



化学实验与思考 ·2·

中学化学课外读物

陈富玉
王云生

福建教育出版社

化学实验与思考

陈富玉 王云生 编著

福建教育出版社

化学实验与思考(2)

陈富玉 王云生

出版: 福建教育出版社

发行: 福建省新华书店

印刷: 福州第二印刷厂

787×1092毫米 32开本 2.5印张 52千字

1984年5月第一版 1984年5月第一次印刷

印数: 1—14,750

书号: 7159·923 定价: 0.26元

编 者 的 话

《化学实验与思考》第一辑出版后，不少青年读者来信询问第二辑出版的时间，并提出许多好的建议。青少年读者的关心给我们极大的鼓励。

第二辑象第一辑那样，用一些简单的化学实验，浅显的分析说明，引导读者去观察事物的变化，思考一些问题，从中获得一定的化学知识，增长科学实验的兴趣和技能。

第二辑的内容较第一辑丰富，跟高中化学知识联系更紧密些。希望它能帮助中学生加深对教材的理解，牢固地掌握教材中的基本知识和基本技能。

由于我们为水平所限，这本小册子未必能达预期的效果。谬误之处请读者批评指正。

编 者

1984年1月于福州

目 录

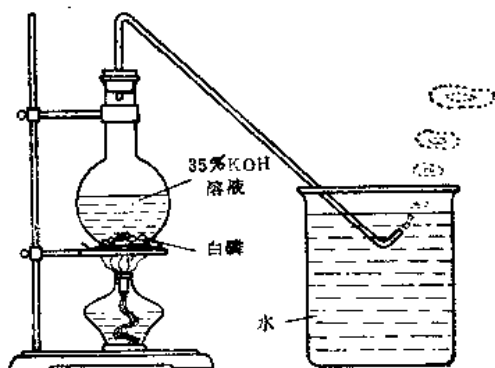
一、“鬼火”的秘密·····	(1)
二、能沉浮的金属钠·····	(3)
三、金属树是怎么生长的·····	(5)
四、铁的钝化和磷化·····	(6)
五、奇妙的水银·····	(9)
六、亚铁盐和高铁盐的转化·····	(12)
七、有趣的离子移动竞赛·····	(17)
八、离子颜色的变化·····	(19)
九、怎样观察金属的电化腐蚀·····	(21)
十、氯化氢溶液都能导电吗? ·····	(25)
十一、焰火之谜·····	(27)
十二、能被静电吸引的水流·····	(31)
十三、人体血液为什么会维持一定的酸碱度·····	(35)
十四、燃烧现象中的学问·····	(37)
十五、漂白褪色的奥秘在哪里·····	(42)
十六、这些反应为什么可以发生·····	(44)
十七、这些反应为什么不相似·····	(46)
十八、怎样提高酒精的浓度·····	(49)
十九、氯仿的水解·····	(52)
二十、容易聚合的甲醛·····	(54)
二十一、肥皂里的“为什么”·····	(59)
二十二、苯塑制品是什么·····	(64)
二十三、有趣的顺反异构体·····	(67)

一、“鬼火”的秘密

在坟地或荒野，夜里有时会看见淡蓝色或浅绿色的闪烁不定的幽光，还有依稀可辨的白色环状烟雾，飘飘忽忽冉冉升起。这就是传说中的乱坟“鬼火”。乱坟“鬼火”确有其事，并非人们的幻觉。但是“鬼火”并非来自鬼魂，而是物质发生化学变化的结果。

我们可以用一个简单的实验来重现一幕“鬼火”飘忽的情景。这个实验请在夜晚通风处进行，但不宜有风，也不要让许多人围观。当然，这并非怕“鬼魂”作祟，而是由于实验中会产生少量有毒气体。

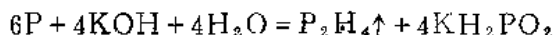
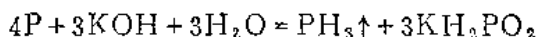
实验装置如右图。在圆底烧瓶中装入50ml 35% KOH溶液，再投入黄豆大小的白磷2克（白磷应在水下切割成碎块，任何细小碎屑都不得四处乱扔，要放入水中保存）。而后，再



制取磷化氢

加入4 ml乙醚。先用小火缓缓加热，使乙醚层均匀受热气化，把烧瓶中空气完全排出，以免实验中产生的可燃性气体和瓶内空气混和燃烧爆炸。空气排出后再继续加热 KOH溶液和

白磷，使它们发生反应：



生成的磷化氢(PH_3)气体和少量联磷(P_2H_4)不溶于水，从漏斗形导管口排出，逸出烧杯水面。联磷逸出水面和空气接触立即自燃，引起磷化氢的燃烧。它们在空气中燃烧都生成五氧化二磷(P_2O_5)。生成的五氧化二磷成为细小固体颗粒在空气中形成白色环状烟雾，向上升起并逐渐扩大开来。关掉灯光，即可见逸出的气泡燃烧，闪烁着或蓝或绿的幽光，“鬼火”出现了！十分明白，这“鬼火”是来自烧瓶内物质的变化。烧瓶中，烧杯里只有化学试剂和水，实实在在并没有鬼魂。

停止加热，烧瓶内溶液冷却，烧杯内水被倒吸入烧瓶，反应就会停止。把装置移到室外，拆去导管，待余下气体扩散殆尽，充分冷却后再倾出溶液，清洗装置。若有白磷碎屑残留，应用镊子取出烧掉或置于水中贮存。做这个实验也可以应用固体磷化钙，只要把磷化钙直接投入烧杯内水中，即可产生 PH_3 和 P_2H_4 。

那么，乱坟荒野里的“鬼火”是怎么产生的呢？乱坟野地里埋葬着许多人和动物的尸骸。人和动物体内含有各种磷的化合物。其中四分之三集中于骨骼、牙齿中形成钙、镁磷酸盐，四分之一形成各种含磷有机物。在人和动物尸体腐烂过程中，这些磷化合物能分解产生磷化氢、联磷等。磷化氢、联磷冒出地面，在空气中氧化自燃，在黑夜里就形成飘忽不定的“鬼火”。磷的氢化物极毒，如果胆小而又迷信的人在坟地遇到“鬼火”，往往吓得动弹不得，若坟地里磷化氢浓度较大，逗

留过久，就有中毒危险。遇到“鬼火”的人若是惊慌迅速奔跑，引起身体四周含磷化氢的气流往前飘动，人一旦停下来，往前扩散的气流飘到人的前方。磷化氢被人吸入体内，也会造成中毒，危及生命。这种情况发生的可能性很小，一旦发生，“某某人经过坟地被鬼魂摄去”的消息便会不胫而走，风传开去。加上一些人的渲染，添枝加叶，绘声绘色的描述，难免叫人胆颤心惊。

现在，你了解了“鬼火”的来龙去脉，该不会再被这些鬼话吓坏了吧！

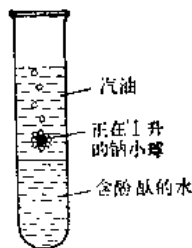
二、能沉浮的金属钠

金属钠和水的作用，你一定观察过了吧！把半粒碗豆大小的金属钠从煤油中取出后，用滤纸擦去煤油，投入水中，它就浮于水面和水迅速反应，熔成闪亮的小球向各个方向迅速游动。很快地小球缩小消失了。在水中滴加酚酞试剂呈鲜红色，水已变成了氢氧化钠溶液。这个实验十分有趣，可惜作用太快，你可能尚未观察清楚，金属钠就消失了。若取大块钠投入水中，反应过于剧烈，会发火甚至爆炸，很不安全。

下面介绍一个小实验，能让我们从容地观察钠和水的反应，还会看到一个有趣的现象：闪亮的钠小球会在反应液中沉浮，叫人惊奇。

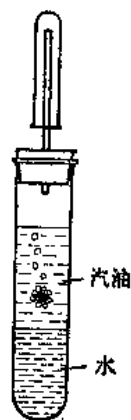
取一支大试管(或小量筒)，注入约 $\frac{2}{5}$ 容积的蒸馏水，滴入

几滴酚酞试剂，振荡均匀。沿管壁再加入约 $\frac{2}{5}$ 容积的汽油。汽油密度比水小，浮于上层。取出有两粒碗豆大小的一块金属钠，去除表面的氧化皮，投入容器。钠密度（常温为 0.97 克/厘米³）比汽油密度（常温下 0.68~0.7 克/厘米³）大，比水小。投入的钠块恰好浮在水、汽油界面上。钠在界面上和水反应，放热、熔成闪亮小球并析出许多小气泡。过一会儿，闪亮的金属钠小球渐渐自界面向上浮起，到达汽油液面上又渐渐下沉，重新返回水、汽油界面。钠在界面上又和水反应，不久又向上浮起……。如此可以维持好几分钟。



钠小球为什么能在汽油层上自动沉浮？原因并不难解释：它在界面上和水反应放出的氢气附着在钠表面上，使钠得到浮力，当附着的氢气产生的浮力足够大时，钠球即向上升起，随着上浮，表面上氢气逸去，失去浮力，又沉降下来。回到水面又发生反应，循环往复。同时，钠和水生成的 NaOH 溶液也自水面逐渐向下扩散，酚酞的深红色也自上而下渐渐扩展。

如果你在试管上添上一只带玻璃导管的塞子，再在玻璃管上倒扣一只小试管，还可以在小试管内收集到氢气。集满后，移到酒精灯火焰上点燃，可以听到爆鸣声。（绝对不应在汽油面上点燃氢气！否则引燃汽油十分危险。）



收集钠和水反应放出的氢气

三、金属树是怎么生长的

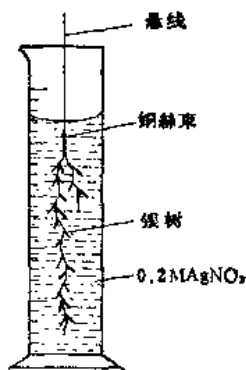
你见过“金属树”吗？它并不是“生长”在自然界中，而是“生长”在化学实验室里。十年树木，一棵树一、二十年才成材，可是培植一株金属树只须几个小时就够了。

取一只长玻璃筒(量筒也可以)，注入400ml 0.2M AgNO_3 溶液，再加入1ml 6M 硫酸，搅匀，使溶液略显酸性。在溶液中悬挂一束由两、三根 0.5 毫米铜丝绞成的多股铜线，然后使玻璃筒静置于暗处，不要使它受到震动。

过3~4小时，你就可以看到铜丝束下端长出了银白色、闪闪发光的银树。再过几个小时，银树越长越大，枝桠往下伸展，十几个小时后银树延伸，可达玻璃筒底部。

这株银树是怎么生长的呢？

大家都知道金属铜的活动性比银大，铜可以把硝酸银溶液中的银置换出来：



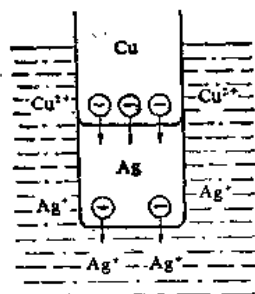
为什么置换出的银会在银树末端持续生长，往下延伸呢？原来，当铜丝下端有银析出后，铜和铜上附着的银在 AgNO_3 溶液中构成了原电池。铜较活动，继续失去电子，氧化成 Cu^{2+} 进入溶液中，但铜失去的电子不是在铜表面上直接转移给 Ag^+ ，而是先传递给银，溶液中银离子在银表面上结合电子成为金属银析出。这样使铜上析出的银不断增长，往下延伸。同时由于

溶液静置,下层溶液中 Ag^+ 浓度大于上层(上层部分 Ag^+ 已还原成金属银析出), 因此铜和硝酸银反应速度, 下层较大于上层, 这也促使银树不断往下延伸, 往外扩大, 并不停留在某一表面上。

至于容器要放在暗处, 是由于 AgNO_3 溶液见光易分解的缘故。

按相同的方法, 你可以培植出“锡树”、“铜树”、“铅树”, 等等。

培植锡树用 0.5M 氯化亚锡溶液 (SnCl_2) 和一长条金属锌片。培植铅树用 0.3M 醋酸铅溶液 [$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$] 和一束锌条绞成的多股线。培植铜树,



Ag^+ 在 Ag 上结合由 Cu 传递来的电子, 还原成单质银

用硫酸铜溶液 (CuSO_4) 和一条金属锌片。锡树、铅树都有银白色金属光泽, 而铜树呈红棕色, 色泽稍差。

在配置各种盐溶液时, 均要加入少量酸, 使呈微酸性, 以抑制这些盐的水解。配制 AgNO_3 、 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 溶液, 洗涤容器均要用蒸馏水, 不能用自来水, 因为自来水中含有 Cl^- 离子, 它会与 Ag^+ 、 Pb^{2+} 生成难溶性 AgCl 、 PbCl_2 沉积在银树、铅树表面, 使金属树蒙上一层灰雾, 失去光泽。

四、铁的钝化和磷化

我们知道冷的浓硫酸、浓硝酸不能溶解铁。因为, 它们能

使铁表面氧化生成一层极薄而又致密的氧化膜，这层氧化膜肉眼观察不出，但能阻止铁的进一步氧化，这种现象称为“钝化”。

通过下面实验可以了解铁在浓硝酸中的“钝化”现象。

取5只400ml烧杯，分别加入浓盐酸、发烟硝酸、蒸馏水、6N HNO_3 和20%硫酸铜溶液各200ml。取两块铁片，用砂纸擦净铁锈，用6N盐酸洗净。取出并用自来水、蒸馏水先后冲洗一遍，用镊子夹持这两块经表面处理的铁片，分别在准备好的浓盐酸中浸一浸。取出，待酸液滴净，再浸入发烟硝酸2分钟后小心取出，浸入蒸馏水中清洗。这时两块铁片表面都已发生了钝化。小心从蒸馏水取出铁片，不要让铁片碰击其它物件。把其中一片浸入6N HNO_3 ，将不会看到有任何反应发生。把另一片浸入20%硫酸铜溶液，几分钟后取出，铁片上没有铜附着。这证明钝化后铁表面发生了变化，能保护铁，使铁不溶于酸中，也不和铜盐溶液发生置换反应。

如果在表面已钝化的两块铁片中央用铁锤敲击几下（或者用锉刀锉伤，然后分别再浸入6N硝酸和20%硫酸铜溶液。立即可以看到，浸在硝酸中的铁片，在敲击处中央开始和硝酸剧烈反应，放出棕色二氧化氮气体。而浸入硫酸铜溶液的一片，在被敲击处也附着红棕色的铜，并逐渐向四周扩展开来。这说明铁片表面的钝化膜已在锤击时破坏。从这一实验我们也不难了解，用浓硝酸使铁钝化所生成的氧化膜并不牢固。但是，在钝化膜不锉伤的情况下，它可以保护金属内部不受酸的腐蚀，因而可以使用铁容器盛装浓硫酸。

实际生产中，为了使铁表面能生成一层强度较好的致密的

保护膜，是采用锰、铁的磷酸盐来进行铁的表面处理，使铁表面生成一薄层铁的磷酸盐、磷酸一氢盐，这就是所谓“磷化”处理。铁表面“磷化”处理和本书第一辑里介绍的“发蓝”处理，都是工业上广泛使用的铁表面处理方法。铁经磷化处理生成的磷化膜外观上没有发蓝膜那样光亮，但它的厚度远远超过发蓝膜，抗蚀能力也在发蓝膜的2~10倍以上，并有较高的绝缘性能。

磷化处理可以按下列步骤进行：

(1) 清除铁器表面的氧化皮、硬化皮、杂质，使表面上显露出光洁的金属结晶面。具体做法是：先把铁片表面用机械方法除锈斑，洗去油污。然后，依次用50~70℃的硫酸溶液(20%)，含少量食盐、硫酸的铬酸混合液，12~18%盐酸溶液，稀碳酸钠溶液，肥皂液进行清洗、浸渍等表面处理。

(2) 把经过上述表面处理的铁器放入磷化液中浸泡，进行磷化处理。磷化液通常含磷酸锰、铁盐、硝酸锌等成分。溶液中 Fe^{3+} ， Mn^{2+} ， H_2PO_4^- ， Zn^{2+} ， NO_3^- 保持一定比例，溶液维持一定酸度。磷化处理时，磷化液温度可采用室温、中温(50~70℃)或高温(90~98℃)。处理时间相应为1小时到15分钟之间。

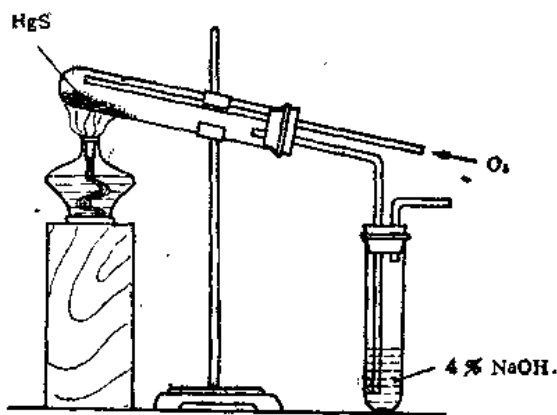
磷化处理过程中铁表面先溶解在酸性磷化液里，生成铁的磷酸盐、酸式磷酸盐。在零件和溶液接触界面上，铁磷酸盐、磷酸氢盐不断增加，达到饱和时，即结晶沉析在光洁金属结晶面上。这些晶粒继续增长，形成不溶于水的磷化膜，使零件表面渐渐和溶液隔离。当不再反应放出氢气时，磷化膜的生成就结束了。

磷化液中硝酸锌在磷化过程中起催化作用。其中锌离子使磷化速度增大，磷化膜致密，有磷光。硝酸根离子除加速磷化过程外，能使膜均匀致密，还可防止磷化膜过厚。磷化液中的锰盐增加了磷化膜的硬度和附着力，能提高膜的抗腐蚀能力。

(3) 磷化后补充处理。为提高磷化膜抗蚀能力，在磷化后，还进行一些后处理。通常把零件浸入 80°C 以上 3~5 % 肥皂液中 3~4 分钟，而后取出将表面风干或烘干。也可在水洗后放在 $80^{\circ}\sim 95^{\circ}\text{C}$ 含 Na_2CO_3 0.2~0.4 %， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 3~5 % 的混合液中处理 10~15 分钟。

五、奇妙的水银

水银(汞)在常温下呈液体状态，这是金属中独一无二的。水银还具有很大的内聚力。把水银散落在盘里，会凝聚成大小不一的银白色球状小液滴。水银沸点也较低(357°C)，蒸气压高，露置在空气中，会渐渐挥发成为汞蒸气。汞蒸气被吸入人体，将引起慢性中毒。万一不慎，跌坏

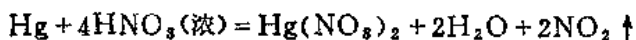


了水银温度计，散落在地上的小汞滴，一定要小心用胶头滴管或锡箔把它收集起来，无法收集的微小汞液滴，可撒上一层硫磺粉，使汞和硫磺粉接触转化为难挥发的硫化汞。

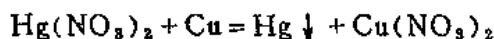
如果把硫化汞粉末放在硬质试管中，先加热整支试管，然后强热 HgS 固体，同时通入干燥的氧气。可以见到试管内出现光亮的蓝紫色火焰，在试管口内壁有细滴状或镜面状汞冷凝体析出：



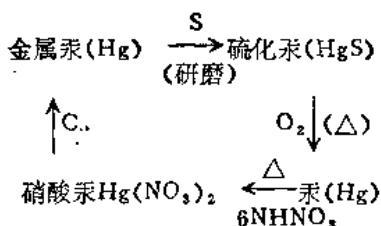
待试管冷却，在一只小烧杯中加入一些 6N 硝酸溶液，稍稍加热，把试管倒插入硝酸。管壁上水银会逐渐溶解，同时有棕色二氧化氮气体产生，烧杯中即得到硝酸汞溶液：



在冷的硝酸汞溶液中插入一条用砂纸磨亮的细铜丝。1~2 分钟后就会在铜丝上附着一层银白色的汞。



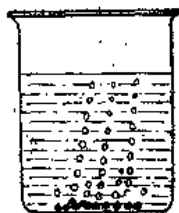
这几个实验说明，汞虽是不活动的金属，但是游离态的金属汞和化合态汞之间还是较容易发生相互转化的：



液汞还有如下奇妙的性质：

1. 在一只干燥洁净的研钵中，用滴管吸取 5 滴汞。再取

几小粒米粒大的金属钠，用滤纸吸干表面上的煤油，一粒一粒地加在研钵里的汞上，每加一粒，都用研杵轻轻研磨（有时可以看到有火花迸发），直至形成的混合物不再会流动，转变成无光泽的泥土状物——汞合金，也称钠汞齐（汞齐就是汞合金的专称）。把钠汞齐倾入盛少量水的烧杯中，可以看到汞齐表面上不断有小气泡放出，在水中滴加酚酞试液，溶液会渐渐呈现红色。放置若干小时，反应最终烧杯底又剩下可流动的银白色汞滴。钠汞齐和水反应较单质钠要平稳缓慢得多。这好似钠溶解于汞被“稀释”了。在许多有机反应中，用钠还原有机物时，为控制反应速度，常应用钠汞齐。

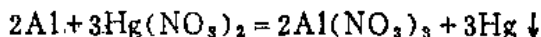


钠汞齐在水中
缓缓反应

除钠外，还有许多金属，如锂(Li)，钾(K)，铯(Cs)，锌(Zn)，锡(Sn)等均可跟汞形成汞齐。补牙齿用的一种银填料就是由银、锡、铜、锌的合金小粒和汞混合制成的。它是具有塑性的固体材料，填入牙孔中可固化成型。也有一些金属如铁，不形成汞齐，否则汞就无法存放于铁容器中。

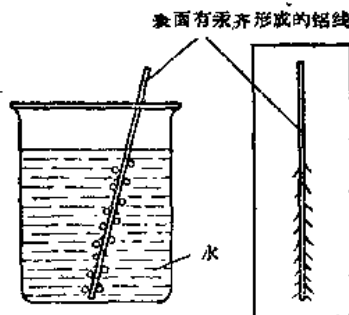
2. 取2小滴汞放在试管中，加入6N HNO_3 ，制得 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 溶液*。取一小段铝线，一端浸入盛有3~4 ml NaOH 溶液的试管中，稍加热，以除去铝表面上的氧化铝膜。2~3分钟后取出，用蒸馏水冲洗干净。把铝条这一端插入预先准备的 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中浸泡，铝即和硝酸汞发生反应：

* 所有可溶性汞化合物都有毒， Hg^{2+} 可跟肾脏中蛋白质结合，破坏肾脏功能，使用时要注意安全，不要沾在手上，实验后要洗手。



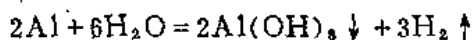
待铝线上有少量汞析出后，取出用碎滤纸吸干表面上残留的溶液，把它放置在干燥滤纸上。过1~2分钟，可看到铝线表面长出许多白色毛刷似的细丝，用手触摸铝条，可以感到铝条发热。把这支铝线浸入水中，你

会看到铝线表面冒出小氢气泡，有一缕缕白色凝胶状沉淀析出，散落到水中。可见，表面上有汞附着的铝与普通铝不同，在空气中可以迅速氧化长出铝毛刷，在水中可以发生置换反应。这是因为铝表面有汞



表面形成汞齐的铝在空气中形成氧化铝细丝，在水中反应放出氢气

析出后，汞、铝即形成铝汞合金，汞的存在阻止了铝的表面在空气中形成致密的氧化铝保护膜。没有氧化铝保护膜的铝线在空气中能迅速氧化放热，也易和水反应：



为什么水银有如上独特的性质呢？这还有待于大家更多的学习和探讨。

六、亚铁盐和高铁盐的转化

铁有两种化合价：+2 和 +3。铁的氧化物、氢氧化物、盐类也都有两种不同价态的化合物。例如，氧化亚铁(FeO)、氧化铁(Fe_2O_3)，氢氧化亚铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ 、氢氧化铁