中, 将 B 试管浸入热水中, 而 C 试管置于室温条件下, 然后再分别向这三支试管加入 0.1 摩/升  $H_2SO_4$  溶液 5 毫升。问: 哪一支试管最先出现浑浊? 哪一支试管最迟出现浑浊? 为什么?

10. 在下列 7 组气体中, 选择一组最合适的气体, 并把它的序数值填入以下空格内。

$H_2$  和  $O_2$ ;  $H_2S$  和  $SO_2$ ;  $H_2S$  和  $CO_2$ ;  $HCl$  和  $NH_3$ ;  $C_2H_2$  和  $C_2H_4$ ;

$NH_3$  和  $CH_4$ ;  $Cl_2$  和  $HCl$ 。

(1) 制取时用排水法收集并按一定比例混和后, 点燃时会爆鸣的一组气体是\_\_。

(2) 在密闭容器中混和, 发生非氧化-还原反应, 气压迅速减小的一组气体是\_\_。

(3) 混和后能生成不溶于水的固体的一组气体是\_\_。

(4) 都能用制取氢气的装置来制取的一组气体是\_\_。

(5) 都能用制取氧气的装置来制取的一组气体是\_\_。

(6) 都能用制取氯气的装置来制取的一组气体是\_\_。

(7) 能用排水集气法收集，且能使酸性高锰酸钾溶液褪色的一组气体是

\_\_。

### 三、基本概念和原理的实验习题

1. 测定中和热，使用 50 毫升 0.1 摩/升的盐酸和 50 毫升 1.1 摩/升的氢氧化钠溶液(两者密度均近似认为 1 克/毫升,比热均近似认为 1 卡/克·度)。用图 16-10 的装置相混和，按记录数据求中和热：

次数	起始温度( )			终止温度( )	温度差( )
	HCl	NaOH	平均值 $t_1$	$t_2$	$t_2 - t_1$
一	15	15		21.8	
二	15	16		22.8	

并回答下列问题：

- (1) 为什么小烧杯外要填纸条并用大烧杯作外套？
- (2) 外套上如不加硬纸板，对求得中和热的数值有什么影响？
- (3) 改用 60 毫升 0.1 摩/升盐酸银、50 毫升 1.1 摩/升 NaOH 溶液进行反应，与上述实验相比，所放热量是否相等？所求中和热数值是否相等？简述理由。
- (4) 用相同浓度和体积的氨水代替氢氧化钠溶液进行上述实验，为什么测得中和热的数值偏低？

2. 把氯化铁溶液缓慢加到沸水中，得到一种红褐色溶液。把这种溶液倒入 U 形管中，两端液体中插入石墨电极，接通电源后，在与电源负极联接的电极一端红褐色变深。另取少量红褐色溶液盛试管内，加入电解质（如硫酸钠）则产生褐色沉淀。上述红褐色溶液是氯化铁溶液还是其它溶液？试说明理由。{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0317\_1.bmp}

3. 某学生想用  $\text{CuCl}_2$  溶液和两根带有导线的碳棒来区别蓄电池的正极和负极。把碳棒插入溶液，两根导线分别连接电池的两极，数分钟后，用湿润的淀粉碘化钾试纸放在两个碳极插入液面的附近，发现试纸变蓝的一极是\_\_极，电极反应是\_\_，和这个极相连的电池的电极是\_\_极。

4. 今有 A、B、C 三种 2 价金属，分别按图 6 - 11 进行实验。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0317\_2.bmp}

(1) 将 A 与 C 插入盛有 B 的硫酸盐溶液中，发现在 A 极上有 B 单质析出。试写出甲电池发生化学反应的总的离子方程式。

(2) 将 B、C 分别作电极，插入 A 的硫酸盐溶液中，发现 C 极上有 A 单质析出，B 极上无气泡产生，试写出乙电池发生化学反应的总的离子方程式。

(3) 三种金属的活动性由弱到强的顺序是\_\_\_\_，三种金属离子的氧化性由强到弱的顺序是\_\_\_\_。

5. 图 16-12 装置在电解过程中，两极各发生什么现象，并用电极反应式和总反应式表示。如在两极附近的溶液中滴入酚酞试液，颜色怎样变化？

{ewl MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0318\_1.bmp}{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !2T000043\_0318\_2.bmp}

6. 图 16-13 装置在：

- (1) 电路闭合前，(甲、乙、丙)池各有什么现象？
- (2) 电路闭合后：指出电子流动的方向；写出两极的反应式。
- (3) 把甲、乙池的锌板换成银板后，把电路闭合：指出电子流动的方向。

向； 写出两极的反应式。

7. 在甲、乙两个烧杯中都盛有 0.1 摩/升  $\text{CuSO}_4$  溶液，各插入两种不同的金属作电极，组成电池按图 16-14 所示方式联接起来。

(1) 当甲池中的电极是 Fe 和 Ag，乙池中的电极是 Ag 和 Pb 时：

指出电子流动方向，

写出各电极上发生的电极反应。

(2) 当其它条件不变，把 Pb 换成 Zn 时：

指出电子流动的方向，

写出各电极上发生的电极反应。

8. 在图 16-15 五个 U 形管中分别盛的是稀硫酸和硫酸铜溶液，所用金属锌棒、铜棒和铁棒都是纯金属。问把这些金属刚一插入 U 形管溶液中时，都能观察到些什么现象？写出有关的反应式。

9. 按图 16-16 装置，回答以下问题（图中盐桥起着传导电流的作用，与电极反应无关）。

(1) 当 a、b 闭合，而 c 断开时，在图中标出电流方向，并写出第 (1) 部分的电极反应式。

(2) 当开关 a、b、c 都断开时，第 (2) 部分发生什么变化？

(3) 当开关 a 断开，而 b、c 闭合时，第 (2) 部分发生什么变化？这种情况维持相当长的时间之后，切断 b，使 a、c 闭合，此时电路有无电流通过？为什么？并写出电极反应式。

10. 用图 16-17 装置进行实验：

(1) 指出其中原电池的正负极。

(2) 写出原电池的电极反应式。

(3) 指明 C 池氯化钡溶液中的阴阳极，并写出两极的电极反应式。如向该池两极附近滴入酚酞试液，有何现象？为什么？

(4) 如用 D 池做电解池往镀件上镀锌，镀件和锌板分别挂在 x 和 y 的哪一个极上？电镀液中必须含有什么离子？

#### 四、检验、分离和提纯物质的实验习题

1. 现有一固体混和物，其中可能含有： $\text{CaCO}_3$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CuSO}_4$ 。进行下列实验：

- (1) 加入水中全部溶解得到无色溶液；
- (2) 溶液中加入  $\text{BaCl}_2$  溶液，得到白色沉淀，再加入盐酸，沉淀溶解；
- (3) 将溶液进行焰色反应实验，火焰呈黄色。

根据以上实验事实判断：哪些物质一定存在？哪些物质一定不存在？哪些物质可能存在？并说明理由。

2. 某混和物中含物质 A 和 B，已知 A 为黑色粉末，B 为白色粉末。现按以下步骤进行实验：

- (1) 向此混和物中加稀盐酸，先得蓝色溶液，逐渐变成淡绿色，并同时析出紫红色沉淀 C，过滤后，得滤液 D。
- (2) 向沉淀 C 加浓硫酸，并加热，C 溶解，得溶液 E 并放出气体；将 E 蒸干、灼热后又得到白色粉末 B。
- (3) 往滤液 D 中加入  $\text{NaOH}$  溶液，使呈碱性，得到淡绿色沉淀 F；F 在空气中放置一段时间后，逐渐变成红棕色沉淀 G。
- (4) 把沉淀 G 进行灼烧，得红色粉末 H，H 与铝粉混和加热得到黑色物质 A。

问：A、B 各为何种物质？并写出各步有关反应的化学方程式。

3. 实验室中有 A、B、C 三种物质，它们是由  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{S}^{2-}$  等离子中的六种两两结合而成的。这三种物质具有下述性质：

- (1) 它们都易溶于水。
- (2) 向三种溶液中分别滴入碳酸钠溶液，A 与 C 中出现白色沉淀。B 无变化。
- (3) 向三种溶液里，分别滴入稀盐酸，A 中生成白色沉淀，B 中产生臭鸡蛋气味的气体。C 中无变化。

根据以上实验事实，试判断 A、B、C 各是什么物质？写出 (1)、(2)、(3) 各步得出的结论和有关的离子方程式。

4. 在实验室里，只准用一种试剂，怎样鉴别下列五种物质：甲醛、盐酸、乙醚、丙三醇和葡萄糖。

5. 某固体物质 A 受热分解生成 B、C、D 三种化合物。B 能溶于水，其水溶液遇酚酞显红色，以洁净的铂丝沾 B 少许，放到无色火焰中去灼烧，火焰显黄色。向 B 的水溶液中加入澄清石灰水，产生白色沉淀。此时，若加入稀盐酸，则沉淀消失，同时放出一种灭火性气体。C 遇电石，则生成一种气体 E，此气体遇火能燃烧，形成明亮的火焰。D 遇澄清的石灰水，溶液变浑浊，继续加入 D 则溶液又变澄清。再将此澄清溶液加热，溶液又变浑浊。

- (1) A、B、C、D、E 各是什么物质？
- (2) 写出有关的化学方程式。

6. 每一组只限选用一种试剂，试鉴别下列两组中的各种无色水溶液，简述实验步骤并写出有关离子方程式。

- (1)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 。

(2) 乙醇、乙醛、乙酸。

7. 有三种失去标签的药品，它们可能是下列物质中的三种： $\text{FeS}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CuO}$  等，经检验结果如下表：

现象	甲	乙	丙
药品、状态颜色	黑色固体	蓝色固体	白色固体
水溶性	不溶	可溶	可溶
用盐酸(浓)溶解	溶于酸，且放出无色刺激性气体	溶于酸，形成蓝绿色溶液	溶于酸，且放出无色无味气体
强热	生成红色固体和无色刺激性气体	生成黑色固体，并放出红棕色气体	放出无色刺激性气体

根据所述实验现象推断甲、乙、丙各是哪一种药品？并写出有关的化学方程式。

8. 将适当物质的化学式填入下列的括号内。

(1) 使二氧化碳气体通过填充( )的玻璃管，可除去二氧化碳中的少量的水分。

(2) 用( )冲洗，可除去铁粉中的少量硫磺。

(3) 使氨气通过填充( )的玻璃管，可除去其中少量的水分。

(4) 使乙烯通过( )的水溶液，可除去其中少量的二氧化硫。

(5) 用稀( )溶液冲洗，可除去硝基苯中少量的苯胺。

(6) 用( )的水溶液冲洗，可除去水杨酸甲酯中少量的水杨酸。

9. 怎样将下列物质中混有的杂质除去？并写出有关的化学方程式。

(1) 氯化钾溶液中混有杂质碘化钾。

(2) 二氧化硅中混有杂质氧化钙。

(3) 一氧化碳中混有二氧化碳。

(4) 氯乙烯气体中混有氯化氢气体。

10. 用实验方法提纯下列物质，扼要说明所用方法及试剂，并写出有关的化学方程式。

(1) 硫酸亚铁溶液中混有少量硫酸铁。

(2) 溴的水溶液中溶有氯单质。

(3) 金属汞中溶有少量的铜。

(4) 二氧化碳气体中混有少量氯化氢和水气。

(5) 乙醇中含有少量水。

## 参考答案

### 一、基本操作和基本知识的实验习题

1. 要量取 500.0 毫升液体应选用容量瓶, 量取 11.1 毫升液体应选用滴定管, 量取 10.0 毫升液体应选用滴定管或移液管, 量取 10 毫升液体可以用量筒。这是由仪器的容积、精度决定的。

2. 水浴加热法是指用水作传热介质的一种间接加热的方法。这种加热法的主要特点是: 加热的温度不会超过 100 ; 受热均匀, 且温度的升高或降低较缓慢。在测定硝酸钾在水里的溶解度、 $\text{CCl}_4$  分子量的测定、硝基苯的制取、银镜反应和酚醛树脂的制取等实验中要用到水浴加热法。

3. (1) 要把温度计的水银球端悬浮于被量液体的中央, 切勿与器壁接触; 当用于分馏(蒸馏)时, 水银球上限应和蒸馏瓶支管的下限在同一水平线上。

(2) 把滤纸放入漏斗时, 滤纸角度要与漏斗角度相吻合; 滤纸的边缘要低于漏斗口约 5 毫米, 然后用水润湿, 使滤纸贴紧着漏斗内壁, 流进漏斗里的液体的液面要低于滤纸边缘; 漏斗下端的管口要紧靠在承受器内壁, 把待过滤的液体沿玻璃棒流进漏斗时, 烧杯嘴要靠玻棒, 玻棒的末端要斜靠在有三层滤纸的一边(一角、二低、三靠)。

(3) 一般用于分离互不相溶、密度不同的液体, 也可做为液、固反应的仪器之一, 滴加反应液体或萃取用。

(4) 使用时, 把欲测的溶液用玻棒蘸少量滴在 pH 试纸上, 然后把试纸呈现的颜色与标准比色板对照, 确定溶液的 pH 值。

(5) 干燥或吸收某些气体的干燥剂按酸碱性可分为:

酸性干燥剂: 浓硫酸、五氧化二磷、硅胶。

碱性干燥剂: 石灰、固体氢氧化钠、碱石灰、固体(氢氧化钠和氧化钙的混和物)。

中性干燥剂: 无水氯化钙(不能干燥氨气)。

(6) 装置 B 能够用水将氯化氢气体完全吸收, 既不会使氯化氢逸出也不会使烧杯中的水倒流入发生器的烧瓶中。装置 A 易使氯化氢气体逸散到空气里去。装置 C 会使水倒流入发生器中, 因为氯化氢的溶解度很大。

4. 溶解固体物质时, 应把固体研细(硝酸盐不能研), 以增加接触面, 并用加热(易水解或受热易分解的物质除外)、振荡或搅拌方法加速溶解。溶解气体物质时, 为使可溶性气体能比较充分地溶于水, 要把导管插入水底, 但对易溶于水的气体, 导管口只能靠近水面, 不可插入水中, 否则水就会立刻从导管倒流入气体发生器里。最好在导管口接一漏斗, 漏斗口边缘接触水面以增大接触面。

5. 取用液体试剂时, 先把瓶塞取下, 倒放在桌上, 然后用手握住试剂瓶(瓶上标签应贴着手心, 以免药液流下腐蚀标签), 使试剂瓶口紧挨着试管口, 将试剂慢慢倒入试管, 用后随即盖紧瓶塞, 并将试剂瓶放回原位(标签向外)。

6. 当少量浓酸洒在桌上时, 可立即加适量碳酸氢钠溶液, 直到不发生气泡为止; 如有浓碱洒在桌上, 可立即加适量稀醋酸中和。然后用湿抹布擦净, 再用水冲洗抹布。

7. 液溴易挥发, 碘易升华, 它们的蒸气都有毒, 应放在磨口玻塞的棕色试剂瓶里。碘用石蜡封口密闭, 而溴用石膏封口或水封, 存放处要阴凉通风。

8. 水冲洗（如沾有浓硫酸应先用布擦去，再用水冲洗），3~5%的碳酸氢钠溶液。水冲洗硼酸溶液。用水冲洗（不可用手擦眼），硼酸溶液冲洗，水冲洗，要找医生治疗。

9. 看清瓶贴上试剂的名称和浓度。取用的量应严格按照实验规定，如果没有明确规定，应取最小量：液体取1~2毫升，固体以盖满试管底部为宜。使用浓酸、浓碱，必须特别小心，防止沾到皮肤上或衣服上。

10. (1) 取纸条一张折成槽状，将固体粉末放在槽内，平握试管，把纸条伸入管内，到靠近底部时再竖直，让粉末落到管底。

(2) 选取所需长度的玻管一支，用左手拇指平按在切割处，以右手将三角锉刀的锐棱向一个方向拉割几次，使玻管上明显露出痕迹。然后两手平握玻管，用右手拇指放在痕迹下部，左手拇指离痕迹1厘米处向下拉折，玻管就沿刻痕断裂。

(3) 漏斗放在漏斗架上或铁架台的铁圈中；把烧杯放在漏斗下面，烧杯内壁与漏斗颈尖接触；将玻棒和滤纸的三层部分接触；将玻棒沿漏斗中心倾斜；另一烧杯嘴与玻棒接触；滤液比滤纸边缘稍低。

11. (1) 氧化铜、锌粒、稀硫酸(6N)。

(2) 夹紧导管上的橡皮管，若U形管的另一管内的稀盐酸上升后不下降，说明装置不漏气。

(3) 用排水法收集满一试管氢气，管口向下移近酒精灯火焰，如果听到尖锐的爆鸣声，说明氢气不纯，需要再收集，再检验，直到响声很小，才说明氢气已纯净。

(4) 在干燥试管底部装黑色氧化铜粉末，横夹在铁架台的铁夹上，管口略向下倾。将氢气导管插到氧化铜试管的底部上方，先通氢气片刻，再用酒精灯在氧化铜处加热。反应完成后，停止加热时，仍应通氢气片刻，防止铜再被氧化。

12. (1) 粗盐溶解时，用玻棒搅拌是为了加速粗盐溶解。(2) 过滤时，使液体沿玻棒流入过滤器避免液体溅出。(3) 蒸发时，不断搅拌液体，以免液体局部过热致使液滴飞溅出来。(4) 洗涤固体食盐时，用玻棒把固体移入另一个新做的过滤器里。

13. 量瓶上刻度所示的体积是瓶上所标温度下(一般为20℃)的体积。氢氧化钠溶于水时放出大量的热，所以要待冷却后再注入容量瓶中，否则因体积不准确造成配制溶液的浓度不准。用少量水洗涤两次，并把洗液注入容量瓶中，是为了保证溶液能全部移到容量瓶里。

14. 滴定管装溶液前要用少量待装溶液润洗2~3次，否则原来管壁上沾有的水分将冲稀待装液的浓度。锥形瓶在装溶液前不要用待测溶液润洗，否则瓶壁上沾有待测溶液，使实际参加反应的待测溶液体积增加。

15. 氧气：可用带有火星的木条伸入瓶口约1厘米处，如果木条复燃证明收满。

氯气：可用润湿的淀粉碘化钾试纸放在瓶口检验，如果试纸变蓝证明已经收满。

二氧化碳：可用燃着的木条伸入瓶口约1厘米处，如果火焰熄灭，证明已经收满。

氯化氢：可用蘸浓氨水的玻璃棒靠近瓶口，如果有白烟产生，证明已经收满。

氨：可用蘸浓盐酸的玻璃棒靠近瓶口，如果产生白烟，证明已经收满。

16. (1) 可以用启普发生器装置。(2) 不能用。因为这是在加热条件下固体与固体的反应，应改用试管和带有导管的单孔塞装置。(3) 不能用。因是粉末状固体与液体反应，应改用带有滴液漏斗和导管塞子的烧瓶或试管装置。(4) 不能用。因是在加热情况下固体与液体的反应，应改用带有滴液漏斗和导管塞子的圆底烧瓶装置。

17. (1) 根据它们的沸点不同，用分馏法分离。(2) 根据碘在不同溶剂中溶解度的不同，用四氯化碳等有机溶剂进行萃取分液。(3) 食盐的溶解度受温度影响不大，用蒸发法提取。

18. 干燥剂必须具备不与所干燥的气体发生反应且吸湿性良好性质，所以可以用浓硫酸干燥的是： $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 。可以用碱石灰干燥的是： $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 。可以用无水氯化钙干燥的是： $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 。

19.

	V 酸读数	实验结果
(1)	偏大	偏高
(2)	偏大	偏高
(3)	偏小	偏低
(4)	偏大	偏高
(5)	偏大	偏高

20.

错误	改正
(1) 通入气体的导管没有插入溶液中，导出气体的导管插在溶液里。 除杂试剂用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$	把进出气体的导管倒装  应改用 $\text{NaOH}$ 溶液

错误	改正
(2) 试管底部接触酒精灯灯芯 试管口向上倾斜 铁夹夹在试管中部 用向上排空气法收集 $\text{NH}_3$	试管应放在酒精灯外焰部分加热 试管口应稍向下倾斜 应夹在离试管口约占试管长 1/3 处 改用向下排空气法收集

21. 需用  $m_2$ 、 $m_3$ 、 $T_2$ 、 $P$ 、 $V_0$ 。

22. (1) 计算：所需纯硫酸的质量是

$$6 \times \frac{98}{2} \times \frac{250}{1000} \text{ (克)}$$

$$\text{所需浓硫酸的体积是 } \frac{6 \times \frac{98}{2} \times \frac{250}{1000}}{1.84 \times 98\%} = 40.8 \text{ (毫升)}$$

(2) 配制：先在烧杯中加入一定量的蒸馏水（约 70 毫升），用量筒量取所需体积的浓硫酸。将浓硫酸沿玻璃棒慢慢地倒入蒸馏水中，并不断搅拌。待溶液冷却后，将溶液倒入 250 毫升的容量瓶中，再用少量蒸馏水洗涤烧杯

几次，并将全部洗液倒入容量瓶中。然后向容量瓶内加蒸馏水，当接近刻度线时，再用滴管滴加蒸馏水到刻度线为止。塞上瓶塞，颠倒容量瓶数次，使瓶内的溶液均匀，即得浓度为 6N 的硫酸溶液 250 毫升。

## 二、物质性质和制备的实验习题

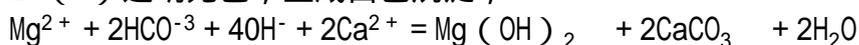
1. (1) 装置主要错误有三处：圆底烧瓶下应加铁圈和石棉网。装稀盐酸的广口瓶中进气导管应插入液内，而出气导管应离开液面，管口应在离瓶塞约 1 厘米处。锥形瓶（产生  $H_2S$  气体反应器）中长颈漏斗应插入液内，出气导管口应离开液面，离瓶塞约 1 厘米处。

(2) 吸收混在氯气中的氯化氢气体。

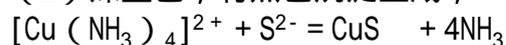
(3) 有淡黄色固体小颗粒附在集气瓶壁上。

(4) 蓝色石蕊试纸变红。氯气与硫化氢反应生成的氯化氢气体从导管处逸出遇水生成盐酸。

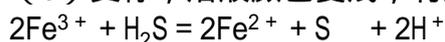
2. (1) 透明无色，生成白色沉淀，



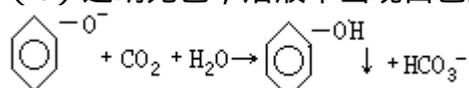
(2) 深蓝色，有黑色沉淀生成，



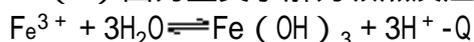
(3) 黄棕，溶液颜色变浅，有淡黄色浑浊现象，



(4) 透明无色，溶液中出现白色浑浊状态，

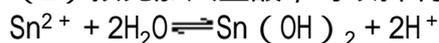


3. (1) 因为盐类水解为吸热反应：

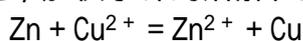


故温度升高能促进  $Fe^{3+}$  水解，生成氢氧化铁胶体。

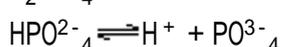
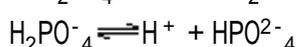
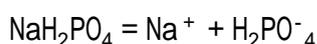
(2) 预先加入盐酸，可以抑制氯化亚锡水解，防止沉淀形成。



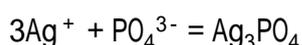
(3) 由于锌和硫酸铜反应，在锌的表面有铜沉积，锌、铜组成无数的微电池，加快了锌的溶解和氢气产生的速度。



4. 在  $NaH_2PO_4$  溶液中，存在以下电离平衡：



溶液中存在有少量  $PO_4^{3-}$ ，加入  $AgNO_3$  溶液后，发生以下反应：

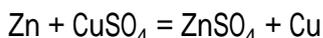


当  $Ag_3PO_4$  黄色沉淀生成后。 $H_2PO_4^-$  再电离出  $PO_4^{3-}$  并继续与  $Ag^+$  反应，故不断产生黄色  $Ag_3PO_4$  沉淀。但是由于溶液中  $[H^+]$  逐渐增大，抑制了、两平衡继续向右移动， $Ag_3PO_4$  沉淀不完全。

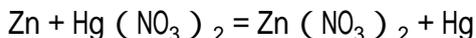
如果先加入  $HNO_3$ ，则由于溶液中  $H^+$  浓度增大，有利、两个电离平衡均向左移动。这时溶液中  $PO_4^{3-}$  的浓度极小，加入  $AgNO_3$  溶液后，不能看到有  $Ag_3PO_4$  沉淀析出。

5. (1) 取二支试管, 分别注入少量  $\text{CuSO}_4$  溶液和  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液, 再分别投入一小片锌。

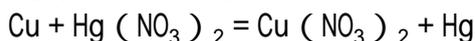
第一支试管中的锌片上有红色固体沉积出来:



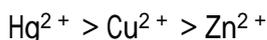
第二支试管中的锌片上, 附着一层黑色物, 随着反应进行逐渐显银白色。



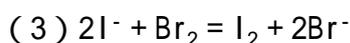
(2) 取一支试管, 注入少量  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液, 投入一小片紫红色铜片, 不久铜片表面呈银白色。



从这些置换反应可知它们氧化能力的顺序为:



6. (1) (a)  $\text{CaCO}_3$ ; (2) (b)  $\text{BaSO}_4$ ;



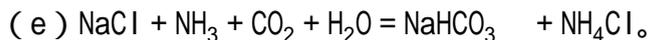
7. (a) A 是  $\text{NaCl}$ , B 是  $\text{HCl}$ , C 是  $\text{NH}_3$

(b) 因为 N 比氢的离子化倾向小, M 比氢的离子化倾向大。

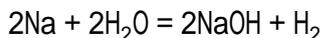
(c) 二氧化氮。

(d) M  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  红棕色。N  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  深蓝色。

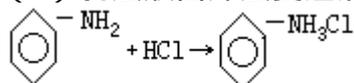
色。



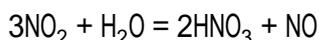
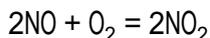
8. (1) 钠熔成小球, 漂游液面, 逐渐缩小并放出无色无嗅的气体, 溶液中同时生成蓝色沉淀。



(2) 乳浊液由浑浊变澄清。



(3) 试管内出现红棕色气体, 但很快消失, 同时试管里的水面上升至试管约 2/3 处。



9. (1) 丙试管中的溶液先出现浑浊, 甲试管中的溶液最迟出现浑浊。因为丙试管中  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液浓度最大, 甲试管中  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液浓度最小。在其它条件不变情况下, 反应速度与反应物浓度成正比, 反应物浓度越大, 活化分子总数越多, 反应速度也越快。

(2) B 试管中溶液最先出现浑浊, A 试管中的溶液最迟出现浑浊。因为在其它条件不变情况下, 升高温度, 活化分子百分数增大, 反应速度随着温度的升高而加快, B 管溶液温度最高, 反应速度最快, 最先出现浑浊。A 管溶液温度最低, 反应速度最慢, 溶液最迟出现浑浊。

10. (1) ; (2) ; (3) ; (4) ; (5) ; (6) ; (7) 。

三、揭示基本概念和原理的实验习题

1. 中和热为 13.6 千卡。

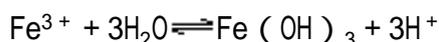
(1) 减少实验过程中的热量损失。

(2) 如不盖硬纸板, 热量会损失, 所得中和热的数值偏低。

(3) 所放热量不等, 因为 60 毫升 1.0 摩/升盐酸跟 50 毫升 1.1 摩/升氢氧化钠溶液能生成 0.055 摩尔水, 而 50 毫升 1.0 摩/升盐酸跟 50 毫升 1.1 摩/升氢氧化钠溶液只能生成 0.05 摩尔水。中和热数值相等, 因为“中和热”的单位是指酸跟碱发生中和反应生成 1 摩尔水时所放出的热量, 与酸碱用量无关。

(4) 因为氨水是弱碱, 在中和过程中电离吸热, 所以氨水和盐酸的中和热低于氢氧化钠溶液和盐酸的中和热。

2.  $\text{FeCl}_3$  溶液在沸水中, 溶液变成红褐色, 不再是  $\text{FeCl}_3$  溶液, 而是带正电荷的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 胶粒所组成的胶体溶液, 因为  $\text{FeCl}_3$  为强酸弱碱盐, 能部分水解, 而沸水有利于水解反应的进行, 结果生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体溶液。



这种溶液在 U 形管中, 通直流电后, 阴极一端颜色变深, 表明溶液中带正电荷的红褐色胶粒 (即  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶粒) 向阴极移动 (电泳现象)。往这种溶液中加入电解质 (如  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 后, 有褐色沉淀生成, 是由于胶粒所带的正电荷受加入的电解质中带相反电荷的阴离子 (如  $\text{SO}_4^{2-}$ ) 的影响, 使胶粒所带的正电荷减少或消失, 而发生胶粒的凝聚作用。从上列实验现象可知这种红褐色溶液是  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体溶液。333

3. 阳极,  $2\text{Cl}^- - 2\text{e} = \text{Cl}_2$ , 正极。

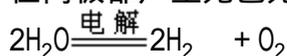
4. (1)  $\text{B}^{2+} + \text{C} = \text{B} + \text{C}^{2+}$ ; (2)  $\text{A}^{2+} + \text{B} = \text{A} + \text{B}^{2+}$ ;

(3)  $\text{A} < \text{B} < \text{C}$ ;  $\text{A}^{2+} > \text{B}^{2+} > \text{C}^{2+}$ 。

5. 阳极:  $4\text{OH}^- - 4\text{e} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

阴极:  $4\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{H}_2$

在两极都产生无色无味的气体, 发生电解水的反应。



在两极附近滴入酚酞试液时, 阴极附近溶液显红色。

6. (1) 甲池:  $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ = 2\text{Ag} + \text{Zn}^{2+}$

(锌极上覆盖一层黑色银粉)

乙池:  $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ = 2\text{Ag} + \text{Zn}^{2+}$

(锌极上覆盖一层黑色银粉)

丙池:  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$

(铁片不断溶解: 并有无色氢气放出, 溶液呈浅绿色)

(2) 电子流动方向: 电子由甲池的锌极到乙池的银极, 然后由乙池的锌极到丙池的铁极, 再由丙池的银极流到甲池的银极。

甲、乙两池:

电极反应式: 负极 (Zn):  $\text{Zn} - 2\text{e} = \text{Zn}^{2+}$

正极 (Ag):  $2\text{Ag}^+ + 2\text{e} = 2\text{Ag}$

丙池:

电极反应式: 阳极 (Ag):  $\text{Ag} - \text{e} = \text{Ag}^+$

阴极 (Fe):  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$  (开始)

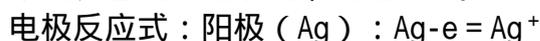
$\text{Ag}^+ + \text{e} = \text{Ag}$

(3) 电子流动方向：由丙池的铁极到乙池的银极，然后由乙池的另一银极到甲池的银极，再由甲池的另一银极到丙池的银极。

丙池为原电池。

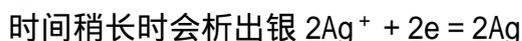
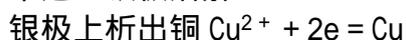


甲池、乙池为电解池，丙池串联。



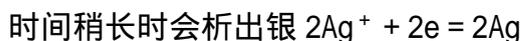
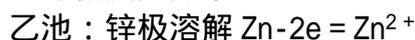
7. (1) 电子由甲池的 Fe 极流向乙池的 Pb 极，再由乙池的 Ag 极流向甲池的 Ag 极。

电极反应：

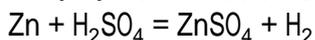


(2) 电子由乙池中的 Zn 极流向电池中的 Fe 极，再由甲池的 Ag 极流向乙池中的 Ag 极。

电极反应如下：

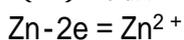


8. (1) 锌棒上看不到变化 (或只看到有微量小气泡生成)。

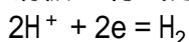


铜棒上无变化。

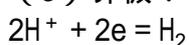
(2) 锌极：锌逐渐溶解，发生氧化反应。



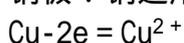
铜极：有气泡产生，发生还原反应。



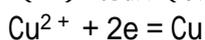
(3) 锌极：有气泡产生，发生还原反应。



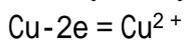
铜极：铜逐渐溶解，发生氧化反应。



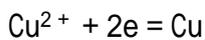
(4) 铜极 (阴极)：有铜析出，发生还原反应。



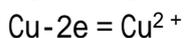
铜极 (阳极)：铜逐渐溶解，发生氧化反应。



(5) 铁极：有红色的铜析出，发生还原反应。



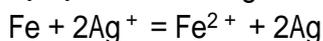
铜极：铜逐渐溶解，发生氧化反应。



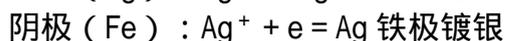
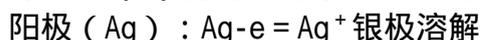
9. (1) 此时第(1)部分构成原电池, 由于镁的金属活动性比银强, 镁是原电池的负极, 银是正极。在外电路, 电流方向由银向镁, 电极反应如下:



(2) 此时发生  $\text{Ag}^+$  被 Fe 置换的反应, 铁极上覆盖一层银。



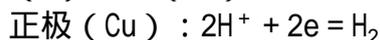
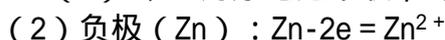
(3) 由于镁的金属活动性比银强, 第(1)部分构成 Mg-Ag 原电池, 成为电源; 第(2)部分为电解池, 此时发生如下电解反应:



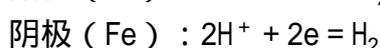
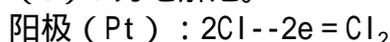
经过一段时间, 铁极上覆盖一层银后, 切断开关 b, 使 a、c 闭合。第(2)部分银极与镀银的铁极之间电位差为零, 此时电路中无电流通过。但如果铁极上所镀的银仍没有把铁完全包住, 则仍可构成 Fe-Ag 原电池, 此时电路上有电流通过。电极反应如下:



10. (1) A、B 为原电池串联, 锌为负极, 铜为正极。

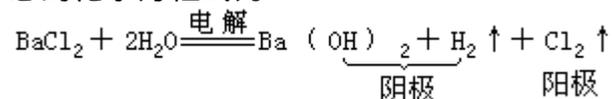


(3) C 为电解池。



由于  $\text{H}^+$  在阴极上不断得到电子而生成氢气放出, 破坏了附近水的电离平衡, 而使阴极附近溶液中  $\text{OH}^-$  的数目相对地增多, 当滴入酚酞试液时, 阴极附近溶液变红。

总的化学方程式为



(4) x 极因与原电池负极相连, 为挂镀件的阴极, y 极为挂锌板 (镀层金属) 的阳极, 电镀液中必须含有锌离子 (镀层金属的离子)。

#### 四、检验、分离和提纯物质的实验习题

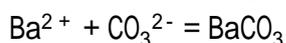
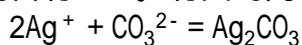
1. 根据实验(1), 固体混和物溶于水得到无色的溶液, 而碳酸钙不溶于水, 硫酸铜溶液呈蓝色, 所以碳酸钙和硫酸铜一定不存在, 根据实验(2), 溶液中加入  $\text{BaCl}_2$  溶液, 得到白色沉淀, 故  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  与  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  可能存在, 因为可能生成  $\text{BaSO}_4$  和  $\text{BaCO}_3$  的白色沉淀 根据白色沉淀溶于盐酸, 说明  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  一定不存在, 而  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  一定存在。根据实验(3), 溶液的焰色反应呈黄色, 说明有  $\text{Na}^+$  存在, 它表明  $\text{NaCl}$  与  $\text{NaNO}_3$  中至少存在一种。

2. A 为金属铁粉; B 为无水硫酸铜。

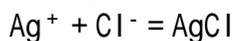
有关各步反应方程式为:

- ①  $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{\text{溶解}} \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$   
(B) (水合离子, 蓝色)
- ②  $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu} \downarrow$   
(A) (水合离子, 淡绿色) (C)  
 $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$   
(D)
- ③  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{浓} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$   
(E)
- ④  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{灼热}} \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \uparrow$   
(B)
- ⑤  $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$   
(F)
- ⑥  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$   
(G)
- ⑦  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\text{灼热}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$   
(H)
- ⑧  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$   
(A)

3. 根据(1)断定: 没有硫化铜、硫酸钡、氯化银和硫化银。根据(2)可断定: A中含有 $\text{Ag}^+$ 或 $\text{Ba}^{2+}$ 中的一种, C中则含 $\text{Ag}^+$ 或 $\text{Ba}^{2+}$ 中的另一种, B中则含有 $\text{Na}^+$ 。有关的离子方程式为:



根据(3)可断定: A中有 $\text{Ag}^+$ , B中有 $\text{S}^{2-}$ 。有关的离子方程式为:



$2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} = \text{H}_2\text{S}$  则C中必定含 $\text{Ba}^{2+}$ 。可见A为 $\text{AgNO}_3$ 、B为 $\text{Na}_2\text{S}$ 、C为 $\text{BaCl}_2$

4. 分别取五种需鉴别物质的溶液少许于试管中, 然后再各加入少量新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , 观察现象:

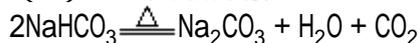
(1) 使 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶解并生成蓝色溶液( $\text{CuCl}_2$ )的是盐酸。

(2) 使 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶解并生成绛蓝色溶液的是丙三醇和葡萄糖, 无变化的是乙醚和甲醛。

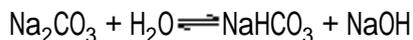
(3) 加热上面生成的两种绛蓝色溶液, 有砖红色沉淀生成的为葡萄糖溶液, 否则为丙三醇。把上面无变化的另两支试管加热, 有砖红色沉淀生成的是甲醛溶液, 否则是乙醚。

5. (1) A是 $\text{NaHCO}_3$ 、B是 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , C是 $\text{H}_2\text{O}$ , D是 $\text{CO}_2$ , E是 $\text{CH}_3\text{CHO}$ 。

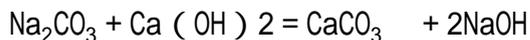
(2) A受热分解:



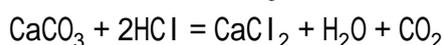
B溶于水, 并水解:



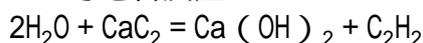
B与石灰水反应:



白色沉淀 (CaCO<sub>3</sub>) 遇酸溶解 :



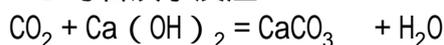
C 与电石反应 :



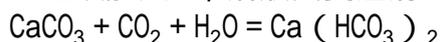
E 燃烧 :



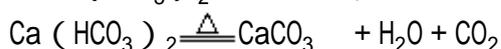
D 与石灰水反应 :



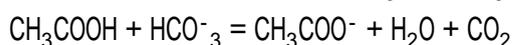
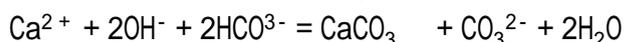
继续加入 D, 溶液又变澄清 :



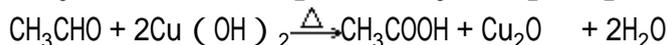
Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 受热分解, 溶液又变浑浊 :



6. (1) 各取少量试液分别注入四支试管中, 一一滴入适量 NaHCO<sub>3</sub> 溶液。能生成白色沉淀, 同时放出无色无味气体的为 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 溶液。能生成白色沉淀但无气泡逸出的为 Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液, 能放出无色无嗅气体, 但没有沉淀生成的为 CH<sub>3</sub>COOH 溶液。既没有沉淀生成, 也没有气体放出的为 Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 溶液。

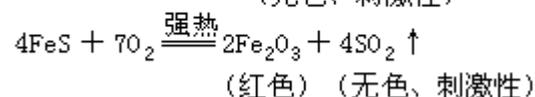
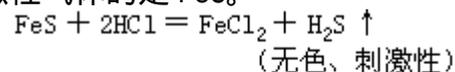


(2) 各取少量待检溶液注入四支试管中, 分别加入少量新制的 Cu(OH)<sub>2</sub> 沉淀, 先振荡, 后加热。沉淀溶解, 生成蓝绿色溶液的是乙酸。振荡, 沉淀不溶解, 加热后沉淀由蓝色转变成红色的是乙醛。振荡, 沉淀不溶解, 加热后, 沉淀由蓝色转变成黑色的是乙醇

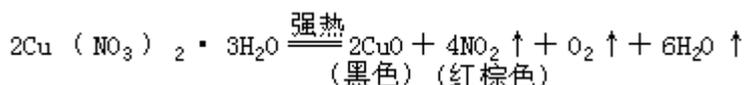


7. 根据各物质的色态和溶解性可首先分为四组: 第一组: 不溶于水的黑色固体有 FeS, MnO<sub>2</sub>, CuO; 第二组: 可溶于水的蓝色固体有 CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 3H<sub>2</sub>O; 第三组: 可溶于水的白色固体有 NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl; 第四组: 不溶于水的白色固体是 CaCO<sub>3</sub>。然后再根据前三组各物质的化学性质进行推断。

第一组: 溶于酸, 且放出无色刺激性气体, 受强热生成红色固体和无色刺激性气体的是 FeS。

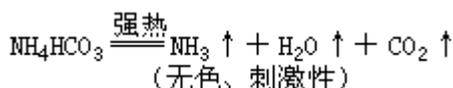
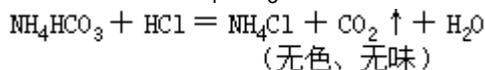


第二组: 溶于酸, 形成蓝绿色溶液, 受强热生成黑色固体并放出红棕色气体的应为 Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 3H<sub>2</sub>O



而  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  无此现象。

第三组：溶于酸，且放出无色气体，受强热放出无色刺激性气体的白色可溶性固体应为  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。



而  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  受热不易分解， $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶于盐酸则无气体放出。

所以，甲为  $\text{FeS}$ ，乙为  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，丙为  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。

8. (1) 无水  $\text{CaCl}_2$ ，(2)  $\text{CS}_2$ ，(3)  $\text{CaO}$ ，(4)  $\text{NaOH}$ ，(5)  $\text{HCl}$ ，(6)  $\text{NaHCO}_3$ 。

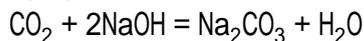
9. (1) 遇氯气，析出碘。

$2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$  生成的  $\text{I}_2$  可用  $\text{CCl}_4$  萃取除去。

(2) 加盐酸（或硝酸），使氧化钙溶解。

$\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  或  $\text{CaO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$  过滤，并用蒸馏水洗涤沉淀，得纯净的二氧化硅。

(3) 将气体通入盛有碱液的洗气瓶中，二氧化碳被吸收除去。

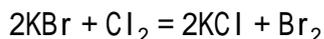


(4) 将气体通入盛有水或碱液的洗气瓶中，氯化氢气体被水或碱液吸收除去。

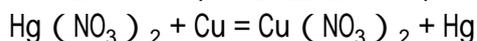
10. (1) 在用硫酸酸化后的硫酸亚铁溶液中加入纯铁粉，将  $\text{Fe}^{3+}$  还原为  $\text{Fe}^{2+}$ ，再进行过滤，除去过量的铁粉，即得纯硫酸亚铁溶液。



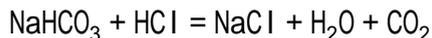
(2) 在含氯单质的溴水中，加入少量溴化钾，使氯还原为  $\text{Cl}^-$ 。然后蒸馏生成的溴，用水吸收即得纯溴水。



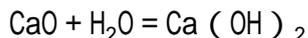
(3) 在汞中加入硝酸汞溶液，充分振荡，铜被汞离子 ( $\text{Hg}^{2+}$ ) 氧化为  $\text{Cu}^{2+}$  而进入溶液，弃去上层溶液，即得纯汞。



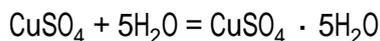
(4) 将该气体先通过盛碳酸氢钠溶液的洗气瓶，除掉氯化氢；再通过盛浓硫酸的洗气瓶，除掉水气，这样就得到较纯二氧化碳气体。



(5) 加入氧化钙脱水，滤去固体杂质，经蒸馏就可得到无水乙醇。



如乙醇的量较少，也可采用加入无水硫酸铜的方法，除去乙醇中所含的水分。



(周世福)

