首先感谢周文荣校长的信任

化学实验创新及其论文撰写

徐 州 市 西 苑 中 学
徐州市李德前化学名师工作室
李德前

2019年《教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见》文件，明确指出：要定期开展优秀自制教具评选，鼓励教师自制实验教具。

在实验教学中，为什么要改进化学实验、自制实验教具呢？

因为教科书中的化学实验必须选用具有国家标准的实验用品，这就使实验装置、实验操作具有一定的局限性。而实验教学中，我们更需要生活化、趣味化、简约化的实验，因此无论从政策层面还是实际需求，我们一线教师都应该积极而理智的去创新化学实验。

多年来，我和我的团队积极开展实验教学和实验创新活动，并取得了一些成绩：发表实验论文上百篇，1个创新项目被教科书采用，20多个创新项目成为命题素材，获得江苏省教学成果奖两项。

实验创新的原则

实验创新的方法

实验创新的思路

实验论文的撰写

一、实验创新的原则

我们改进和设计化学实验是为了好上加好，如果只新不优，那么这个改进实验的价值就不大。因此，创新化学实验必须遵循一定的原则 。

1．科学性的原则

“科学性”是指进行实验创新时要有科学的态度，不能想当然，不能纸上谈兵；选题不能违背原实验的设计意图，也不能削弱原实验的教学功能；创新的实验必须符合物理、化学等原理。

在实验创新时一定不能出现科学性问题，这是底线、红线！遗憾的是，在中考试题、学术论文，甚至在中学化学教科书中，均存在科学性不足的化学实验。

（1）碳酸钙与盐酸反应的质量守恒定律实验，能用气球封闭容器口吗？

2017年之前，YJB九年级化学教科书利用**碳酸钙与盐酸的反应**验证质量守恒定律时，用小气球封闭容器口：

利用浮力公式($F_{浮}=\rho_{空气}V_{气球}$)不难算出，若小气球膨胀到40 mL左右，它在空气中受到的浮力约为0.1克力，这就能使托盘天平失去平衡（指针会偏一格）。

所以，有气体放出的质量守恒定律实验，一定不能使用气球封闭容器口，以防浮力干扰。

（2）压缩NO_2气体时颜色加深，能说明分子之间有间隔吗？

公开课上，某教师为了说明分子之间有空隙，他这样设计实验：注射器里预先吸入适量NO_2气体，推动活塞压缩气体，颜色加深（引导学生得出分子间空隙变小了）；回拉注射器活塞，气体颜色变浅（引导学生得出分子间空隙变大了）。

在注射器里压缩NO_2气体时极可能发生如下化学反应：$2NO_2 \rightarrow N_2O_4$，该实验不再是单纯的物理变化，分子本身已经改变，因此这个所谓的创新实验是不能说明分子之间有空隙的。

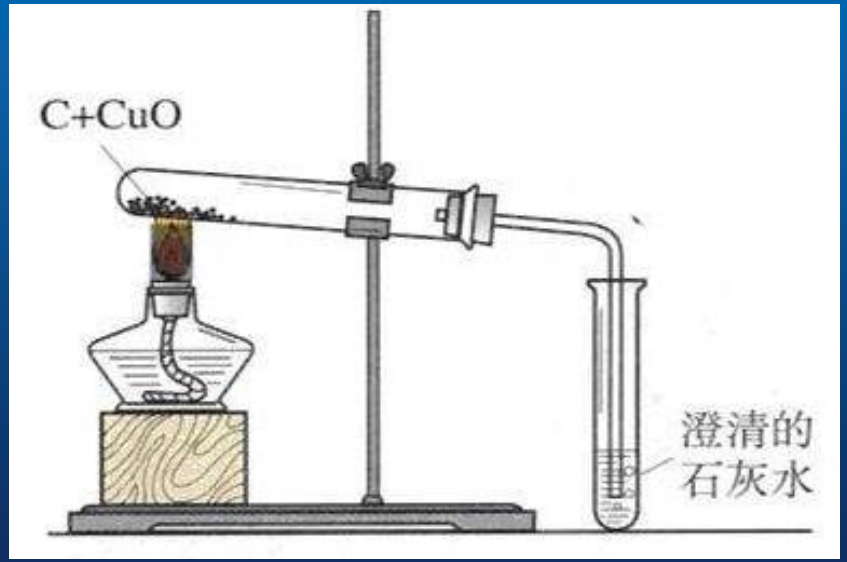
建议：初中化学教师一定要配备几套高中的化学教科书，以熟悉初高中知识的衔接。

科学性不足的实验应该还有不少，我们化学老师切记：在改进和设计化学实验时一定要周密思考、反复验证。

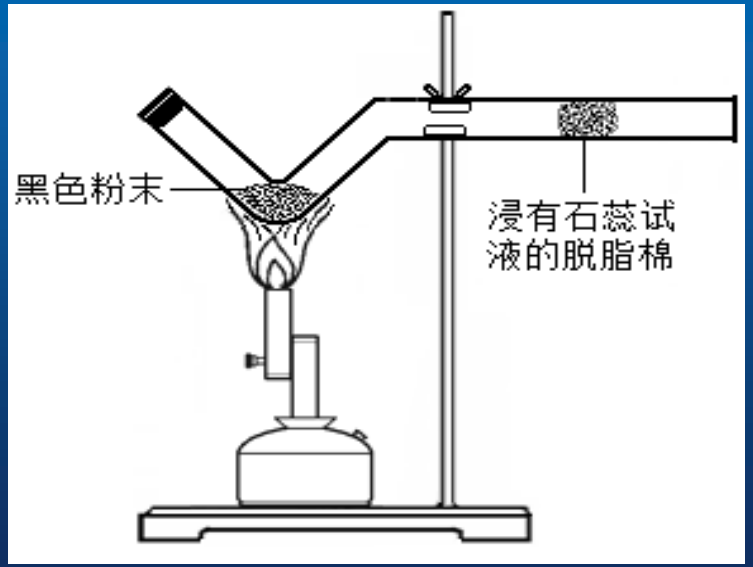
2. 简易性的原则

使用教具和学具辅助教学，是为了方便学生的学习。所以改进的化学实验要简洁，既方便研制，也有利于学生获得直观的现象。

用长柄V型玻璃管做木炭还原氧化铜实验（加入KCl催化），不仅成功率高且操作简便。

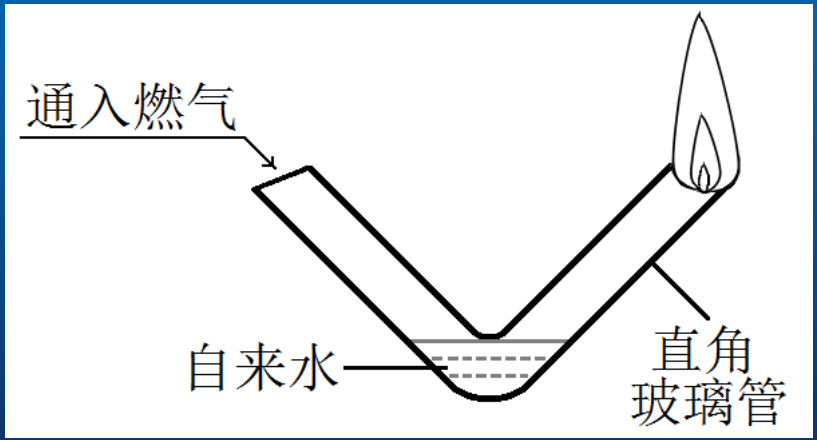


原实验



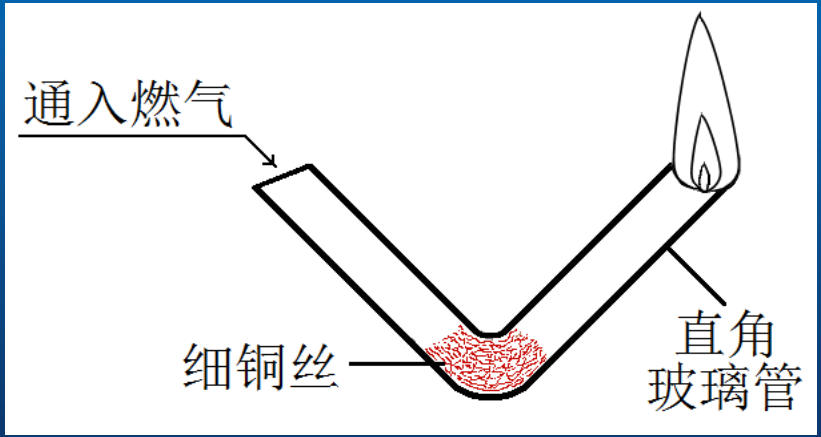
改进实验

用直角玻璃管设计燃气（氢气、甲烷、一氧化碳等）燃烧实验，非常安全！



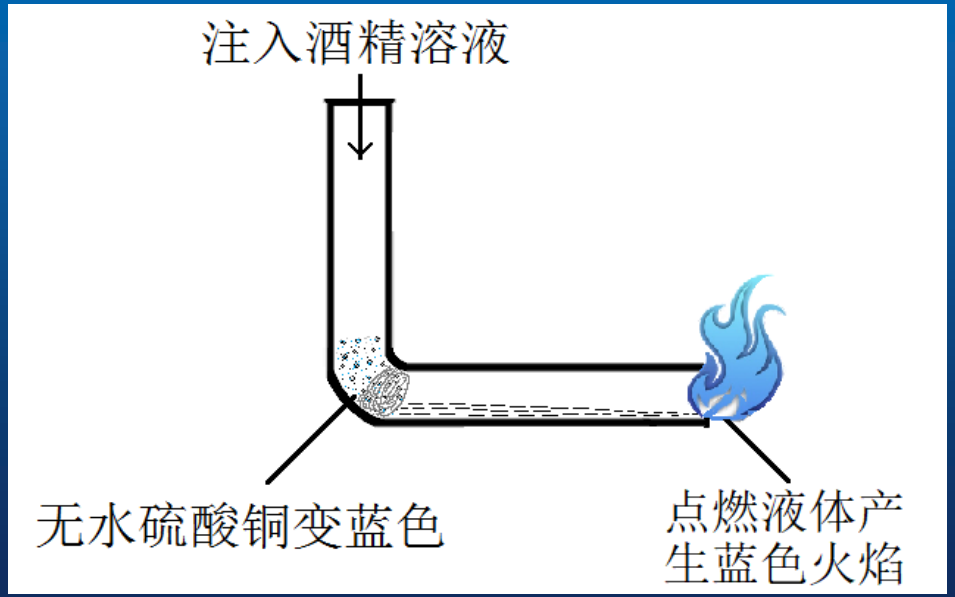
水隔断了回火

用直角玻璃管设计燃气（氢气、甲烷、一氧化碳等）燃烧实验，非常安全！

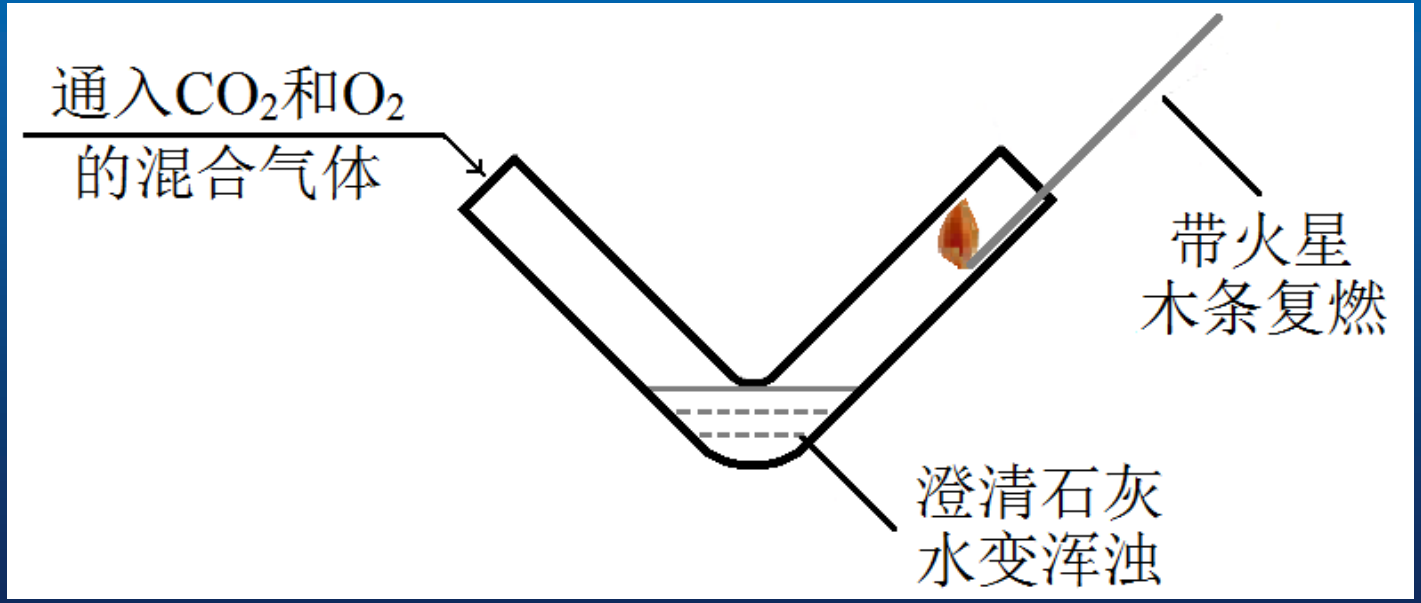


铜丝隔断了回火

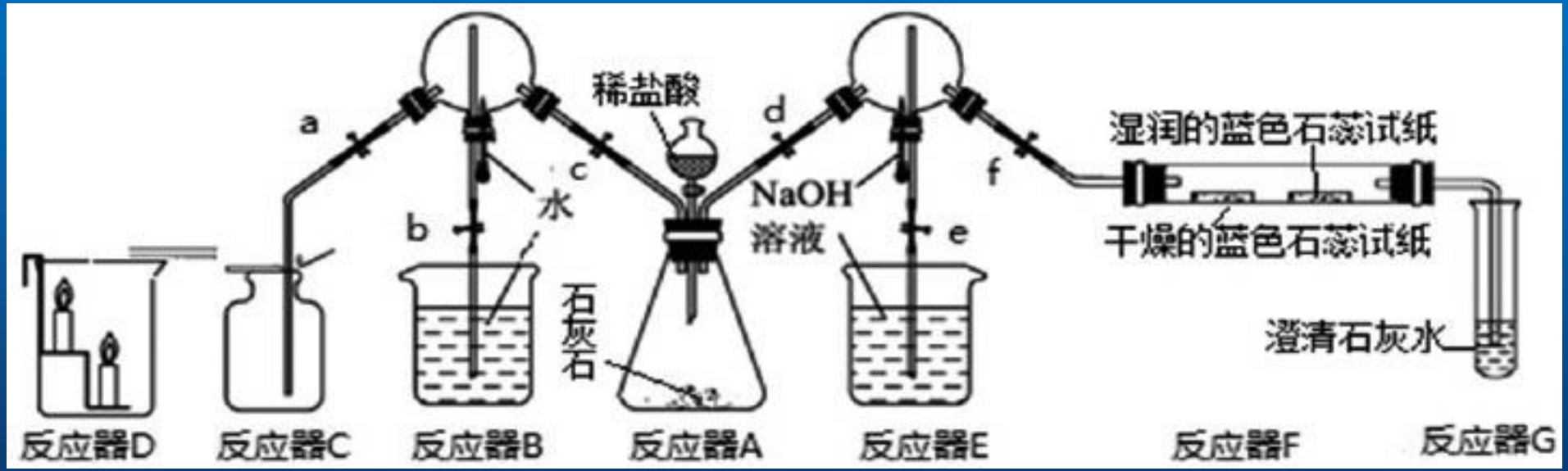
借助直角玻璃管探究混合物的性质（各成分的化学性质保持不变）



也可用氧气和二氧化碳的混合气，代替酒精溶液验证混合物的性质



中学化学实验创新，不要设计集成化装置



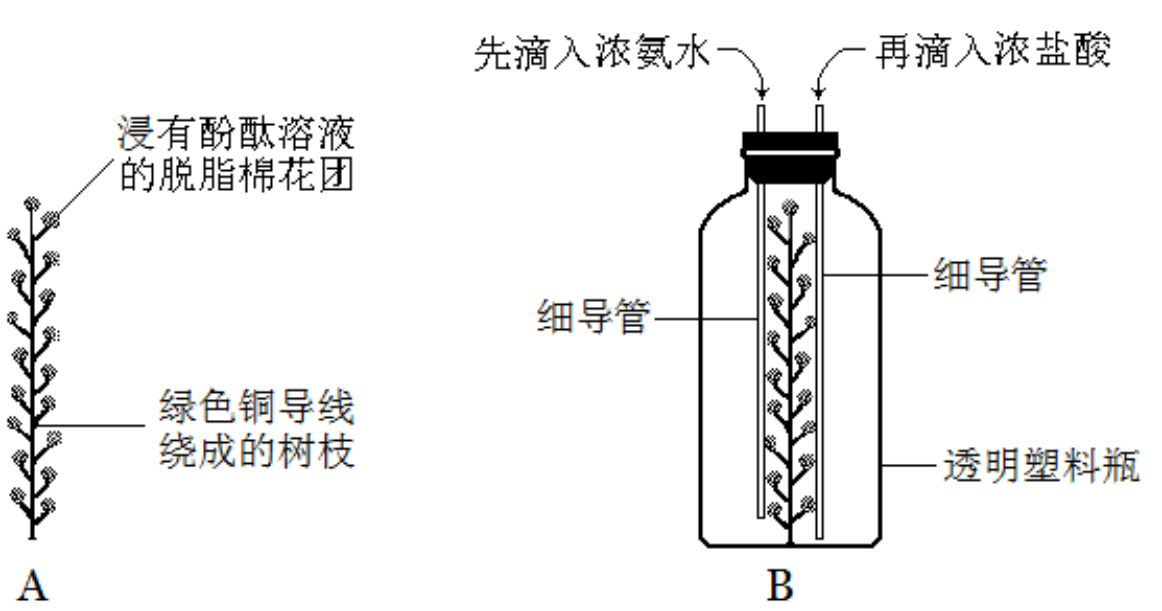
如二氧化碳性质的集成化实验装置，学生很难看懂，老师看起来也费劲。

3. 原创性的原则

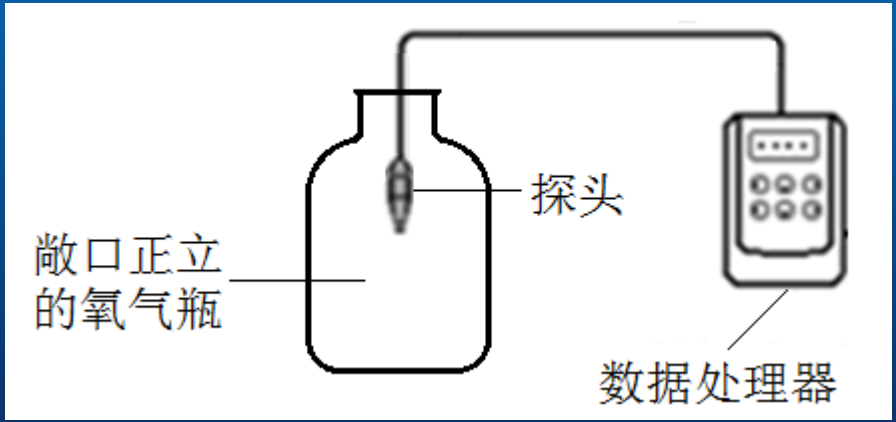
改进的实验必须与众不同，在现有的文献中是查不到的，从而充分体现自主性、创造性。

当检验燃烧产物有没有二氧化碳时，可以用吸有石灰水的注射器直接在火焰上抽取气体，实验操作异常简单。

下面这个桃花盛开的趣味实验，能够引导学生在情境中探究微粒运动。



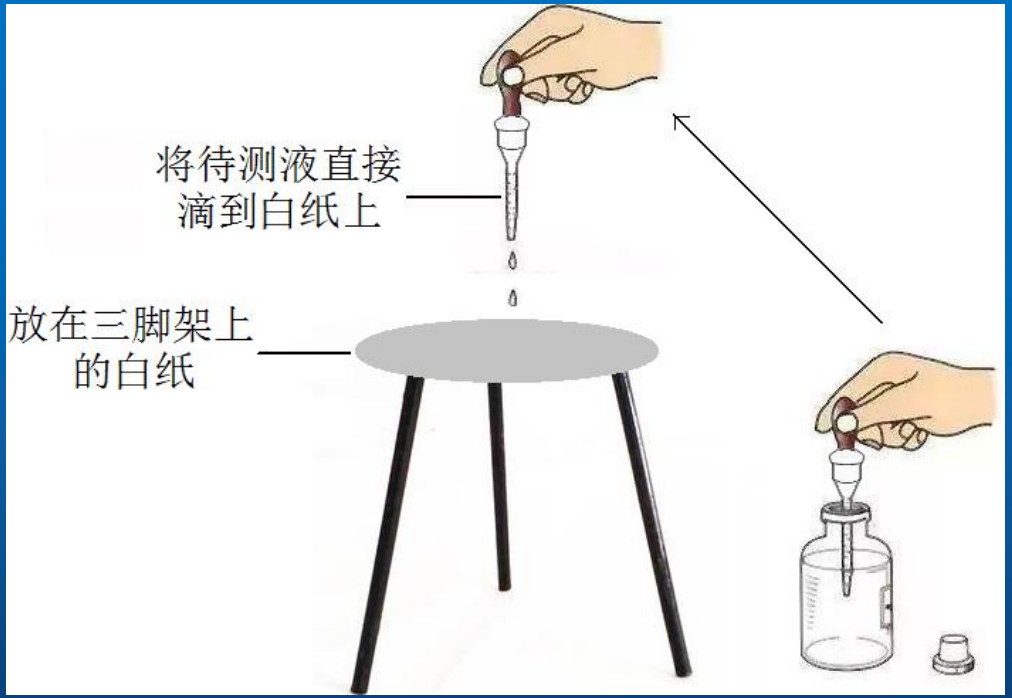
借助物理变化，利用氧气传感器测出集气瓶里氧气浓度不断减小，说明了微粒不断运动。



实验创新必须有自己的东西，作者也要提前检索文献，避开类似的发明创造，否则即使是自己的设计，也有瓜田李下的嫌疑。

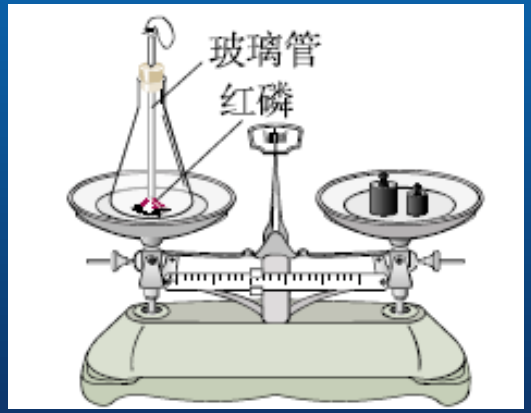
4．经济性的原则

改进化学实验必须考虑经济性，所用材料要容易得到、价格低廉，尤其提倡使用身边的废旧材料。

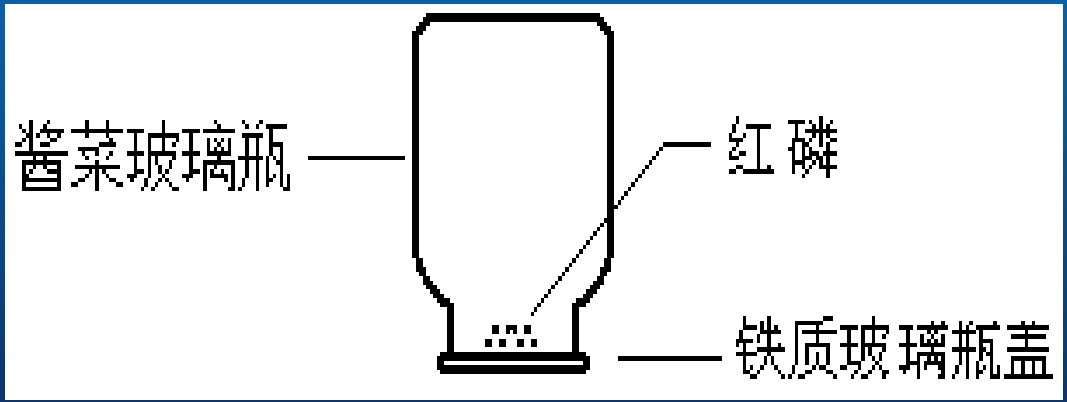


在白色打印纸上做酸碱盐反应的实验，1张纸可以滴加7～8种待测液，比在点滴板上做还节俭。

“红磷燃烧前后质量的测定”实验，我们只用一个老干妈酱菜玻璃瓶就解决了问题。

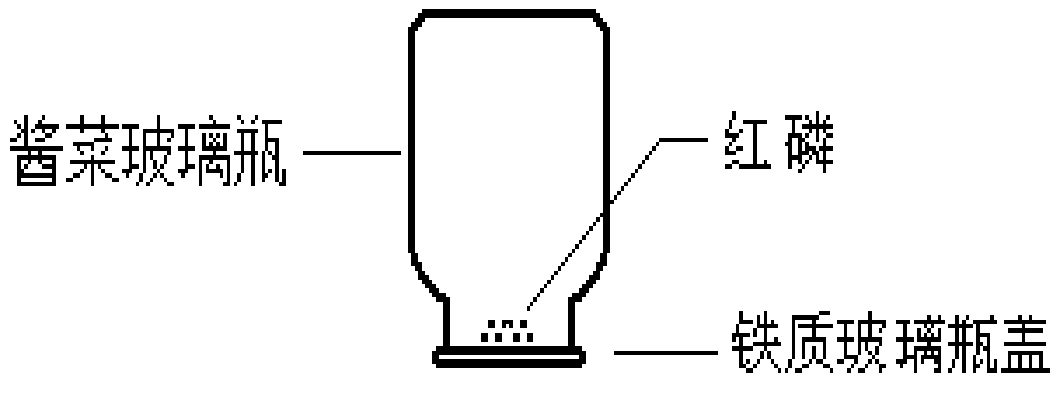


原实验



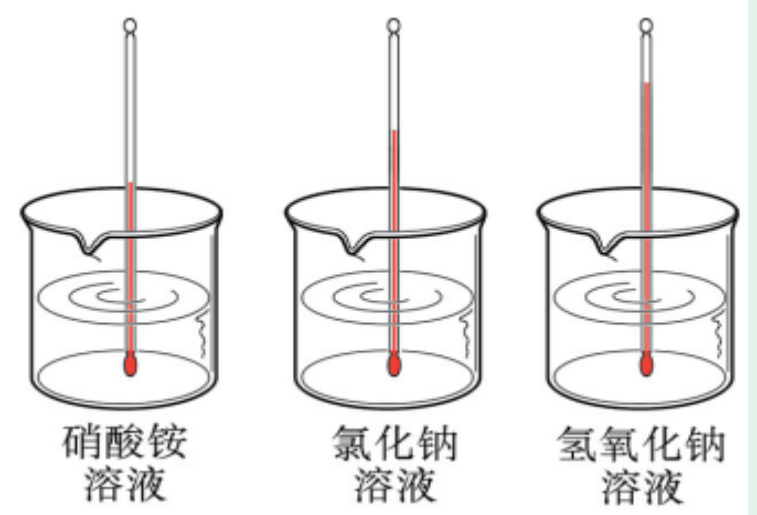
改进实验

将玻璃瓶倒立在左盘，记下称量值；等燃烧结束再次称量，称量值不变，即天平保持平衡。



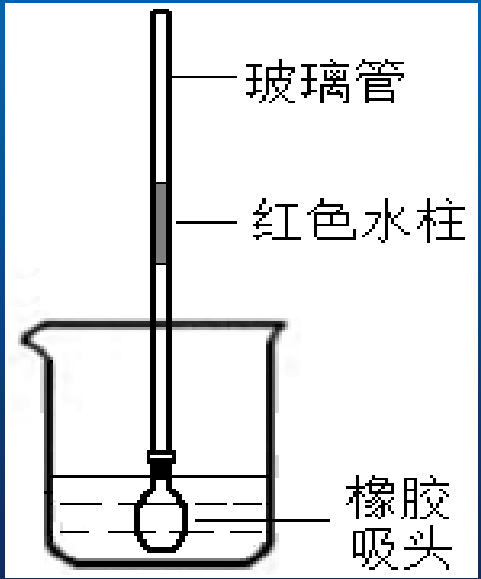
酱菜玻璃瓶受热会不会爆裂？国家对此类玻璃包装瓶的耐压要求是－1～2atm，所以不会爆裂。它的质量远远好于我们的化学仪器。

当然，磷燃烧会加速铁质瓶盖的破损，为确保安全，做完一轮实验后瓶盖应及时更换（一个瓶子配多个瓶盖）。

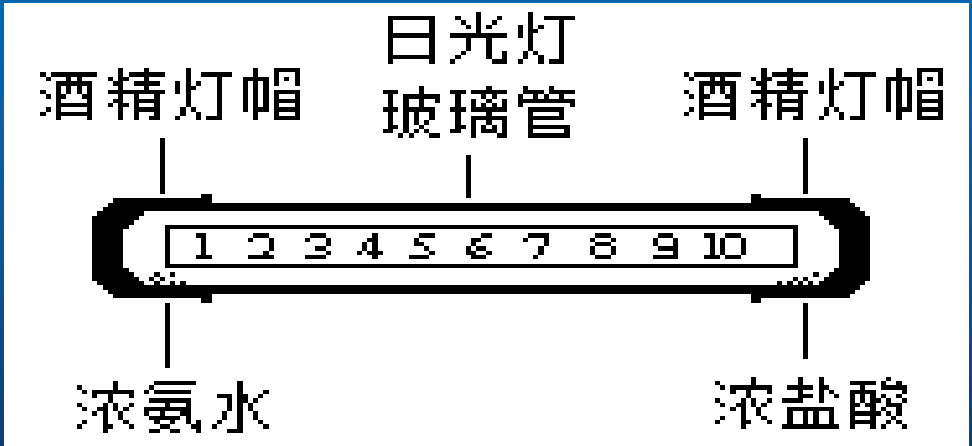


初中化学实验中出现的能量变化现象，都是用温度计进行测量的，而温度计刻度细小，不易观察。

我们用细玻璃管与橡胶吸头组合，做成1个简易的大温度计，直接放入溶液中，即可显示温度的变化。



利用废旧日光灯玻璃管，做空管生烟实验

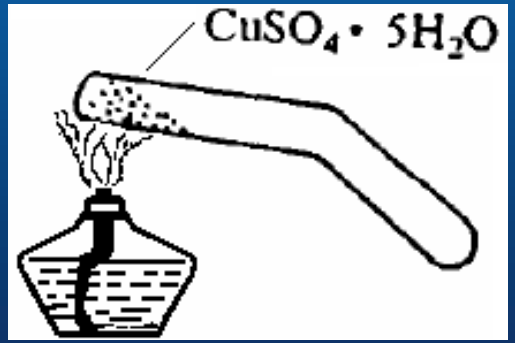


上述实验用品，都是容易得到的廉价材料，有的是废物再利用。

5. 安全性的原则

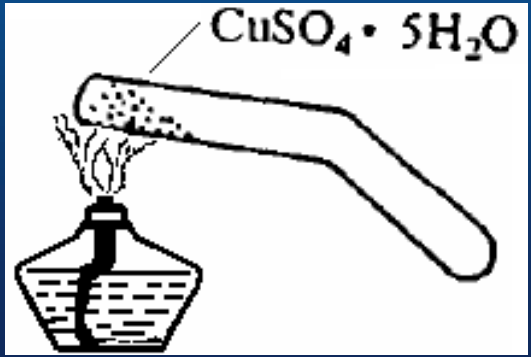
中学化学实验涉及不少易燃易爆、腐蚀有毒的物质，因此，化学实验必须以人为本、安全可靠、对环境友好。

加热硫酸铜晶体的实验装置：设计者认为，加热时硫酸铜晶体变白，水流至下端；装置冷却后再竖起来，水能流回，$CuSO_4$粉末遇水又变回硫酸铜晶体，因而装置能反复使用。



原文刊《化学教学》

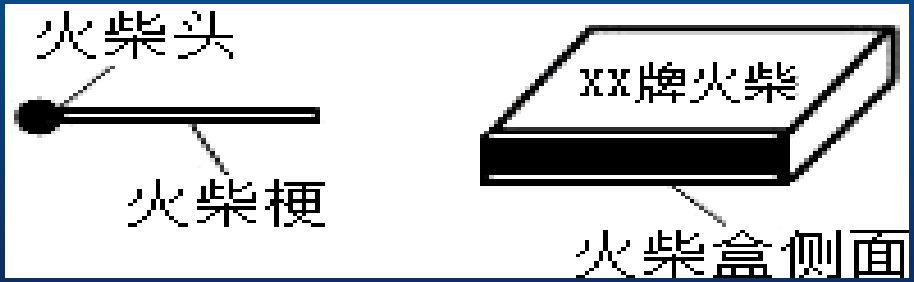
其实，此装置极可能爆炸，因为固体结晶水变为水蒸气，体积会增大上万倍；即使不爆炸，若温度过高，硫酸铜晶体分解为CuO，那CuO就难以变回硫酸铜晶体，这个装置也就不能再次使用了。



一位化学老师这样改进“白磷燃烧前后质量测定”的实验：他将白磷更换为火柴头，并放到封闭的试管里加热。

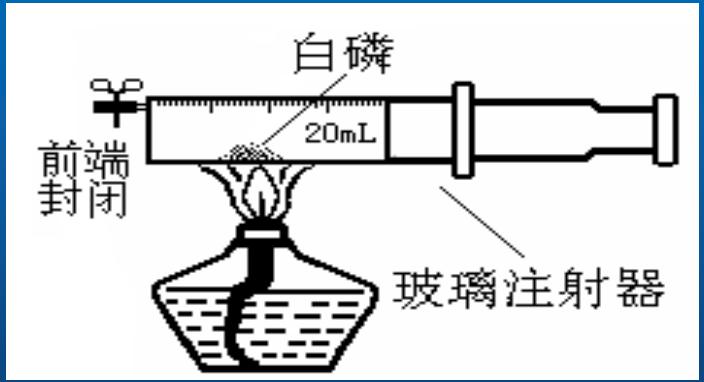
原发《当代教育科学》

火柴头上含有$KClO_3$、MnO_2和Sb_2S_3等，当摩擦生热时，Sb_2S_3先燃烧产生SO_2气体，放出的热量瞬间使$KClO_3$分解放出O_2，火柴梗剧烈燃烧也产生气体。在密闭的试管里产生了大量的气体，这个实验就危险了。



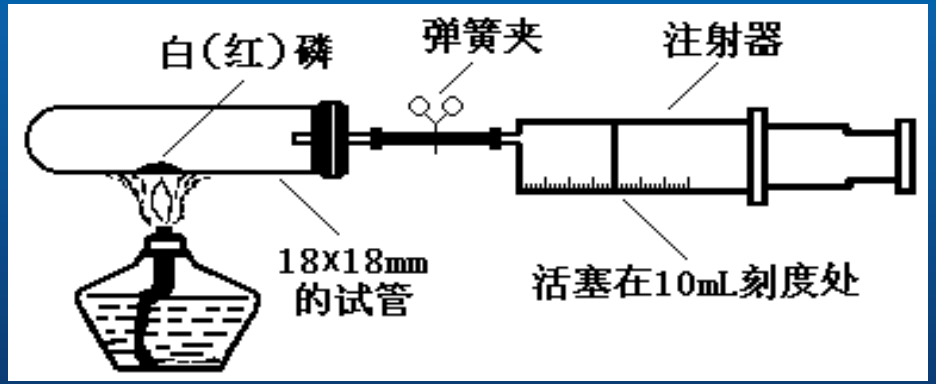
另外，火柴头上其实不含磷(火柴盒侧面含磷)，所以**磷燃烧反应已不存在**。并且这个所谓的质量守恒定律实验还涉及多个独立的化学反应（Sb_2S_3燃烧、$KClO_3$分解、火柴梗燃烧等），所以它无法验证质量守恒定律。

我曾经设计了下面这个实验去测量空气中氧气的体积含量，投稿后编辑认为它不太安全。



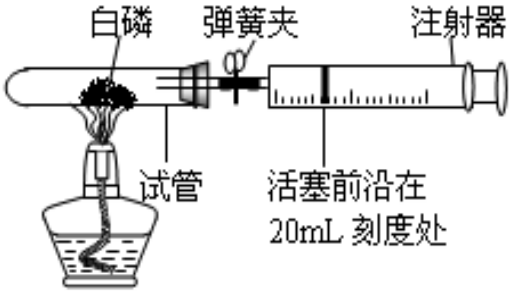
其实这个实验是安全的，因为玻璃注射器不是一次性注射器（可以反复使用很多次），它的材质是耐高温高压的硅硼铝玻璃。

编辑的修改意见还是要听的，于是又优化了一下：



2007年5月全国初中化学竞赛用此素材

26．测定空气中氧气的含量，小华同学打算设计如下方案：选用实际容积为40 mL的试管作反应容器，将过量的白磷放入试管，用橡皮塞塞紧试管口，通过导管与实际容积为60 mL且润滑性很好的针筒注射器组成如图的实验装置。假设此实验能按照小华的设想正常进行，且白磷所占体积与导管内的气体体积忽略不计，请回答下列问题：



（1）实验前，打开弹簧夹，将注射器的活塞前沿从20mL刻度处推至15mL刻度处，然后松手，若活塞仍能返回至20mL刻度处，则说明装置气密性____。

（2）若先夹紧弹簧夹，用酒精灯加热白磷，燃烧结束，等到试管冷却后再松开弹簧夹。

可观察到的现象为____。

（3）若不使用弹簧夹，用酒精灯加热白磷，充分反应直至燃烧结束，试管冷却。可观察到的现象为____。

（4）若按小华的设想进行实验，实际可能遇到诸多问题而发生危险，造成实验失败。例如____。

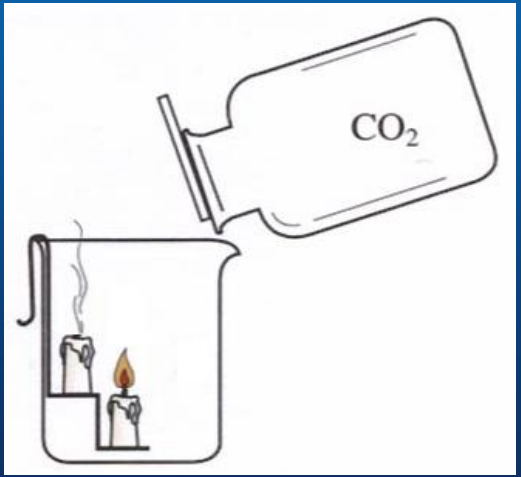
二、实验创新的方法

方法常常比知识更重要。实验创新的方法主要有缺点列举法、希望点列举法、放大法、缩小法、组合法、替换法、移植法、定量法等。

1．缺点列举法

就是通过寻找现有实验的缺陷，并逐一列举出来，然后提出改进方法——这是改进化学实验最常用的基本方法。

多年前的一次考评课，我在演示“倾倒二氧化碳灭火”实验时，出现了异常现象——上面的蜡烛先灭了……



课后好长时间，我都在思考这个实验为什么会失败？原来：

①空间不大的烧杯里燃有2支蜡烛，使得大量的热气流在烧杯里上升。

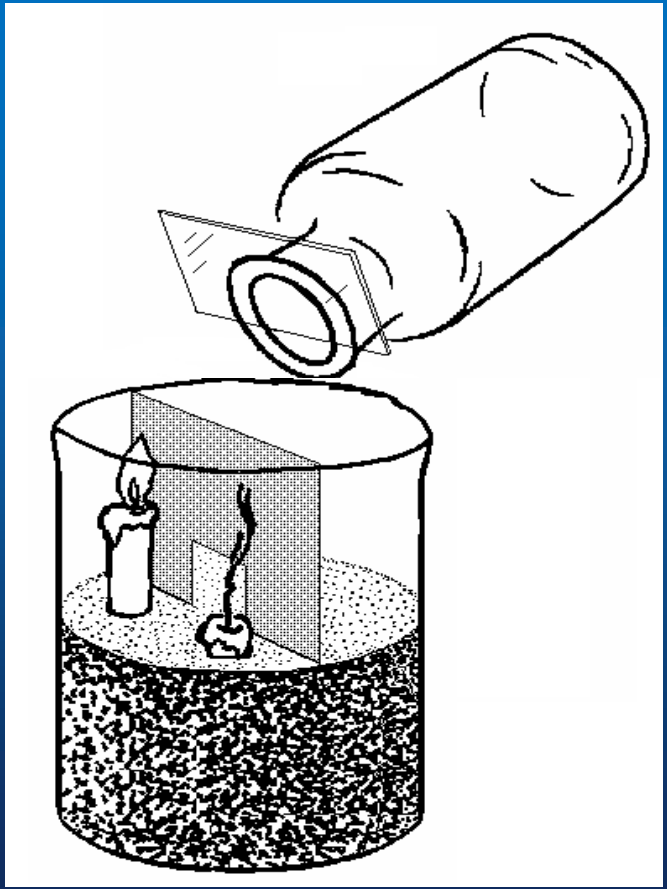
②倾倒二氧化碳时，烧杯里上升的热气流会阻碍二氧化碳的下沉，甚至冲散二氧化碳。

怎样改掉这些缺点呢？

我想，能不能用一个隔板，把烧杯内部一分为二，一边是燃烧的蜡烛，另一边就不会有热气流上升。

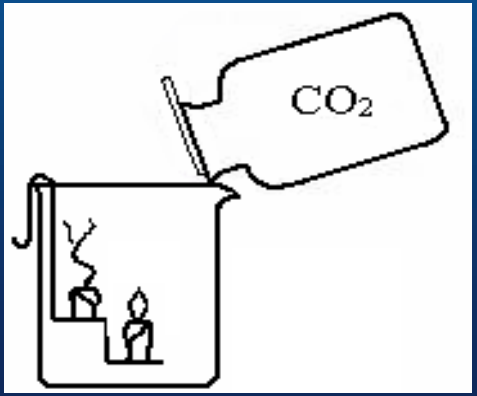
倾倒下来的二氧化碳如何进入蜡烛那一边呢？我又想到在隔板下面挖个缺口。

至此，原实验的缺点被一一攻克。



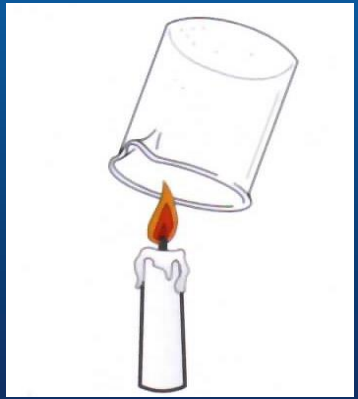
细沙是我在改进的过程中加上去的， 当时我感到在白铁皮上粘蜡烛比较麻烦。

后来我发现：按照课本上的方法倾倒CO_2进行灭火时，只要有蜡烛熄灭、不管哪个先灭，都能说明CO_2不燃烧、不支持燃烧、密度比空气大，不能认为实验失败，关键是如何分析、解释。



正确的解释：CO_2从高于蜡烛的位置倾倒下来后，烛火很快熄灭，这说明CO_2被倾倒后能很快的大量下沉；由玻尔兹曼分布公式可知，在空气中能够很快大量下沉的气体，其密度比空气大。

再如，课本上采用下图方法检验蜡烛燃烧的产物，但是这个貌似简单的实验常常不太成功。



稍作分析，就知道该实验存在如下缺点：

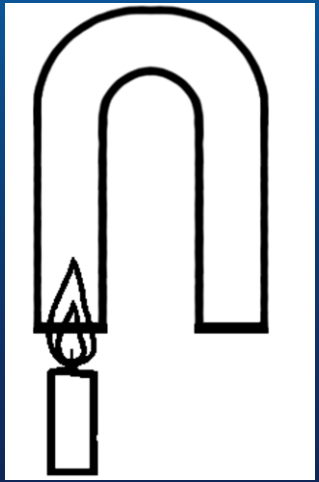
①烧杯壁薄，罩在火焰上热得快，导致水蒸气不易在杯壁上液化，难以观察到水的出现。

②燃烧生成的气体具有流动性，而烧杯是宽口的圆柱形仪器，即便罩在火焰上也不易捕获到较多的二氧化碳，因而石灰水变浑不明显。

③若将石灰水涂到烧杯内壁上，石灰水在受热时也会变浑浊(因温度升高，氢氧化钙会析出)，这样得出的实验结论可信度低。

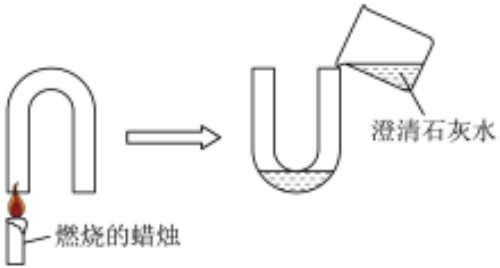
经过对比分析，不难拿出化解不足的方案：将捕获燃烧产物的仪器更换为窄口、大肚、厚壁的集气瓶或广口瓶，罩在火焰上很快看到集气瓶内壁有水雾，再翻转瓶子倒入澄清石灰水，稍微振荡，石灰水立即变浑。

在此基础上发散思维，还想到了用U形管检验产物。由于U形管内气体对流，因而可以捕捉到更多的燃烧产物。当看到U形管内壁出现明显水雾后，再将U形管翻转过来，倒入石灰水，振荡，即可观察到石灰水变浑浊。



13．[2023·永州]小红同学借助 U 形管对蜡烛燃烧产物进行创新实验探究，实验装置图（夹持装置略去）如下。

实验操作步骤是：



①准备一个干燥的 18mm×180mm 的 U 形管备用；

②点燃固定在桌面的蜡烛，将 U 形管的一端罩在蜡烛火焰的中上部，观察 U 形管内壁的实验现象；

③蜡烛燃烧 10 秒后，将 U 形管快速倒过来，立即向 U 形管中注入少量的澄清石灰水.振荡，观察实验现象。

请分析，回答下列问题：

(1)步骤②中，可以观察到 U 形管内壁的实验现象是_____。

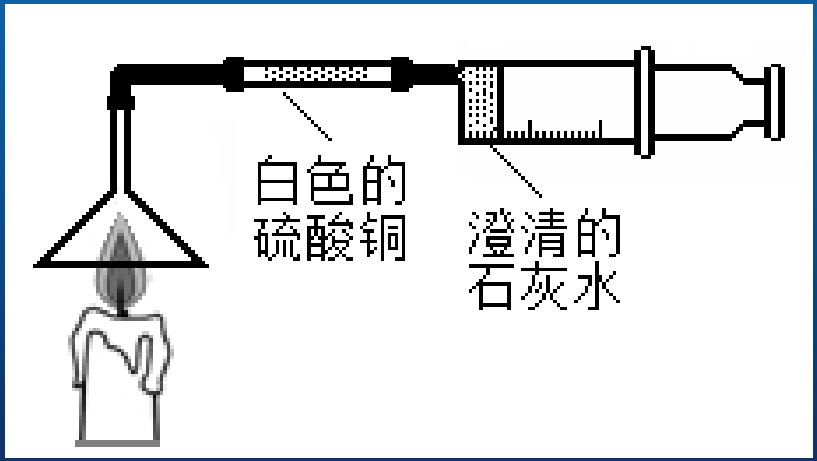
(2)步骤③观察到澄清石灰水变浑浊，其发生反应的化学方程式为_____。

(3)上述实验现象进一步表明，蜡烛中一定含有_____、_____两种元素（填元素符号）。

(4)小红同学用 U 形管代替小烧杯做实验，你认为这样做的优点有_____（填选项）。

A．便于实验操作　　B．实验现象明显　　C．产物浓度较低

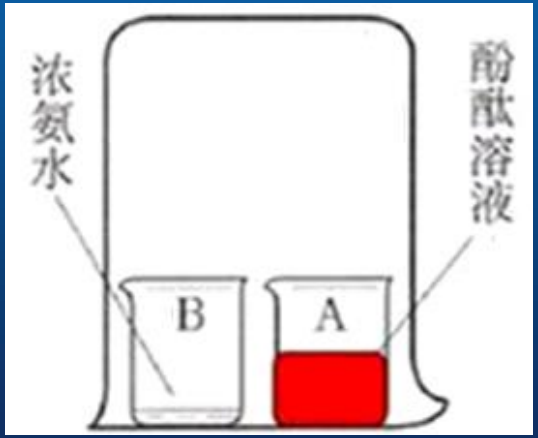
继续优化，又想到了下面这个一体化装置，检验蜡烛燃烧的产物新颖、简洁、方便。



2．希望点列举法

根据个人愿望或教学需要，对某一化学实验提出美好愿望，这就是“希望点列举法”。它是设计新的化学实验最常用的快捷方法。

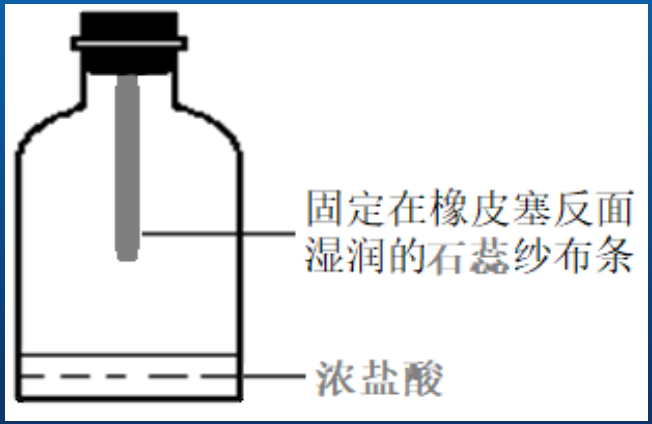
如按照课本上的方法做氨分子运动实验，装置无法固定，每次实验都要组装；氨水用量大；逸出的氨臭味严重等。



于是提出如下希望：①装置固定；②现象明显；③绿色环保。

如何落实上述希望呢？可以想办法把不能连接的烧杯换成可以连接的其它仪器。

如把原实验中三个烧杯压缩为带有橡皮塞的广口瓶，这样改进后就可以连续做实验了。



3．放大发明法

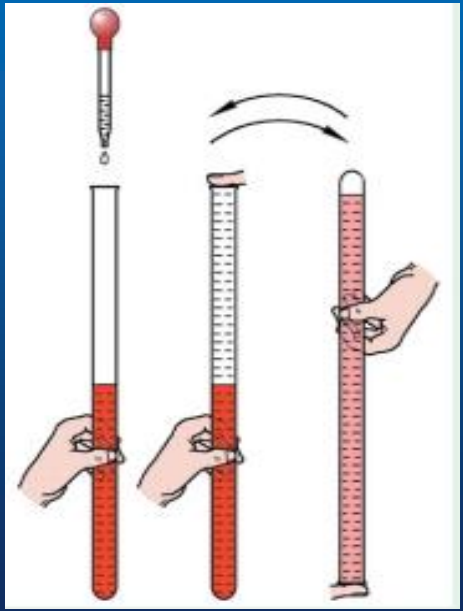
将不明显的实验现象放大，也是实验创新的有效技法。通过放大求新，追求感官效应。

我们团队在1.2m长的日光灯玻璃管里，做物质由微粒构成的实验。

还用日光灯玻璃管做了氨分子运动的实验

日光灯玻璃管的处理方法：取废旧的日光灯管，先轻轻拧下两端的金属帽；然后戴上口罩，用前端裹有棉花的铁丝在日光灯管里轻轻推拉几次，以除去内部的荧光粉；最后用水将日光灯管冲洗干净，晾干后备用。

课本上“分子之间有空隙”实验，产生的空隙不是太明显。



可以选用较大仪器球形干燥管进行实验

悬而不落！这一放大的实验现象使学生惊喜不已，充分说明微粒之间有空隙。

公开课上

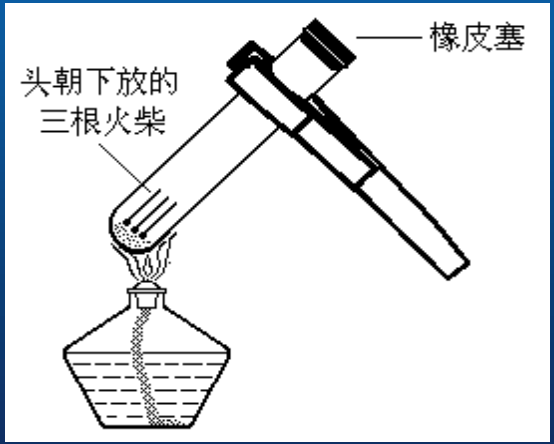
公开课上

如果手指上的皮肤粗糙，可以在手臂上做

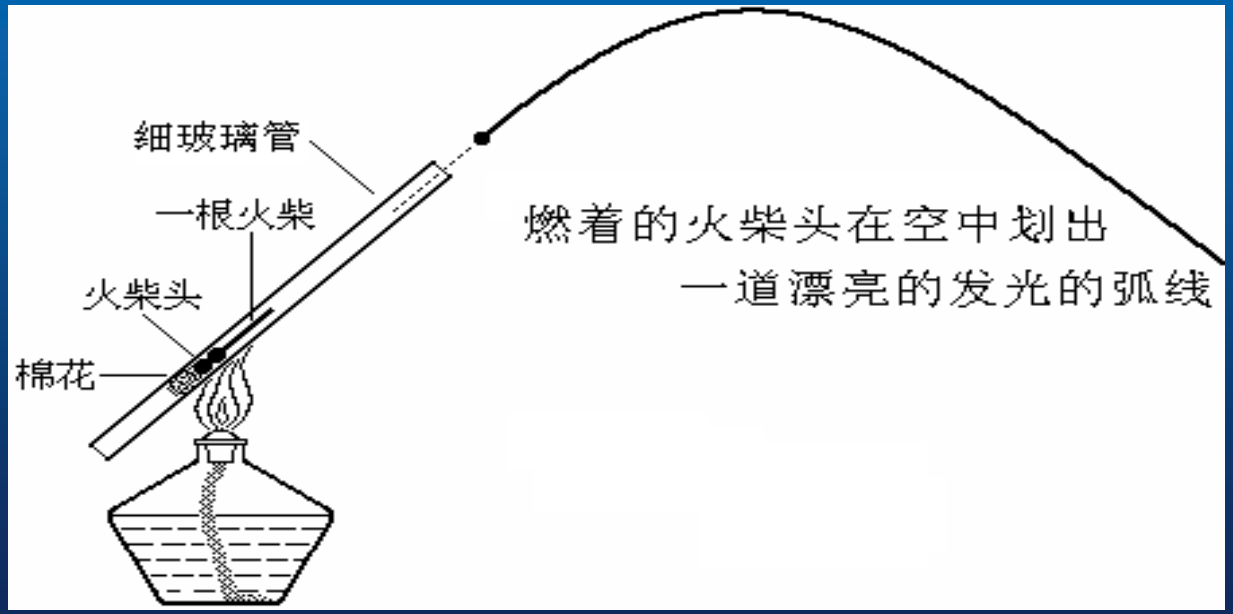
4. 缩小省略法

缩小省略法就是运用缩小、减少、删减等手段，对化学实验进行改进和设计。微型实验就是通过“缩一缩”“减一减”设计出来的。

HJB化学课本上曾经编排了“加热试管中火柴头”实验，不少教师害怕爆炸，不敢做此实验（所以该实验已被删除）。



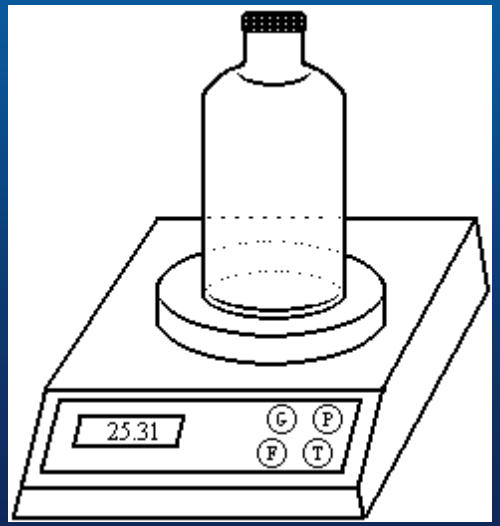
我们团队用缩小省略法改进了这个实验，更安全、更有趣；同时实验现象不仅没有缩小，还放大了。

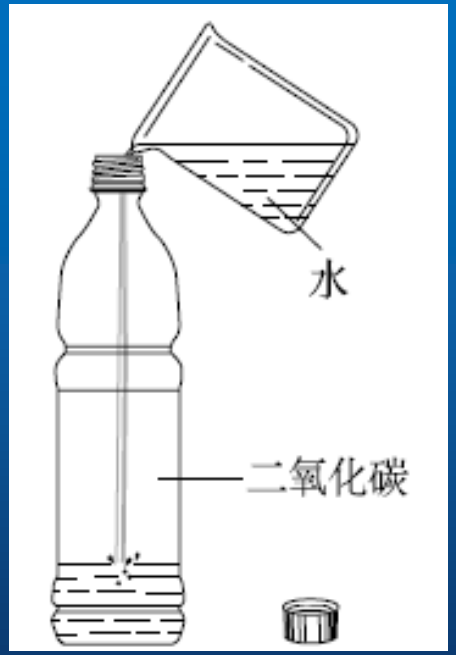


5. 定量思维法

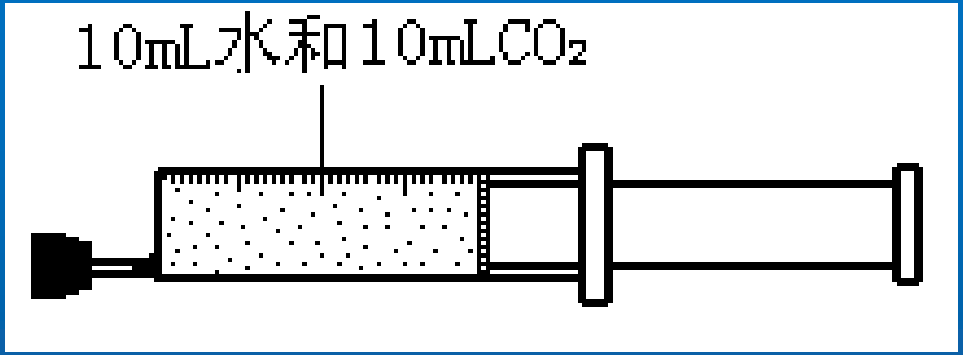
就是在定性实验的基础上，基于量的角度分析和解决问题。中学化学课本里的定量实验很少，所以仍有开发的空间。

把盛满CO_2的塑料瓶放到电子天平上称量(约为25.31g)，倒出CO_2后再次称量(约为25.10g)。读数减小了，说明CO_2质量比同体积的空气大，即CO_2密度比空气大。

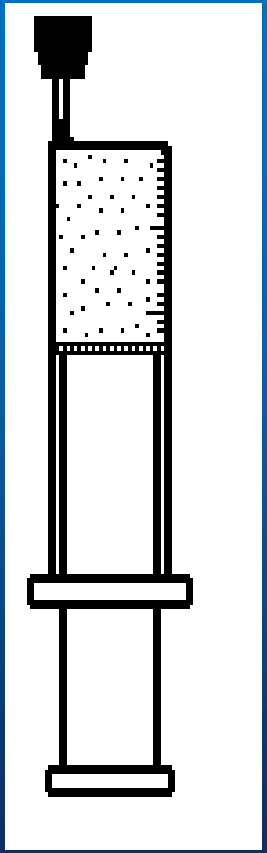




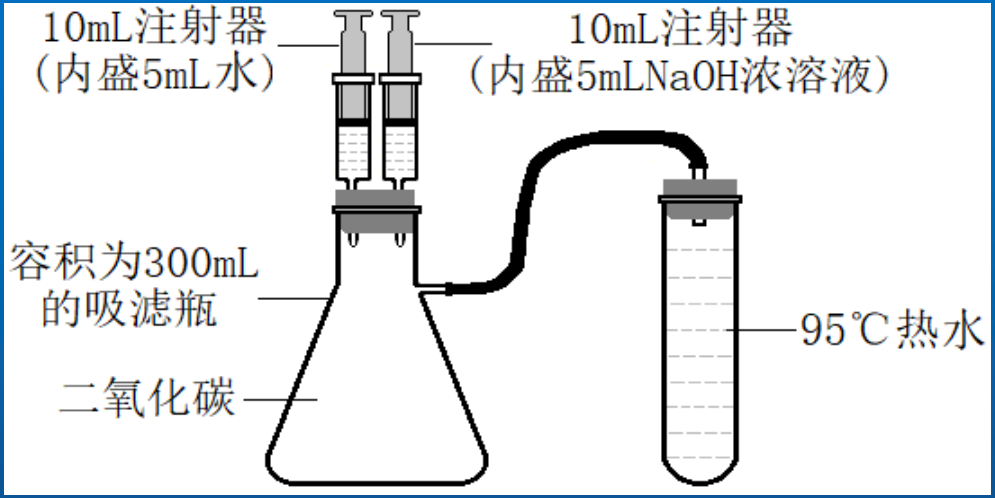
课本上用塑料瓶做CO_2溶于水的实验，其不足是：CO_2的用量大；实验时只看到瓶子变瘪，不能显示CO_2溶解了多少。我把塑料瓶换成注射器，不仅改掉了原实验的不足，还能直观显示CO_2的溶解度。



用20mL注射器先抽取10mL刚冷却的凉开水，再抽取至少10mLCO_2 (此时刻度在20mL处)，封闭针管后用力振荡，活塞会自行向前推进，最后停在大约12mL刻度处，说明在10mL水中，约能溶解8mL的CO_2。



接下来将注射器竖起、下拉活塞，溶液中立即冒出大量的气泡；松开手，气泡消失——这又验证了“压强减小，CO_2溶解度变小”，逆向思考可知“压强增大，CO_2溶解度增大”。

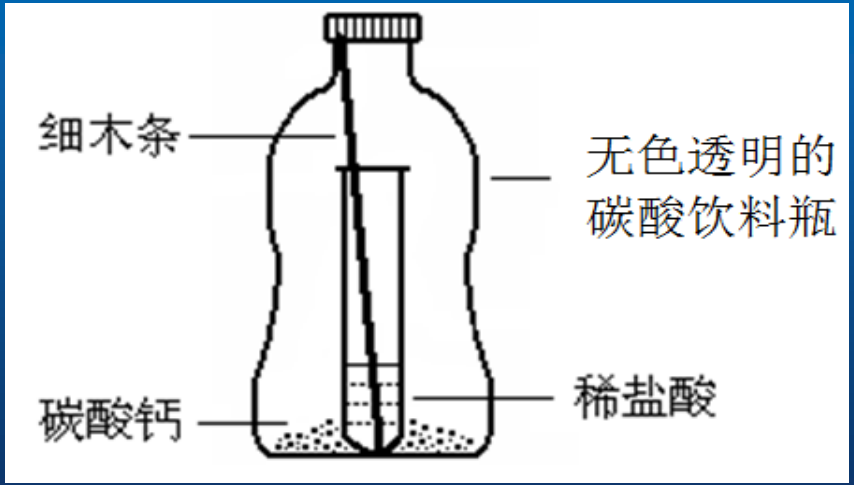


按图连好装置，然后将5 mL水一次性注入吸滤瓶里，振荡，95℃热水没有沸腾；再将5mL的NaOH浓溶液一次性注入吸滤瓶里，振荡，热水立即沸腾。说明CO_2能与NaOH溶液反应。

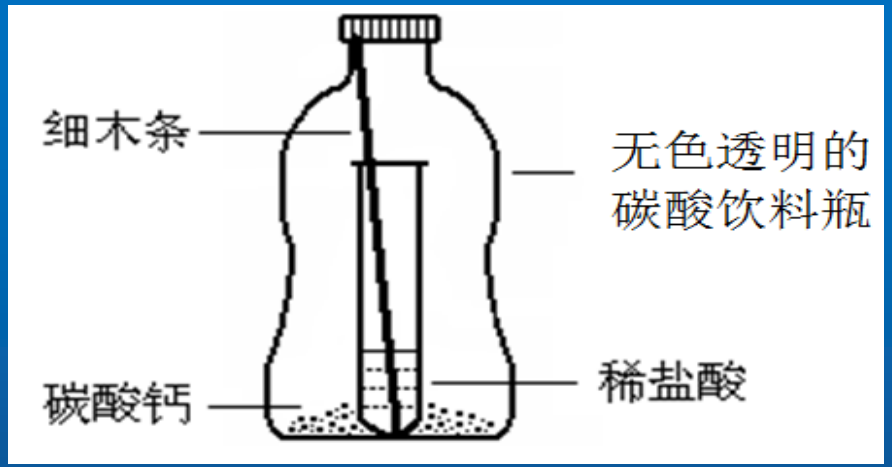
6. 模仿法

模仿法就是模仿和借鉴已有实验中的某些有效因素，并对它进行提炼和再设计，从而创造出新的实验。这是一种快捷的创新方法，但不能生搬硬套。

验证质量守恒定律实验：我们从网上看到别人的设计(如下图)，倾斜瓶子就反应，反应前后质量不变。

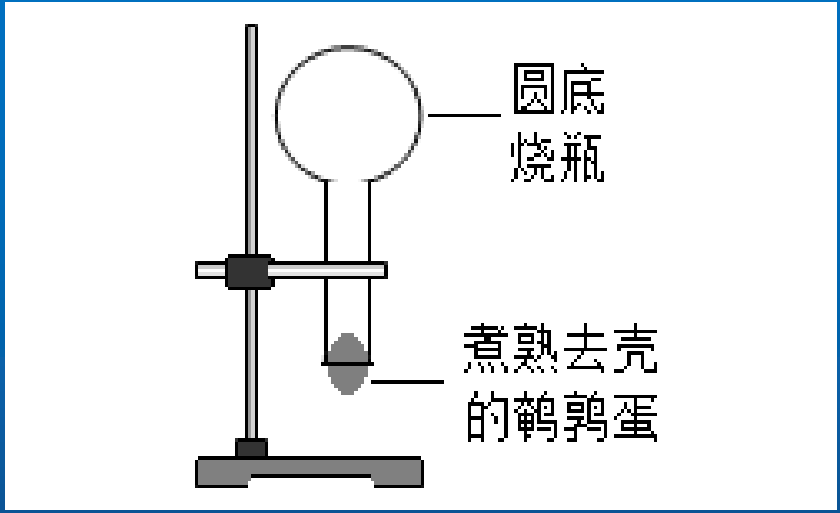


但它是一次性装置，在多个班级连续授课时不够方便。

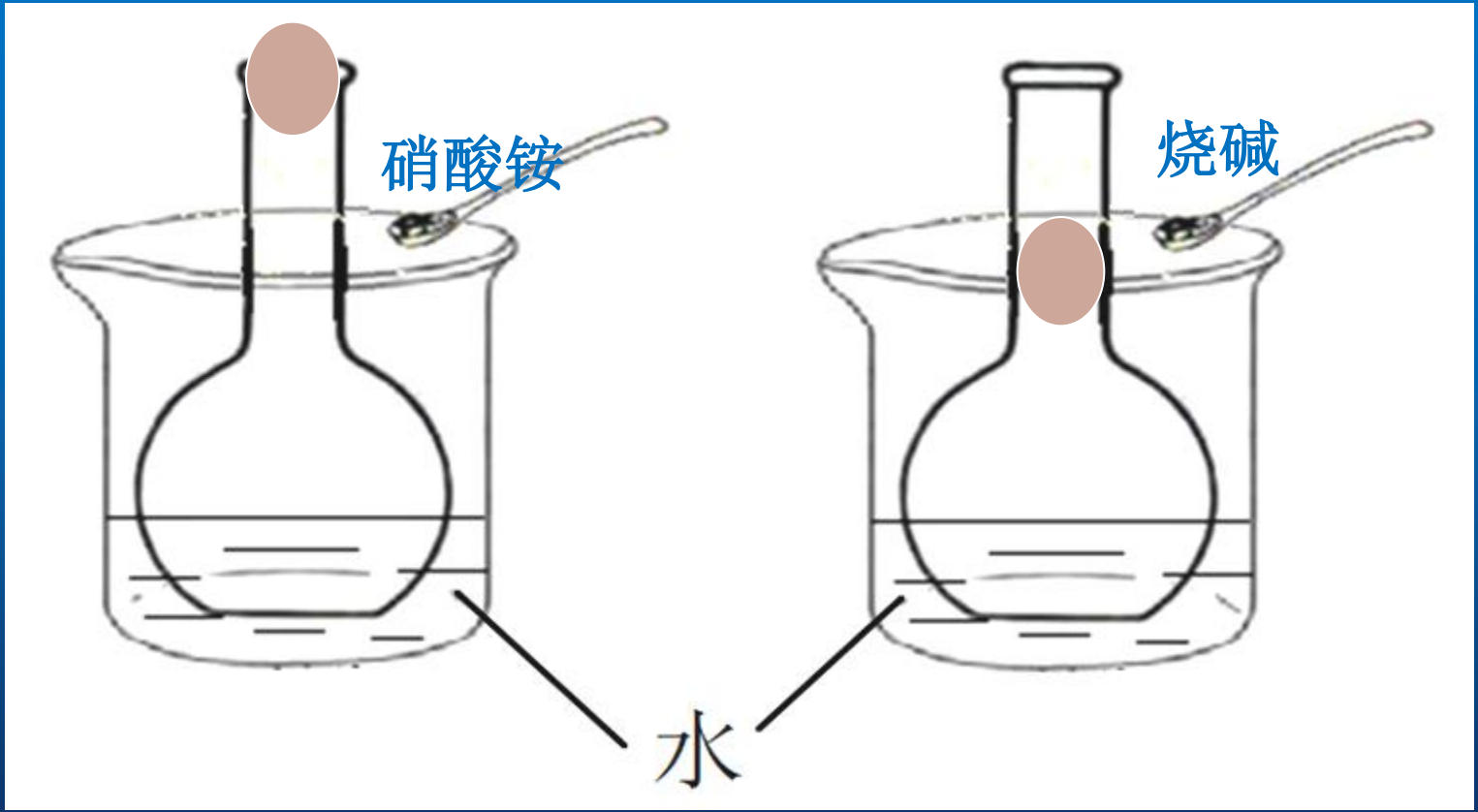


我们团队的模仿设计：保留其优点，设法使反应便于控制（**倾斜瓶子就反应，直立瓶子反应停止**），这样装置就能连续使用了。

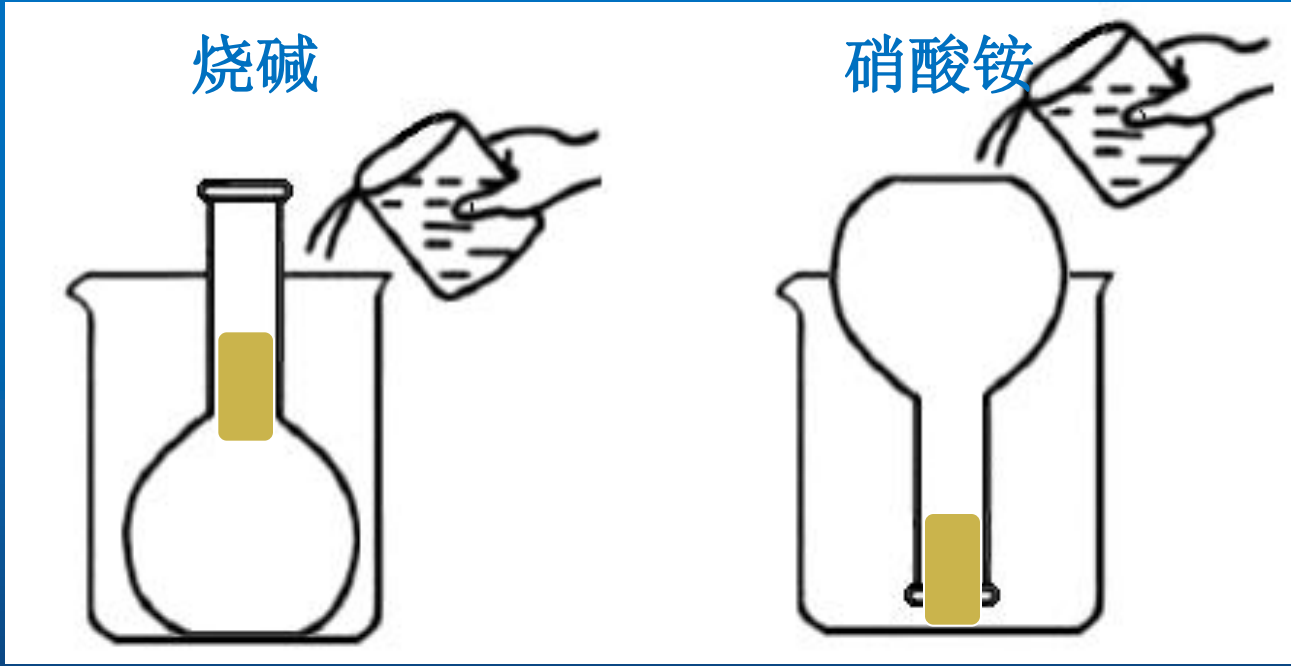
使用这个装置一段时间后，有一天实验员突然发现瓶子倒了……



有**物理老师**借助鹌鹑蛋设计出验证大气压强的实验：将圆底烧瓶放在开水中烫一下，然后把煮熟去壳的鹌鹑蛋塞入烧瓶口，稍后鹌鹑蛋就会缓缓进入烧瓶。

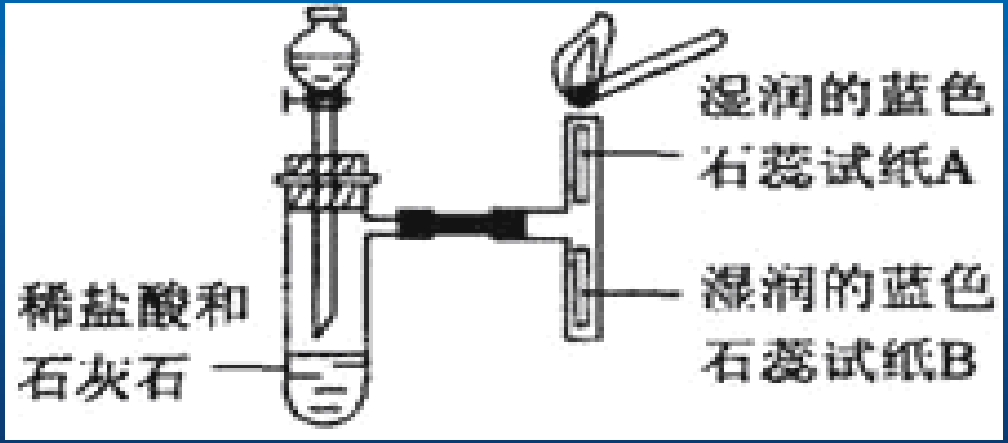


我们的模仿设计体现了生活化、趣味化



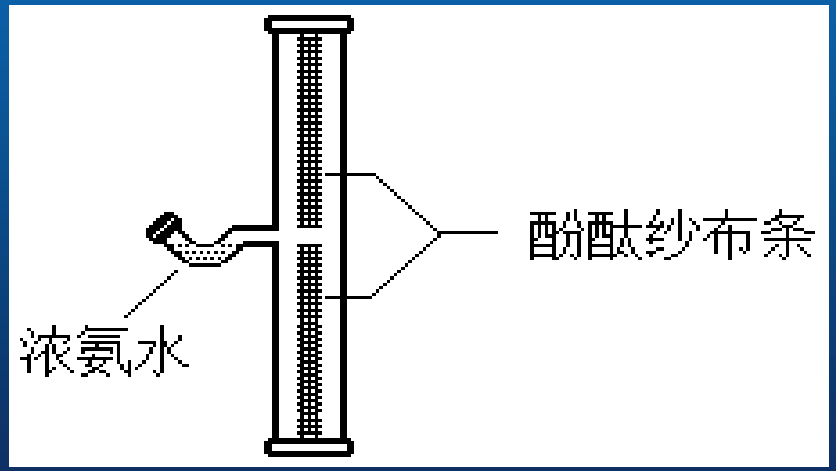
鹌鹑蛋是一次性物品而且易腐败，找到与瓶颈配套的鹌鹑蛋也非常不易。我们继续模仿设计：将鹌鹑蛋更换为软木棍或弹力球……

分子运动实验：几年前，我看到江西的吴老师采用T型三通管探究二氧化碳的性质：

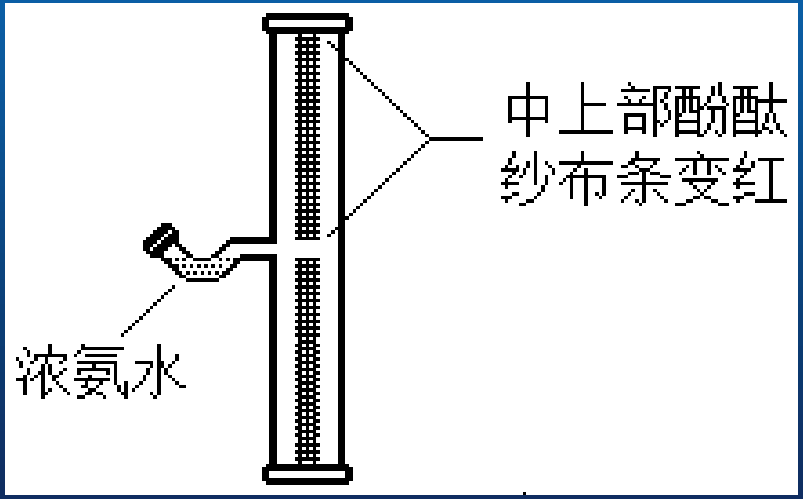


受此启发，我们用T型三通管模仿设计，探究微粒运动。

将一根湿润的酚酞纱布条放入T形三通管的粗玻璃管内，在T形三通管的支管内滴入少许浓氨水，然后封闭支管口。



观察到，仅有中上部的纱布条变红色，这不仅说明氨分子在不断运动，还说明氨气密度比空气小。

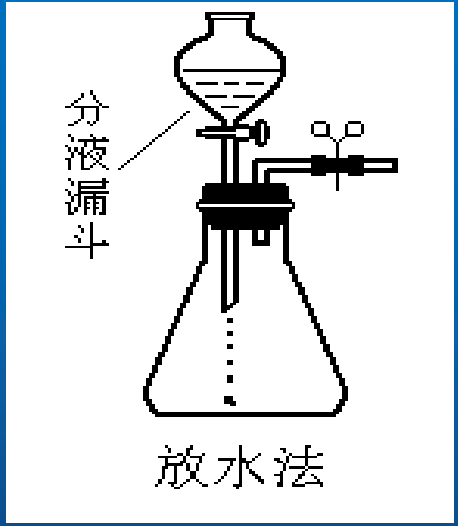


7. 类比法

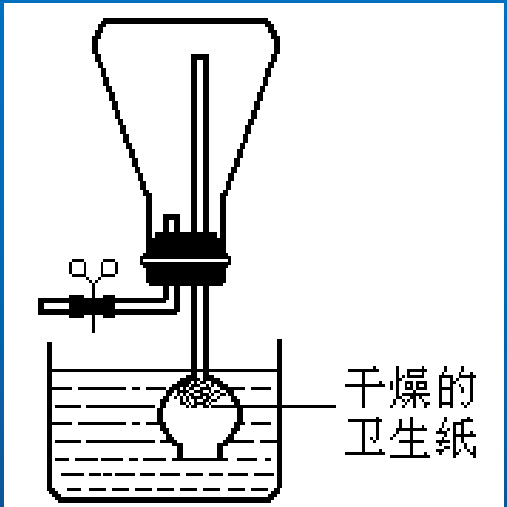
类比法就是将两个或两个以上的实验进行比较，通过比较找出它们之间的相同结构或相似原理，然后再将此原理进行迁移再创造。

课本上两种检查装置气密性的方法，都是通过增大装置内的气压，来进行操作的。

类比思考：增大装置内气压来检查气密性的方法还有哪些呢？于是就有了放水法、鼓气法、浸水法等。

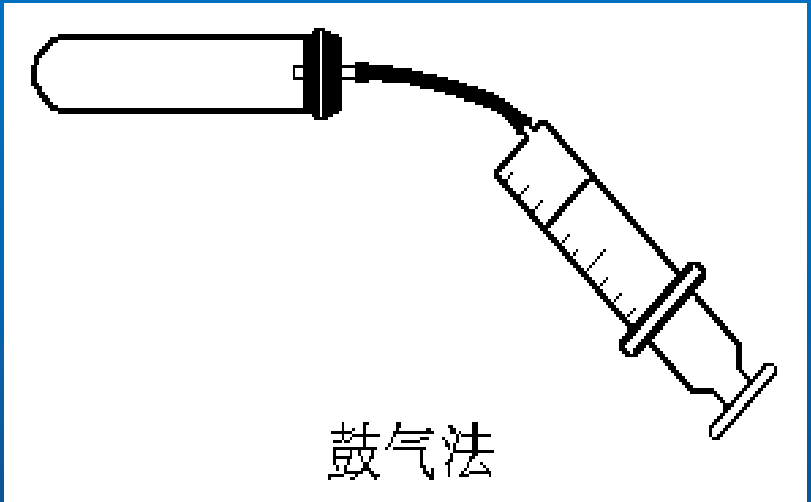


打开分液漏斗活塞放水，水很难流下来，说明装置不漏气。



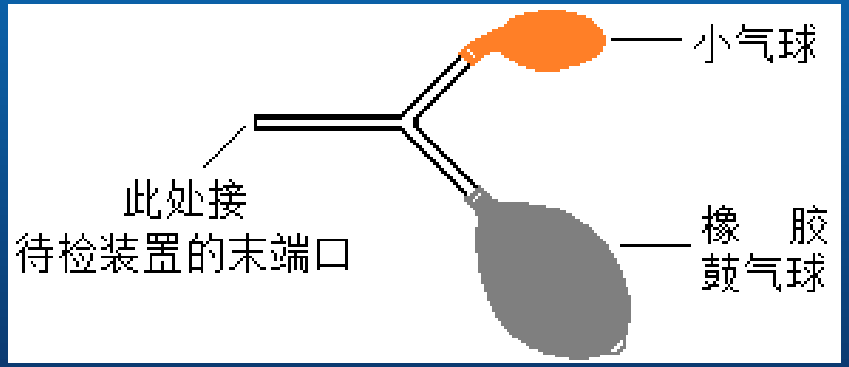
浸水法

干燥的卫生纸不会潮湿，说明水没有进入容器，即装置不漏气。

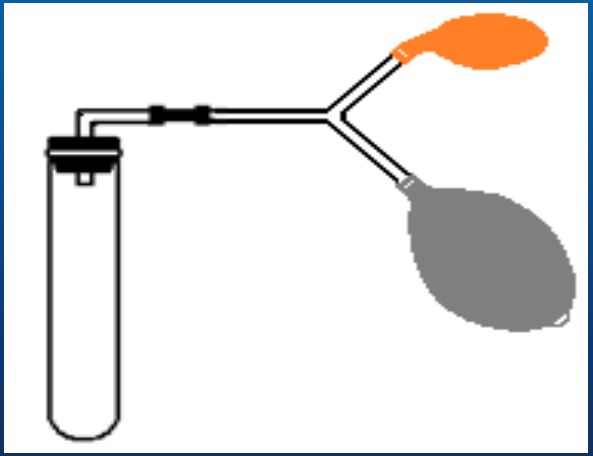


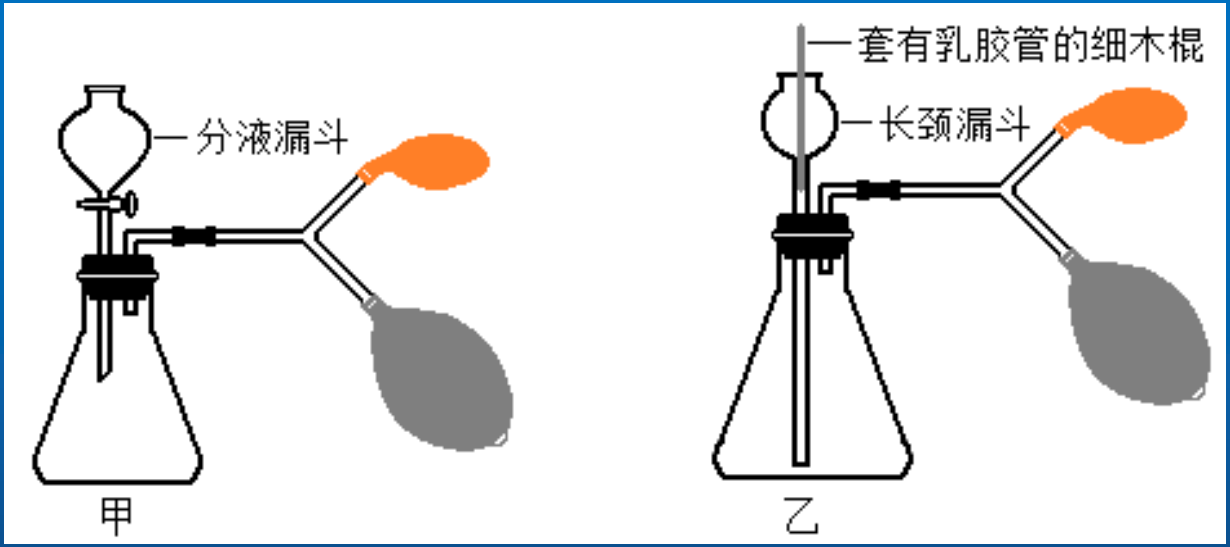
向前推动注射器活塞一小段距离，然后松开手，若活塞能返回原处，说明装置不漏气。

根据鼓气法原理，我们又设计出检查装置气密性的**专用仪器**。



有一个开口的实验装置，在其管口处接上检查装置气密性的专用仪器，连续鼓气几次，停止鼓气后如气球大小不变，说明不漏气。



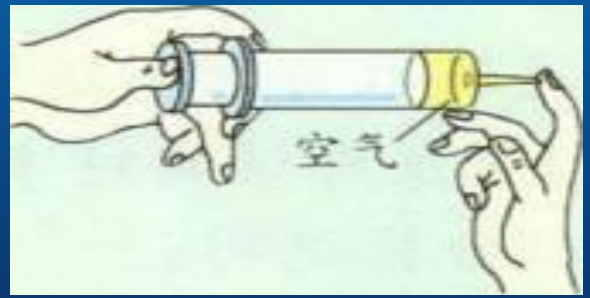


有两个开口的实验装置，先想方设法封闭一个管口，在另一个管口接上检查装置气密性的专用仪器，连续鼓气几次，停止鼓气后如果气球的大小不变，就说明装置不漏气。

8．对比法

通过对比实验现象的差异，找出实验的内在联系，从而得出实验结论；初中化学教科书中很多实验都利用了对比实验法。因此，对比思维也是改进化学实验的常用方法。

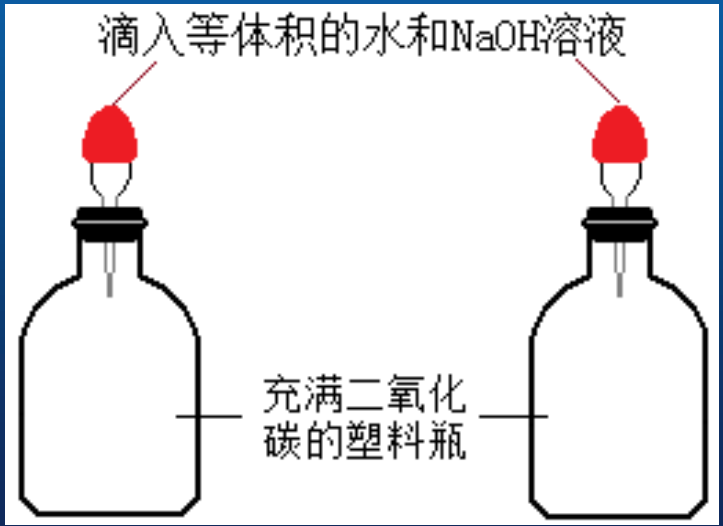
在课本上，水和空气的压缩实验是利用注射器先后进行的两个实验，实验的对比性不强



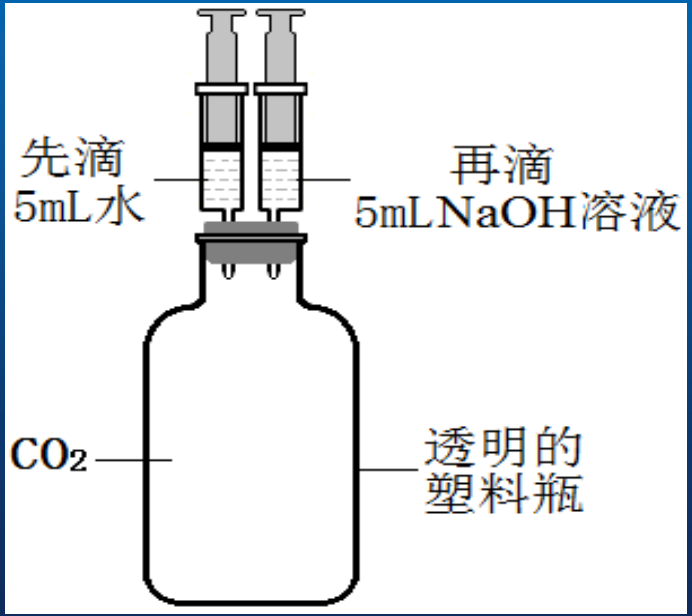
我们用两个塑料瓶进行对比实验：塑料瓶容积约是100mL，正好一只手可以握住一个，实验一次完成，因此对比性增强了，能真实感受到气体分子之间的空隙大于液体。

将大小相同的空气球和CO_2气球，在相同的高度同时松手， CO_2气球先落地，该对比直观地说明CO_2密度比空气大。

验证二氧化碳与NaOH溶液反应，使用两个塑料瓶进行对比实验，现象很直观（盛有氢氧化钠溶液的塑料瓶更瘪），结论很准确（充分说明二氧化碳能与NaOH反应）。



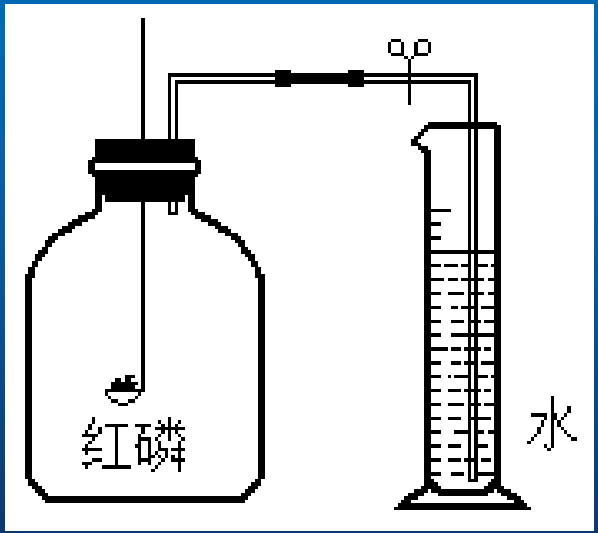
也可以使用一个塑料瓶，依据先后对比的思维，继续进行优化设计（滴入氢氧化钠溶液时塑料瓶明显变瘪）。



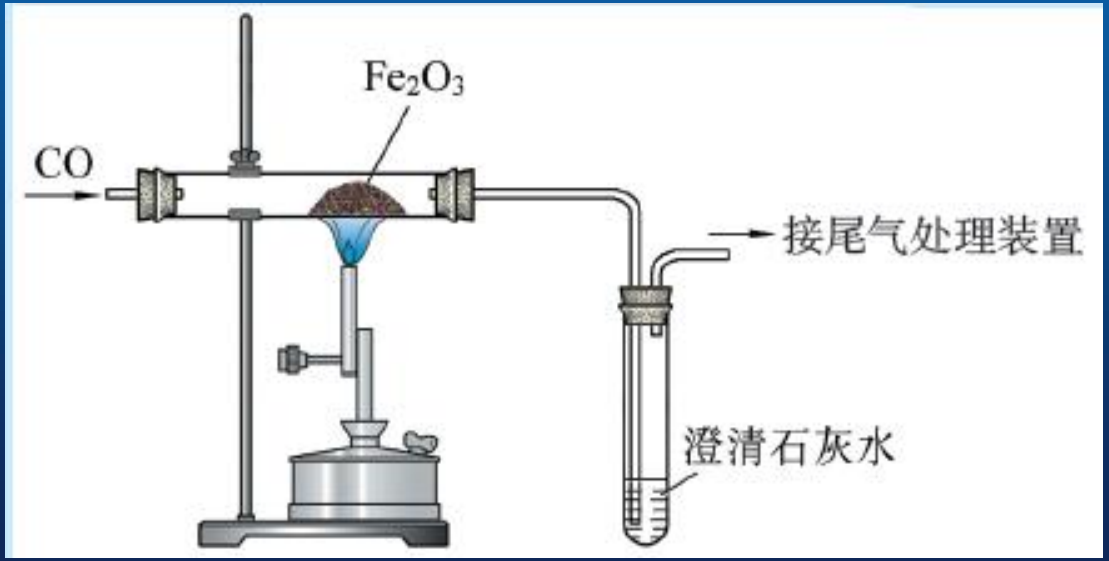
9．等值交换法

从现有实验的原理和功能中，寻找能与其他事物等值交换的一种创新技法。

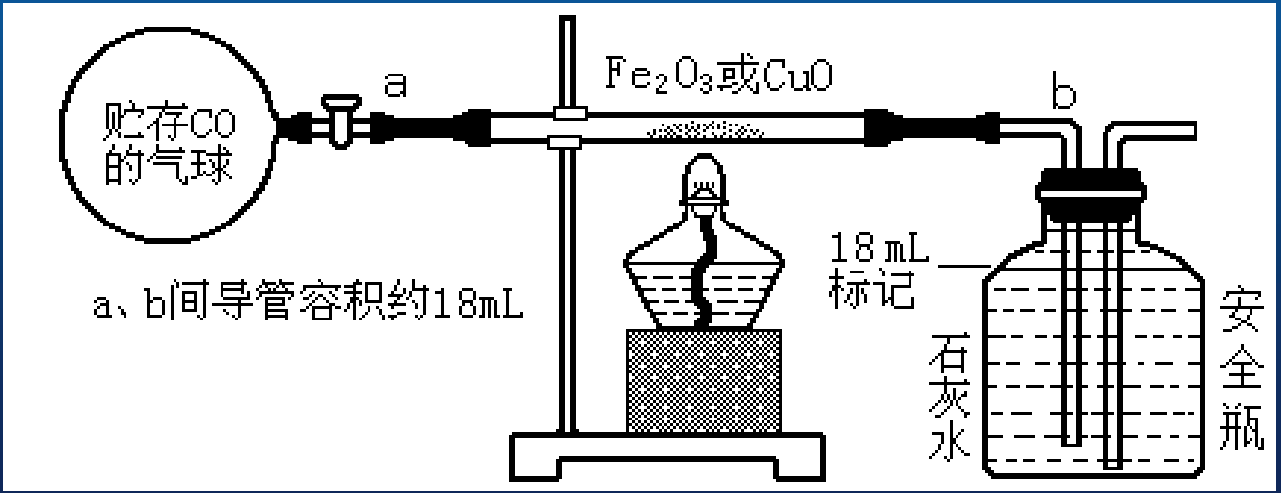
测量空气中氧气体积含量实验，就蕴含了等值交换法——水与氧气等体积交换。



CO还原性实验，困扰我们的最大问题是：不能及时知道玻璃管内的空气是否排完。我们用等值交换法进行创新：设法将玻璃管内的空气，用等体积的水来交换。



ab段细管里有18mL空气，通入CO后，CO可以充满整个细管，从而把里面的空气向前推入集气瓶；若瓶内液面下降到18mL标记处，就说明空气与石灰水已等值交换，即细玻璃管内的空气基本排完，可以加热了。

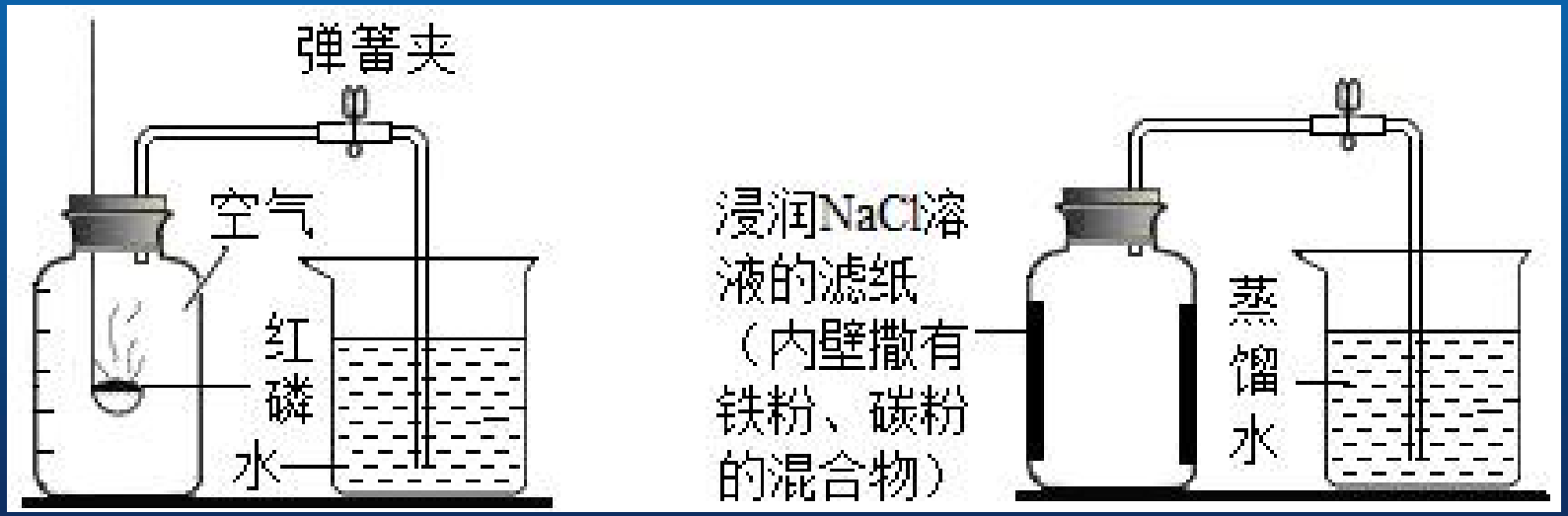


这个集气瓶不仅是安全瓶，还将检验CO_2、吸收CO_2、收集尾气等功能融为一体。

10. 替换法

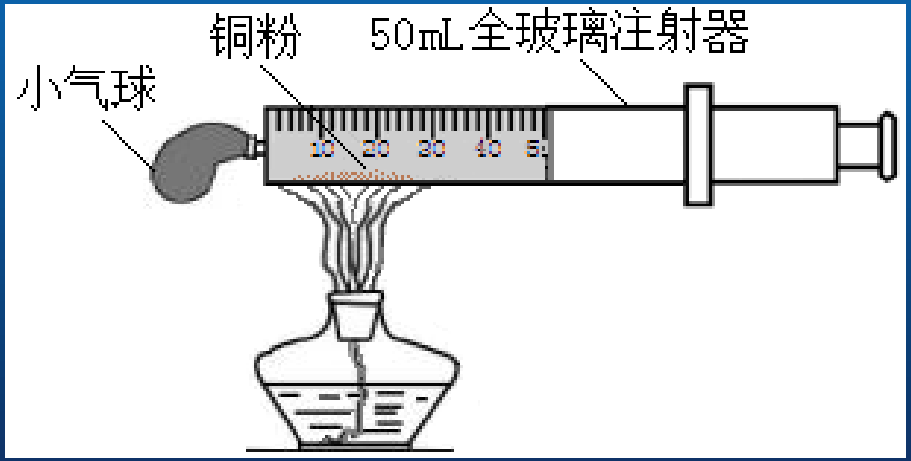
替换法就是通过更换不同的材料或物品，或不同的反应原理，以优化实验装置和实验方法，从而产生更好的效果。

利用铁生锈原理**替换**燃磷法，也能测出空气中氧气的体积含量，而且实验结果更准确，因为这是缓慢氧化，耗氧更彻底。



原实验　　铁生锈法

利用铜氧化原理替换燃磷法，也能测出空气中氧气的体积含量，实验结果也比较准确。

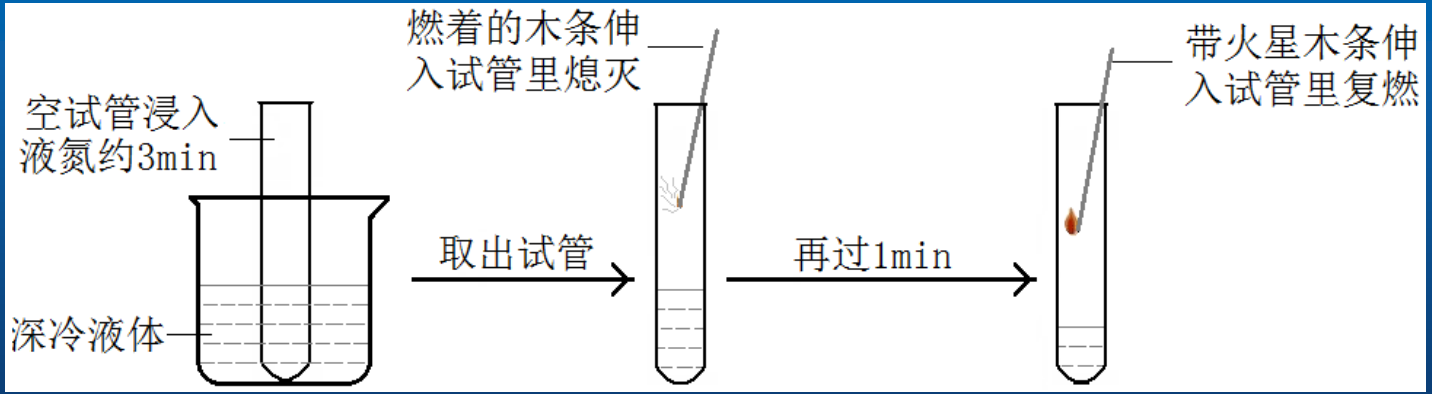


铜氧化法

电解水实验如果不用铂电极，放出气泡的速率偏小。解决的方法是加大电压至20V左右。那么如何加大电压呢？

将学生电源替换为**电脑适配器或电动车充电器**进行电解水实验，1min可以产气10mL。

分离空气制氧气，中学化学实验室能做吗？可以！将深冷设备换成深冷液体。



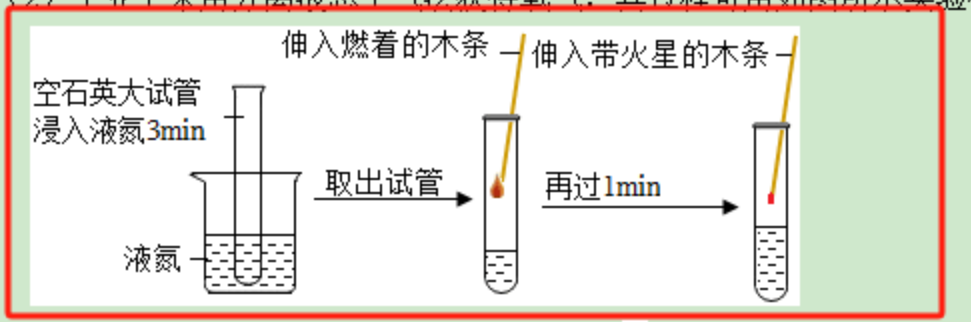
本实验也受到了命题者的青睐，请看中考题：

[2023·无锡]2023年5月30日，神舟十六号载人飞船发射成功，航天员将在中国空间站完成各项任务，因此，保障航天员的氧气需求至关重要。那么，空间站的氧气从哪里来？

Ⅰ.从地球带上去

（1）实验室用高锰酸钾等原料制氧，写出高锰酸钾分解的化学方程式：_____；航天工业以空气为原料制氧，工业上选择空气的主要原因是_____。

（2）工业上采用分离液态空气法获得氧气，其过程可用如图所示实验模拟。



①浸入液氮3min后，试管内产生约占其容积$\frac{1}{3}$的液态空气。取出试管，液态空气沸腾，伸入燃着的木条，木条熄灭；1min后伸入带火星的木条，观察到木条复燃。导致木条熄灭的原因是_____。

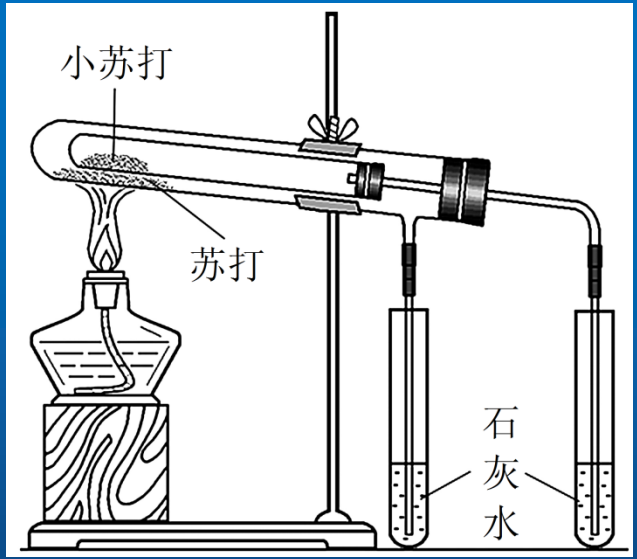
②上述实验利用氮气与氧气的沸点不同实现分离，由实验现象可知，两种气体中沸点比较高的气体是_____。

11．组合法

发明创造说到底就是两条路，一是全新的发现，二是把已有的物品进行组合。组合创新一般有异类组合、同类组合、主体附加、延伸组合等方法，常能达到1+1＞2的效果。

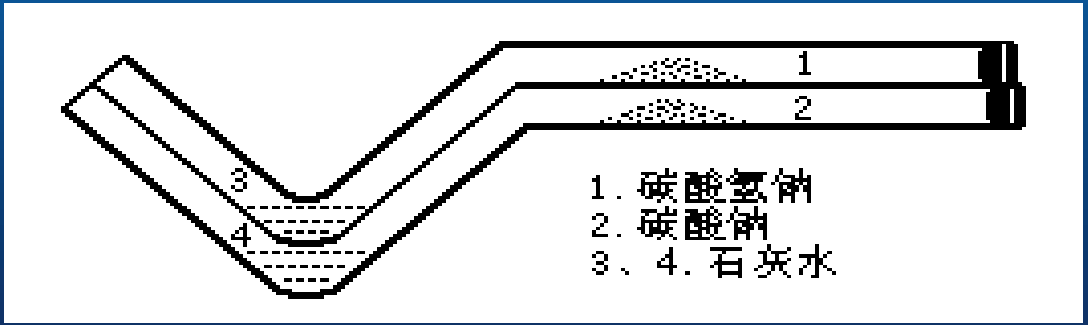
①同类组合法

把多个相同的实验或仪器组合到一块，能弥补单一装置的不足，并且数量的增加能发生质的改变，从而获得新实验，这就是同类组合法。

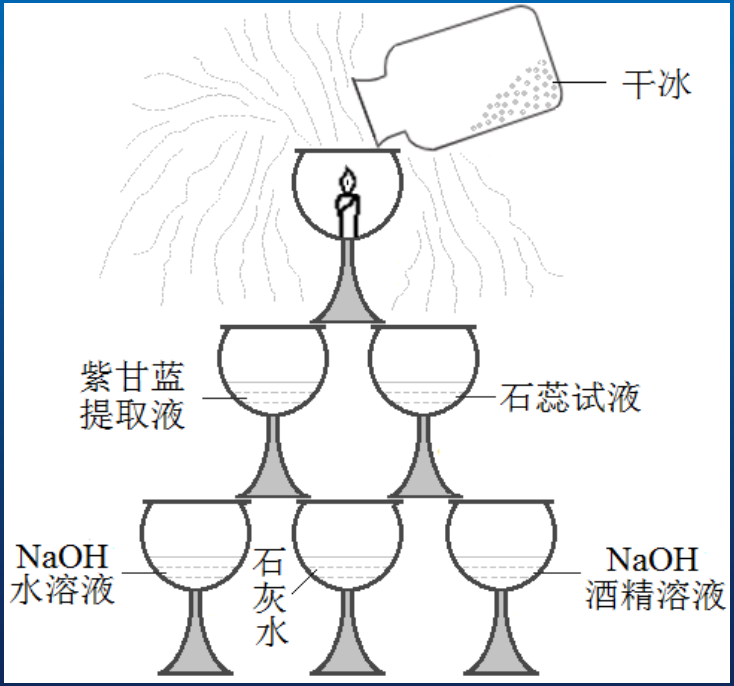


在高中化学里，比较苏打和小苏打热稳定性的套管装置，就属于同类组合，但该实验装置组装起来很麻烦。

我们将两根长柄V型玻璃管并列起来，演示碳酸钠与碳酸氢钠的热稳定性。实验的对比性更强，而且操作简单、现象明显。



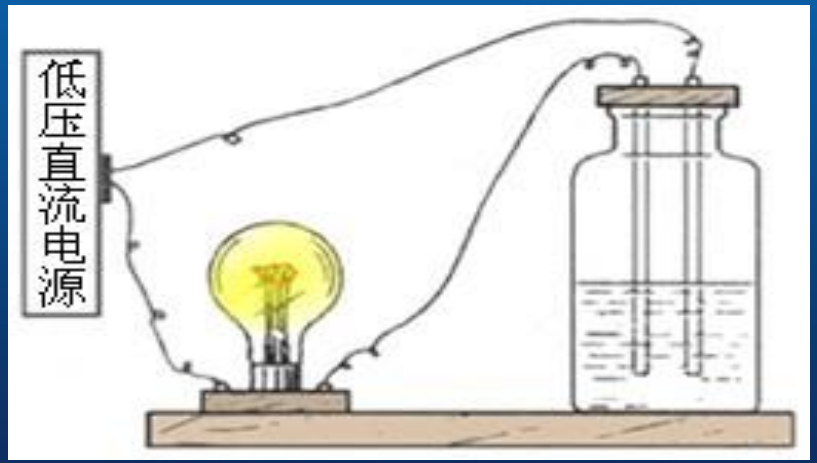
在二氧化碳复习课上，我们将多个高脚酒杯组合起来，探究二氧化碳性质。



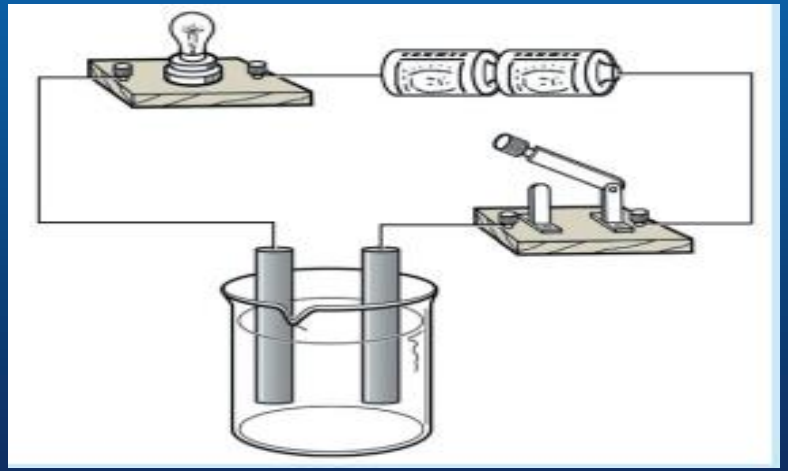
②异类组合法

异类组合法就是将不同的操作方法、不同的实验用品，按某种关联因素进行新的组合，构成我们需要的新装置、新方案。

课本上由干电池、石墨电极、小灯泡等组成实验装置，每次使用都要组装，很麻烦。能否组成一个简单的固定装置呢？

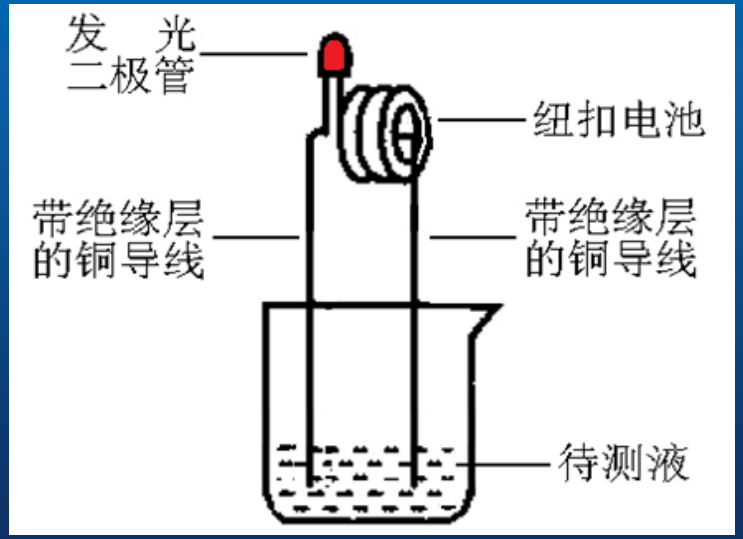


人教版

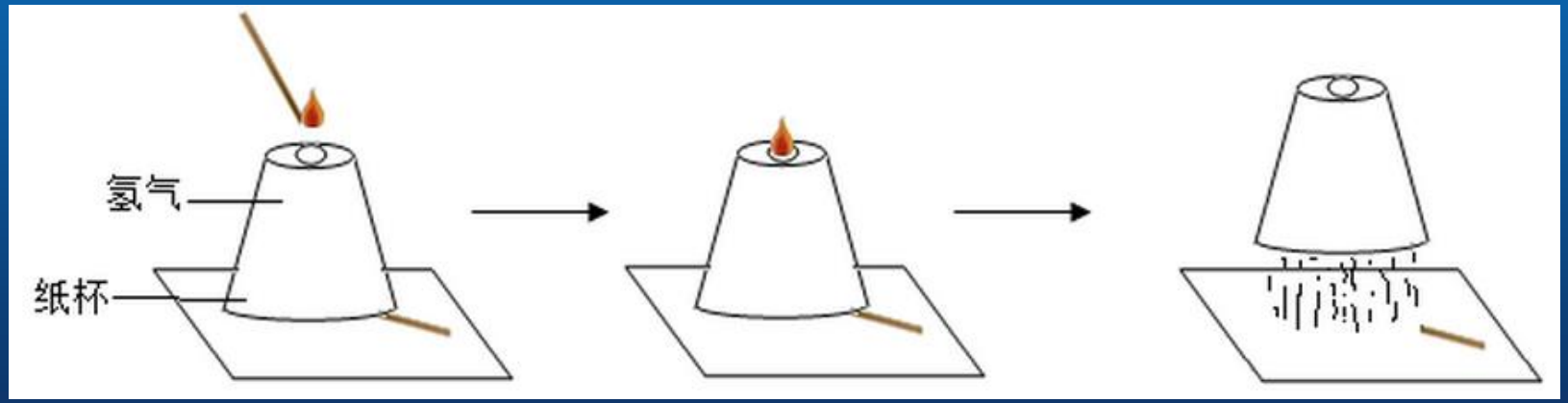


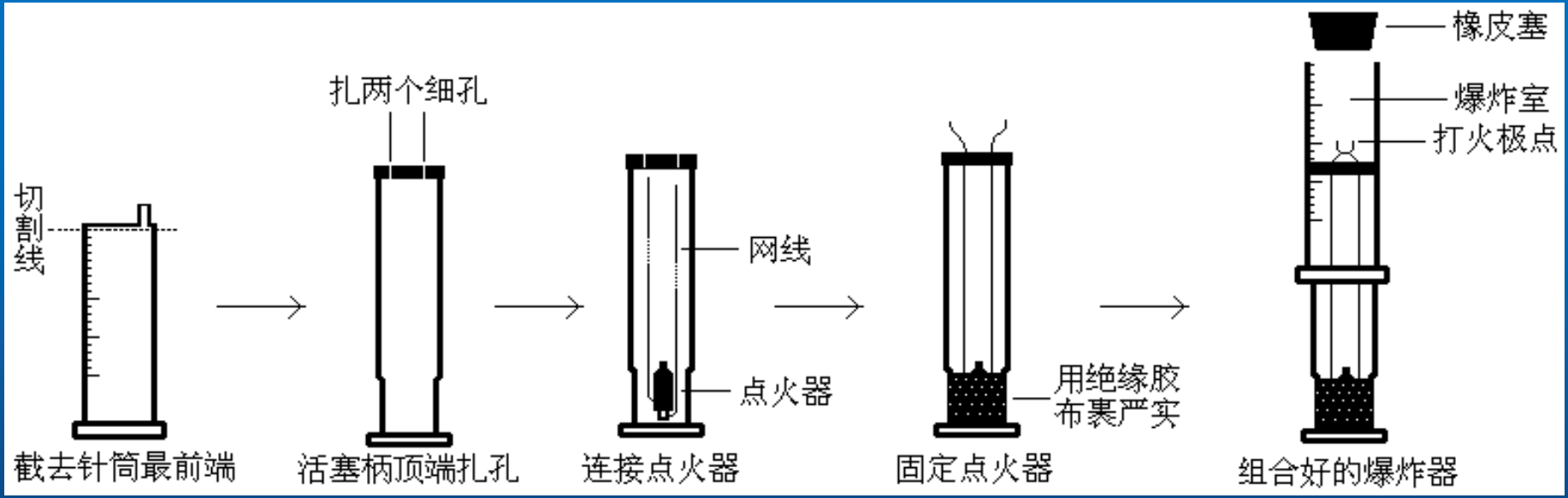
沪教版

我们采用异类组合法，利用发光二级管、纽扣电池设计了一个简单好用的**导电测量仪**：



教科书中氢气爆炸实验都是用燃着的短木条去点燃，这使不少的操作者心有余悸；如果爆炸声强烈，又会给学生带来恐惧感。



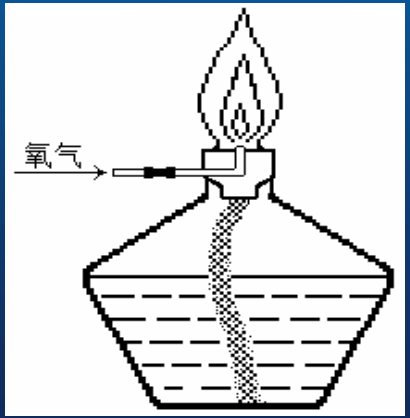


把一次性注射器、压电陶瓷点火器、导线等珠联璧合，就变成了很好用的**气体爆炸实验仪**。

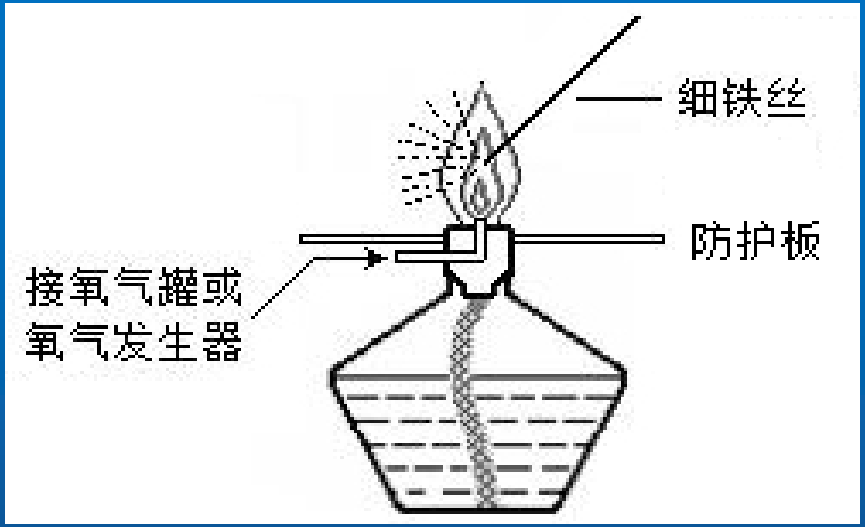
③主体附加法

主体附加法是以某种仪器或实验装置为主体，再添加另一些附属物品，从而实现组合创新。

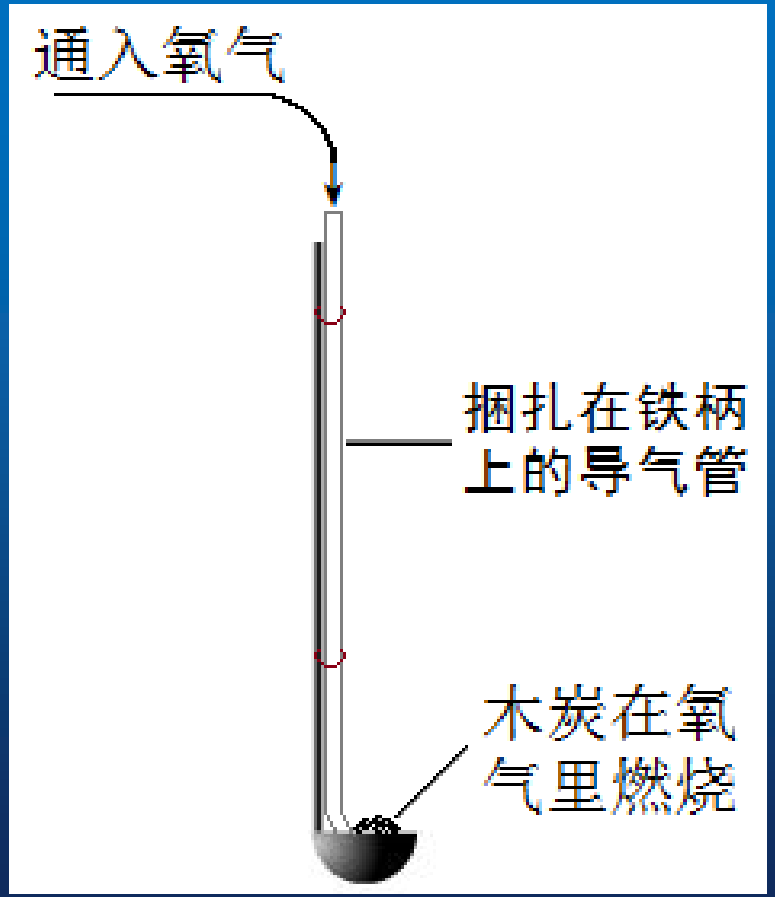
我们团队发明了增氧酒精灯：在普通酒精灯的灯芯座上，附加一根导气管，通入氧气，火焰温度高达1000℃，能做很多高温实验，而且还没有酒精喷灯燃烧时的那种呼呼声。



使用增氧酒精灯一般配氧气罐，用起来很方便，也很便宜（我们学校16轨，一罐气用了七年，而充一罐气才几块钱）。

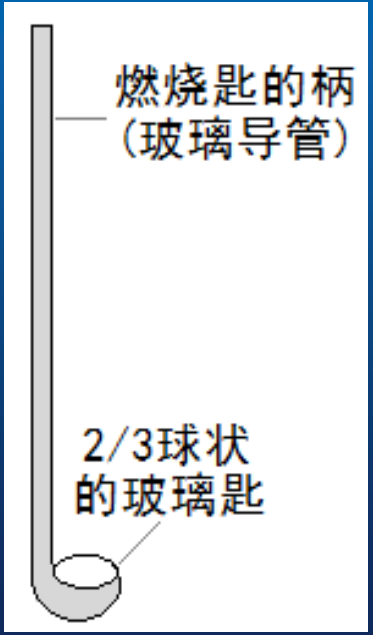


我们利用增氧酒精灯做酒精灯上铁花开实验，直接将细铁丝放在白色火焰处，铁丝立刻剧烈燃烧，火花四射，持续不断；只要铁丝足够长，就能一直燃烧下去。



通过在燃烧匙柄上附加一根导管，再由导管通入氧气，就能直接在燃烧匙里做“木炭在氧气里燃烧实验”，而且燃烧时间长，学生看起来很过瘾。

后来，我们继续优化，直接将燃烧匙与石英玻璃管合二为一，从而研制出**石英玻璃燃烧匙**，用起来更方便。



要检验地窖里CO_2浓度是否有害，人必须站在地面，就能把地窖内的空气取出来检验。如何利用塑料瓶去设计地窖空气取样仪呢？也需要采用主体附加法。

设计思路

①如何使塑料瓶在地窖里自由上下？

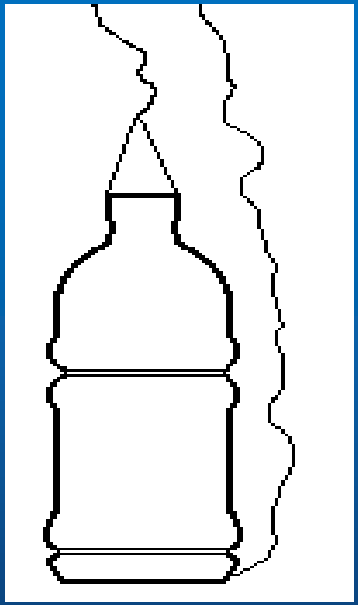
——在瓶口系一根细绳

②塑料瓶内装入哪种状态的物质才能使地窖内空气与瓶内物质快速方便的交换？

——装水

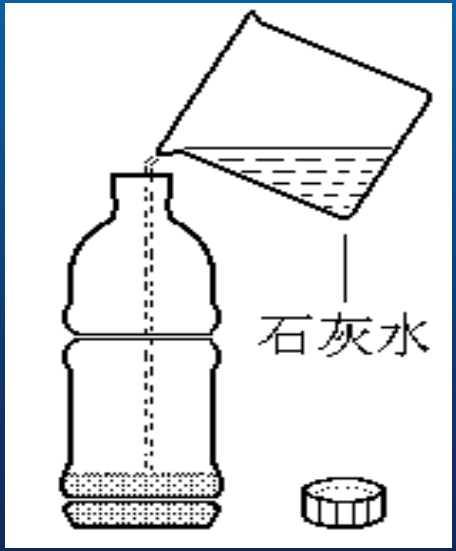
③如何方便地倒出瓶内原来的物质？

——在瓶底系一根细绳



地窖空气取样仪

先借助空气取样仪把地窖内的空气取出，再向瓶内加入石灰水振荡，若变浑则说明地窖内CO_2浓度至少达到0.5%，对人有害，不能冒然进入。



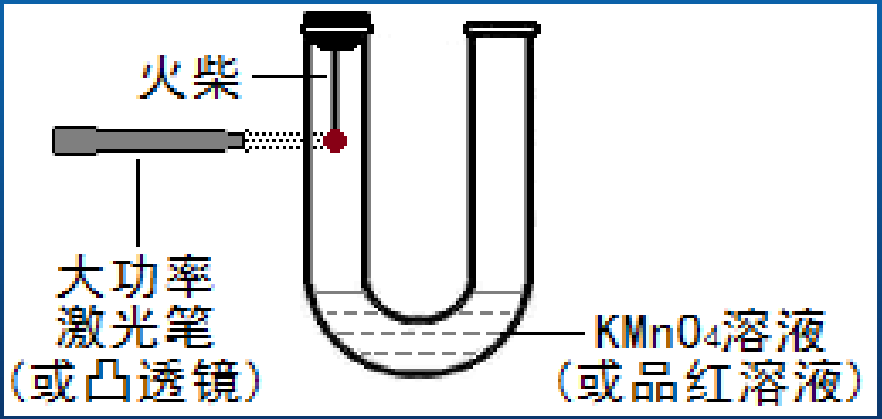
12．移植法

移植法就是把已经成熟的科学原理、实用方法、生产生活用品引入到化学实验上，从而获得新成果。

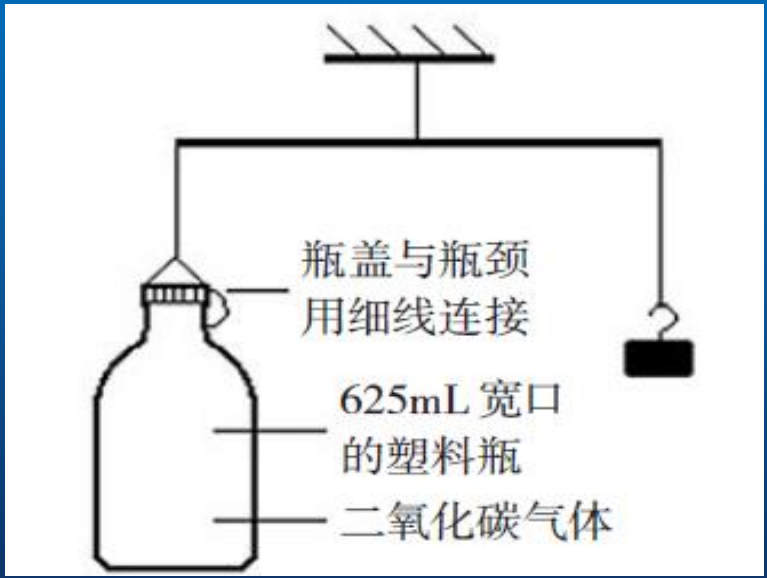
有人将电蚊拍**移植**到氢气爆炸实验中，安全简捷有新意。先用氢气吹出一连串冉冉升起的肥皂泡，然后用电蚊拍靠近氢气泡，氢气泡立即被吸引同时发生爆炸——黄色的火球、接连不断的啪啪声，安全又有趣。

教科书中检验二氧化硫实验，虽然是两个烧杯罩在一起，但是捕获的二氧化硫很少，实验现象也不明显，尤其是操作不方便。

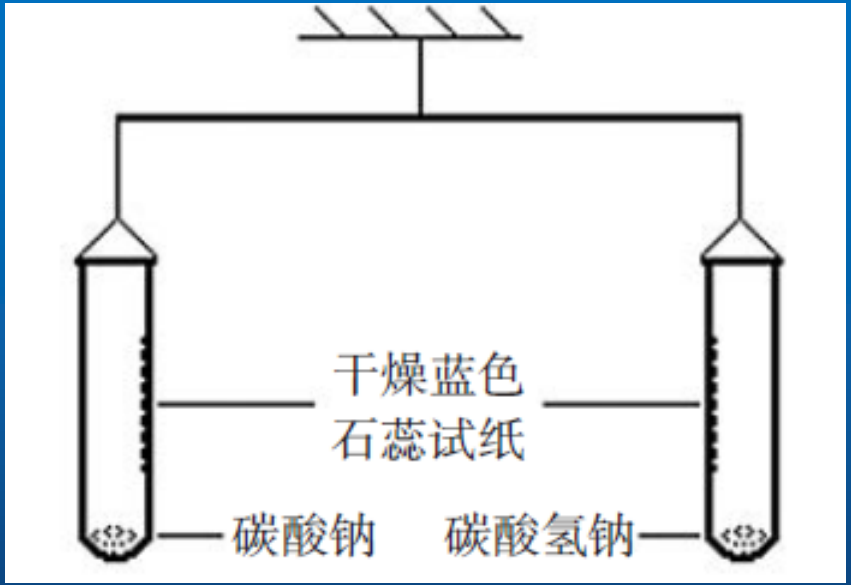
我们将激光笔移植到整个实验中，效果很好



我们将物理杠杆移植到化学实验中，实验效果妙不可言。

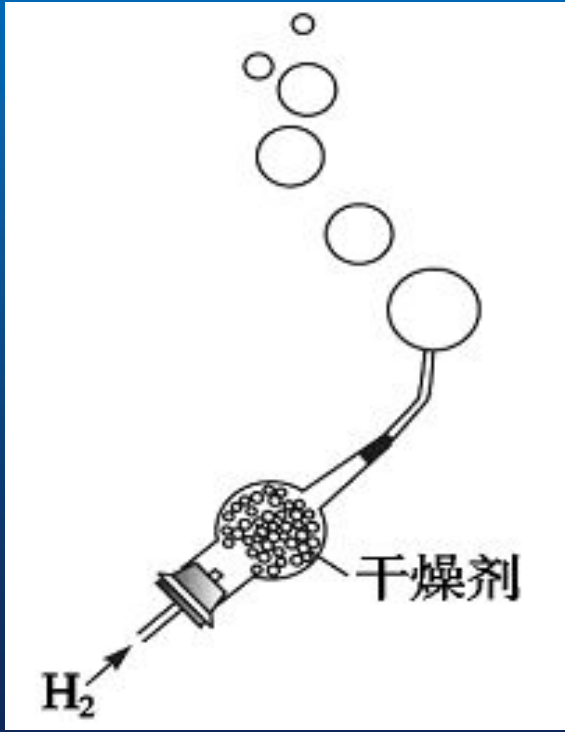


打开瓶盖后，观察到……，说明了……

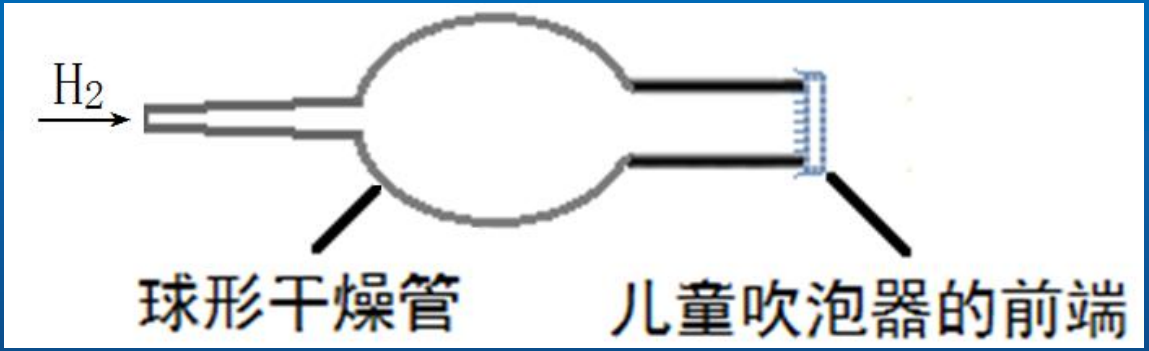


比较苏打与小苏打热稳定性，先加热碳酸钠，再加热碳酸氢钠，观察到……说明了……

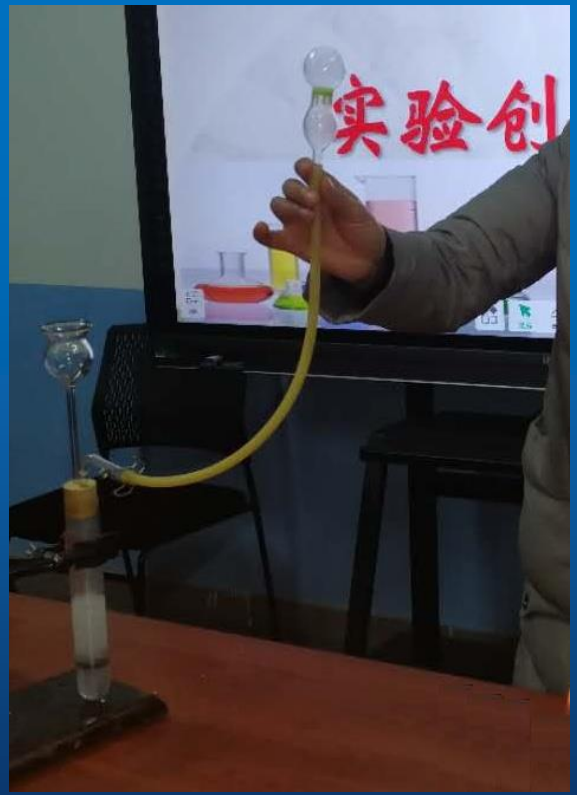
课本上氢气吹肥皂泡实验，肥皂水粘滞性不好，而且用细的导管口吹气泡，流速快不易吹大。

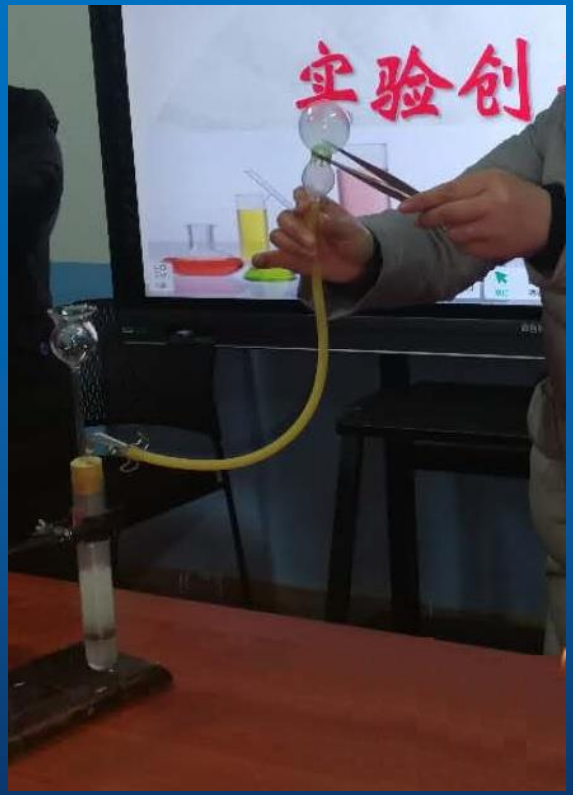


我们将儿童吹泡器的前端嫁接到球形干燥管的粗端口（用粗管口吹，流速慢、能吹大）。



晓庄学院龙琪教授提供的吹泡液配方是：1mL洗手液+1mL绿茶+1mL液态蜂蜜+1mL护手甘油，其中洗手液具有起泡作用， 绿茶、蜂蜜、甘油能与水分子形成氢键，降低气泡表面张力。

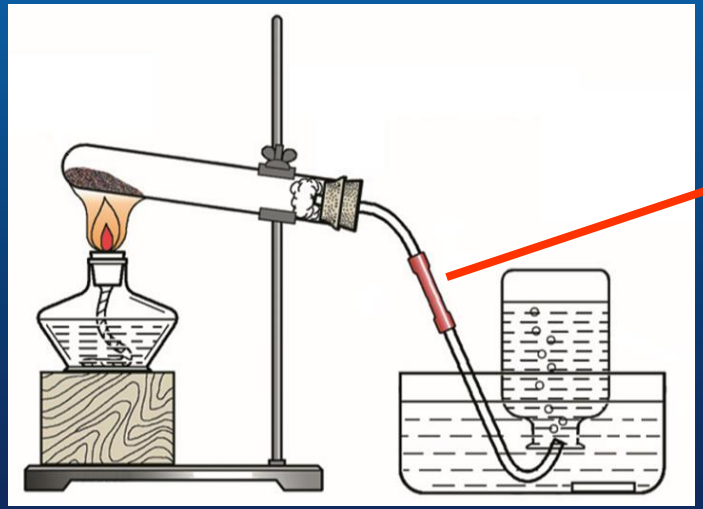




这样吹出的气泡又大又结实

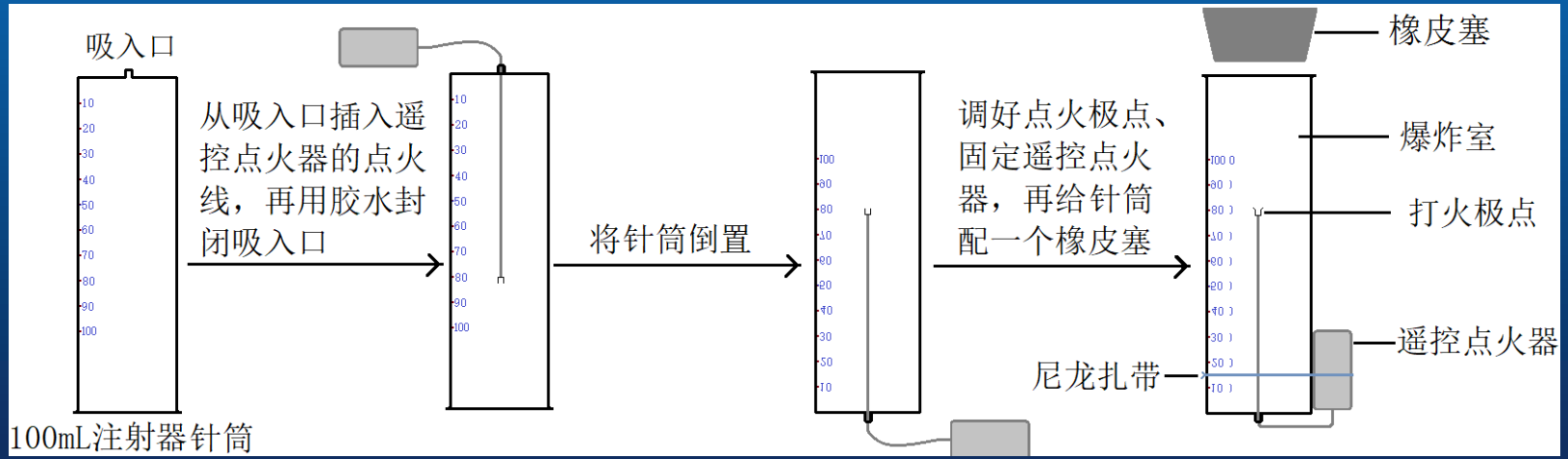
前不久，我们将单向阀移植到化学实验中，可以很好的防倒吸，确保了化学实验的安全。

需要防倒吸的实验装置，都可以在导气管中串接一个单向阀（又叫止回阀），从而避免水的倒吸。

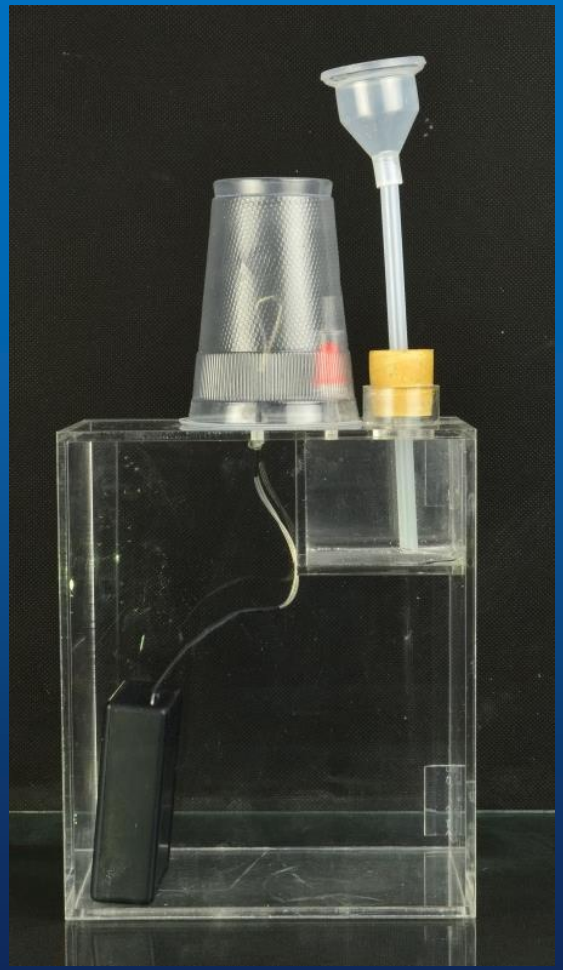


接一个
单向阀

我们最近设计的爆炸实验，都用到了**遥控爆炸器**——将传统的接触式点火改为遥控点火，实验更安全，而且可以连续爆炸。



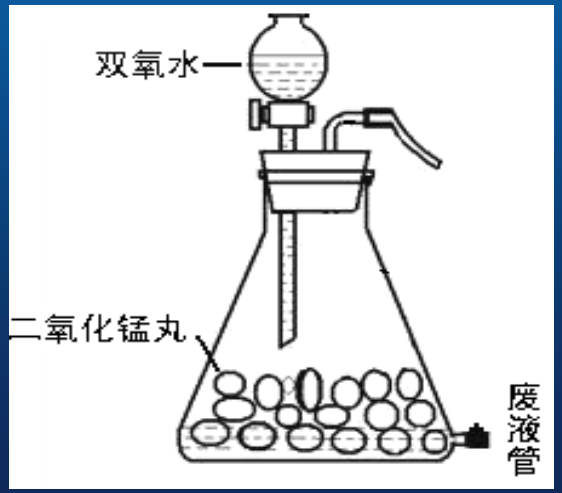
下面这个氢气爆炸实验，也用到了遥控点火。该实验获得省一等奖。



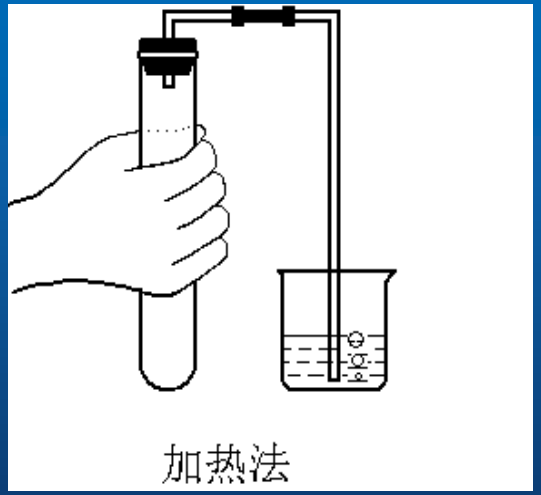
13．逆向思维法

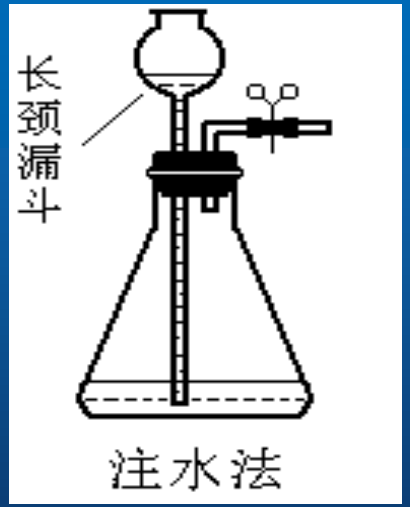
用习惯性方法不能解决问题时，不妨反向探求，常能达到柳暗花明的效果。

双氧水制氧气时MnO_2粉末很细，不易回收，若将MnO_2颗粒变粗，问题不就迎刃而解了吗？于是我们制作了MnO_2丸（将和好的建筑水泥在MnO_2粉末上滚团、晾干）。

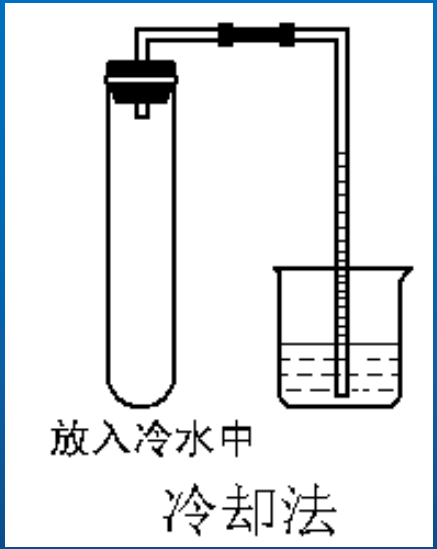


课本上检查装置气密性的两种方法都是通过增大装置内气压来操作的：

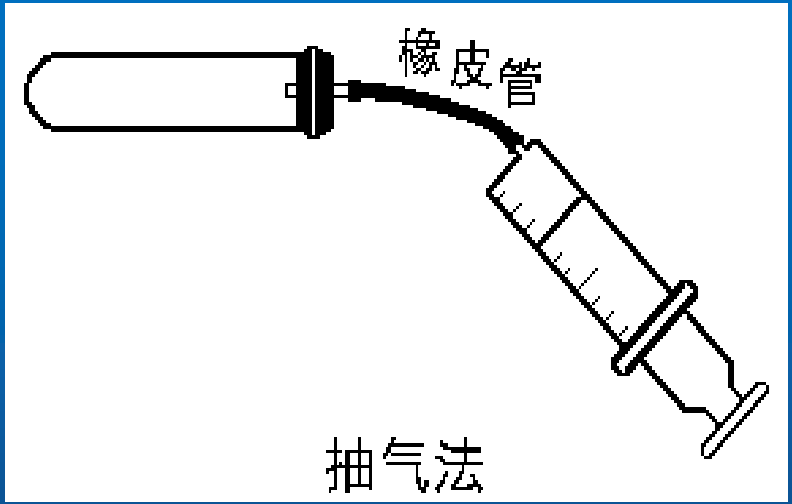




能否通过减小装置内气压来检查气密性呢?于是有了冷却法、抽气法。

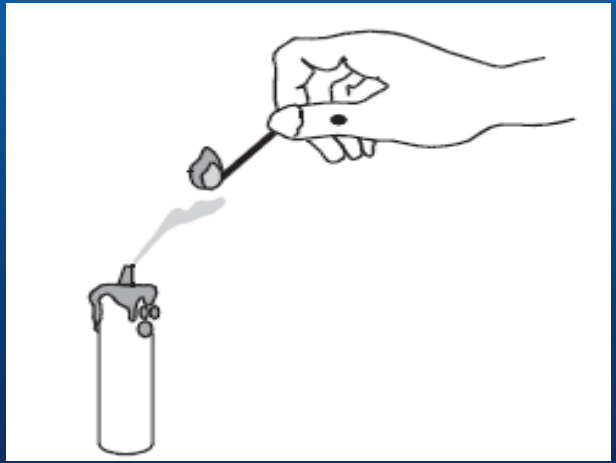


将试管浸入冷水中（或用凉毛巾裹住），若导管内很快有水柱上升，说明装置不漏气。该方法不常用，但中考题有涉及。

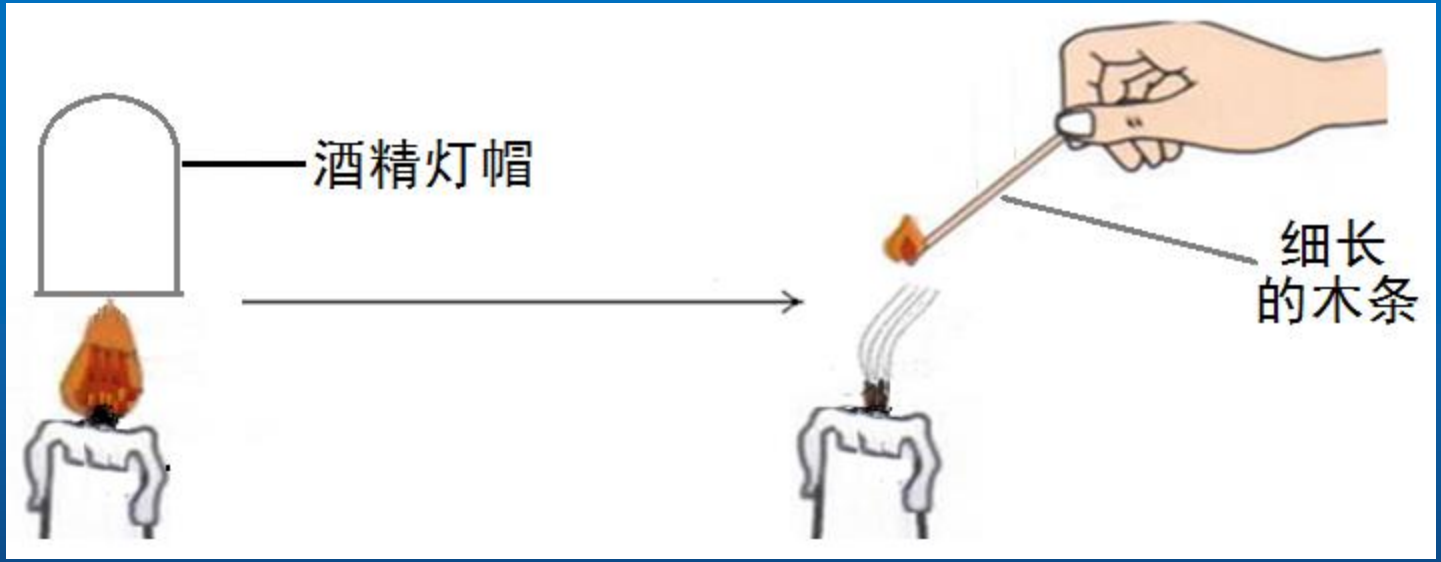


后拉注射器活塞一小段距离，橡皮管变瘪(松开手后活塞返回原处)，说明装置不漏气。

点燃蜡烛刚熄灭时的白烟：使用课本上的方法成功率低，而且难以重复。主要原因是吹灭蜡烛时，白烟分散，稀少而又飘荡的白烟当然不易被点燃。



如果将蜡烛罩灭，白烟就能集中而不会分散，产生的白烟容易点燃。



我们做实验时可以使用酒精灯帽罩灭蜡烛火焰，再用稍长的燃着细木条去引燃。

课本上是在开放的空间里吹灭蜡烛，如在较为封闭的环境里吹灭蜡烛，白烟也容易被点燃。

将铁丝由粗变细，化学活性增强：

(1)用铁丝绒做铁在氧气里燃烧实验，无需绕成螺旋状，也不要系一根火柴，直接点燃铁丝绒后伸入氧气瓶里。

（2）铁丝绒在空气中就可以燃烧，如果将其甩动起来，实验效果震撼，学生终身难忘。

铁丝绒在空气中燃烧（我的课堂教学版）

铁丝绒在空气中燃烧（周良老师艺术版）

课本上验证氢氧化钠易潮解，是将氢氧化钠固体静置在表面皿上，我们采用运动法。

想一想，为什么最后一块氢氧化钠固体颠簸的时间最长？

14. 手持技术法

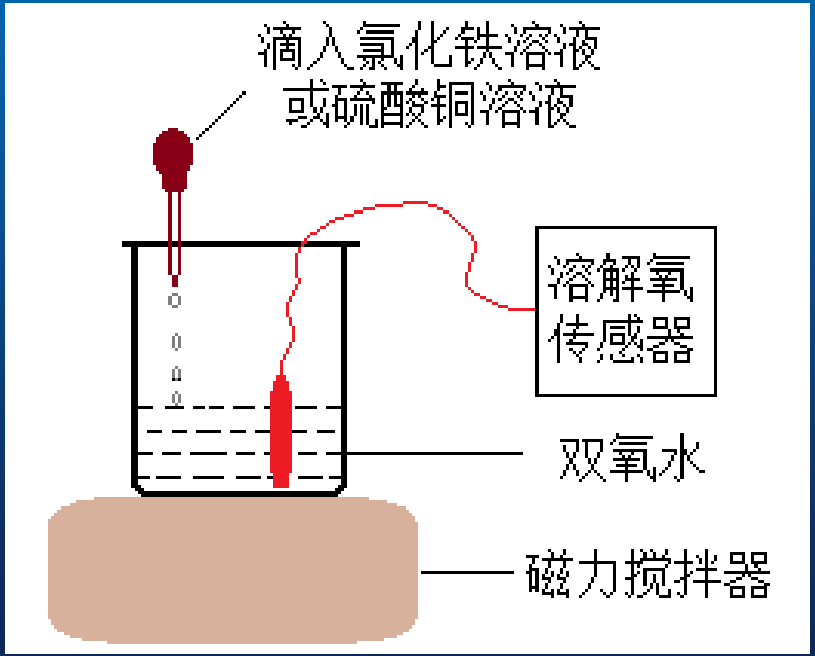
实验改进的方向首先是低成本、生活化，其次是传感器、数字化。

在改进化学实验时，如果巧妙地引入数字技术，就可以突破定性实验的局限，从定量的角度分析和解决问题。但是，数字传感器一定要用得巧妙、恰当。

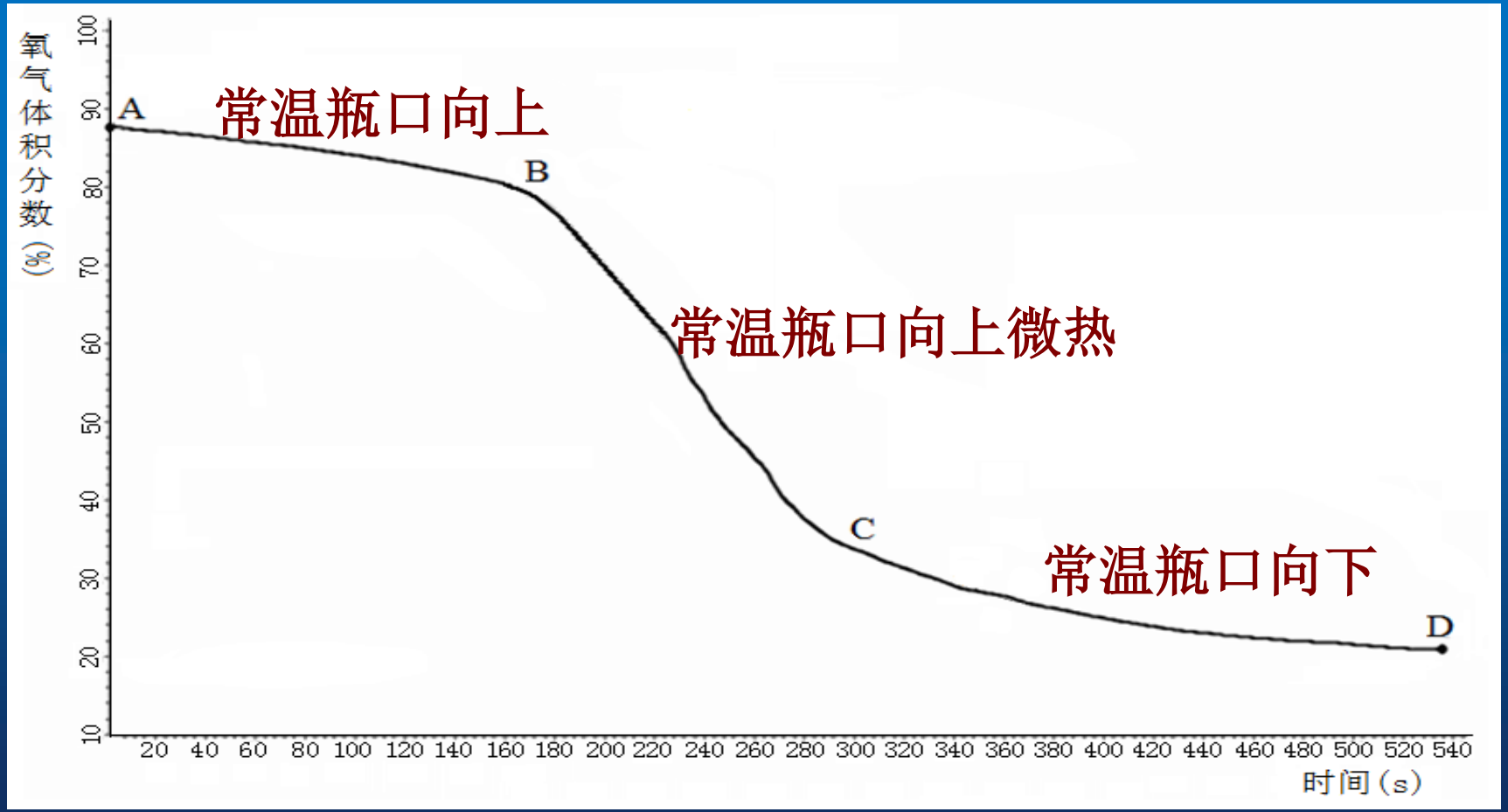
泰州的王老师利用电导率传感器验证**煮沸可以降低水的硬度**，这个用法很新颖、巧妙。

南京的司老师借助氧气传感器、湿度传感器，测量瓶子里氧气、水蒸气含量，发现越来越少，从而间接验证**钢铁锈蚀需要氧气和水**——这个用法也不错。

徐州的郝蓓老师在第八届实验创新大赛中，为了直观比较$FeCl_3$、$CuSO_4$溶液对H_2O_2分解的催化效果，她用**溶解氧传感器**测量溶液中氧气浓度。



我们团队使用**氧气浓度传感器**，通过测量敞口塑料瓶里氧气浓度的变化，不仅得出分子不断运动的结论，还得出氧气密度大于空气的结论。



AB与BC段相比说明？AB与CD段相比说明？

本实验倍受中考命题人员的青睐，请看：

[2023·牡丹江]兴趣小组同学开展跨学科实践活动，进行了“无形变有形”的创新实验。(装置气密性良好、部分仪器省略)。

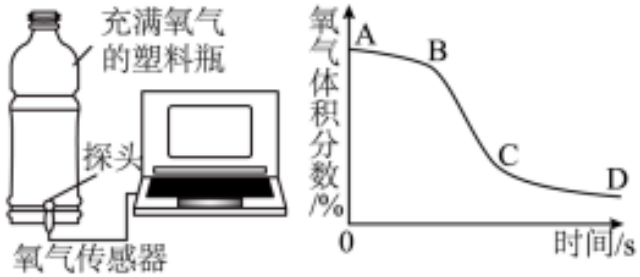


图1

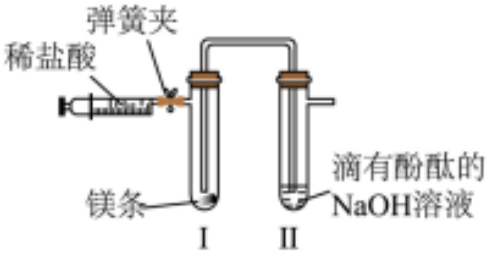
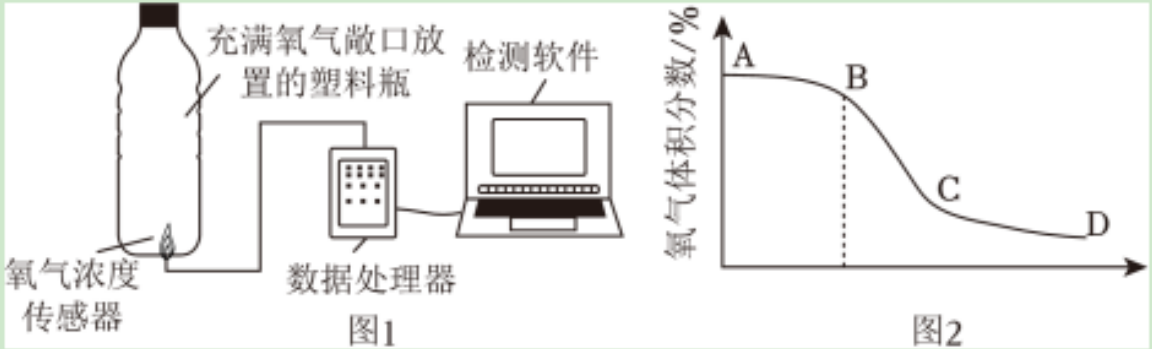


图2

(1)图 1 中，打开塑料瓶瓶盖，同时打开氧气传感器开关，得到了氧气体积分数随时间变化的曲线。AB 段氧气体积分数逐渐降低，从微观角度解释其原因是_____，BC 段氧气体积分数快速下降，BC 段对应的实验操作是_____(写一种)。

17.（2 分）（2023·吉林）化学实验也要“数字化”。利用氧气浓度传感器，进行如下实验。



（1）如图 1，打开传感器开关，实验进行至 170 秒时绘制出图 2 中曲线 AB 段，接下来用手给塑料瓶外壁加热 130 秒左右，绘制出曲线 BC 段、对比曲线 AB 段和 BC 段，分析推理氧分子具有的特征是 _____。

（2）300 秒时松开双手，停止加热。立即倒转使瓶口向下，绘制出曲线 CD 段。观察到氧气浓度比曲线 AB 段降低较快，分析推理氧气具有的物理性质是 _____。

[2023•湘潭]建立宏观与微观的联系是化学特有的思维方式

Ⅰ.科学技术的进步，证明了物质是由分子、_____和离子等微粒构成的。

Ⅱ.氧气可压缩储存于钢瓶中，这是因为_____。

Ⅲ.某化学兴趣小组设计了探究分子性质的两个实验

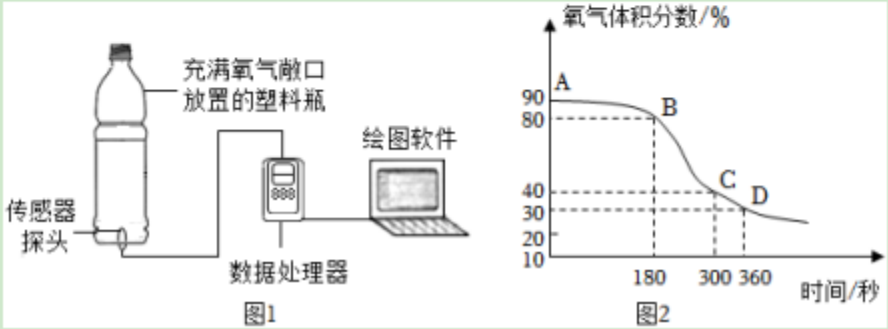
实验一：借助氧气传感器探究分子运动的特点。

【操作与分析】

（1）按图 1 连接好实验装置，打开氧气传感器，测得前 3 分钟曲线为图 2 中 AB 段，请从分子的性质角度回答氧气体积分数下降的原因是_____。

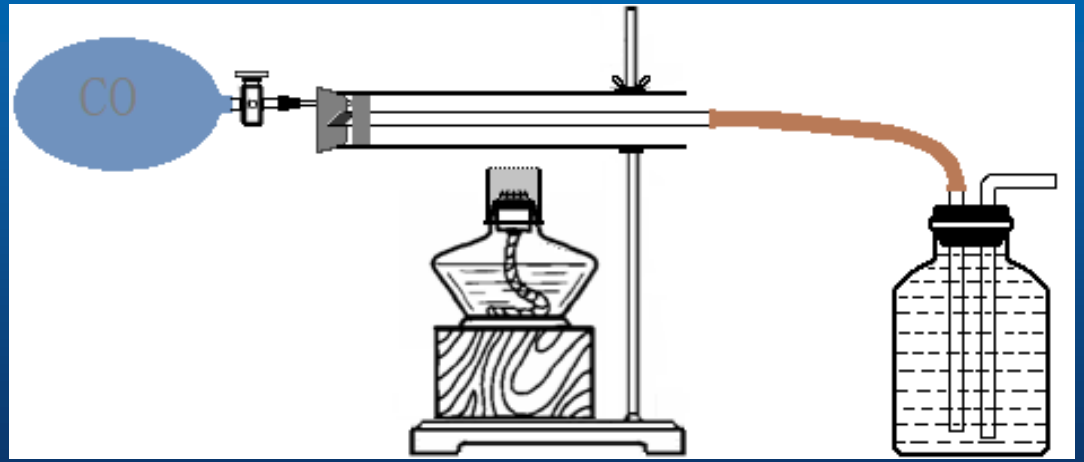
（2）用双手给塑料瓶加热 2 分钟，测得曲线为 BC 段，对比曲线 AB 和 BC 可知：温度升高，分子_____。

（3）松开双手并将塑料瓶的瓶口朝下，测得曲线为 CD 段，对比 AB 段，请分析 CD 段氧气体积分数下降更快的原因是 _____。



刚才介绍的都是单一的创新方法，实际上针对某个化学实验的创新常会用到多种方法，是多种方法的综合应用。

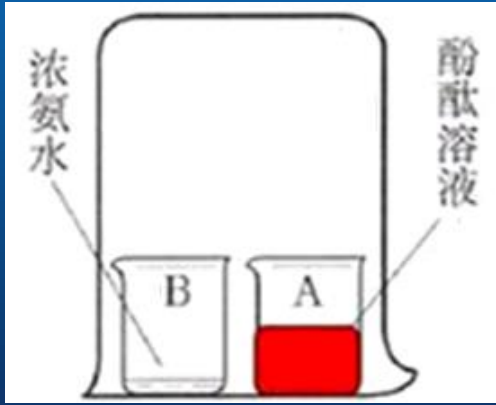
我们团队设计的CO还原性实验，就含有替换法、组合法、逆向法等多种方法。



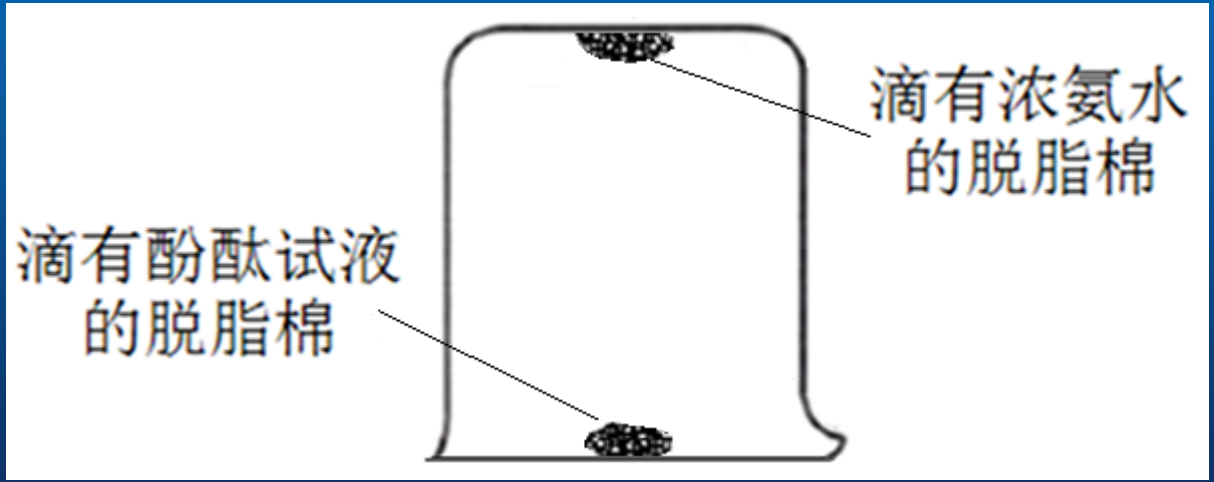
三、实验创新的思路

就是想方设法“优化方法”“改变装置”“更换原理”。

下面以探究微粒运动实验为例，进行阐述。

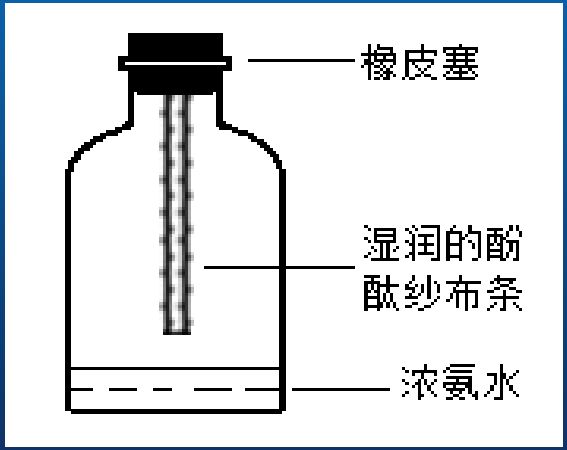


改进①：在烧杯底部固定一团滴有浓氨水的脱脂棉，再用烧杯罩住桌面上滴有酚酞试液的脱脂棉。



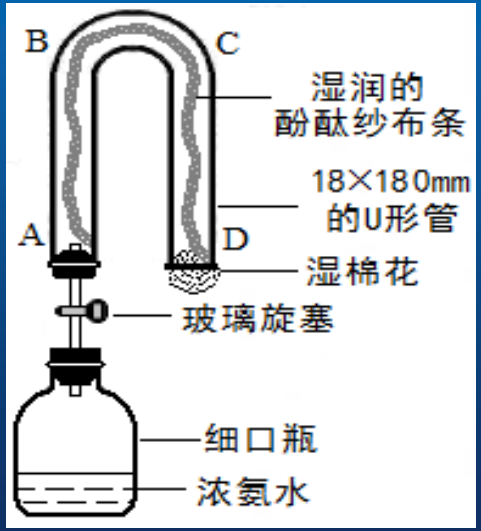
优化方法

改进②：把原实验中的三个烧杯压缩为一个广口瓶，试剂不变。



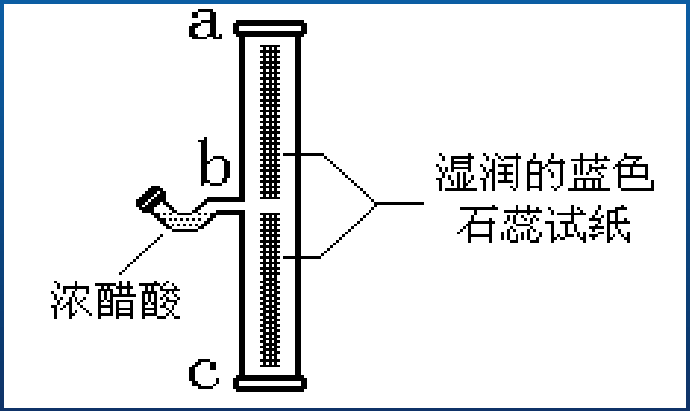
改变装置

改进③：把三个烧杯换为细口瓶、U形管和旋塞，将它们巧妙组合……不仅说明微粒运动，还说明氨气密度比空气小。



改变装置

改进④：用浓醋酸和石蕊试纸替换浓氨水和酚酞，不仅说明微粒不断运动，还说明醋酸蒸汽密度比空气大。



更换原理

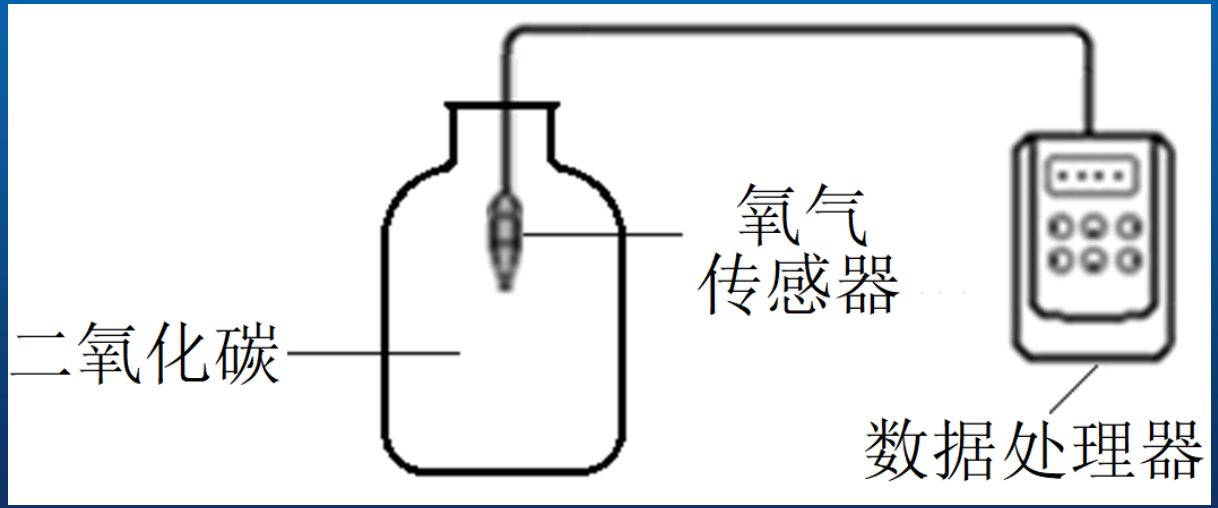
改进⑤：用蒸馏水和变色硅胶替换浓氨水和酚酞，再巧妙组合仪器……蓝色硅胶变红，说明微粒不断运动。

更换原理

改进⑥：用二氧化碳和石灰水替换浓氨水和酚酞，仪器巧妙组合……

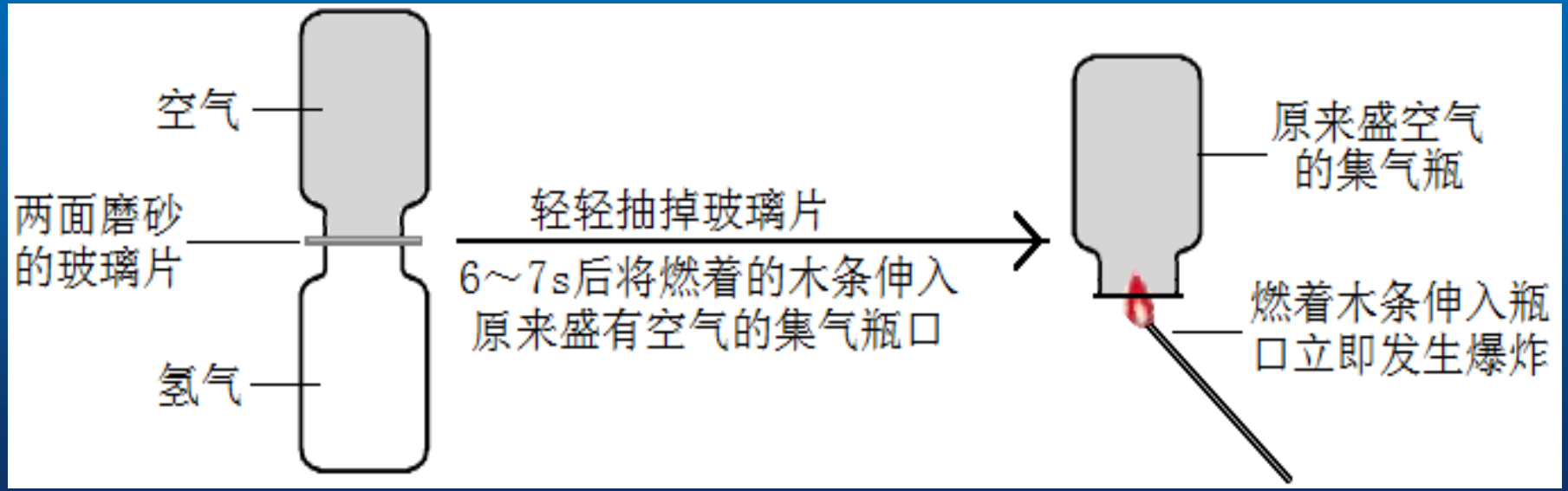
更换原理

改进⑦：利用氧气传感器测量充满二氧化碳的集气瓶里氧气浓度变化（怎么变的？），这也说明了微粒不断运动。



更换原理

改进⑧：借助类比法，通过氢气爆炸在听觉上验证……

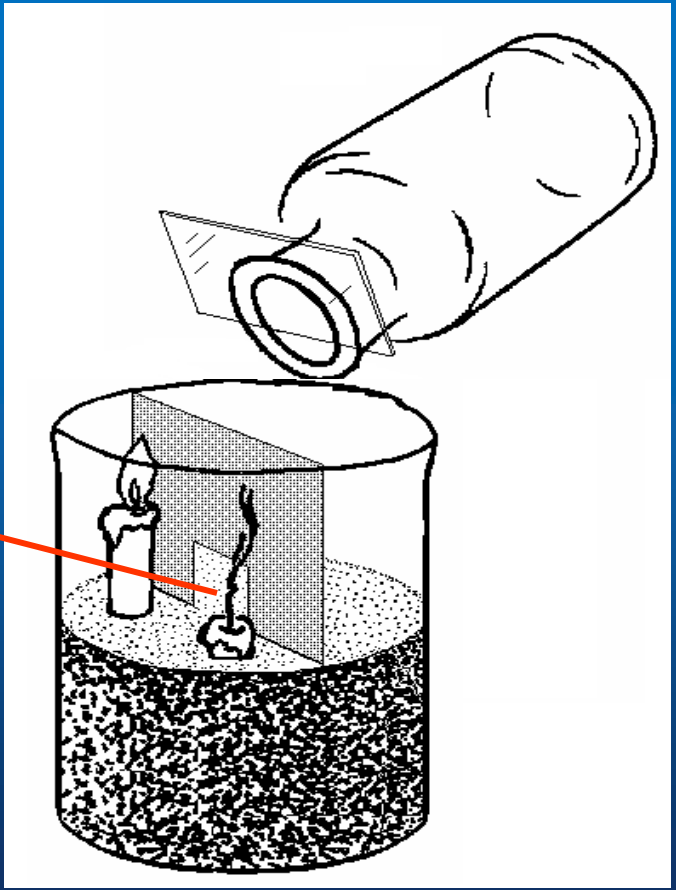


更换原理

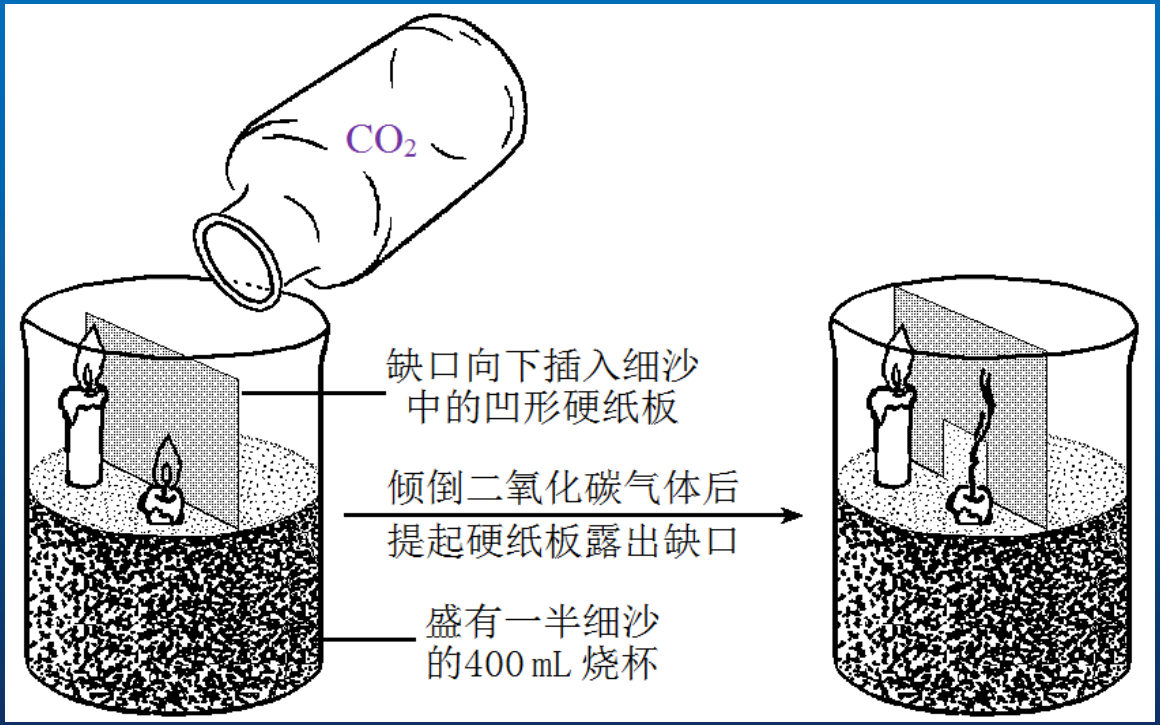
当然，创新永无止境！

没有最好，只有更好！

有位物理老师认为，我们这个倾倒二氧化碳灭火改进装置存在烟囱效应——对二氧化碳的下沉形成抽吸作用。

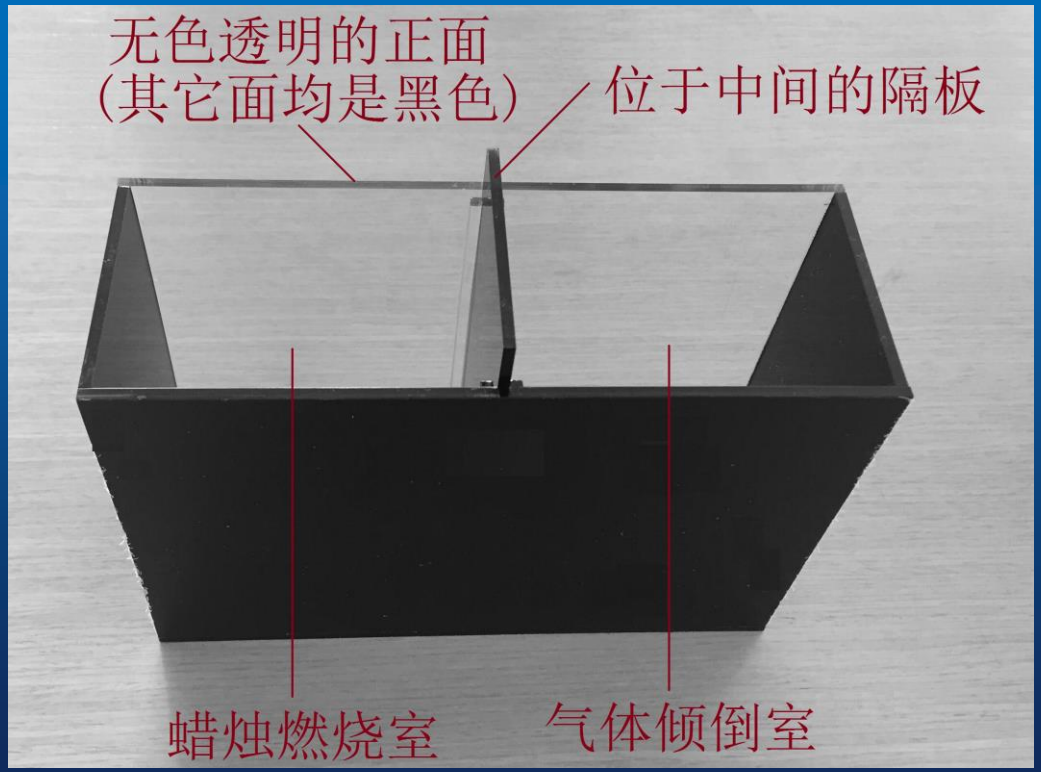


于是，继续改进……



排除烟囱效应的改进方案

我们还定制了固定的实验装置



该组合装置不仅可以做“倾倒二氧化碳灭火实验”，还可以做“倾倒氧气助燃实验”。

四、实验论文的撰写

实验创新完成后，要及时动笔，把这个过程记录下来，这种记叙文就是实验创新论文。因为是记叙文，所以写起来相对简单。

写论文是我们一线教师从经验型走向科研型的重要途径，它可以使我们飞得更高、走得更远，从而实现我们的梦想。同时，论文发表后又进一步促进我们的研究。

CNKI 中国知网 www.cnki.net

作者 | 李德前 | 结果中检索 | 高级检索 | 知识引文

总库 268 | 中文 | 外文

学术期刊 124 | 学位论文 0 | 会议 2 | 报纸 0 | 年鉴 | 图书 0 | 专利 | 标准 0 | 成果 2

科技 | 社科

检索范围：总库 作者：李德前 主题定制 检索历史

共找到 268 条结果

全选 已选：0 清除 批量下载 导出与分析

排序：相关度↓ 发表时间 被引 下载 综合 显示 20

主题

主要主题 | 次要主题

- 化学实验(19)
- 初中化学(18)
- 二氧化碳(15)
- 教学设计(12)
- 实验设计(6)
- 初中化学实验(6)
- 中考化学(6)
- 实验装置(6)
- 化学实验教学(5)
- 创新设计(5)

	题名	作者	来源	发表时间	数据库	被引	下载
1	氢气爆炸实验的一体化设计	李德前; 龚皓; 魏海	化学教学	2022-06-10	期刊		48
2	比较苏打与小苏打热稳定性的四种实验创新方案	李德前; 张羿; 魏海	中小学实验与装备	2022-04-20	期刊		38
3	将白磷包裹在铁丝绒内进行水中燃烧实验	李德前; 魏海; 张羿	化学教学	2021-12-10	期刊		240
4	借助T形三通管改进加热氯化铵晶体实验	李德前	中学化学教学参考	2021-12-10	期刊		75
5	二氧化碳性质复习课的实验设计	李德前; 张羿; 郭焘	中小学实验与装备	2021-08-20	期刊		167
6	借助长柄U形玻璃管进行物质燃烧实验	李德前; 张羿; 魏海	中小学实验与装备	2021-06-20	期刊		42
7	“倾倒氧气助燃”与“倾倒二氧化碳灭火”实验的组合设计	李德前; 周梅华; 张羿	化学教学	2021-03-10	期刊	1	317

1. 实验创新论文的基本范式

(1) **为什么创新**：指出课本、试题或论文中原实验设计的缺点，如科学性不足、对环境有污染、操作繁琐、药品用量大等。

(2) **怎样创新的**：这是文章的核心，要说清实验原理、准确绘制图形、提供真实数据等。

(3)**新实验的优点：**主要从操作的简便性、装置的简洁性、实验的环保性、现象的直观性等方面罗列。

(4) **参考文献**：吸收了别人的研究成果务必在文后列出，以避免抄袭嫌疑。

(5) **致谢**：如果有人对你的文章进行了必要的指导，而把他列为第二、第三作者又没有意义，此时我们可以在文章结尾加上致谢。

碳酸钙与盐酸反应前后质量测定实验改进

实验论文：用铁丝绒做“Fe与$CuSO_4$溶液反应”的实验

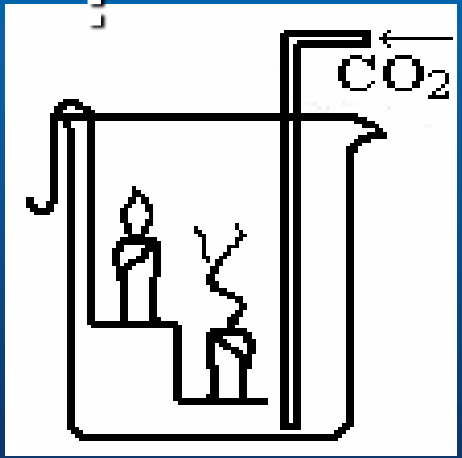
实验论文：氢气爆炸实验的一体化设计

实验论文：巧用长柄V形玻璃管改进和设计化学实验

2. 改进实验、撰写论文需要灵感和素材

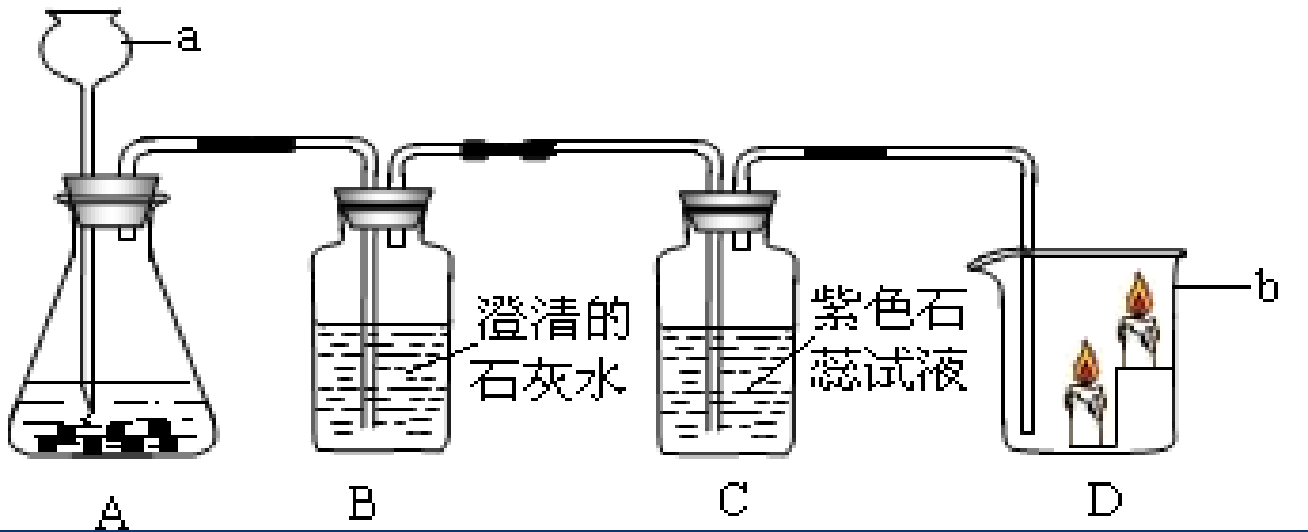
做研究灵感很重要，有了灵感才能有创意，才能积累写作素材。认真研究课本实验、中考实验题以及别人的论文，我们就会发现实验中的纰漏和瑕疵，这就是我们写作的素材。

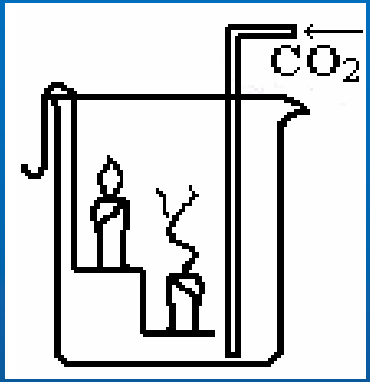
案例1. 在2008年寒假期间，我发现浙江的一位科学老师采用“通气灭火”的方法，改进“二氧化碳灭火实验”：



原发《基础教育课程》

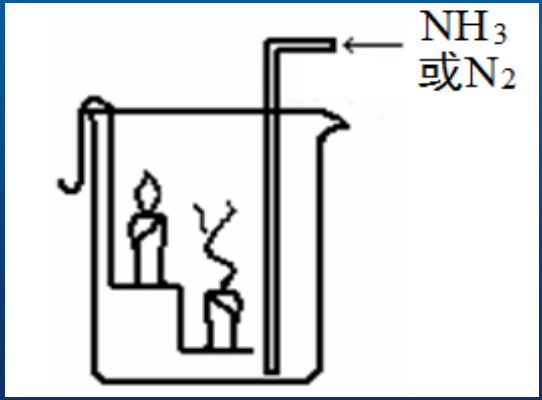
一些中考题也涉及这一改进方案：





这样改进确实容易出现下层的蜡烛先熄灭、上层的蜡烛后熄灭的现象。这能说明二氧化碳密度比空气大吗？

不难理解，如果把CO_2换成密度比空气小的氮气或氨气通入烧杯底部，蜡烛火焰也会自下而上依次熄灭。



上述实验中的CO_2不是倾倒后自然下沉的，而是通过较大的压力将CO_2源源不断的压入烧杯底部。因此，做倾倒CO_2灭火实验时，应该将CO_2从高于蜡烛的位置倾倒下来，使CO_2自由的下沉。

在上述研究的基础上，我写出了《由烛火熄灭异常引发的思考》的实验论文。

案例2.多年前，包括人教版在内的九年级化学教科书，检验二氧化碳有害浓度的方法都推荐灯火试验法。这一方法可靠吗？

根据CO_2不燃烧不助燃、不能供给呼吸、能使石灰水变浑、能与水反应生成酸这4条性质，可以猜想出检验CO_2有害浓度的简易方法有4种：

①灯火检验法；

②小动物检验法；

③石灰水检验法；

④石蕊溶液检验法。

接下来，验证4种猜想的可行：

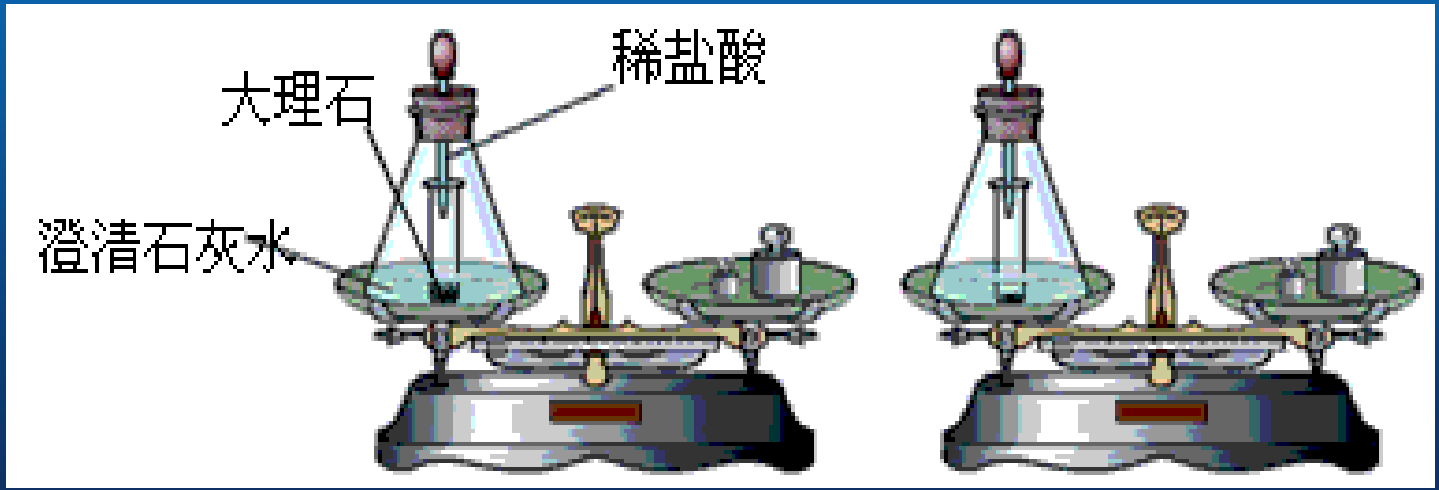
我们发现，烛火在CO_2浓度是15%的空气中才慢慢熄灭，说明空气中CO_2已对人体造成危害时(最低有害浓度是1%)却检验不出它的存在。

同样发现石蕊试液在5%的CO_2中才明显变红，小白鼠在20%的CO_2中才明显的表现出不良反应。因此使用蜡烛、石蕊试液、小白鼠去检验CO_2的有害浓度具有很大的安全隐患。

在常态空气中不变浑的石灰水，在CO_2浓度达到1%的空气中就开始明显变浑浊，所以使用石灰水检验CO_2的有害浓度不仅方便而且准确。

围绕这个问题，我写出了《探寻“二氧化碳有害浓度检验方法”的实验设计》的论文，发表于《化学教育》。

案例3.对于碳酸钙与盐酸反应的质量守恒定律实验，过去的教科书曾有下面这样的设计：



上述实验得到的是两个化学反应，在反应前后的总质量保持不变（下式中m为反应前质量，n为反应后质量），即

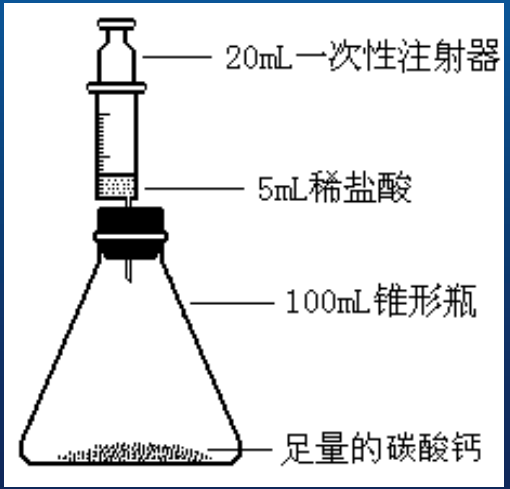
$$m_{反应1}+m_{反应2}=n_{反应1}+n_{反应2}$$

从数学的角度，我们无法得出

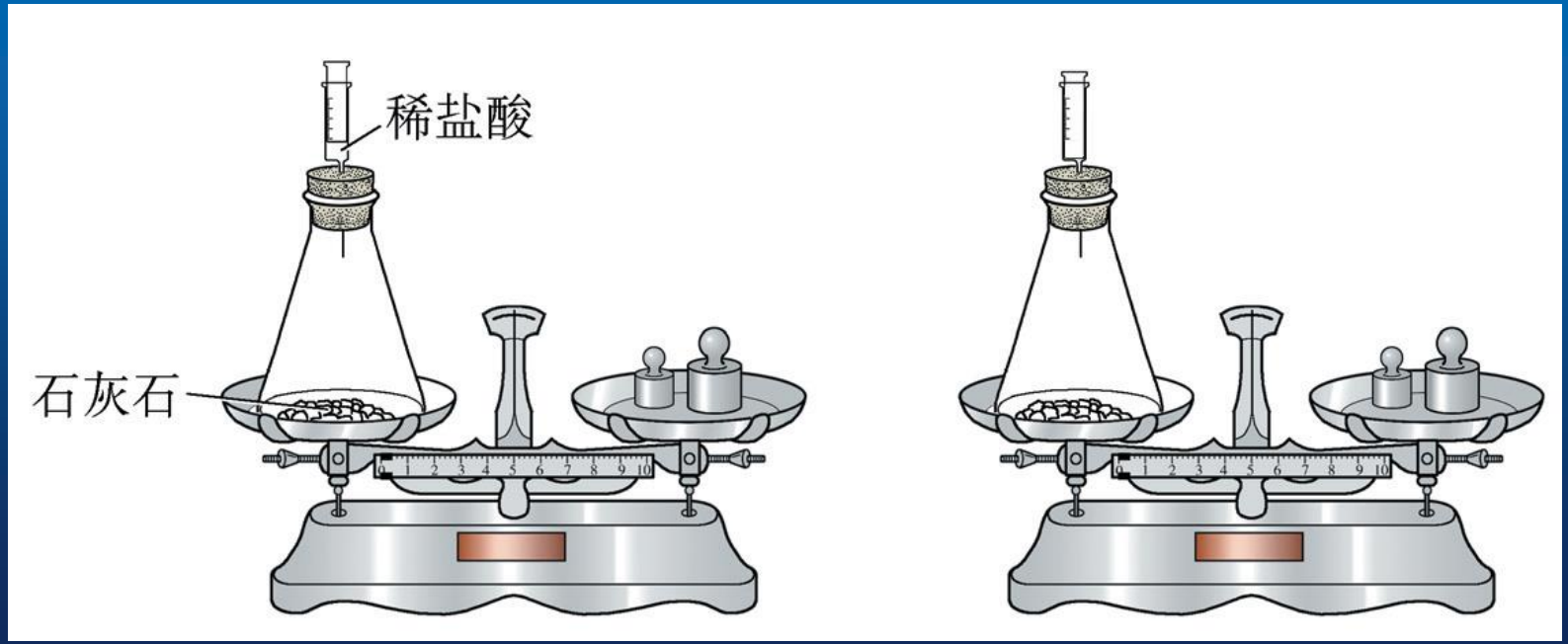
$$m_{反应1}=n_{反应1}\text{或}m_{反应2}=n_{反应2}$$

即无法说明其中的1个化学反应在反应前后的总质量保持不变。因此，1个质量守恒定律实验不能涉及2个或2个以上独立的化学反应。

2010年我对这个实验进行改进：反应仍在密闭锥形瓶里进行、只涉及1个化学反应；当一次性推出注射器里的盐酸后，产生的CO_2自动进入注射器里。我将其整理成实验论文《碳酸钙与盐酸反应前后质量测定实验改进》，发表于《化学教育》。



后来，现行沪教版、粤教版九年级化学教科书就采用了这个实验装置：



案例4.在2015年暑假我偶然发现，课本上有色物质在水中扩散实验，是不能充分说明微粒在不断运动的。

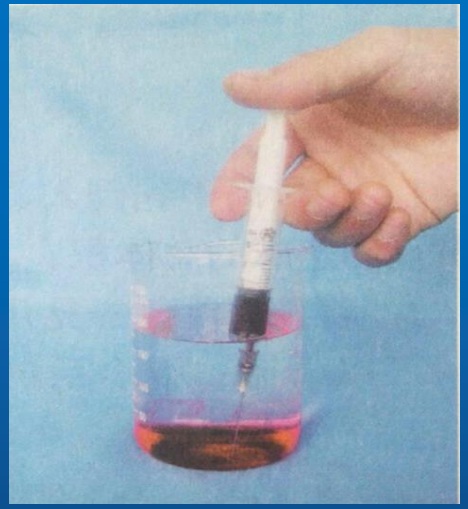
这些有色物质(品红、红蓝墨水等)在水里主要是向下分散的——**这离不开重力的作用**，并非完全是微粒热运动所引发的扩散。

现行人教版九年级化学教科书上品红在水中扩散的实验

现行仁爱版九年级化学教科书上蓝墨水把水染成蓝色的实验

现行粤教版九年级化学教科书上把几滴蓝墨水滴进水里一会儿整杯水变蓝了实验

现行苏科版八年级物理教科书上红墨水在水中散开的实验



现行浙教版七年级科学教科书上用注射器慢慢将红墨水分别注入冷、热水中的实验

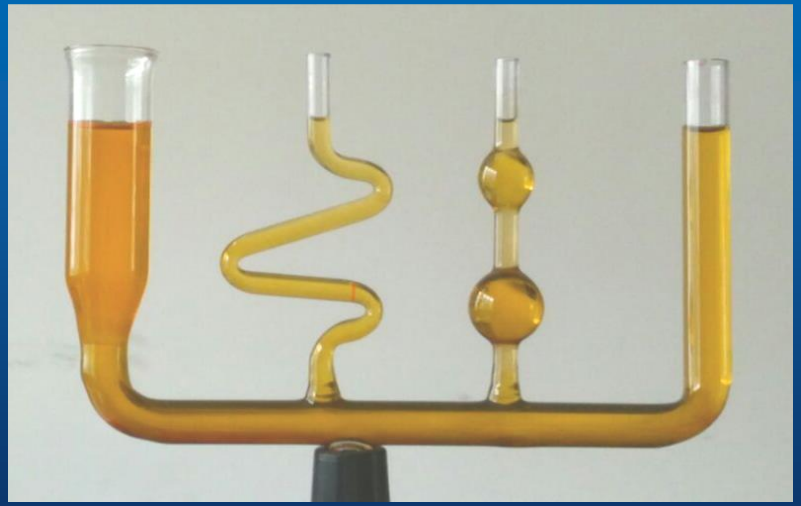
如何排除重力场的干扰呢？

可以在U形管、连通器里进行实验，选用密度大于水的有色物质(高锰酸钾、甲基橙、硫酸铜等)做示踪。

改进①：将高锰酸钾加入U形管里

改进②：将甲基橙加入连通器里

1分钟后

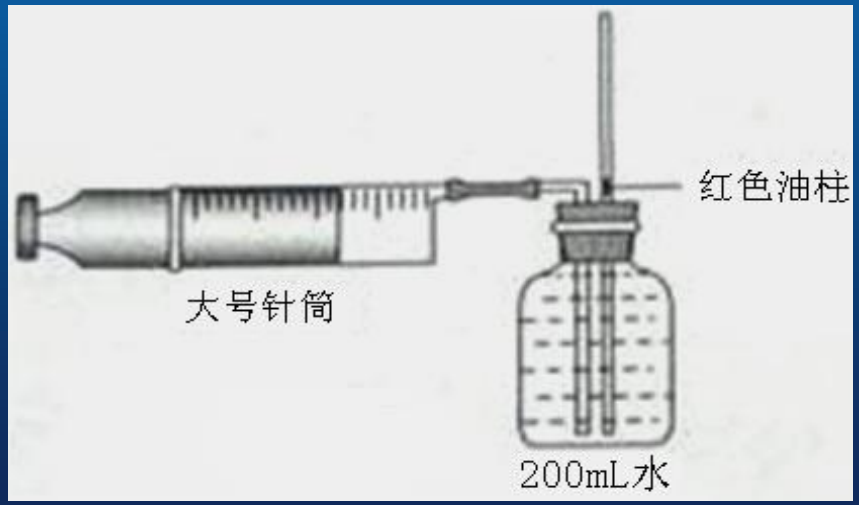


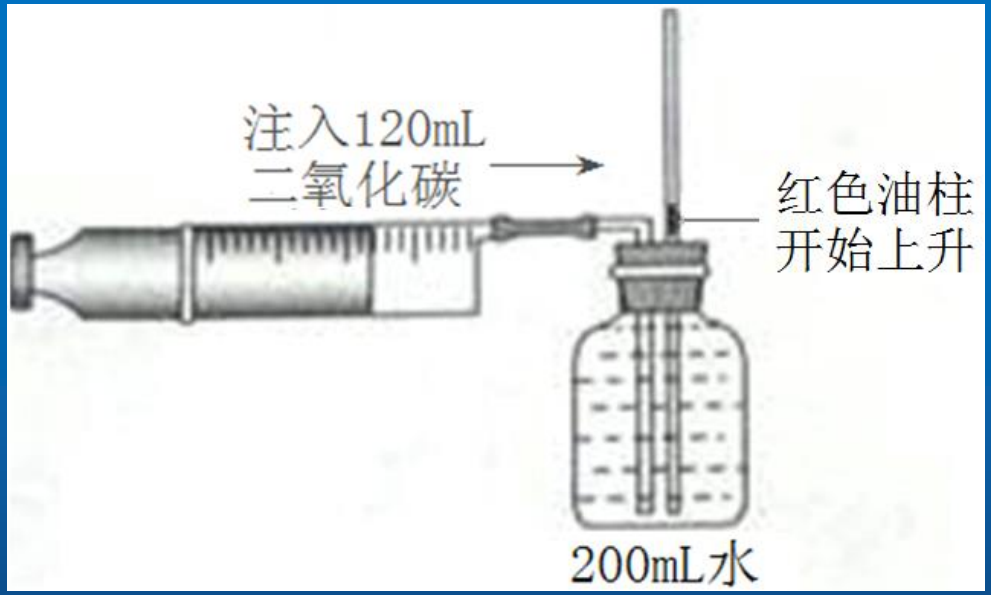
12小时后

依据上述研究过程，我写出了《有色物质在水中扩散实验的新设计》实验论文，发表于《化学教学》。

案例5.在2013年暑假期间，我发现浙江省湖州市的一道二氧化碳溶于水的实验题有科学性问题。

小李学习了CO_2知识后，进行CO_2在水中溶解性的探究：①用大号针筒抽取200mL的CO_2；②试剂瓶中加入200mL水(恰好加满)，塞紧双孔橡皮塞；③连接针筒和试剂瓶，缓慢推动活塞将CO_2注入水中。



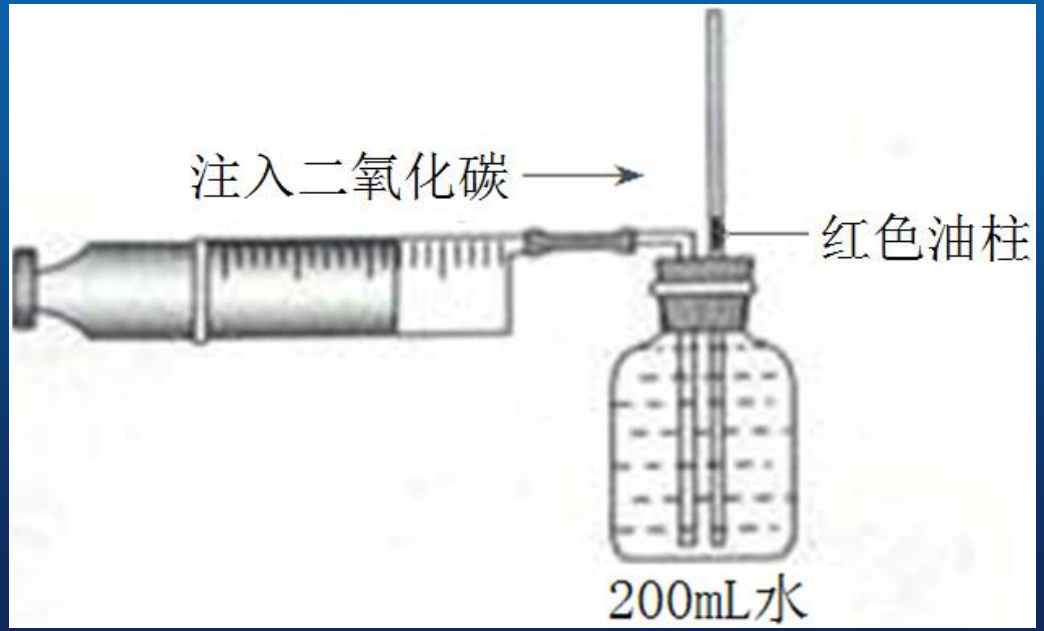


（1）……

（2）……

（3）当向水中注入CO_2达到120mL时，红色油柱开始向上移动。实验表明在该条件下，1体积水中能溶解__0.6__体积的CO_2。

我们动手操作就会发现，这个实验根本无法完成，哪怕你只推入1mLCO_2进入水中，油柱也会随之上升，因为CO_2在水中溶解的非常慢。



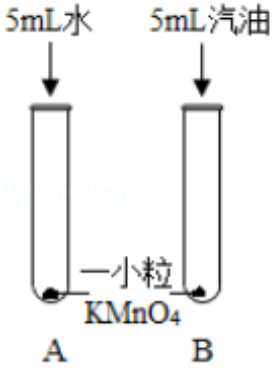
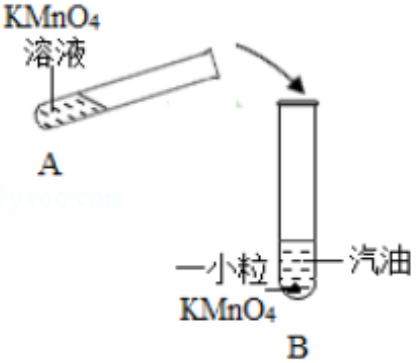
接下来，我们很快写出了《对中考科学试卷中“二氧化碳溶解性实验”的商榷和改进》的论文，发表于教育部的《教学仪器与实验》。

案例6.在2017年暑假，我们发现某市关于高锰酸钾在汽油、水中溶解的实验题，存在不妥：没有考虑到高锰酸钾是强氧化剂，会与汽油中的不饱和烃反应，产生黑色沉淀二氧化锰。

此题其实是沪教版初中化学书上的课后习题，已经被删除。

【实验1】$KMnO_4$晶体在不同溶剂中的溶解实验

根据实验步骤、实验操作图示填写相关实验现象

	实验操作图示	实验操作及现象
步骤1		振荡后静置： （1）A试管中晶体全部溶解，溶液呈_____色；B试管中晶体不溶解，汽油不变色．
步骤2		将步骤1中A试管内溶液倒人B试管中，振荡后静置： （2）B试管中观察到的现象为_____．

我们团队因此又写出了实验论文《对中考试卷中“高锰酸钾在不同溶剂中的溶解”实验的质疑及改进》，发表于《化学教与学》。

案例7.前几年，我们发现有人用木炭、蜡烛、棉花等含碳物质代替磷测量空气中氧气体积含量（同时将水替换为NaOH溶液）。

$$O_2\% = \frac{\text{反应前后锥形瓶中水的体积差}}{\text{圆底烧瓶体积}} \times 100\%$$

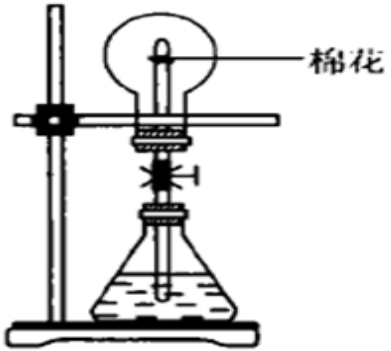


图1 利用棉花燃烧测定空气中氧气含量的装置图

实验前学生一致认为由于生成二氧化碳气体，该方法不能测定空气中氧气含量，但实际分组实验结果如下(表1)。

组　别	1	2	3	4	5	6	7	8
空气中氧气含量(%)	21.05	20.26	20.68	21.22	21.66	20.63	21.59	20.39

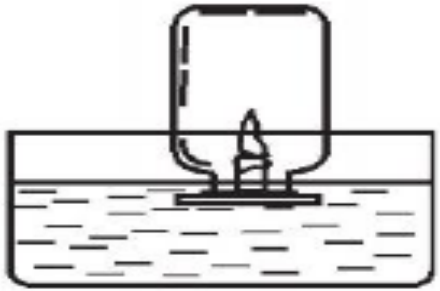
原方案见上海《化学教学》

空气中不能燃烧。如果用木炭来做实验，可将烧杯中的水改为氢氧化钠溶液。

2.问：在用红磷进行的探究空气中氧气的体积分数实验中，若测定的氧气的体积分数明显偏小，有哪些可能的原因？

原方案见河北《农村青少年科学探究》

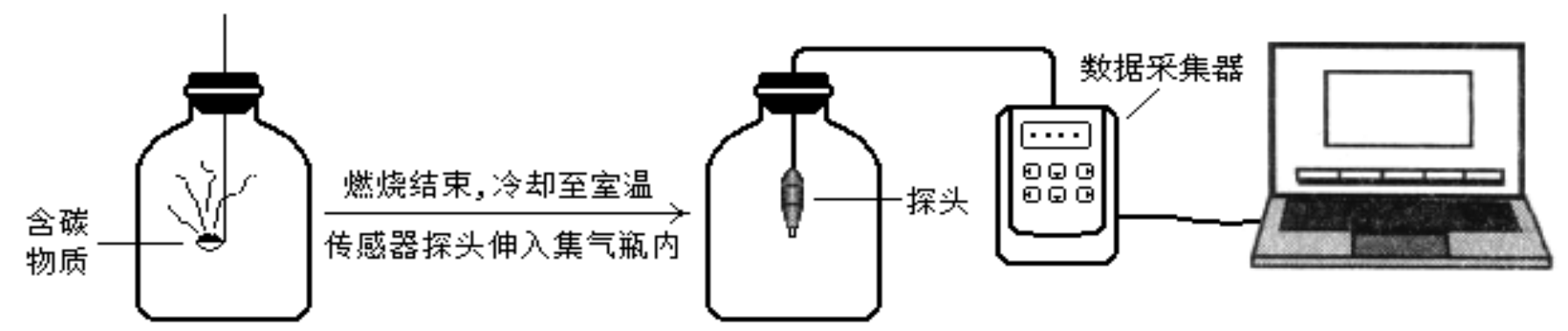
1.利用蜡烛燃烧来测定空气中氧气的含量



用一个小水槽盛一半水，加入适量的 NaOH，搅拌，使之完全溶解（或用石灰水来代替），再滴入几滴酚酞试液，取一段小蜡烛固定在小木块上使之浮于水面。将一个集气瓶按容积分成五等分，并做上记号。将蜡烛点燃后，立即将集气瓶扣在蜡烛上，并使集气瓶口刚刚没入水面成封闭状态，在蜡烛熄灭和集气瓶冷却后，可观察到集气瓶内水面上升约一个刻度。（如上图所示）

原方案见广西《中学教学参考》

上述论文作者和中考命题者都理想化地认为，木炭、蜡烛、棉花等含碳物质燃烧时，碳元素全部转化为二氧化碳，二氧化碳又能被NaOH溶液吸收。其实，在密闭的体系内，碳不完全燃烧主要产生CO，而CO无法被NaOH溶液吸收。



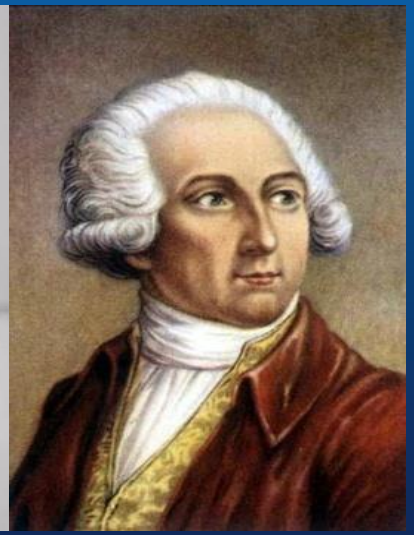
我和周梅华老师合作，利用传感器进行研究发现：棉花、蜡烛、木炭等含碳物质，在密闭的集气瓶内燃烧后，瓶内剩余气体中大约含有5%CO_2气体、2%CO气体、15%O_2。

表 1. 一些可燃物燃烧需要的最低氧含量

可燃物名称	最低氧含量/%	可燃物名称	最低氧含量/%	可燃物名称	最低氧含量/%
氢　气	5.9	丙　酮	13.0	黄磷(白磷)	5.9
乙　炔	3.7	二硫化碳	10.5	多量棉花	8.0
乙　醚	12.0	汽　油	14.4	蜡　烛	16.0
乙　醇	15.0	煤　油	15.0	木　炭	14.0

查阅资料可知：燃烧是耗不尽体系内的氧气的，都存在氧残留。只要利用燃烧法测定空气中氧气体积分数，氧残留都是无法消除的误差。

宋心琦教授认为：迄今为止，氧化法测量空气中氧气体积含量，最准确的还是200多年前的拉瓦锡实验——因为他连续加热汞12天。

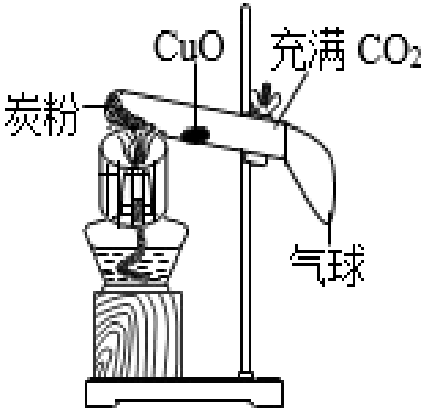


在上述研究的基础上，我们写出了论文《对燃碳法“测定空气中氧气的体积分数”实验的质疑与探究》。

案例8.同行的优秀实验论文，也可以给我们带来创作灵感。2023年暑假期间，拜读了镇江谢丹敏老师的论文《封闭U型管在对比实验中的应用》，受到了启发；但谢老师用石蜡封闭U形管，致使该装置只能进行常温下的对比实验。我指导徐丹丹老师利用耐热胶水封闭U形管，据此写出了论文《**用封底 V形管进行较高温度下的对比实验**》，已发《化学教学》。

案例9. 分析优秀的化学实验中考题，也可以获得写作灵感。2021年暑假期间，我发现有三个地方都考了同一道实验题，请看：

12. （2021·安徽）某小组利用如图装置进行创新实验。实验时，先加热炭粉，一段时间后将酒精灯移至CuO处加热。下列说法错误的是（　　）



安徽

A. 酒精灯加网罩是为了提高火焰温度

B. 气球可以收集尾气，防止污染空气

C. 反应过程中，黑色氧化铜变为红色固体

D. 装置中发生反应：$2CuO+C \xlongequal{高温} 2Cu+CO_2\uparrow$

27. (6 分)兴趣小组同学模仿工业高炉炼铁原理,用如图 1 实验装置(加热装置已省略)探究冶炼铜的化学原理。实验操作过程如下:

①将 CuO 加水制成糊状,用毛笔刷在试管内壁,烘干;然后在试管底部加入一定量的焦炭,再向试管里通入干燥的 CO_2,此时用仪器测得 CO_2 含量为 a g/L,用气球密封试管口。

②用酒精灯加热试管中的氧化铜部位一段时间,无明显现象,随后熄灭酒精灯。

③高温加热焦炭部位一段时间,停止加热,用热成像仪拍摄图 1 中虚线框部位,数据输出得到图 2。恢复至与①相同的条件,测得 CO_2 含量为 $0.2a$ g/L。

④再次用酒精灯加热氧化铜部位,1 分钟左右黑色固体变成紫红色。

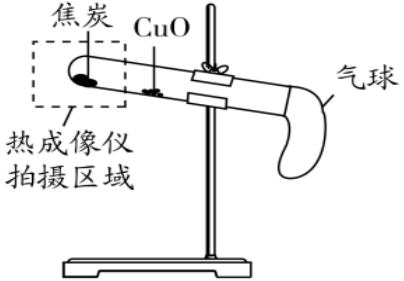


图1

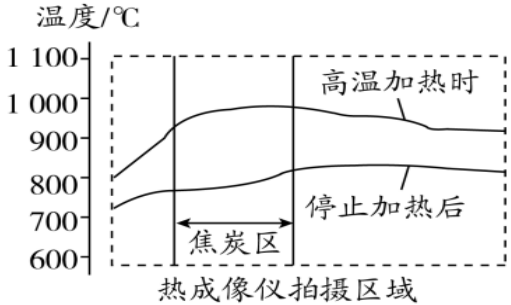


图2

常州

(1)操作②中实验现象说明 CO_2_____(填“能”或“不能”)与 CuO 反应。

(2)操作③中 CO_2 含量减小的原因是_____。

(3)操作④中反应的化学方程式为_____。

(4)实验结束后,一般将装置内的气体灼烧处理,目的是_____。

(5)由图 2 可知,刚停止加热后焦炭区温度降低更快,可能的原因是_____。

20.（10 分）铜及其化合物在生活、生产中用途广泛。

（1）以氧化铜为原料制取铜。

某研究小组为探究 CO 的还原性，设计了如下系列实验：

实验 1：将 CuO 加水制成糊状，刷在试管内壁，在试管底部加入炭粉，再向试管里通入 CO_2（见图 1），集满后立即用气球密封。

实验 2：用酒精灯先加热 CuO 部位（见图 2），无明显现象。

实验 3：再用加网罩的酒精灯加热炭粉（见图 3）；一段时间后，利用 CO_2 传感器测得试管内 CO_2 含量变小。

实验 4：加热 CuO（见图 4），黑色固体变成紫红色。

无锡

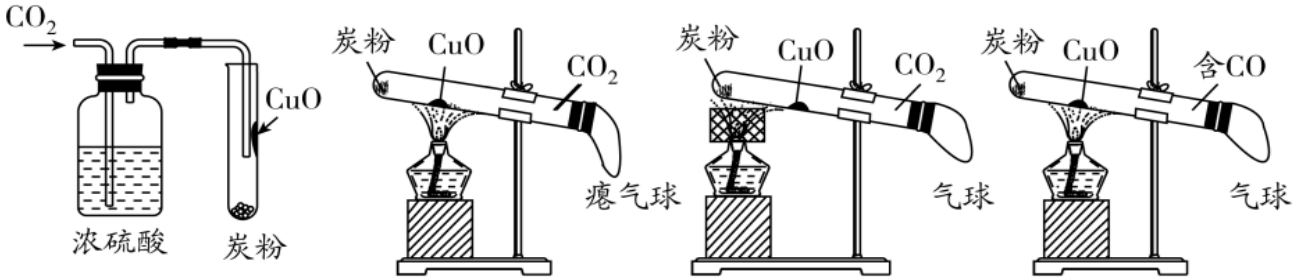


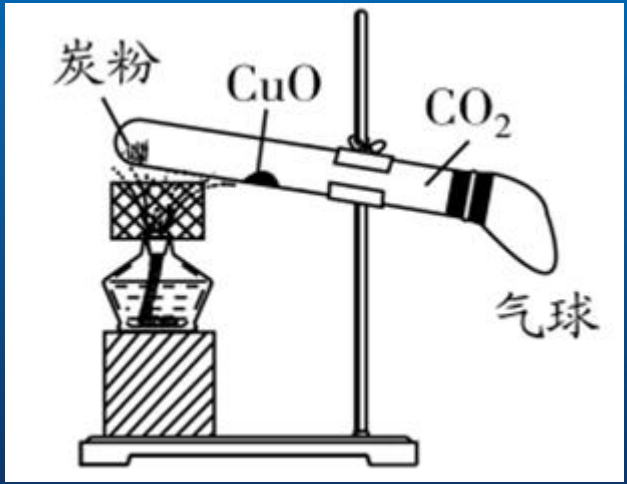
图1　图2　图3　图4

①实验 1 中浓硫酸的作用是_____。

上述命题素材来自于《化学教育》的论文《一氧化碳还原氧化铜实验的一体化设计》。

这篇文章的作者曾是国培班学员，该文的最大亮点是：不需要浓硫酸制取CO；借助传感器检验CO_2减少、借助热成像技术检验CO增多。但是，文章的写作存在不少问题，因为是国培学员，所以我对文章做了大量仔细的修改（见文中红色）。

这个实验创新论文最终发表后，我认为它仍有两个不足：木炭与CO_2反应有限、中学实验室一般不具备热成像技术检验CO。

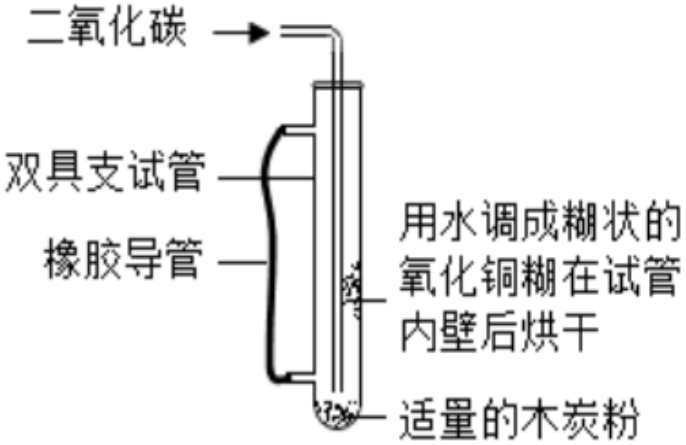


能不能改进上述不足呢？当然可以！

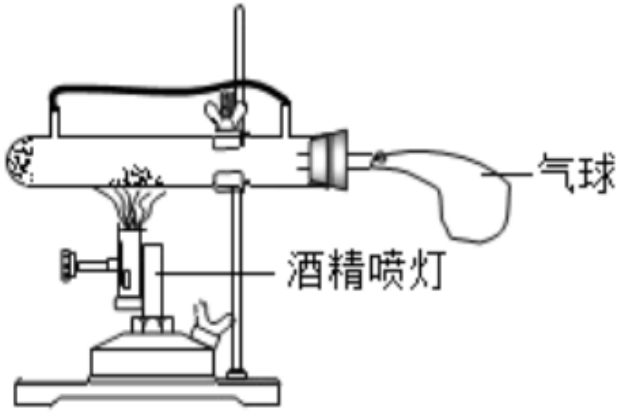
我又指导另一位国培学员仇荣亚，对此实验继续优化设计，最后获得成功，并写出了论文《对一氧化碳还原氧化铜一体化实验的优化设计》，已发表于《中国现代教育装备》。

我和仇荣亚老师的这篇论文发表后，该实验素材再次成为2022年杭州市中考命题素材。

（2022•杭州） 小金通过实验研究一氧化碳和氧化铜的反应，其操作步骤及观察到的现象如下：



甲



乙

步骤1：连接装置并检查装置气密性。

步骤2：按图甲所示向双具支试管内加入木炭粉和氧化铜，用向上排空气法使双具支试管内集满二氧化碳

塞。

步骤3：按图乙所示将双具支试管固定在铁架台上，并使木炭粉平铺于试管底部：用酒精喷灯加热氧化铜

步骤4：将酒精喷灯移至木炭粉处，加热一段时间，观察到气球明显胀大；再次将酒精喷灯移至氧化铜处

末变为紫红色固体。

案例10.撰写实验论文、命制实验题，最好自己会画图，因为创新是个性化的，你很难复制到称心如意的实验装置图。请看我的绘图方法：

熟悉画图软件，巧绘化学仪器和实验装置

结束语

如果您有志于实验创新的研究，可以从模仿开始，但不能以模仿终结。要反思别人实验设计的思路，得到方法上的启示，从而从借鉴走向创新。

本讲座提供PDF版课件供大家拷贝，但一定不要挂到网上。讲座的内容，大家要创造性的应用于自己的课堂和研究。

15190675519

（同微信）