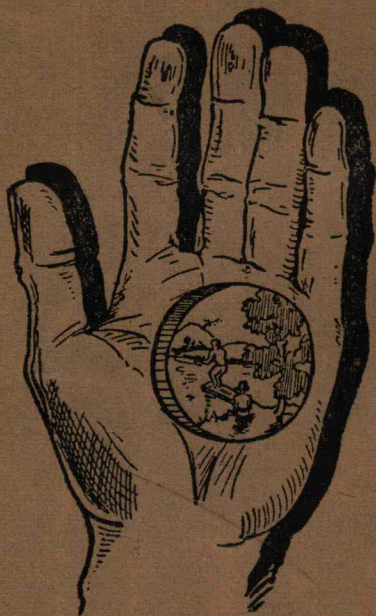


# 理 化 幻 術



上 海 新 亞 書 店 印 行





公 開 表 演

理 化 幻 術

藤 木 源 吾 著  
薛 元 氏 編 譯

上 海 新 亞 書 店 印 行

中華民國三十五年十一月再版

公開表演 理化幻術（全一册）

（外埠酌加寄費）

有著作權 不准翻印

編譯者 薛元氏

發行者 陳邦楨

印刷者 新亞書店

上海河南中路一五九號

總發行所 新亞書店

分售處 各地大書局

## 序

人們常說科學是樁枯燥不易懂的學問，尤其是物理化學，更易使人覺得索然無味。其實他沒有知道科學世界裏的神奇美妙，科學能告訴他使他驚異的真理，能替他做種種偉大的工作。看上去科學像一位莊嚴的冷面的老頭子，可是你常和他親近，你定覺得他的心腸是滾熱的，並且從莊嚴裏，你可找到許多既有趣又有利的自然界的真理和秘密。大家都在喊着「科學救國」，可是許多人開始看到科學老人的冷面孔，都嚇得不敢常和他接近，外國人常說我國人太無科學思想，這我們祇好接受，本來我國人大都見了科學先生就頭痛，那裏還能有科學上的修養呢？國民有充分的科學修養，國纔得有救，這似乎確是至理，而我們要想提倡科學，最先的工作，是要破除國內民衆認為科學無趣的心理，然後科學思想的訓練，纔得進行無阻。兩月前閒逛神田區，買到了一本藤木源吾氏的公開表演趣味の理化實驗，看過之後，我覺得很值得介紹給我國有志於提倡科學的熱心人士，因此便



費些工夫，譯成此冊。這書講了百多種很有趣的理化幻術，用品都很普通，實驗手續也很簡單，一般小學校和民衆教育館，公開表演，最爲適用。我覺得學生民衆從科學演講裏獲得的益處，決不能如從科學實驗上所得的多，耳聞究竟不如目見的印象來得深切。假使實驗能幻術化，先引起看客的興味，然後注入平易的、趣味的、日常的理化知識，一定可以更有效地使大衆對科學真理，獲得透澈的理解，或者認爲科學無趣的心理，也可減輕幾分，所以趣味的理化實驗在科學教育上確有相當的價值。但有一點應該聲明，理化究竟不單是可笑好玩的科學，做這些幻術化的理化實驗的目的，祇是灌輸一些日常的理化知識於大衆，並提起大衆對科學的興味，而對科學常得去親近而已。所以這書雖是幻術化，却不純粹是幻術，假使想多找些實驗材料，下面兩部書是值得參考一下的。

V. E. Johnson: *Chemistry and Chemical Magic* (London)

B. Donath: *Physikalisches Spielbuch* (Berlin)

# 目次

## 第一編 化學之部

一、關於氧、氧化劑、和五色煙火的	一
第一 火山噴火	一
第二 空杯燒紙	三
第三 蠟燭用指頭點火	五
第四 弱焰立放強光	七
第五 神祕的醬	八
第六 白紙現出書畫	一〇
第七 五色燦爛的煙火	一一

二、關於輕氣和爆鳴的.....	一九
第八 汽水瓶發出爆音.....	一九
第九 大礮.....	二三
第一〇 肥皂炸彈.....	二四
三、關於炭酸氣的.....	二六
第一 灰熄火.....	二六
四、關於焰的.....	二六
第一二 增加光輝的棉團.....	二六
第一三 燒指頭.....	三〇
五、關於鈉、鉀的.....	三三
第一四 水發火.....	三三
第一五 燒得着的水.....	三三



第一六	用冰塊點香煙·····	三五
六、	關於氨和氯化氨的·····	三六
第一七	噴水忽變紅色·····	三七
第一八	青水噴出紅水來·····	三九
第一九	透明的瓶忽生白煙·····	四〇
七、	關於氨和亞硫酸的·····	四一
第二〇	漿糊忽變藍色忽成無色·····	四一
第二一	空瓶能使漿糊變色·····	四五
第二二	青水黃水變成無色水·····	四七
第二三	變色水·····	四九
八、	關於硫化氨和氧化氮的·····	五一
第二四	貓兒變成虎·····	五一

第二五 清水寫出黑字……………五二

第二六 空瓶冒出紅煙……………五三

九、關於磷的……………五五

第二七 燒得着的水……………五五

第二八 白紙燒成黑字……………五七

一〇、關於溶液的變色……………五八

第二九 枯草發葉開花……………五九

第三〇 乘風波浪的船……………六〇

第三一 清水忽變青赤(其一)……………六一

第三二 清水忽變青赤(其二)……………六三

第三三 冬季立刻回春……………六四

第三四 白紙變成黨國旗(其一)……………六七

第三五	白紙變成黨國旗(其二).....	六
第三六	少女裝容 枯枝吐蕊.....	七一
第三七	清水變黃變赤再變無色.....	七二
第三八	變酒變墨水的空瓶.....	七三
一一、	關於靛藍和茜素的.....	七
第三九	青褐二水變成清水.....	七
第四〇	用茶色水染成藍色.....	七
第四一	用黃色水染成藍色.....	七
第四二	黃水變成紫、赤、桃色.....	八一
一二、	關於硫酸的.....	八三
第四三	紙上烘出字來.....	八三
第四四	笑面變成鬼臉.....	八四



第二編 物理學之部

一、關於液體的壓力和浮力的……………八七

第四五 跳躍自如的橡皮管……………八七

第四六 壓得起人的水……………八九

第四七 浮沉如意的鷄卵……………九一

第四八 卵的浮囊……………九三

第四九 浮沉如意的試管……………九四

第五〇 能使浮體上下的玻璃管……………九六

第五一 兩個行動一致的浮體……………九七

二、關於氣壓的……………九九

第五二 一張重得拿不起的新聞紙……………九九

第五三	自己會行動的試管	101
第五四	分不開的二杯	103
第五五	燈罩和小唧筒造成的噴水器	105
第五六	利用氣壓的簡單噴水器	106
第五七	簡單的噴水器	108
第五八	把人吹起來	109
三、	關於分子現象的	111
第五九	輕氣向下	111
第六〇	素坯噴水	113
第六一	使呼氣燒得着的氣球	115
第六二	透過薄膜的水	117
第六三	透不過水的銅網	119

第六四 水面浮針…………… 一〇

第六五 收縮的肥皂泡…………… 一一

第六六 在水面跳躍的火焰…………… 一二

第六七 水裏忽然浮出國旗…………… 一三

四、關於力和運動的…………… 一六

第六八 彈不出的銅元…………… 一六

第六九 板上鷄卵不跟板飛去…………… 一八

第七〇 隨處可斷的繫線…………… 一九

第七一 重石壓身打不痛…………… 二〇

第七二 落不下的銅元…………… 二一

第七三 倒不出的水…………… 二二

第七四 自轉的球…………… 二三



第七五 一指支瓶……………一三四

五、屬於熱的……………一三六

第七六 玻璃細工……………一三六

第七七 旗幟自倒……………一三九

第七八 燈上的風輪……………一四一

第七九 加熱後紙背現出文字……………一四一

第八〇 加熱後電鈴就響……………一四五

第八一 用紙盒煮水……………一四七

第八二 板上隨時能結冰……………一四八

第八三 發動噴水泉的棉團……………一五〇

第八四 冷後反能沸騰的水(其一)……………一五一

第八五 冷後反能沸騰的水(其二)……………一五四

第八六 不用加熱就能煮沸的水……………一五

六、關於音和振動的……………一五

第八七 兩個很親熱的擺……………一七

第八八 共鳴的音叉……………一六〇

第八九 發出鳴聲的氣柱……………一六一

第九〇 能鳴的火焰……………一六三

第九一 發唸的音叉……………一六六

第九二 燈罩生唸……………一六七

七、關於錯覺的……………一六九

第九三 等長的線會看出長短來……………一六九

第九四 等闊的線會變彎曲……………一七〇

第九五 等形同大的扇面會變大變小……………一七二

第九六	同大的人會變長變短	一七三
第九七	平行線或粗或細	一七五
第九八	輪和齒輪的旋轉	一七六
第九九	圓形變成六角形	一七六
第一〇〇	隻眼難於辨物	一八〇
第一〇一	籠裏的小鳥	一八一
八	關於靜電的	一八四
第一〇二	見棒就逃的擺	一八五
第一〇三	能吸在壁上的紙	一八八
第一〇四	煙草粉自成文字	一八九
第一〇五	人體通電	一九〇
第一〇六	竄在表面的電	一九二

第一〇七 攔電的銅網……………一九三

第一〇八 向外側活動的小球……………一九三

第一〇九 箔在空中自由飛舞……………一九四

第一一〇 蹤跳自如的燈草……………一九五

第一一一 電熄燭火……………一九七

第一一二 十字架旋轉……………一九九

第一一三 人頭飛出火花……………二〇四

第一一四 驚人的電流速度……………二〇五

第一一五 操縱噴水泉的電棒……………二〇七

九、關於磁性和電流的……………二〇九

第一一六 聽指揮的水鳥……………二〇九

第一一七 跳舞的小人……………二二二

第一一八	用電鈴按摩	二二三
第一一九	自製的電動機	二二四
一〇	關於電解和電鍍的	二四〇
第一二〇	電寫文字	二四〇
第一二一	青色的電字	二三一
第一二二	便利的檢電液	二三一
第一二三	鍍銀法	二三四
第一二四	鍍金法	二三七
一一	關於幻燈和影戲的	二三九
第一二五	簡便的幻燈裝置	二三九
第一二六	幻燈的實物映射	二三三
第一二七	應用日光的實物反射幻燈	二三九

第一二八 日光顯微鏡

.....

二四三

## 第一編 化學之部

### 一 關於氧、氧化劑、和五色煙火的

#### 第一 火山噴火

藥品 氯酸鉀、砂糖、濃硫酸

準備 (一)取氯酸鉀和砂糖，分量大約相等，分別研成粉末，然後拌在一起，這就是噴火的燃燒劑。

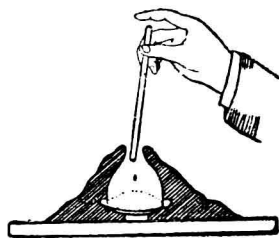
(二)築一火山。用適當大小的板，或用桌子蓋的反面。把水和泥土攪和，堆成山的形狀，

中央留一個噴火口，噴火口的底部，放一只容放燃燒劑的盆子。

**方法** 取燃燒劑二三匙，灌在噴火口裏，然後走到大眾前面，把噴火的旨趣，向大眾說明，另外用一支玻璃管，吸入濃硫酸數滴，照圖滴入燃燒劑中，就能立刻發火，放出很多白煙，像火山噴火的樣子。

**備考** (一)做準備(一)時，取硝酸鋁少許，混入燃燒劑中，那末發火的時候，焰色深紅，很為美觀。普通放的煙火，現出深紅色的，都有硝酸鋁混在裏面。

(二)硫酸滴下火山口的時候，要想法避免觀眾的注意，但是不可用下流的說話和卑劣的姿勢來掩飾。頂好把硫酸瓶放在桌子的暗處，用玻璃管插入，在拿出之前，先用一個指尖，抵塞管孔，人們決不會想到管裏藏着硫酸的。這時把玻璃管放近火山口，裝着畫符的樣子，暗把抵塞管口的手指移開，硫酸就掉在口裏。過後你把理由說明，人們就恍然大悟了。





(二) 硫酸滴下後，怎樣就會發火呢？因為硫酸同氯酸鉀作用，發出熱力和養氣，結果就使砂糖燃燒。要把這時的化學變化，說得明白一些，就是硫酸同氯酸鉀作用，先生成氯酸，這是很不安定的東西，立刻分解而生過氯酸和過氧化氯。過氧化氯是有臭氣的暗赤色氣體，呈劇烈的氧化作用，能使乾的砂糖燃燒。所用的混合物中，如氯酸鉀過多，就起爆發的燃燒，分量較少，時間就可以延長一些。又即使不加硝酸錳，因火焰中混有鉀的蒸氣，也能現稍帶紅色的紫色。

## 第二 空杯燒紙

藥品 氯酸鉀、砂糖、濃硫酸

準備 (一) 取等量的氯酸鉀和砂糖，研成細粉，混在一起，為避免潮濕，頂好貯存瓶中，蓋好瓶塞，外面標明發火劑，放在安全的地方，可以隨時取用。

(二) 用較厚的白紙，一角折成袋狀，裏面灌發火劑少許。要防發火劑漏脫，可用漿封好袋口。再要小心一些，預防其不能發火，可用二枚同樣大小的白紙黏合。

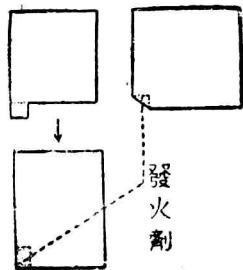
(三) 玻杯中盛少許濃硫酸。

**方法** (一) 取暗藏發火劑的白紙，一手執盛藥劑的一角，舉起來給大家看，使觀衆不疑心裏面有什麼東西。然後把紙對角折好，使有藥劑的一端向下，這樣可以使藥劑達到杯底。

(二) 左手執杯，因為杯裏的硫酸不多，所以人家只當做空杯。左手持杯伸出，右手拿着紙的上端，在觀衆凝視着的時候，插入杯底，使浸到硫酸。稍待片刻，杯中忽然發火，紙就燃燒起來。

**備考** (一) 杯裏盛的硫酸，不可過多，只能浸到發火劑的一半。如果發火劑全部浸到硫酸裏面，就立刻轟然發火，往往紙的上部未曾燒着，火就熄了。

(二) 如包藥劑的紙張過厚，硫酸不能浸透，就不會發火。這樣可在包藥劑的小袋上，用細針穿幾個孔，那末硫酸容易滲到裏面，就能早些發火。



(三)發火的原理，和第一實驗相同。

(四)氯酸鉀和砂糖混和，同硫酸作用，就能發火。這種實驗，就是現在安全火柴的起原。人們在燧石時代，用火刀火石相擊，方能射出火花，這事多麼麻煩！後來有人利用化學作用，做成即時發火袋，這袋生火的原理，和我們現在做的遊戲一樣。從這袋慢慢改進，就成黃磷火柴，再成安全火柴。我們現在用到很便利的發火物，就要想到最初的這種實驗了。

### 第三 蠟燭用指頭點火

藥品 氯酸鉀、硫黃

準備 (一)取少許氯酸鉀和硫黃，分別研成很細的粉末，然後等量混和，作為點火藥粉。

(二)取二三支中國蠟燭，因我國的燭芯粗，餘燼不會一下子就熄滅。

方法 (一)用一燭臺，每隔五六寸插一支着火的蠟燭，這樣在大眾面前的桌上排成一列。

(一)把前面所說的藥粉，盛於紙內，放在桌上。但不可給觀衆知道，所以頂好在搬運燭臺的時候，暗地裏放上一只盛藥粉的盒子。

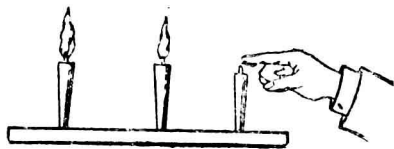
(二)先用指頭偷蘸藥粉，然後叫大家注意，這時霍地將燭火吹熄，趁着餘燼未滅，燈芯尙紅的時候，把有藥粉的指端，輕輕向燈芯上一擦，立刻就能再燃。第一支蠟燭成功了，第二支第三支同樣依次做下去。

**備考** (一)用蠟燭二三支，如第一支餘燼過少，試驗失敗的時候，

再試第二支，第三支蠟燭。乘燈芯很紅的時候，點火試之，總有一次成功的。一支蠟燭，可以吹熄，點火，再吹熄，再點火，隨便反覆到幾次。

(二)指端的藥粉如果過多，那末在點火的時候，怕會微受火傷。頂好先少用些試試，加到多少藥粉，方能發火，便可知道適度的分量了。

(三)發火的道理，其實也很平常，因為單用硫黃，不能使餘燼復燃，若混入氯酸鉀，那末餘燼和硫黃燃燒的時候，發出熱力，使氯酸鉀分解，發生養氣，更使硫黃燒得旺些，餘燼便會



着火了。

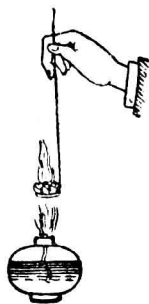
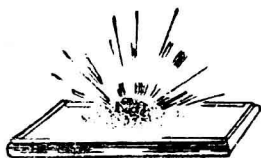
#### 第四 弱焰立放强光

藥品 硫黃、氫酸鉀

準備 (一)取一個較大的燃燒匙，用來燒熱硫黃，但必須用一盞酒精燈。燃燒匙頂好用汽水瓶的瓶蓋，既堅實又輕便，兒童實驗，最為合式，在瓶蓋的一邊，穿一小孔，插一條鉛絲，當作匙柄。

(二)用一塊白鐵板，或木板上鋪一層砂，上面勻攤着氫酸鉀。氫酸鉀頂好檢小結晶塊。

方法 把硫黃放在燃燒匙裏，就酒精燈上加熱，到硫黃完全熔融，表面已經着火的時候，移去酒精燈，叫大家看匙裏，可見硫黃的火焰很弱。



現在把熔融的硫黃，倒在氫酸鉀上，立刻就盛行燃燒起來，發出白的強光。

**注意** (一) 硫黃加熱時，要到能完全流動爲止。

(二) 要火光變大，硫黃就得要多，那末可放在坩堝或蒸發皿中加熱，照上法試驗。硫黃倒在氫酸鉀上面時，不可成塊，應當攤得均勻。

(三) 放強光的理由是這樣的，硫黃的燃燒熱，能直接分解氫酸鉀，因此發出養氣，有了養氣的供給，硫黃的燃燒，就更活潑了。

## 第五 神秘的醬

**藥品** 高錳酸鉀、濃硫酸

**準備** (一) 高錳酸鉀是黑紫色有金屬光澤的柱狀結晶，家庭中通常用以洗滌或漂白舊涼帽。取一只蒸發皿，倒入幾滴濃硫酸，用玻璃棒慢慢攪動，同時把高錳酸鉀的晶體，一些一些放入，拌成糊狀，這就是危險的醬，用來當作火柴的。

(二) 取酒精燈一盞，酒精要加足。燈芯同實驗的成敗，很有關係，要用棉紗集成束狀，不

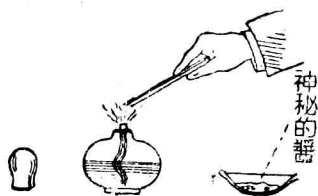
可絞成辨狀。

方法 (一) 先把酒精燈點着，一方就在大衆面前作第一項準備，把硫酸和高錳酸鉀拌和，成爲不可思議的醬。

(二) 用一條玻璃棒，先端蘸醬少許，叫大衆注意，於是戲法來了。把燈罩向酒精燈上一蓋，火就熄滅，隨即把罩拿開，用玻璃棒端的醬，觸在燈芯的尖端，稍待燈就着火。這樣熄了再點，點了再熄可以同樣的隨便試多少次數。

備考 (一) 硫酸同高錳酸鉀混和時，要放在蒸發皿或茶碗等裏面。又不可把硫酸澆到高錳酸鉀上面去，要慢慢的把高錳酸鉀，放在極少量的硫酸裏面。不可取試驗管等代蒸發皿用，尤其是試驗管口對着人時，最爲危險。因爲高錳酸鉀同硫酸混和時要發熱，如果投入過量的高錳酸鉀，竟會飛彈出去。

(二) 實驗前先令酒精燈着火，要燈芯燒熱，發出多量的酒精蒸氣時，那末用這神祕的



醬，方才容易點得着火。但是剛才點着就吹熄，隨即用醬去點時，也多會着火的。

(三)發火的原理，比較的簡單。即因高錳酸鉀同硫酸作用時，會分解而放出養氣，同時發出熱力，燈芯得到熱和養氣的供給，芯上散出的酒精蒸氣，自然會着火了。

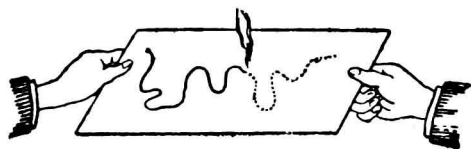
## 第六 白紙現出書畫

**藥品** 硝石(就是硝酸鉀)或氯酸鉀

**準備** 硝石(或氯酸鉀)溶解在微溫水中，製成較濃的溶液，用這溶液，在白紙上隨意塗成書畫，等他充分乾燥。乾燥後，白紙上完全辨不出什麼痕跡，看來像不塗硝石的一樣，所以在書畫的起端，頂好做上什麼記號。

**方法** 取出準備的紙張，用線香一支，在預做記號的地方點着，那末紙上的火，就沿着書畫的筆跡延燒下去，完了，就現出所塗書畫的樣子。

**備考** (一)書畫的筆跡，應當連續，方能延燒到底。





(二)硝石(或氯酸鉀)的溶液,不可過薄,過薄則中途熄滅,不克延燒到底,也不可過濃,過濃則火勢擴散,燒及全紙,以致書畫不顯。書畫的筆跡過粗時,也是如此。

(三)硝石(或氯酸鉀)的所以燃燒,不外氧化作用。因硝石受熱後,分解而生氧及亞硝酸鉀。因分解生氧,所以能次第燃燒。就是這部的硝石,分解燃燒時,所生的熱力,又使連接的硝石分解,所以能依次燃燒下去。又氯酸鉀是製氧時所用的藥品,所以照前受熱時,也能生氧。

## 第七 五色燦爛的煙火

原理 煙火的顏色是焰色反應。

煙火的顏色,是利用某種金屬的焰色反應。試用白金線或鐵線,蘸着食鹽或鹽水,插入酒精或煤氣的無色焰中,火焰就呈黃色。不僅食鹽如此,其他碳酸鈉、碳酸氫鈉等含鈉的化合物,用來做同樣試驗,也呈黃色。所以這是鈉的焰色反應。反過來利用這種焰色反應,可藉以鑑定是否為鈉化合物。

除鈉外，其他鹼金屬或鹼土金屬類等，都有特殊的焰色反應。像鹼金屬中鉀呈紫色，鋰呈深紅色，銻呈赤色，銻呈青色，又鹼土金屬中鈣呈橙赤色，鋇呈綠色，鎂呈深紅色等。

所以在火藥的要素，像氧化劑、燃料中，把能呈焰色反應的物質，適量的混入，就成爲煙火了。普通所用的着色劑，多爲硝酸鹽。這種東西，不僅爲着色料，並且和硝石相似，有氧化劑的作用。

#### 備考 五色煙火的製法和一般注意點：

(一)簡易的煙火製法，照上面所說的就行。例如要紅色煙火時，可在黑色火藥中，混和適量的硝酸銹。黑色火藥即所謂煙硝的製造，普通用硝石七五克、硫黃一〇克、木炭十五克，照這比例分取，研成細粉，須完全乾燥，放在紙上，互相拌和即成。日本軍用和獵用的黑色火藥，都用此種配合。但是比較好些的煙火，要照下述的處方配合製造。雖不一定要秤量得很正確，可是大體要符合所開的重量才好。

(二)藥品在混合之前，總要充分乾燥，磨成細粉。硫黃用硫黃華或硫黃粉，比較便利。木

炭末頂好用桐炭，磨細後篩過，或用普通的油煙也好。

(二)藥品混和時，放在紙上，比較安全。尤其在加氯酸鉀混和時，要把各原料攤在紙上，用軟的羽毛拌和，決不可放在乳鉢內磨合。因為磨擦時發出的熱力，容易引起意外的爆炸，因此遭禍。

(四)要多少煙火，隨時配製多少，不可一下子做好後，放在那兒等用。又貯藏做好的煙火時，應放在密閉器內，安置在乾燥的瓶中，並且要十分注意火熱。

準備 五色煙火製造原料的分量：

下面記各色煙火的製法。同一顏色的煙火，因原料不同，分量有別，效果也因之而異，以在一種煙火下，記述二三種製法，所用的藥品，都是小學校裏容易辦得到的。開示的分量，都是從實驗家的經驗得來的，在調製煙火時，如燃燒過速，就把燃料加多些，氧化劑減少些，如發火困難，就把燃料減少些，氧化劑加多些，所以能恰到好處。

原料下面記的數字，是重量的比例，用克做單位，或用兩做單位，可以隨便。

一 白色煙火

(第一法) 硝石二四 硫黃華 七 雄黃(三硫化砷)二

(第二法) 硝石二四 硫黃華 七 木炭末 一

(第三法) 硝石四八 硫黃華一三·三 硫化錒 七·三

(第四法) 硝石 六 硫黃華 二 硫化錒 〇·五 火藥三·三

上述的第一法是夜間的信號和宴會的餘興用的，白光皓皓，爛然奪目，可是發火稍爲困難。第四法中用的火藥，就是前節所說的黑色火藥。

二 帶青白色的煙火

(第一法) 氯酸鉀六一 硫黃華一六 燒明礬二五

(第二法) 硝石 二 硫黃華 一 碳酸鉀 二 食鹽 六

(第三法) 氯酸鉀七〇 硫黃華二〇 燒明礬一五 碳酸銅二三

(第四法) 硝石 二〇 硫化錒 四 硫黃華 五 木炭末 一

硫化鎘是鎘鹽的溶液中，通以硫化二氫而得，即爲通稱鎘黃的顏料。又硫化鎘亦有呈橙色的。第四法中加硫化鎘後，所生的火焰，外部白色，內部青色，很爲美觀；可是硫化鎘在有些地方是不大容易得到的。氯酸鉀乃鹽酸的鉀鹽。

三 赤色煙火

- (第一法) 氯酸鉀 五      硝酸錫四〇      硫黃華一五      木炭末二
  - (第二法) 氯酸鉀三〇      硝酸錫四五      硫黃華一七      木炭末二
  - (第三法) 氯酸鉀 五      硫酸錫 三      硫黃華 二
- 右法都能生燦爛的深紅色。這全是錫的焰色。燃燒時間的長短，由氧化劑、燃料等配合的成分多少而異。所以下面的第四法下，依成分多少，分述四種：(1) 燃燒的時間最短，(2)、(3)、(4) 依次延長。

- 1.      氯酸鉀      硝酸錫      硫黃華      木炭末
- 四〇      三九      一八      三

4.	3.	2.
八	一一	一五
七一	六六	六三
一一	二二	二二
	一	一

四 淡綠色煙火

(第一法) 氯酸鉀四〇 硫黃華一四 硝酸銀六〇

(第二法) 氯酸鉀六〇 硫黃華一六 炭酸銀二四

(第三法) 硝石 五〇 硫黃華二五 硫化錒 五 燒明礬〇、五

第一、二兩法，純為淡綠色。第三法在綠色中稍帶白色。這綠色全是銀的焰色。

五 綠色煙火

(第一法) 氯酸鉀五〇 硝酸銀五〇 木炭末五

(第二法) 氯酸鉀一六 硝酸銀一六 硫黃華四

(第三法) 氯酸鉀 三 硝酸銀 八 蟲膠 三 硫黃華三

六 黃色煙火

(第一法)硝石 六三

硝酸鈉一〇

硫黃華二四

木炭末四

(第二法)氯酸鉀四〇

硫黃華一〇

炭酸鈉一五

(第三法)硝石 一六

炭酸鈉 六

火藥 四

右述黃色，都很美麗。第一法的焰色純黃，通常用煙火架，更覺炫耀。第三法的火藥，就是前述的黑色火藥。

七 青色煙火

氯酸鉀六〇

硫黃華一六

炭酸銅一二

燒明礬一二

鉻酸鉀 五

黃血鹽 〇・五

白砂糖 〇・三

鋁粉 六〇

右面開的，都是普通容易得到的藥品。鋁粉可向市中購得，因為工業上常用以防止鐵銹的。依所開的分量調製，能得濃青色的焰色。

八 紫色煙火

氯酸鉀二七

硫黃華二〇

硝酸鉀三二

白堊二〇

油煙一

九 紫·紅·色·煙·火·

氯酸鉀六一

硫黃華一六

白堊二三

方法 五色煙火的實驗：

(一)照上法調製後，如單取一種燃燒，固已煌煌奪目，如依次點燃，那末光彩煥發，五色雜陳，更爲奇觀。

煙火先充塞在紙筒內，然後吊起來燃放，內容物就像從筒內落下的樣子。要看依次變化時，可多取幾個筒，把各色的火藥，填塞在裏面，依次點放。

(二)大規模實驗時，可用一塊鐵板，或木板上覆砂層，上面挨次勻攤着各色的煙火粉末，一端點着，便依次延燒過去，五色燦爛，依次變化，很爲美麗。在表演時期已很迫促，因此匆勿準備起來時，試用這法，較爲便利。但火藥不可受到潮濕，否則就難着火。



## 二 關於輕氣利爆鳴的

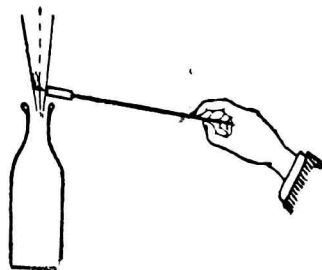
### 第八 汽水瓶發出爆音

藥品 氫酸鉀、二氧化錳、粒狀鋅、稀硫酸

準備 (一)用一個汽水瓶，捕集氧一氫二的混合氣，蓋緊瓶塞，共準備二瓶。裏面的混合氣，就是所謂爆鳴氣，點火即發爆音。

(二)取長約尺餘的金屬線，尖端插一蠟燭。

方法 取準備好的汽水瓶，放在桌上。正在大家注意瓶內究竟是否汽水的時候，拔去瓶塞，連忙用手掩住瓶口，一方用點着火的蠟燭，放近瓶口，瓶裏的混合氣就發出強烈的爆鳴。次則



說明爆鳴的理論，就第二瓶再做同樣的實驗。

備考

(一) 這種爆發現象，大之如炭坑的爆炸，小之如內燃機關即汽機石油機的原理，可藉以說明。像揮發油等可燃氣體，同空氣混和後，點火就起爆發，其力量足以推動活塞。

(二) 養氣的簡易捕集法

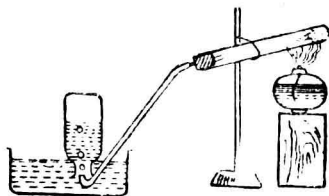
取氯酸鉀和約當其三分之一量的

二氧化錳，放在試管裏面，充分振盪，使兩相混合。藥品不一定要成粉末，可是必須要十分乾燥。加熱時，管口稍向下方。用兩個汽水瓶，每瓶捕集的養氣體積，約當瓶的三分之一。捕集完了，瓶都倒立水中。導管出水後，把酒精燈取去。

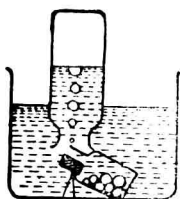
(三) 輕氣的簡易製取法

簡易的發生裝置很多。下面用的是高二寸的廣口瓶。這瓶

裏半盛錳粒，餘充稀硫酸，瓶口蓋一瓶塞，這塞的一邊，有徑二分的孔，這瓶橫置槽中時，就發出多量輕氣。照圖用已經捕集 1—3 容養氣的汽水瓶，來捕集輕氣，直到充滿為止。如果輕



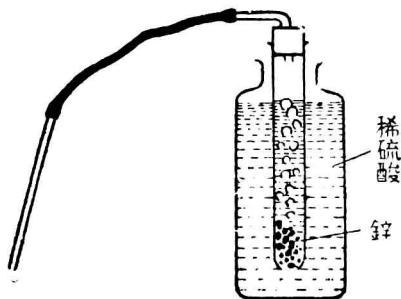
一〇容對濃硫酸一容，把上面的試管插入。這時瓶內的稀硫酸滲竄入管底的小孔，同鋅粒作用，就發生輕氣。輕氣的發生過猛時，把試管提起些，同時輕壓導管中間的橡皮管。不用輕氣時，可把試管取起，排出全部稀硫酸。橡皮管部分，最好加上管夾。如用這種裝置，那末捕集輕氣時，導管的先端，不可深



氣的發生中止時，可再如前加稀硫酸在鋅裏，同樣捕集。這時發生的輕氣，稍含空氣，可以直接捕集。但應注意的，當瓶橫置時，塞孔要向上，最好瓶的頭部放高一些。

發·生·輕·氣·用·的·簡·易·啟·普·裝·置·

用一大試管，底部鑿一小孔。鑿孔的方法見實驗第七十六。管裏盛粒狀鋅。另取一瓶，瓶內盛稀硫酸（水七——

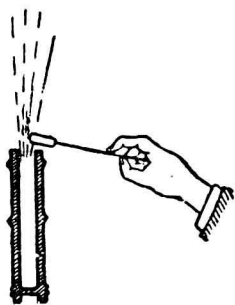


入水槽或水中，應當放近水面，否則輕氣逆行，會從試管底的小孔壓出。

(四)爆鳴氣並不危險。如果用汽水瓶盛爆鳴氣，放在桌上試驗，危險較少。點火時，燭火不一定要裝上很長的柄，可是應當注意的，就是頭不可探出瓶的上方。但是當實驗時，總得預先練習過，已有自信，才可實行。謹慎些，還是站得遠一些好。

(五)竹筒代用汽水瓶法。取近根部的竹筒，檢肉厚而節堅的，截下一段，如前捕集爆鳴氣。但是竹筒是不透明的，看不出所盛氣體的比例，所以先盛在一集氣瓶裏，再過到竹筒裏去。這比直放在竹筒裏便利得多。但點火時，一定先要移去集氣瓶，免得發生危險。

(六)集氣瓶的簡易裝置和使用法。裝置法雖然很多，現在只說頂簡單的一種。取一較大的空瓶，瓶塞中插入一短曲管和一長玻管，另用一半截的空瓶，照圖倒裝在長玻管上。當捕集混合氣時，把上面的瓶塞連附帶的東西取去，單用集氣瓶充滿水，倒立在水槽中，照



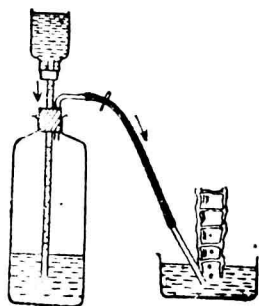
前法捕集。捕集時爲避免危險，要先充養氣，再充輕氣。捕集已畢，再把瓶塞和附帶的東西裝上去。在曲管的一端，連一橡皮管，導入水槽裏，在上面的半截瓶內加水，水落下集氣瓶內，瓶內的混合氣，就壓入曲管，捕集在竹筒裏面。不用的時候，關起橡皮管的管夾，半截瓶裏的水就不致落下，混合氣得應必要而隨時取出使用。

## 第九 大礮

藥品 氯酸鉀、二氧化錳、粒狀鋅、稀硫酸

準備 (一)取近根部而堅固的竹筒，檢內徑七八分到一寸光景的，截下一段，保留底節，剝去口節，用木栓塞緊，又在近底部的側面，開一個徑約一分的孔，也用木栓塞緊，使不透氣。

(二)照實驗第八，先用集氣瓶充滿氫二氧一的混合氣，再過入這個竹筒裏面，蓋緊B



塞。把口部稍墊高些，用繩縛在架上，使開炮時不致動彈。

(二) 用裝長柄的蠟燭點火。

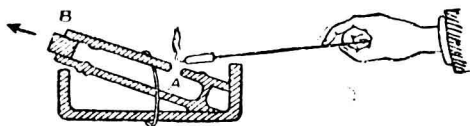
**方法** 大炮裝好後，宣示大眾，說要開炮了，然後把側方的 A 栓拔去，用燭火放近口部，內部的混合氣就着火，轟然一聲，炮彈——B 塞——就飛出。有時因為反作用，炮身向後倒退，所以臺架後面，可用東西支住。可就此說明作用與反作用的關係，並與現實生活的關聯。

**備考** 如在夜間，單聞聲音而不見炮彈飛出時，可在炮前遮一紙屏，彈子穿過紙屏，就可看得出來。

## 第十 肥皂炸彈

**藥品** 除實驗第九所用的藥品外，更加上肥皂液。

**準備** (一) 實驗第八的集氣瓶中，充滿氧氣的混合氣後，在導管先端，接一先端稍細的玻璃管。



些。

(二)要發泡愈多愈好的肥皂液，盛滿半茶碗，或半蒸發皿。用洗濯肥皂較化粧肥皂好

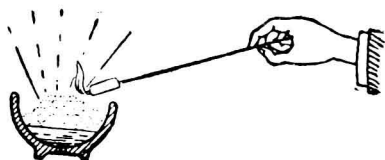
(三)酒精燈一盞。

(四)匙和裝柄的蠟燭。

方法 (一)把集氣瓶的導管插入肥皂液中，開放橡皮管夾，使半截瓶的水落下，混合氣就竄入肥皂液中，頓時發出許多泡來，這就是肥皂炸彈。現在關閉管夾，氣體中斷，移去導管，使遠離肥皂水，同時用燭火湊近肥皂水，就發出驚人的爆音。

爆炸之後，再通入混合氣，復行點火爆炸，這樣可以反覆試驗幾次。

(二)或在蒸發皿內，調成多量肥皂泡，不直接點火，用匙盛取少量肥皂泡，湊至酒精燈的焰上，也會發出同樣的爆鳴。用這種方法，一次製成肥皂泡後，可以作多次的試驗，而且看一二個小肥皂泡，發出強烈的爆音，更加有趣。



備考 (一) 肥皂泡着火時，不要忘記集氣瓶的導管，必

須放得離肥皂液很遠。

(二) 肥皂泡的爆鳴，是試驗氣體擴散的好例。在氫氧混合氣剛剛通入，發出泡沫時，會發出響的爆音，如果動作遲緩，耽待片刻後，就不會發出爆音，即有聲響，也是很低的。因氣體擴散的速度，同其密度的平方根，剛成反比例，所以輕氣先破肥皂膜而出，養氣則在其後。

### 三 關於碳酸氣的

#### 第十一 灰燬火





**藥品** 柴灰（或煖爐灰）稀鹽酸、水

**準備** (一)集氣瓶二個，和玻璃蓋二片。

(二)柴灰。稀鹽酸不可過薄，頂好用濃鹽酸一容和水二容或三容攪和。

(三)短蠟燭一支，裝一條鉛絲柄。另取燭扞和蠟燭。

**方法** 取灰數匙，放在集氣瓶裏，上面稍灑水點，使灰濕潤。然後叫大家注意看着，加稀

鹽酸，立刻發出多量碳酸氣，好像灰在沸騰的樣子，這時用玻片蓋好。這樣做成二瓶。把一支着火的蠟燭，下垂瓶中，火就立即熄滅。點火再試，一到

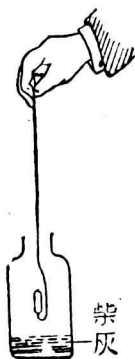
瓶中，火又消去。另取一瓶，再加水少許，慢慢將瓶口倒

轉，湊近燭火好像注入火上的樣子，燭火也立刻熄滅。

但瓶口不能和燭火接觸，要稍由上方注下。這樣可以

知道灰中發出一種氣體，這氣能夠熄火，並且較空氣稍重。

**備考** (一)灰的主成分是碳酸鉀。普通製碳酸氣時，多用大理石 $\text{CaCO}_3$ 。同酸作用。但



是灰中的碳酸鉀 $K_2CO_3$ 。同酸作用後，也能發出碳酸氣。用碳酸鈉也是同樣。

(二)灰上灑水，在使鹽酸注入時，灰不致飛揚起來。但水或鹽酸過多時，那末瓶口倒側的時候，容易流出灰汁來，所以加的水和鹽酸，要少一些，只能使灰凝聚爲止。氣體發生不盛時，更要添注鹽酸，所以起初用的灰不可太少。

(三)如在冬天，可由觀衆帶來的煖爐中取灰，更覺得有趣。

#### 四 關於焰的

### 第十二 增加光輝的棉團



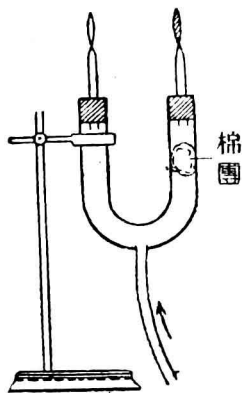
準備 (一)用一個U形玻璃管，在管的下端，開一個孔，這孔的大小，要適能插入一個

橡皮管。開孔的方法，可在要開的部分，用石油吹管加以強熱，管的一端，用手指閉塞，在他端用力吹氣，就容易開孔。如下圖把橡皮管插入此孔。

(二)取兩支有尖口的玻璃管，插在U形管兩脚的塞中，作為燃燒口。這樣通以輕氣，在管口點火時，雖然氣焰是無色的，但因玻璃中有鈉的成分，所以略成黃色（鈉的焰色反應）。如果用白金薄片，捲成細管，插入玻璃管的尖口，用石油吹管加熱，使白金同玻璃融合，就成爲一個完美的燃燒口了。實驗時頂好就這樣做。

(三)輕氣的發生裝置。用啓普裝置或簡單的啓普裝置，容易發生輕氣，並且用量可以調節得宜。

(四)少量脫脂棉和少量揮發油。



**方法** (一)製造輕氣後，先在導管的先端點火，檢驗有無爆發的危險，然後用橡皮管連接U形管底部的口，在上端玻璃尖口點火，就生無色焰（如尖口不用白金套，多少帶些黃色，而左右兩焰的光輝，也幾乎相等）。

(二)吹熄一方的火焰，用一團脫脂棉，蘸着揮發油，輕輕塞在U形管的一脚裏，再加上燃燒管，而後點火，那末有脫脂棉的一管，光輝顯然變強。

(三)用脫脂棉塞在U形管的另一脚，那末這一方的火焰，也立刻增加光輝。

**備考** (一)焰的溫度高，並且焰中含有固形物時，方才發生光輝。氫焰的溫度雖高，可是其中沒有固形物，所以不生光輝。但是用脫脂棉蘸着揮發油塞在管裏時，揮發油的蒸氣，伴着輕氣出來，到了管口，就受熱分解，生成微細的炭粒，所以焰就增加光輝。

(二)煤氣燈的光強，就因為插入紗罩（氧化鈦和氧化鈷的混合物）後，在高溫度下受到灼熱而發出強光。

### 第十三 燒指頭

## 藥品 揮發油

**準備** 取大小二杯，大杯盛水，小杯盛少許揮發油。

**方法** 桌上放一枝着火的蠟燭。用一個指頭，先蘸水，後蘸揮發油，這樣揮發油就浮在指端的水面。叫大家注意看着，用這個指頭，湊近燭火，指端的揮發油就燒起來。這種燒指頭的頑意兒，在人們看來，怕會燙傷，其實並不怎樣的熱。如果還沒有燒完，指頭倒熱起來時，可再浸在水裏，復去蘸揮發油，燃燒如前，這樣反覆的可做幾次。

**備考** (一)揮發油容易引火，應當遠離燭火。又蘸水的水杯，也須放遠一些。

(二)着火的手指，要成水平，或把指端蹺高些。指頭在燒時，並不怎麼熱，固然揮發油和手指之間，還隔着一層水，但是最重要的，還在蠟燭等一般的火焰，在上端溫度高，靠近芯的部分，就是開始氣化的部分，溫度倒是低的。因此揮發油燃燒的時候，在焰的上部，溫度最高，



所以要使這部不同指頭接觸，頂好取圖上的姿勢。

(三)實驗的規模大些，可把手掌平伸，手心向上，濕以冷水，加揮發油數滴，然後點火燃燒。全手掌燒起來時，更覺得好看。這時頂好把一桶水放在桌子背面，叫人們看不到。

## 五 關於鈉、鉀的

### 第十四 水發火

藥品 金屬鈉

準備 取鈉數小片，撒布在木板上，另用一個水槽。

方法 拿一塊手巾，給大家看，然後兩手持手巾的兩端，打在鈉片上，不見什麼變化。這時叫觀衆用心看着，同時把手巾放在水槽中浸透，拿起來照前打上鈉片，立刻就發出火來。

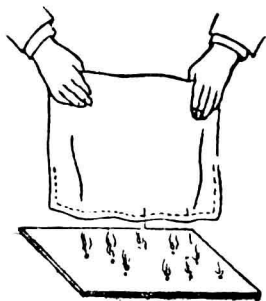
這火是鈉片遇水後發出來的，所以如果火熄，又滴下些水，便會再燒起來，好像由水發出火來似的。

備考 (一) 金屬鈉常貯在石油裏，用小刀切時，要用紙拭去石油。切片不可過大，因為加水時恐怕發生危險。頂好米粒大小。又鈉很易氧化，取出空氣中時，表面立刻變暗，所以頂好在試驗前一刻準備。實驗時應當叫觀衆遠離。

(二) 鉀在加水分解發生輕氣的時候，熱度很高，所以浮在水面時，能使發生的輕氣燃燒。鈉在加水分解時，並不這麼熱，所以雖然浮在水面，輕氣也不致自燃。但是放在板上時，水雖不多，也發生輕氣，這輕氣因受到熱力，能夠燃燒起來，同時木板也會燒起來。在普通情形，火遇水即滅。但在有鈉時，燃燒起來，可使全部水面滿飛着火。

### 第十五 燒得着的水

藥品 金屬鉀、醃



準備 (一)取少量的醚，注入蒸發皿或茶碗中，裏面投以小豆大的鉀片。醚純粹時，同鉀不起作用。

(二)一杯水

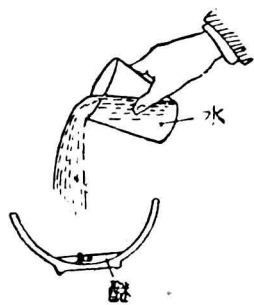
方法 (一)先把水給大家傳看，表示並非虛偽，頂好呷上幾口，好去掉大眾的疑心。

(二)用這杯水，向盛鉀和醚的茶碗裏倒去（不可溢出來，）就立刻發出火來，而且滿杯的水面，都會燃燒起來。

備考 (一)醚中投入鉀片的時候，如果醚是普通工業

用的一種，多少含些水分，就會同鉀稍起作用，好像泡沸的樣子，但多數不致發出火來。醚很容易揮發，並且像上面說的，工業用的醚，會同鉀起幾分作用，所以要在將近實驗時準備。

(二)如醚中含水多時，可投入少許氦化鈣，使同醚混和，放置一些時，然後取其上部澄清液使用。





(三)注水發火的道理，同上一實驗相同，因鉀起加水分解作用時，發生輕氣和多量的熱力，自然能着起火來。又醚的比重，同石油略等而小於水，同水不混和，所以醚中加水時，醚就浮在水面，當輕氣着火時，醚也延燒起來，徧及器的全面。

### 第十六 用冰塊點香煙

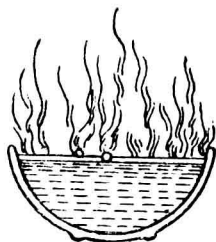
藥品 金屬鉀、冰、石油

準備 (一)一支充分乾燥的捲煙，先端插入切下的細長鉀片二枚，鉀片稍些露出煙外。

(二)取一較大的冰塊。

方法 先拿冰給大衆看，然後拿出預備好的捲煙，把先端的鉀片，抵着冰面，在吸口處吸，便能點着。

備考 (一)鉀在空氣中容易氧化，所以非到將近實驗時準備不可。又鉀片要二、三分



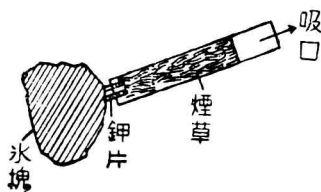
長，切成細長的帶狀。恐防一片所生的火，不能點着香煙，所以用兩片比較靠得住些。

(二)捲煙抵着冰塊時，只能叫冰面的水，同鉀片接觸，不可濕着煙草。

(三)發火的原因，同前一實驗相同，就是鉀片同冰面的水接觸時，就分解而發生輕氣，這種輕氣受反應熱而自燃，所以捲煙能夠吸着。

應用 利用前理，也可點着蠟燭。就是用二枚帶狀的鉀片，緊傍燭芯，插入蠟燭。恐防燭芯不能着火，可再滴些石油在上面。

現在把燭芯同冰摩擦芯旁的鉀片，遇到水分，就立刻發火，同時石油也燒起來，蠟燭就點得着了。鉀片要二枚，放在芯的兩側。



## 六 關於氫和氯化氫的

## 第十七 噴水忽變紅色

藥品 強氨水、酚酞液、酒精燈

準備 (一)噴水用的圓底燒瓶，瓶塞中插入長一、二尺的玻璃管，管口在燒瓶內的一端，應當稍細，這就是噴水口，要恰在瓶的中央。瓶塞要蓋緊，不可透氣。

(二)氨氣發生器，用大試驗管或燒瓶均可，上加木栓，支在臺架上。另用酒精燈一盞。  
(三)水槽裏的水中，滴入酚酞數滴。如果滴入後立刻現出淡紅色，要用稀酸洗滌水槽，再用清水洗淨，然後加酚酞數滴。

方法 (一)氨氣發生器中，盛氨水約三分之一，把準備(一)所用的噴水瓶，倒支在發生器的導管上，用酒精燈在發生器下加熱。當氨水沸騰時，氨氣就瀰漫在噴水瓶中。要試驗氨氣充滿瓶中與否，可用赤色石蕊試紙，放近瓶口，如紙變青色，就知道已經充滿。

(二)當氨氣充滿瓶中時，立刻把預備的噴水管裝上。這時叫大眾注意，把瓶倒立在含酚酞的水槽中，水慢慢昇入瓶中，就立刻很快的噴灑出來，本來水是無色的，現在變成深紅

色。

備考 (一) 氨氣發生器，為安全計，

頂好用小燒瓶，因為如用試管，在氨水沸

騰時，容易昇入導管，竄入噴水瓶中。

(二) 噴水用的燒瓶，要完全拭乾。

(三) 噴水的道理，因為氨氣很易溶

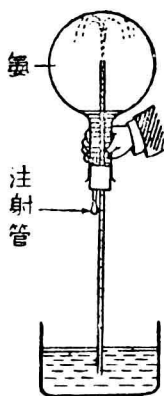
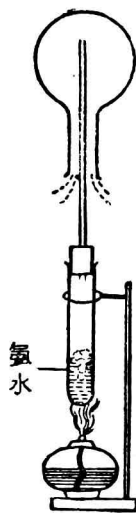
解水中。普通一容的水，能溶解八百容的

氨氣。現在噴水管一端插入水槽中時，因為噴水瓶漸冷，所以水入管內，進達瓶中。這水立刻

能溶解氨氣，因此內部壓力變小，水槽裏的水，因大氣壓力的關係，就不斷的噴入瓶中。但是

水中含有酚酞，遇到氨水呈鹼性反應，就立刻轉成赤色。

(四) 噴水管倒立在水槽中時，如果水不昇入管內，這噴水的把戲，就做不起來，所以頂好在噴水管的旁邊，插入一個注射管，裏面預先放水，當諸事停當後，只要用注射管一射，把



水壓入瓶裏，就立刻起噴水作用。又噴水管先浸在水中，到裝上噴水瓶時，立刻倒立在水槽裏面，也更容易噴水。

### 第十八 青水噴出紅水來

藥品 濃鹽酸、青色石蕊液

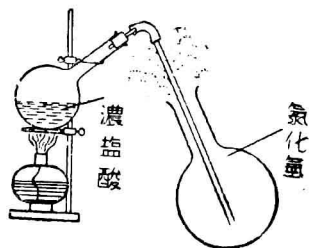
準備 (一)噴水燒瓶的裝置，同實驗十七用的相同。

(二)氯化氫的發生器用小燒瓶，瓶塞中插一短玻璃管，另取一尺長的導管，由一橡皮管同這短玻璃管連接。又取酒精燈一盞。

(三)水槽裏的水中，滴加青色石蕊液，使水全呈青色為度。

方法 (一)氣體發生器中，盛濃鹽酸少許，這器的導管，要直達噴水瓶底，用酒精燈使發生器加熱，氯化氫就充滿在噴水瓶裏，到瓶口散出白煙時，就知道瓶裏已充滿氯化氫了。

(二)用噴水管，照實驗十七一樣，很快的裝上噴水瓶，隨即倒



立在貯青色石蕊液的水槽裏。把注射管裏的水，壓入瓶裏，就立刻噴出水來，同時昇上來的青水，遇到氯化氫，就忽然變成紅水。

備考 噴水的原理，同實驗十七相同。因為氯化氫也容易溶解在水裏，普通一容的水，能溶解四百五十容的氯化氫。氯化氫溶解在水裏，就成爲鹽酸，青色石蕊液遇到酸類，就立刻變成紅色。

### 第十九 透明的瓶忽生白煙

藥品 強氨水、濃鹽酸

準備 (一)同樣大小的集氣瓶二個，和毛玻璃二片。

(二)用第一瓶，照實驗十七，捕集氨氣，瓶口塗了凡士林，用毛玻璃一片蓋上去，使他不透氣，口向下面。

(三)用第二瓶，照實驗十八，捕集氯化氫，瓶口也塗凡士林，用毛玻璃片蓋好，口向上面。

方法 把二瓶給大衆驗看，知道沒有異狀，然後把第一瓶放在下面，第二瓶放在上面，

口對口的圍着。現在急將隔在兩瓶間的玻璃片抽去，本來兩瓶透明的，忽然白煙濛濛，像雲霧氳氳的樣子，如將兩瓶分離，白煙就從瓶裏冒出。

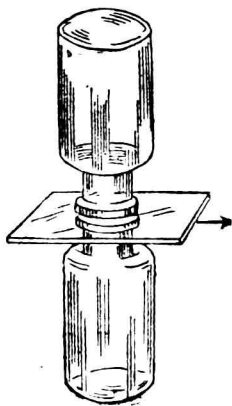
**備考** 因氯化氫同氨氣作用，就生氯化銨。這

白煙就是氯化銨的粉末。如果不用兩瓶，逕取二氣發生器的導管，使他互相接近，同時鼓氣成風，使二氣相混，也生白煙。

## 七 關於氨和亞硫酸酐的

### 第二十 漿糊忽變藍色忽成無色

藥品 澱粉、碘化鉀、二氧化錳、鹽酸、銅屑、硫酸

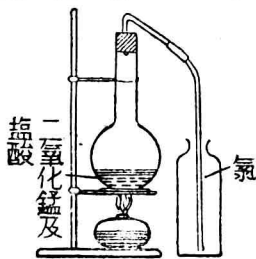


準備 (一)用澱粉調成很稀薄的漿糊，冷卻之後，加少量碘化鉀的水溶液，拌和後注入較大的集氣瓶中，約滿半瓶，然後蓋上毛玻璃板。這就是要變為藍色的漿糊。

(二)用集氣瓶捕集綠氣。製造綠氣，用二氧化錳，研成粉末，加以濃鹽酸，拌成泥狀，然後徐徐加熱而生。綠氣較空氣重二倍半，所以用下方取代法來捕集。瓶中充滿黃綠色時，就知道綠氣已經充滿了。這時把毛玻璃片蓋上。這就是使漿糊變藍色的氣體。

(三)再用一集氣瓶，捕集亞硫酸。製造亞硫酸，燃燒硫黃即生，但是所得不多，多量製取時，可用製造綠氣的裝置，注濃硫酸於銅屑中，加熱後就會發生。亞硫酸較空氣約重二倍，所以也用下方取代法。用一張水濕的青色石蕊試紙，放近瓶口，如紙變紅色，知道亞硫酸已經充滿瓶中。這時把毛玻璃片蓋上。這是使藍色漿糊復成無色的氣體。

方法 (一)把漿糊拿給大衆驗看，使大家明白並無異狀。



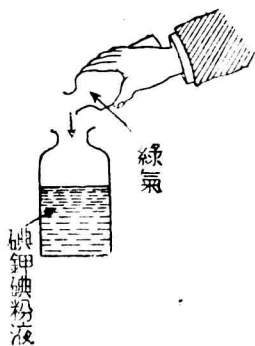


(二)把漿糊變藍的旨趣告訴大家，大家都注意看着。取綠氣瓶，照圖湊近漿糊瓶，使綠氣的一部分下沈，同漿糊接觸，然後蓋上玻片，用力振盪，漿糊立即變成藍色。

(三)取亞硫酸瓶，照前湊近漿糊瓶口，使亞硫酸下沈，再用玻璃蓋上，用力振盪，本來藍色的漿糊，又變成無色。

備考 (一)澱粉糊中加碘化鉀液時，也有立刻變成淡藍紫色的。這因碘化鉀分解後，生成游離碘的原故，但不適於這實驗之用。現在用的，必定要成無色。又碘化鉀液量，因濃度而異，所以寧可多加一些。

(二)澱粉和碘化鉀的混合液，化學上稱為碘·鉀·澱粉液。這液遇到綠氣，所以會變藍色，因為氣的氧化力大。怎麼說氣的氧化力大呢？因為氣容易和氫化合，變成氯化氫。所以綠氣加入碘鉀澱粉液時，就奪去為水中成分的氫，同他化合，結果水中另一成分的氧，就呈發生



機狀態。這氧同碘化鉀作用，奪去裏面的鉀，發生游離的碘，這碘又同澱粉作用，生成青藍色的碘澱粉。碘鉀澱粉液要很稀薄，否則就會變成黑色。

(二) 藍色糊中，注加亞硫酸時，所以會返成無色，因亞硫酸有還原性質。怎麼說有還原性質呢？因亞硫酸加入前面的藍色液中時，就同裏面的水作用，奪去其氧和氫的一部，自己變成硫酸。因此水中另一部分的氫，就呈發生機狀態。這氫同藍色的碘澱粉作用，生成無色的碘化氫，同時澱粉游離。

(四) 這實驗中應當特別注意的，就是所加綠氣的量。如加多量綠氣，固然能變成藍色，可是加亞硫酸時，如亞硫酸量沒有那麼多，不夠充分還原時，就不會返成無色。因此所加的分量，寧可綠氣少些，亞硫酸多些。

(五) 氯氣和亞硫酸，捕在廣口的集氣瓶中，加蓋瓶塞。這兩種氣體，都有毒性，不可讓他瀰散。氣體通入漿糊中時，要像把水注入的樣子。綠氣和亞硫酸，都有漂白作用，但性質却相反，綠氣是氧化作用，亞硫酸是還原作用。這是在實驗時應該了解的。

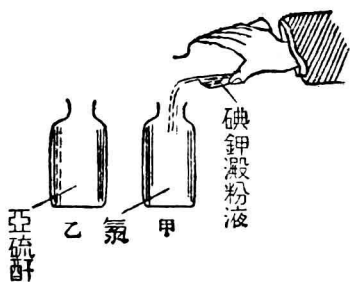
第二十一 空瓶能使漿糊變色

藥品 澱粉、碘化鉀、二氧化錳、鹽酸、銅屑、硫酸

準備 (一)用澱粉調成很稀薄的漿糊，冷卻之後，加碘化鉀的水溶液，倒入集氣瓶中，上蓋玻璃片。這漿糊要無色的才好。如果加碘化鉀後，立刻變成藍色時，那末碘化鉀已經分解，有游離碘存在，應當另取新材，務使成無色的碘鉀澱粉液。

(二)用甲乙二集氣瓶，甲瓶中捕集少量綠氣，乙瓶中捕集多量亞硫酸。製綠氣時，注濃鹽酸於二氧化錳中，徐徐加熱即生，因綠氣重於空氣，所以用下方取代法。製亞硫酸時，注濃硫酸於銅屑中，徐徐加熱而得，也用下方取代法捕集。甲乙二瓶，各在捕集後蓋上玻片。看上去像兩個空瓶。綠氣雖帶淡綠色，可是分量少時，也視若無色。

方法 (一)把準備好的漿糊瓶和甲乙二瓶，稍稍離開些，



分列在桌上。

(二)拿預備好的漿糊，給大家驗看，又把甲瓶拿起，叫大家注意看着，漿糊倒在甲瓶裏面，加蓋振盪，甲瓶內本來半透明的漿糊就現出藍色。

(三)用藍色的漿糊，倒在乙瓶裏面，加蓋振盪，又變成無色透明。

備考 (一)本實驗中的化學變化，原理同實驗二十相同。

(二)甲瓶裏的氯氣量要少，乙瓶裏的亞硫酸量要多。這樣，方法(三)中所述的結果自能圓滿達到。如果亞硫酸量不及氯氣量多時，抵不過氯氣的氧化作用，就不能使藍色再變成無色。即要在亞硫酸多量時，還元作用充分，才能變為無色。

如果所用的亞硫酸量，不夠使漿糊褪色時，可捕集兩瓶(乙、丙)亞硫酸，如倒在乙瓶中後，不能完全變成無色時，那末再倒在丙瓶裏，一定成功。

(三)綠氣和亞硫酸，都有漂白作用，前者是氧化作用的代表，後者是還原作用的代表。理化教師，時常用前實驗和本實驗證明漂白是由於相對的兩種作用，所以頗為重要。

## 第二十二 青水黃水變成無色水

藥品 甲基橙、石蕊液、氫水、氫氧化鈉溶液

準備 取甲、乙、丙三杯。

(一) 甲杯中盛甲基橙的稀薄黃色溶液，約當杯深的 $\frac{1}{3}$ 。甲基橙普通同石蕊液相同，也是酸和鹼的指示藥。甲基橙是橙黃色的粉末，稍能溶解水中，遇酸就變紅色，加鹼就變黃色。通常作指示藥用的甲基橙，百克的水中，只含甲基橙 $0.05$ 克。製這杯黃色液時，先把甲基橙溶解水中，再滴加極少量的鹼液（氫氧化鈉等），就轉成黃色。

(二) 乙杯中盛石蕊液，約當杯深的 $\frac{1}{3}$ ，裏面加鹼液一滴，就變成青色。石蕊是由一種苔蘚中採取的色素，普通市販的，多吸收在石膏粒上。製這液時，把青色粒狀石蕊，溶解水中，撇取上面的澄清液。

(三) 丙杯中盛氫水，約當瓶深的 $\frac{1}{3}$ 。這氫水愈濃愈好，如果濃厚，倒不妨把分量減少些。在這實驗中，分量少一些，做起來也便利。製氫水法：注濃鹽酸在二氧化錳中，加熱就生綠氣，

綠氣導入冷水中，使得氯水。氯水任其放置，就漸漸分解，生成鹽酸。所以要在實驗前不多時製取。

方法 取甲、乙、丙三杯，放在桌上。甲乙二杯，各呈黃色和青色。現在把二杯的水，同時注在丙杯中，就變成一杯清水。

備考 (一)褪色的理由，就因氯有漂白作用，能同時使甲基橙和青石蕊褪色。氯的漂白作用，已在實驗第二十中講過。

(二)盛氯水的丙杯，應當大些。所以可利用集氣瓶，氯水從瓶底引進，排出氣體。如氯水比之黃青二液過少或過薄時，不能完全現出漂白作用。

(三)做這種溶液反應的試驗時，如用試驗管等，人們就感不到興趣，印象也不會深刻，所以頂好行大規模的試驗。可用大圓筒或集氣瓶，以代玻璃杯。用集氣瓶時，就比較的華麗可觀了。

(四)關於漂白的實驗很多，不妨多做些，好使兒童的印象變深。像漂白紅墨色，漂白濕

紙、濕布或花草等，都可說明前述原理。如果綠氣有毒，處理不便時，可被吸收在消石灰中，就成漂白粉。因此可以連帶同兒童講些漂白粉的製法和作用。

### 第二十三 變色水

藥品 石蕊液、甲基橙液、氫氧化鈉液、氯水

準備 用玻杯五隻，分別爲A、B、C、D、E。

(一) A杯中盛赤色石蕊的水溶液，約當杯深的三分之一。裏面加鹽酸一滴，就變成赤色。B杯中盛少許氫氧化鈉液，看上去好像空杯。

(二) C杯中盛赤色甲基橙的水溶液，約當杯深的三分之一。裏面加鹽酸一滴，就變赤色。D杯裏盛少許氫氧化鈉液，看上去好像空杯。

(三) E杯中盛濃氯水，約當杯深的四分之一。製氯水的方法，見實驗二十。

方法 把A、B、C、D、E五杯，依次放在桌上，叫觀衆注意，說就要變了，隨即把A杯的赤色液，注入B杯裏，立刻就變成青色。

再把C杯的赤色液，倒入D杯裏，立刻就轉成黃色。

後來一手執儲青色液的B杯，一手執儲黃色液的D杯，同時將二杯中的水，倒入儲氯水的E杯裏，這時忽就變成一杯清水，完全沒有顏色了。

備考 (一)不用玻杯，可用大集氣瓶代替。

(二)石蕊液濃厚時，那末赤、青二色，從遠處看來，都帶黑色，赤、青二色的變化，不甚明瞭，所以液帶薄些的好。

(三)赤色石蕊液的變成青色，和赤色甲基橙液的變成黃色，都由氫氧化鈉的鹼性反應而起。

(四)赤、黃二液，一入氫水裏面，就會褪色，這種道理，已見實驗第二十二。



## 八 關於硫化氫和氧化氮的

### 第二十四 貓兒變成虎

藥品 醋酸鉛、硫酸錳、硫化氫水

準備 (一)用一塊白布，或用一張較厚的白紙，拿墨筆畫成一隻貓的輪廓，再用硫酸錳的水溶液，在上面畫成虎毛的模樣，復用醋酸鉛的水溶液，在虎毛中間，畫出斑紋的形狀。在乾燥之後，既看不出虎毛，也看不出斑紋，只認做是一隻貓罷了。

(二)取硫化氫水，加稀鹽酸於硫化亞鐵裏，就發生硫化氫，這氣是很毒的，不可讓他瀰散，隨即通入水裏，就成硫化氫水。先取這水少許，試加些微醋酸鉛的溶液，要生成黑色沈澱，方才合用。

(三)霧吹一個。細針幾隻。

方法 (一)把畫成的貓，用針釘在黑板上，一看就知道是白貓。



(二)取無色的硫化氫水，在大衆面前，用霧吹使水噴出，當水滴灑上白貓，立刻變成老虎，現出黃色的毛和黑色的斑紋。

備考 (一)怎樣會變成老虎的呢？因為硫化氫同硫酸鎊作用，就變成黃色的硫化鎊，現出虎毛來。又硫化氫同醋酸鉛作用，就變成黑色的硫化鉛，現出斑紋來。

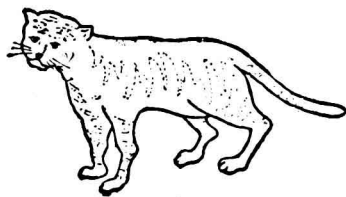
(二)醋酸鉛俗稱鉛糖，醫藥上用作冷劑等。把鉛浸在醋酸裏就得。

(三)如得不到硫酸鎊時，可單用醋酸鉛。或依硫化氫的分量現出褐色到黑色，把題目改成白貓變黑貓等均可。

## 第二十五 清水寫出黑字

藥品 醋酸鉛、硫化氫水

準備 (一)取白布或中國道林紙，用醋酸鉛的水溶液，在上面寫出文字，乾後完全看



不出痕跡。所以要預先在文字的前端做一些記號，

(二) 硫化氫水和霧吹

方法 (一) 把預備的白紙或布，用針釘在黑板上。

(二) 用玻璃瓶盛無色的硫化氫水，給大衆傳看，然後用霧吹噴出，當水滴灑上白紙，從上方依次向下，立刻現出黑的文字。

備考 (一) 硫化氫同醋酸鉛作用，就生出黑色的硫化鉛來。

(二) 因硫化氫而變黑的現象很多，像鉛白的變黑，銀器使用久了漸漸變暗，近溫泉火山等處，銀錶常易暗褐等皆是。因本實驗而引起研究這類實際問題的興味，就可藉此平易地述出許多化學的常識。

## 第二十六 空瓶冒出紅煙

藥品 銅屑、硝酸鉀（硝石）、硫酸、硫酸亞鐵

準備 取三個集氣瓶，用來捕集氧化氮。氧化氮的製法，有下面二種。(A) 把銅屑放在

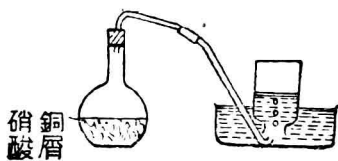
燒瓶內，注以較濃的硝酸（硝酸和水各半），就立即放出赤色的氣體，這氣漸漸變成無色，用集氣瓶如圖在水中捕集。因為赤色氣體能溶解在水裏，所以瓶內捕集的，都是無色氣體，等到瓶內充滿後，立刻用毛玻片蓋好，不可透氣。照樣捕集三瓶，裏面的氣體，就是氧化氮。

（B）這法更為容易。取硫酸亞鐵四分同硝酸鉀（硝石）一分混合，放在燒瓶裏面，注以較濃的硫酸，形成泥狀，徐徐加熱就發生純粹的氧化氮，照前用水中置換法捕集，立刻用毛玻片蓋好，勿同空氣接觸。

方法（一）把三瓶氧化氮，排列在桌上，瓶後襯以白紙，可見瓶裏不藏什麼東西。

（二）對大家說就要出煙了。瓶後張一塊白布，可看得格外清楚些，然後依次取去瓶上蓋好的玻片，只見無色的瓶裏，立即充滿赤褐色的煙，從瓶口直冒出來。

備考（一）赤煙就是過氧化氮。瓶內本來是無色的氧化氮，可是取去玻片後，氧化氮



同空氣接觸，立刻同空氣中的養氣化合，變成赤褐色的過氧化氮。

(二)在冒出褐煙時，如果加水，用力振盪，就生成硝酸，遇青色的石蕊試紙，就會變成紅色。

(三)說到這裏，不妨順便和兒童談談，講些近代工業上的空·中·淡·氣·固·定·法，原理同這個實驗相同，就是用適當的方法，通電到空氣中，使空氣中的養氣同淡氣直接化合，成爲無色的氧化氮，氧化氮同空氣接觸，同空氣中的養氣化合，變成赤褐色的過氧化氮，過氧化氮溶解在水裏，就成爲硝酸，再被石灰乳吸收，就成爲硝酸鈣叫做挪威硝石 (Norway saltpetre)，用做肥料。



## 九 關於燐的

### 第二十七 燒得着的水

藥品 黃磷、二硫化碳

準備 (一)取大似大豆的黃磷，投在少量的二硫化碳裏，磷就全部溶解，變成淡黃色液體。這便是燒得着的水，應當密貯瓶中，放置冷處。

(二)取洋紙一二張，三脚架一具，銅網一個。

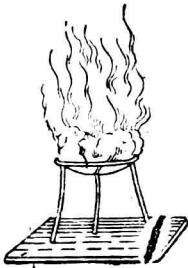
方法 (一)把洋紙給大家傳看，然後拿在手裏揉搓，這樣可以易於着火，次取銅網放在三脚上，把洋紙載在上面。

(二)用預備的水，當着大衆，澆在三脚架的紙上，稍稍離開，俟其發火。稍待片刻，就見紙上冒出白煙，忽起爆發性燃燒。

備考 (一)銅網應當比洋紙大，否則燃燒的時候，火星落

在外邊，恐怕惹起危險。

(二)預備的溶液，如果遇冷，那末注在紙上的時候，不容易發火。若在冬天試驗，紙張要充分乾燥，頂好稍些加熱，又溶液瓶可握在手裏，或能稍暖。但二硫化碳有揮發性，所以不能



用火加熱。

(三)紙張燃燒時，恐怕落在桌上，可在三腳架下墊一方木板。

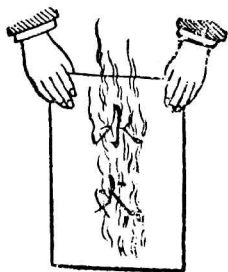
(四)發火的原因，在二硫化砷有揮發性，因此紙上殘餘黃磷，黃磷在空中漸漸氧化，氧化熱達到燃燒點時，就發出火來，同時揮發的二硫化砷氣，也跟着燒起來。

## 第二十八 白紙燒成黑字

藥品 黃磷、二硫化砷

準備 照實驗二十七，取黃磷一粒，溶解在二硫化砷裏。另用白紙一張和較大的筆一支。

方法 先取白紙，給大家傳看，表示沒有異狀，然後拿來放在桌上，用筆蘸着預備的溶液，很快的在紙上塗成書畫，次兩手執紙的二角，提起給大衆看，隔不多久，紙上生出白煙，漸漸燃燒起來，現出所塗的黑色書畫。



備考 (一)溶解在二硫化碳中的黃磷，如果分量太多，或者書畫的筆跡太粗，那末燃燒的時候，恐怕會延及全紙，一些也看不出書畫來。溶液的濃度，大約以大豆大的黃磷，溶解在千西西的二硫化碳裏，最爲適用。又溶液不可濺在桌面，否則桌子就會燒壞。頂好在書畫的時候，紙下墊一木板。

(二)如在暗處試驗，那末燃燒的時候，現出青白色光，非常好看。所以可用「鬼火變爲黑字」的題目。

(三)剩餘的磷液，最要當心，最好倒在瓶裏，用木塞密封，或丟棄室外，以危免險，用過的筆，要立刻洗淨，或丟在屋外空曠的地方。

(四)發火的原理，同實驗二十七相同。

## 十 關於溶液的變色



## 第二十九 枯草發葉開花

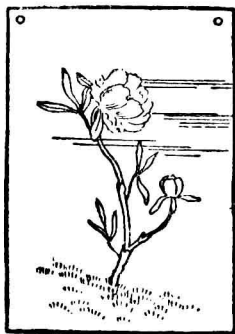
藥品 黃血鹽、硫代氰酸鉀（或硫代氰酸銨）、三氯化鐵

準備 (一)取一張較厚的白紙，或取一方手巾，用淡墨畫出枯草的枝幹，又用黃血鹽的水溶液，描成葉子，再用硫代氰酸鉀的水溶液，染成花朵，等到乾後，薄墨描成的枝幹可以看出，葉子微帶綠色的痕漬，花朵却毫無影跡，所以粗看上去，只見枝幹，好像一顆已經凋零的枯草。

(二)取三氯化鐵的稀薄水溶液和霧吹一個。

方法 (一)把預備好的紙或手巾，用針釘在木架或黑板上，然後對大衆說明，要叫這顆枯草，頓時生出綠葉，開出紅花。

(二)當着大衆，把霧吹插在三氯化鐵的稀薄液裏，向着枯草，用力猛吹，水滴到處，就立刻現出紅花綠葉來。



備考 (一)黃血鹽是淡黃色結晶，硫代氰酸鉀和硫代氰酸鈉是無色結晶，都是檢驗亞鐵游子用的重要藥品。

(二)反應大概如下：黃血鹽同亞鐵游子作用，紙上就現出深青色，即普魯士藍的沉澱。所以枯草能顯出綠葉。又硫代氰酸鉀同亞鐵游子作用，就現出硫代氰酸鐵的茶褐色沉澱，所以能顯出紅花來。所用的硫代氰酸鉀溶液，要很稀薄，否則沉澱的顏色太濃，就變成暗褐色。

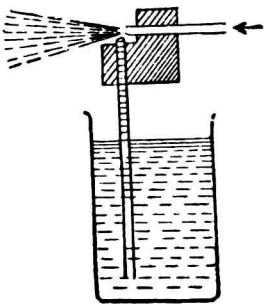
(三)所用的藥品都要稀薄。否則青色變成暗青，赤色變成暗赤，顏色反不鮮明。

(四)霧吹插入液裏時，照圖玻璃管同木栓形成直角，在一端吹氣，液體就散成霧狀，從他端噴出。

### 第三十 乘風破浪的船

藥品 同前實驗。

準備 (一)取白布或較厚的白紙，用黃血鹽的溶液，畫



成洶湧的波濤，用硫代氰酸鉀的濃溶液畫成船身，用硫代氰酸鉀的稀溶液畫成張着的帆，等到乾後，只見一張白紙，看不出什麼痕跡。

(二)霧吹和三氯化鐵的稀薄溶液

方法 同前實驗，把預備的紙或布，用針釘在黑板上，

用霧吹噴出三氯化鐵的溶液，只見水滴落到紙上，立刻現出青的波浪，褐的船隻，和淡赤的帆蓬。

備考 化學反應同前實驗一樣。

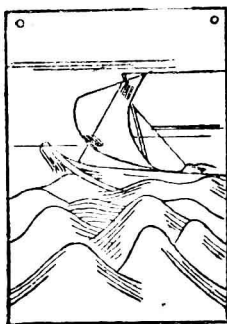
### 第三十一 清水忽變青赤(其一)

藥品 黃血鹽、硫代氰酸鉀、三氯化鐵

準備 (一)取同樣大小的燒瓶兩個，瓶塞中插入長一、二尺的玻璃管，甲瓶裏貯少量

黃血鹽的稀薄水溶液，乙瓶裏盛少量硫代氰酸鉀的稀薄水溶液，兩種液體，都沒有顏色。

(二)用較大的玻璃水槽，裏面盛三氯化鐵的稀薄水溶液。這液要淡得幾乎沒有顏色。



(二) 酒精燈兩盞

方法 (一) 先點着酒精燈，兩手各執燒瓶。放在火上

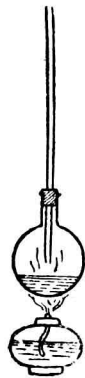
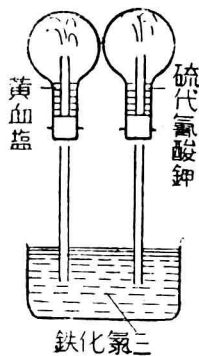
上加熱，同時徐徐振盪，到瓶內空氣，漸次排除，並且充滿水蒸氣時為止。

(二) 這時把插進燒瓶的玻管倒立在三氯化鐵的溶液裏，稍待片刻，燒瓶漸冷，槽裏的溶液，就昇上來，進達瓶內，這時甲瓶裏變為青色液，乙瓶裏變為赤色液。

備考 (一) 燒瓶在酒精燈上加熱的時候，只有局部受熱，所以要轉動燒瓶，使受熱面擴大。

(二) 變色反應，同實驗二十九同。黃血鹽的溶液，遇到亞鐵游子，就是青色，硫代氰酸鉀的溶液，遇到亞鐵游子，就呈赤色。

(三) 在燒瓶上蓋緊瓶塞，瓶塞中插入玻管，玻管端接一短橡皮管，橡皮管上裝一管夾，這樣裝好後，就可加熱，等



到瓶內空氣排除後，關起管夾，使不透氣，然後取出放置桌上，把變色的旨趣，向大眾說明，次將瓶倒立槽中，拔去橡皮管管夾，水就昇上來，這樣可使實驗的時間變短，並且顏色格外鮮明。

### 第三十二 清水忽變青赤（其二）

藥品 黃血鹽、硫代氰酸鉀或硫代氰酸銨、三氯化鐵

準備 取三個大玻璃杯或集氣瓶，分別爲甲、乙、丙。

（一）甲杯裏盛黃血鹽的稀薄溶液半杯，幾乎淡到看不出顏色來。

（二）乙杯裏盛硫代氰酸鉀的水溶液，普通無色。

（三）丙杯裏盛三氯化鐵的水溶液，要很稀薄才好。

（四）取二個同形的虹吸。這虹吸如圖所示，是一個曲玻璃管和一個長玻璃管，中間由一個裝管夾的橡皮管連接而成的。就是普通虹吸的長腳，在中途接上一段橡皮管。這管裏（虹吸）完全灌滿清水，中央用管夾閉住，這時將虹吸不論橫置或倒立，水總不會流出。

**方法** (一)丙杯放在較高的桌上，下面並列甲、乙兩杯。

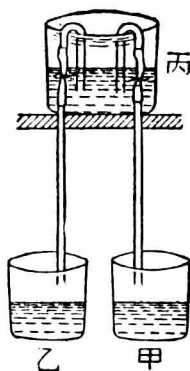
(二)現在向觀衆說明，說丙杯的黃色液，一注入甲、乙兩杯，就立刻變成青、紅兩色，說時開放管夾，同時將橡皮管向下面稍移，丙液就不絕地注入甲、乙兩杯，這時甲杯裏忽然現出藍色，乙杯裏忽然變成赤色。

**備考** (一)丙液同甲液相合，生出青藍色的物

質，就是柏林青沈澱。這沈澱多時，就變成青黑色，所以甲、丙兩液，要很稀薄。

(二)丙液同乙液相遇，生出紅色物質，就是硫代氫酸鐵沈澱。乙液也要稀薄。

(三)虹吸中在事前注滿清水，那末使用的時候，不須在下端吮吸，水就能移向甲、乙兩杯了。



### 第三十三 冬季立刻回春

**藥品** 硫酸亞鐵（綠礬）、硫酸銅（膽礬）、硝酸鉍、赤血鹽

準備 (一)取白布或較厚的白紙，用淡墨染成冬景，畫幾株枯枝槎桲的老樹，再用硝

酸鈹的水溶液，畫許多花和嫩草，或再畫幾隻蝴蝶，更用硫酸亞鐵的溶液，畫出簇生的芳草和樹葉，樹的枝幹和草的一部，復用硫酸銅的溶液，描上幾筆，等到乾後，除了枯黑的樹幹等外，不見什麼色彩，所以很像蕭條的冬景。

(二)霧吹一個(噴霧器更好)

方法 取預備的白布或白紙，張在木框上，或釘在黑板上，在大衆面前現出一幅冬景，然後告知大衆，說有回春之力，能夠立刻變出風光旖旎的春景來，說時把赤血鹽的水溶液，用霧吹噴出，灑到紙上，頓時塗硝酸鈹的部分，現出黃色，塗硫酸亞鐵的部分現出青色，塗硫酸銅的部分現出褐色，所以一剎那間，花草繁生，就成爲爛縵的春天了。

備考 (一)用三種水溶液描畫時，藥品和筆，不可相混。

(二)赤血鹽溶液灑上白紙後，怎麼會現出各種顏色來呢？因爲赤血鹽的鐵氫游子，同三價的鈹游子、二價的鐵游子和二價的銅游子作用，生成此等金屬的鐵氫鹽，這等鹽類，是

難溶於水的有色物。

**曬圖紙的製法** 赤血鹽，是藍曬術的主要藥品。藍曬術不但  
是有趣的遊戲，並且工程上打樣，學校裏製表，習字帖複印等，都用  
得到。這種紙的最簡單的製法，記述如下：

**A 藥品和調製法**

(一) 甲液 檸檬酸鐵鉍

二五克

水

一〇〇克

(二) 乙液 赤血鹽

二〇克

水

一〇〇克

上面兩種液體，分別貯於外圍黑紙的瓶裏，放存暗處。

**B 製曬圖紙法**

用普通洋紙（檢紙紋較少的）放在暗室（或在夜間，可在普通電

燈光下調製）裏，把下面二液，等量混和，用毛刷塗在紙上，在暗處陰乾，密存暗箱。這就是曬





圖紙。

C 曬圖法 把原板載於曬圖紙上，上蓋玻璃，置日光直射之處，普通約四五分鐘，過後用少量鹽酸的水溶液洗滌，再用清水洗過，就現出陽畫。

複印習字帖，也可用這法。就是用較薄的紙，寫字後載在曬圖紙上，夾在兩塊玻璃板之間，放在陽光裏，再如前洗滌。如果原紙太厚，可用熔融的石蠟塗上很薄的一層，紙就變成半透明，曬出來的字跡，一定很好。

### 第三十四 白紙變成黨國旗（其一）

藥品 黃血鹽、硫代氰酸鉀、三氯化鐵

準備 (一)取一張白紙，或一方白布，裁成適當大小，要恰好做黨國旗。

(二)旗的青天，用黃血鹽的溶液畫出，中間留一方白日的地位，國旗的滿地紅，用硫代氰酸鉀的溶液畫出，等到乾後，但見一張白紙，並無什麼顏色。

(三)用霧吹一。

方法 (一)把預備好的黨國旗，用針釘在黑板上，或張在木框上。

(二)用霧吹噴出三氯化鐵的稀薄溶液，水滴灑到白紙或白布上，就現出青天白日的黨旗和青天白日滿地紅的國旗。

備考 (一)變色的原理，同實驗二十九相同。

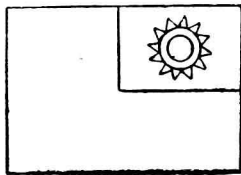
(二)旗中白日的地位，不可染到亞鐵氰化鉀的溶液，否則白日也會變成青天。

(三)三氯化鐵的溶液要很稀薄，看上去好像沒有顏色的樣子。

(四)硫代氰酸鉀的溶液，不可濃厚，否則國旗上的滿地紅，變成褐色，就不像國旗的樣子了。

### 第三十五 白紙成黨國旗(其二)

藥品 酚酞(舊名煥醇試藥)、氫氧化鈉溶液(或氫氧化鉀溶液或其他鹼性溶液)、亞鐵氰化鉀溶液、三氯化鐵溶液、白蠟、酒精



準備 (一)取二方白布，或二張白紙，大小要適合做黨國旗。

(二)旗上的白日，用熔融的白蠟塗好。再用亞鐵氰化鉀的稀薄水溶液，畫出青天，用酚酞的酒精溶液畫出國旗上的滿地紅，乾後仍是白紙或白布，一些沒有青、紅的顏色。

方法 (一)把預備好的黨國旗給大家看，原來是兩方白紙（或白布）。

(二)取氫氧化鈉的溶液和三氯化鐵的溶液，並列在桌上，裏面各插一支大的毛筆。這兩種溶液，要給大家看見，好曉得是無色的液體。

(三)對大眾說，現在要用這兩種無色的液體，畫出黨國旗來，說時把黨國旗拿來，用針釘在黑板或木框上，放在大眾看得到的地位，然後取三氯化鐵溶液，用筆蘸着，很快的在黨旗上塗徧，可見筆過之處，就現出深青色來，再在國旗上塗黃血鹽的地方，也照樣用三氯化鐵溶液塗滿，頓時就看見青天白日。次用氫氧化鈉溶液，在國旗上塗酚酞溶液的地方（除了青天白日以外的地方），用筆蘸着塗滿，筆過之處，就現出滿地紅來。

備考 (一)黨旗和國旗，起初都看不出顏色，所以要做一个記號，以資分別。又國旗

上的青天和滿地紅，起初也看不出痕跡，所以青天的界限，要畫上一條線，或做上什麼記號，那末在塗三氯化鐵溶液的時候，就不致染到酚酞上去了。

(二)三氯化鐵溶液和氫氧化鈉溶液，應盛在形狀不同的瓶裏，或在瓶外標明，或做上什麼記號，庶不致相混。所用的筆，也要分別，不可互用。

(三)溶液不可太濃，否則青紅二色，略帶暗黑，反不鮮明。溶液怎樣才算適度，頂好事前試過。

(四)酚酞是由石炭酸製成的一種物質，不能溶解在水裏，但能溶解在酒精裏，所以塗國旗的滿地紅時，要用酚酞的酒精溶液。這溶液在化學實驗上，用做指示藥，因為這液遇酸無色，遇鹼就變赤色。

(五)黃血鹽遇到三氯化鐵，就生成普魯士藍沈澱，前面已經說過。

(六)如過要做得更加有趣些，可以使黨國旗再變一張白紙。這用什麼方法呢？前面已經說過，氯水有漂白作用，可仿實驗第二十二，製取氯水，愈濃愈好，用來塗在青天上面，就

會褪色。又酚酞遇到鹼後，雖然變成紅色，可是再加上更強的酸，就仍舊變成無色。所以用一瓶氫水和一瓶強酸，可以使黨國旗忽然隱沒。

### 第三十六 少女裝容 枯枝吐蕊

藥品 酚酞、酒精、氫氧化鈉

準備 (一)取一張白紙，描出一個少女，用酚酞的酒精溶液，稀釋得很淡，薄薄地在少女的面頰上，塗上一層。

(二)取一張白紙，畫出枝葉，用前面的酚酞溶液，畫上許多花。

(三)霧吹和稀薄的氫氧化鈉溶液

方法 把少女和枯枝，用針釘在黑板上面，用霧吹噴出氫氧化鈉溶液，那末少女的臉頰上，現出暈紅的顏色，在枯枝上面，也開出嬌豔的紅花。

備考 氫氧化鈉液染到酚酞上面，立刻顯出紅色，前面已經說過。如不能得到氫氧化鈉，可用木灰，加以清水，取他的濾液。

第三十七 清水變黃變赤再變無色

藥品 二氯化汞（昇汞水）、碘化鉀

準備 (一)把昇汞水的溶液，注滿半玻璃杯。看上去好似無色的清水。這清水有毒，不可沾口。

(二)把碘化鉀的濃溶液，盛在細長的玻璃管裏。

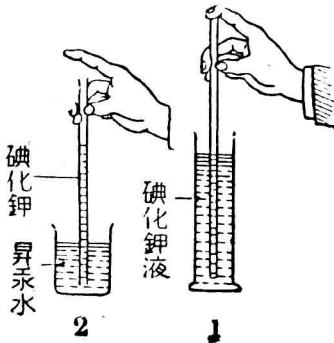
(三)取長約一尺先端較細的玻璃管。

方法 (一)把昇汞水給大眾傳看，可見是無色透明的液體。

(二)把碘化鉀放在桌上，使大眾看到。取玻璃管，用細

的一端，插入液中，用一指閉塞管的上端，取出移到昇汞水

裏，把指一放，管裏的碘化鉀，就流入昇汞水裏，同時用這玻璃管攪動，本來澄清的昇汞水，這時就變成黃色。



(三)變成黃色後，傳示大眾，再加些碘化鉀液在裏面，就呈美麗的赤色，如再加碘化鉀液，昇汞水就返為澄清，仍舊變成沒有顏色了。

備考 (一) 碘化鉀液愈濃厚愈好。

(二) 第一次多加碘化鉀液，昇汞水就直接變成赤色，又變成澄清，所以要滴加少些，同時用玻管攪動。所生的赤色沈澱，就是二碘化汞。

(三) 碘化鉀液不足時，只止於黃色或赤色，不再變成澄清。這時要再用玻管，多吸碘化鉀液，加在昇汞水裏。

(四) 做這實驗時，附帶講些昇汞水的性狀和用途，可以增加不少興味。

### 第三十八 變酒變墨水的空瓶

藥品 鞣酸、三氯化鐵、草酸、氨水、硫酸

準備 取大玻杯或集氣瓶五個，分別為A、B、C、D、E。

(一) A瓶裏盛鞣酸的稀薄水溶液，約滿八成。這是用來變墨水的清水。

(二) B瓶裏加三氯化鐵的水溶液數滴。

(三) C瓶裏盛草酸的濃溶液數滴。草酸的分量過少時，墨水不再變清水，此時可加入

一二塊小塊草酸結品。

(四) D瓶裏盛濃氨水數滴。

(五) E瓶裏加濃硫酸數滴。

這時B、C、D、E四個瓶裏，外面看不出有藥品，只見幾個空瓶罷了。

方法 (一)把A、B、C、D、E五瓶，順次排列在桌上，把A瓶傳給大眾看，但見一瓶清水。

其餘四瓶，看上去都是空的。

(二)現在把怎樣變為清水的情形，大概講些，同時把A瓶裏的水，倒入B瓶裏面，忽然變成一瓶藍墨水。

(三)這瓶墨水，再注入C瓶裏面，稍加振盪，那知一瓶好好的墨水，又變成清水了。

(四)把這瓶清水，灌入D瓶裏面，說要叫他變一瓶葡萄酒。奇啊！清水一下去，紅紫色的



葡萄酒就出來了。

(五)說這瓶葡萄酒不好吃，還是叫他變一瓶燒酒。說着就把這瓶葡萄酒，向E瓶裏一倒，立刻澄清無色，不是一瓶燒酒嗎？

備考 (一)這實驗很簡單，並且很有趣。但做的人動作要敏捷些。如用大瓶大規模做時，更屬可觀。

(二)D瓶裏的氨水，要比E瓶裏的濃硫酸少些。如果D瓶裏的水，倒入E瓶，葡萄酒不能立刻褪色時，那是濃硫酸過少了。

(三)草酸或其鹽類叫酸性草酸鉀的，能夠使墨水褪色，市售的消色水，都屬這種。

(四)A瓶裏的鞣酸，同B瓶裏的三氯化鐵混合，就變成墨水，我們普通用的墨水，都以此為主成分。所以普通墨水，也能用草酸褪色。做到這裏，不妨順便同大家講些墨水的製法和消色的理由。

## 十一 關於靛藍和茜素的

### 第三十九 青褐二水變成清水

藥品 靛藍、酒精、碘酊、氫氧化鈉

準備 取三個玻璃杯或集氣瓶，分爲A、B、C。

(一) A杯裏盛靛藍的稀薄溶液，約滿三分之一。靛藍普通成粉末狀，難溶於水或其他溶媒中。所以靛藍溶液，不是單加水在靛藍裏就能得到的。要取少量靛藍，滴加硫酸，加熱後注入水裏，撇出上部的澄清液，用濾紙濾過，取透明的青色溶液。這青色溶液是不溶性的靛藍同硫酸作用後變成的一種可溶性松藍素，現在用的，就是這種。

(二) B杯裏盛碘酊，就是碘溶解在酒精裏而成的溶液。這碘酊如果太濃，就變成黑色，

所以要稍稀薄些，使從遠方着來，恰成赤褐色。

(三) C 杯裏盛少量的氫氧化鈉濃溶液。

**方法** 取 A、B 兩杯給大衆看，但見一杯青水，一杯褐水。現在把這兩種水，同時注到 C 杯裏，忽然一種顏色也沒有，變成一杯清水了。

**備考** (一) 碘的酒精溶液，遇到氫氧化鉀或氫氧化鈉，就立刻變成無色。這是檢酒精的一法。

(二) 青、褐兩液，遇到氫氧化鈉，怎麼就會褪色呢？因碘同氫氧化鈉作用，先成無色，同時生成次碘酸鈉。次碘酸鈉容易分解，生成同次氯酸相當的東西，這東西同靛藍作用，就完全脫色，因此一種顏色也沒有了。

(三) 青色液和褐色液要很稀薄，但是氫氧化鈉，却必須濃厚。

(四) 青色液是從靛藍得來的，如過這液裏混雜靛藍粉末時，就不會完全褪色，所以必須過濾後，用他的濾液。

#### 第四十 用茶色水染成藍色

藥品 靛藍、錫粉、氫氧化鈉

準備 (一)取極少量的靛藍粉同四、五倍的錫末混合，放在圓椎狀的燒瓶裏，加以氫

氧化鈉，徐徐加熱，等到煮沸之後，漸漸溶解，變成茶褐色。這時另取清水煮沸，俟完全排出空氣後，隨即加在燒瓶裏面，用來稀釋裏面的液體，變成茶色的水。

(二)前述的液體，如果同空氣接觸，立刻變成靛藍。所以不可移注另器，要把裝上吹氣管和噴出管的木栓，連忙蓋緊瓶口，二管的開口處，再要用橡皮或其他東西堵塞好。總之不可讓空氣竄進瓶裏。

(三)取棉布一二方，針數隻。

方法 黑板上先濕以水，然後把棉布張在上面，用針釘好。要使布上也受到潮濕。這時在瓶的吹氣管端，用力吹氣，使茶色的液，由他管噴出。這茶色液體，噴到棉布上面，頂好能夠寫成文字，初變茶色，後變藍色。這藍色用清水洗滌，也不脫色，可見就是普通的藍染術。

備考 (一) 靛藍和鋅粉與氫氧化鈉共煮，就還原而成白藍。實際上的還原藍帶一些

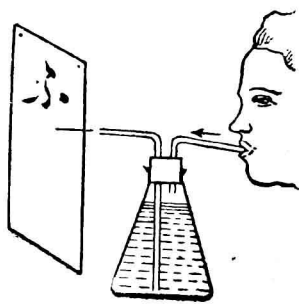
黃色，可是要煮得很久才會這樣。普通煮成茶色液時，不放在玻璃瓶或廣口瓶裏，而用細口的三角瓶，務使生成的茶色液，儘量同空氣隔離。

(二) 茶色液吹到棉布上面，就會染出藍色，這因為可溶性的白藍同空中的養氣作用，變成不溶性的靛藍而沉澱於木棉纖維中。染坊中的藍染術即與此同理。

#### 第四十一 用黃色水染成藍色

藥品 靛藍、氫氧化鈉、亞硫酸氫鈉

準備 (一) 照實驗四十，但是用普通靛藍還原，使成淡黃色的白藍液時，不可用氫氧化鈉和鋅粉。現在要令靛藍不還原到茶色液的樣子，(如果煮得長久，當然會變成黃色) 而要使他容易變成黃色，就要用到氫氧化鈉和亞硫酸氫鈉了。



取圓錐形的燒瓶，放入極少量的靛藍粉，注以清水，加氫氧化鈉溶液數滴，稍稍煮沸，然後把少量亞硫酸氫鈉（白色粉狀物）投入瓶裏，藍色的靛藍液立刻變成淡黃色的白藍。這淡黃色的液體，如果同空氣接觸，就立即氧化，變成靛藍，所以要照前面一樣，把插入吹氣管和噴出管的瓶塞，連忙蓋緊瓶口，更在管的開口，用東西堵塞好。這就是用以染藍色的黃色溶液。

(二)取棉布一方，浸在水裏，然後絞乾，另用針二、三隻。

方法 (一)把略被水濕的棉布，張在黑板上面，用針釘好。

(二)把預備好的淡黃色液，給大衆傳看，然後仿做前法，在吹氣管端，用力吹氣，使淡黃色液，從他管噴出，射到棉布上面，頂好描成書畫，初變黃色，後來漸變綠色，隔了幾分鐘，就變成藍色。這時用水洗滌，顏色不會脫落。

備考 (一)所用的亞硫酸氫鈉，如果吸着水分，就沒有效果，所以要密貯瓶中，不可透

氣。

(二)亞硫酸氫鈉很不安定，同醛化合，就成爲  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{HCHO} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  的晶體，方才比較安定。這東西也作還原劑用。

#### 第四十二 黃水變成紫、赤、桃色

藥品 茜素粉末、氫水、二氯化錫、明礬

準備 取四個試管或集氣瓶，分別爲 A、B、C、D。

(一) A 瓶裏盛少量茜素液，加水振盪後，就成黃色液。茜素普通難溶於水，但注水振盪，好像溶解的樣子，就變成黃色液體。

(二) B 瓶裏盛氫水。

(三) C 瓶裏放明礬的稀薄溶液，其中加以多量的氫水，就生白色膠狀的氫氧化鋁。但是分量少時，就像清水一般。

(四) D 瓶裏盛二氯化錫的稀薄溶液，裏面加以多量的氫水，就生白色膠狀的氫氧化錫。分量少時，也和清水相似，但是寧可多加些氫水，放置移時，便生沉澱，和清水無異了。

方法 (一)把A、B、C、D四瓶，順次列在桌上，先取A瓶裏的黃色液，對大眾說道，現在

要使這瓶黃水，變出許多顏色來，說時，左手執B瓶，倒一些黃水在裏面，稍加振盪，B瓶裏的清水，就立刻變成紫色。

(二)次拿C瓶，也注入少許黃水，稍加振盪，你看一瓶紅水又出來了。

(三)再取D瓶，照樣加些黃水，同時將瓶搖動，就忽然變成桃色了。

備考 (一)A瓶裏的茜素溶液，和B瓶裏的氨水，要很稀薄才好。如過濃厚，那末黃水倒在B瓶裏時，就現出紫色，從遠方看來，但見一瓶黑水。

(二)C瓶和D瓶裏，要多加些氨水，使成鋁和錫的氫氧化物。否則黃水注入後，不會現顯明的赤色。

(三)茜素是煤焦油染料之一，用途甚廣。難溶於水，但是易溶於鹼類而現出紫色(A和B的反應)。又同氫氧化鋁作用，就生紅色的沉澱色素(A和C的反應)。又同氫氧化錫作用，就生桃色的沉澱色素。就是說，同一茜素，因所用媒染劑(明礬、二氯化錫等)不同，



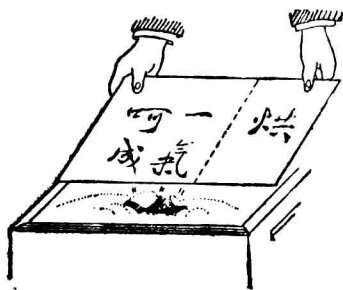
就生出不同的沉澱色素來。所以用那一種媒染劑，就能染出那一種顏色。

## 十二 關於硫酸的

### 第四十三 紙上烘出字來

藥品 稀硫酸

準備 取幾張中國紙，用稀硫酸寫字，放在背陽的地方，等他自然陰乾，乾後就看不出字跡。稀硫酸的濃度，大約一容的濃硫酸，和七容的水。如稀硫酸較濃，那末陰乾之後，寫字的地方，就現出黑色。如果稀硫酸過淡，那末烘過之後，文字也不顯明。



**方法** 把紙給大家看，一些也認不出痕跡。但是放在火上一烘，就現出黑字來。

**備考** 怎麼會烘出字來的呢？因為硫酸是不揮發的強酸，有很強的吸濕性，並且能夠從蔗糖和纖維素等裏面，照構成水的比例，奪取氫氧。所以濃硫酸濺到衣上，衣就腐蝕，濺到木上，木就焦黑。現在用稀硫酸塗在紙上，到陰乾之後，仍能保持相當水分，不致侵到紙上。但是放在火上烘乾，水分頓時蒸發，殘餘不揮發的濃硫酸，這濃硫酸就從纖維素( $C_6H_{10}O_5$ ) $_n$ 中，奪取水 $H_2O$ 的成分氫H和氧O，因此只餘碳素，便現出黑的文字了。

#### 第四十四 笑面忽變鬼臉

**藥品** 稀硫酸、氯化鈷

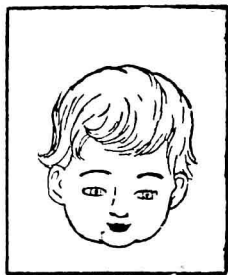
**準備** 取一張較厚的紙，用淡墨畫出一個笑臉，臉頰上塗以氯化鈷的濃溶液。陰乾之後，就現出桃紅色，覺得面目娟好，和藹可親。次用稀硫酸（濃硫酸用七倍清水稀釋而成）在這笑面上，畫出蓬鬆的頭髮，銅鈴似的眼，闊盆似的嘴，額上橫生兩隻長角，口中露出獠牙，總之要畫得猙獰可怕，有如惡魔。畫好之後，再放在背陽的地方陰乾，鬼臉就完全隱沒，但見

兩頰暈紅的笑臉罷了。

方法 (一)把畫好的那張紙，給大衆傳看，只見一個眉開眼笑，非常有趣的臉龐兒。現在略加說明，說社會上的人，有的非常險詐，當面對着你，會陪着一副笑臉，或許他的心地狠毒，要露出本來面目來時，就會叫人怕死呢！現在這個笑臉，可以叫他立刻變成鬼臉，諸位不信，且等着看罷，說時拿紙到火上一烘，一會兒臉孔已經變青，頭上生長角，口外露獠牙，眼如銅鈴，猙獰可怕，活似一副鬼臉。

(二)如果不一時就變成鬼臉，可先烘頭部，顯出額上兩角；再烘中部，現出兇狠的眼；次烘下部，露出口外獠牙。這樣一步一步的來，看的人格外覺得有趣。

(三)鬼臉現出之後，面部的青色漸褪，又慢慢轉成紅色，變成赤面鬼。但是在空氣乾燥



的時候，變得很遲緩，所以不妨用霧吹把水噴上，就能立刻成功赤面鬼了。

備考 (一) 氯化鈷含結晶水時，是紫赤色的結晶。他的濃溶液塗在紙上，陰乾之後，就現出桃紅的顏色。但是到火上一烘，結晶水蒸發之後，變成無水鹽時，就現青色，這就是變成青面鬼的原因。但是青面鬼放置後，這無水氯化鈷，就吸收空中的濕氣，仍舊變為結晶的氯化鈷，重復現出紅色。所以空氣乾燥時，要隔了一會，才能變色。如果用水噴時，那就變得快了。

(二) 口角牙髮現黑色的原因，就是稀硫酸的作用，前面已經講過。要黑得快些，可用較濃的硫酸液。但稍濃些在陰乾時就容易變成黑色，也非最好的方法。

## 第二編 物理學之部

### 一 關於液體的壓力和浮力的

#### 第四十五 跳躍自如的橡皮管

準備 (一)取一個無底瓶(或小水桶)和長四尺——五尺的玻璃管,要檢細而軟的才好。另取短的玻璃曲管,一端要有細的尖口。

(二)玻璃曲管是這實驗的主要部分。要照圖上一樣,曲成比直角還小些的角度,兩腳約各長一寸,噴水的一端,要有細尖口,口稍稍向內彎曲。

(三)把無底瓶倒立起來，瓶塞中插一短玻璃管，短玻璃管端，連接橡皮管，橡皮管的先端，插入噴水用的玻璃曲管。這便是能跳躍的橡皮管。

(四)一杯(或一桶)清水

方法 (一)橡皮管跳的時候，水向四處飛濺，所以

看的人要站得遠一些。

(二)盛水的瓶或桶，要吊在高處，或立在桌子上，把瓶高高托起。

(三)一手壓住橡皮管，同時把水灌到瓶或桶裏，等到灌滿以後，將手一放，水就經曲玻璃管的先端噴出，同時橡皮管像一條長蛇似的，把頭昂起，不住跳躍，吐出水來，煞是好看。

(四)如在被水濺到的範圍以內，有人去捉橡皮管時，會像蛇頭一般，向各方挪閃，更爲奇觀。

注意 (一)加曲玻璃管後，如橡皮管不能跳動時，則噴水口的大小、方向，要加以改良。



(二)無底瓶可依實驗七十六製得。但可用普通瓶或水桶來代用。只要把橡皮管的上端同虹吸連接就好。

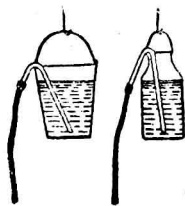
(三)橡皮管的跳躍，是利用水的側壓，因其作用和反作用而起。就是說：水受到側壓，向側面噴出時，同時發生反作用，使玻璃管壓向反對方向，而這時橡皮管因了重量和彈性，又回復舊有方向，因此能不絕的往返運動。

(四)人的步行，船的航行，飛行機的前進，都是由地面、水、空氣等反作用而起的。不妨順便講些飛機的構造和駛行等，用來說明反作用原理，當然是很有興味的。

#### 第四十六 壓得起人的水

準備 (一)橡皮製熱水袋一、木板一、長約五尺的橡皮管和玻璃管、較大的漏斗、一桶水。

(二)取橡皮袋，拔去其塞，蓋以木栓，栓中插入短玻管一，玻管端連接一長橡皮管，橡皮

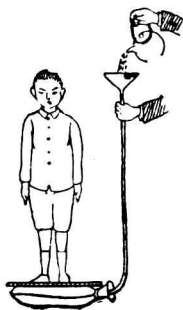


管上端插入漏斗腳裏。

(二) 實驗以前，先要排除袋裏的空氣，可拔去木栓，用水灌滿，然後把橡皮管橫置，壓出袋內的水，使經橡皮管、漏斗而出，到水將要流盡時，隨即閉塞橡皮管端，使不通空氣。

方法 (一) 裝置完畢後，放到教臺上，在橡皮袋上，放一塊木板，板上立一個人。

(二) 把漏斗腳插入橡皮管端，高高提起，次把水倒入漏斗，開放橡皮管，使水經橡皮管而流到袋裏，這時熱水袋漸漸膨起，人也慢慢高起來，可見單單管內的一些水，就能勝過人的重量。



備考 (一) 這實驗是應用巴斯加原理而成的。如果把長玻璃管來代替直立的橡皮管，又把灌入的水着色，就可以看出多少高的水柱，能夠支持某人的身體全重。

(二) 從這個實驗，就可知道，只要管內的一些水，便載得起人體的全重，可見應用巴斯加原理，能以小力勝大力，水壓機等也是應用這原理而構成的。



第四十七 浮沈如意的雞卵

藥品 食鹽

準備 (一) 很深的玻璃圓筒一個、雞卵二三枚、長約二尺的粗鉛絲、大玻璃杯三隻、大漏斗一個、玻璃管二個

(二) 玻璃圓筒用大集氣瓶或刻度圓筒。但是圓筒愈深，愈覺得有趣。

(三) 取二個大玻璃杯，盛食鹽的濃溶液。

濃食鹽水大約水一百克裏，投入粗製食鹽約四十克，攪拌後，放置數小時或一日。如食鹽水不透明，可過濾後再加以少許食鹽。

(四) 漏斗脚上接一尺餘長的玻璃管，由一短橡皮管連接起來，形成一個長脚漏斗。

(五) 用玻璃管曲成一個虹吸，長脚和玻璃圓筒等高，短脚約及其半。長腳的下端，插入約長一寸的橡皮管，上面裝一管夾。用水充滿虹吸，這樣只要把管夾一放，水就會流出來。

(六) 用粗鉛絲變成匙狀，要不將圓筒底傾倒，就能把雞卵取得出來。

方法

(一)長圓筒A裏貯滿清水，把雞卵投入，就立刻下沉水底。但這雞卵腐敗時，就浮在水面，所以要檢沉到水底的才好。

(二)用虹吸抽出半筒清水。

(三)用長脚漏斗，照C圖注入食鹽水，雞卵就像D圖一樣，會隨着浮起而懸於半空中。

(四)次用虹吸抽取鹽水上層的清水，再用漏斗灌入鹽水，到充滿圓筒為止。這時雞卵就完全浮在水面。

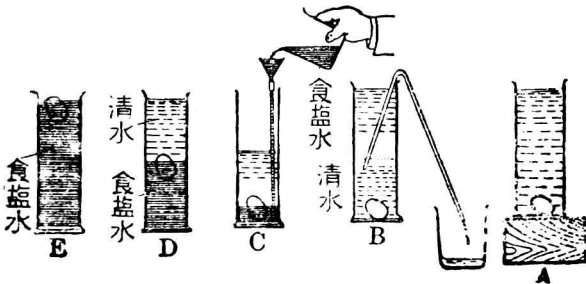
別注 (一)準備三個圓筒，分別為a、b、c。a筒裏盛清水，

b筒裏下半為鹽水，上半為清水，c筒裏全盛鹽水。

(二)把雞卵放入a筒，可見立刻下沉。

(三)用鉛絲取出雞卵，放入b筒，可見卵懸在中部。

(四)更把雞卵投入c筒，雞卵却浮在水面，不沉下去。



備考 (一)食鹽水愈濃愈好，就是要用食鹽的飽和溶液才好。

(二)若雞卵中滲入食鹽水，即難浮起，所以實驗前要把雞卵檢查一下。

(三)雞卵的浮沈，完全由於阿·基·米·德原理。就用這雞卵來說，卵比同體積的液體（卵所排除的液體）重時，就下沈液底，一樣重時，可靜止在任何地方，如比同體積的液體輕時，就上浮液面。船的浮在水面，也是這個道理。

#### 第四十八 卵的浮囊

藥品 鹽酸

準備 取長玻璃圓筒一、二個，用漏斗和玻璃管裝成一長脚漏斗，另取雞卵一枚，用水三倍稀釋的鹽酸。

方法 (一)圓筒內盛水，約滿八成。把雞卵投入，就徐徐下沈。

(二)告知大衆，說要在卵的周圍，造一個浮囊，把卵托到水面來。說時用長脚漏斗，插入圓筒底部，注入稀鹽酸，約滿筒底的三、四寸光景。

(三)當液注入時，卵的周圍，就慢慢造起浮囊來。這時一面發出氣泡，一面漸漸浮起。升到一半時，氣泡漸散，卵又下沈。

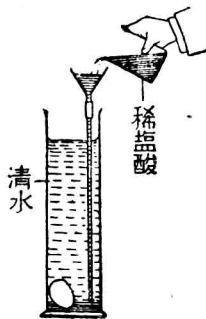
(四)如能浮到水面來時，用棒驅散氣泡，雞卵又沈下去。到水底時，又同底部的鹽酸作用，再生浮囊，重行上升。

備考 (一)注入鹽酸時，亦有雖生氣泡而不上浮的。

這多由於雞卵的種類不同。此時筒內可用食鹽的稀薄溶液來替代清水，那末只要略生氣泡，就會浮起。

(二)雞卵周圍發生的氣泡，是碳酸氣氣泡。普通教室內製造碳酸氣時，多用大理石同鹽酸作用。但卵殼的主成分和大理石相同，也是碳酸鈣，所以卵殼和鹽酸作用，同樣會生出碳酸氣來。

碳酸氣附着卵殼周圍，不易散失，所以碳酸氣上升時，雞卵被簇擁而浮起。



第四十九 浮沈如意的試管

準備 (一) 很深的玻璃圓筒一個，比圓筒口徑稍大的橡皮球一個，試管一個。

(二) 圓筒內滿貯清水，把一半盛水的試管倒立在裏面，使試管浮起。

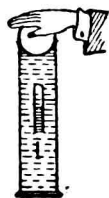
方法 把橡皮球放在筒口，然後對大衆說，要使水裏的試管，隨

意浮沈。這時把橡皮球向下一撤，管就下沈，把手一放，管就上浮，這樣加減皮球的壓力，可使試管靜止在任何地方。

備考 (一) 準備時試管內所盛水的分量，是這實驗成敗的關鍵。就是所盛水的分量，非但要恰使試管倒浮水中，並且要能因皮球的壓力而浮沈。如果水量過多，那末橡皮壓下時，試管就不會下沈，如果水量過多，那末一旦下沈後，便不再浮起。

(二) 圓筒內的水，必須要和平。如水不貯滿，即令試管調整得很好，常常皮球壓下時，試管並不下沉。

(三) 試管內的水量不能加減得宜的時候，可截去試管下段，在管邊開二小孔，用銅絲



繫一鉛錘（參閱第七十六實驗的玻璃細工），鉛錘的重量，要恰使試管浮起，並能因皮球的壓力大小而上下。

（四）試管的起落，在遠方看不清楚時，可在準備的時候，先令試管稍熱，流入熔融的着色石蠟，使在試管的內壁，薄薄塗上一層顏色。

（五）萬一實驗不靈，不可灰心，要研究缺點在那裏，重行調節試管的重量，不妨再試，能再接再厲，總會屢試屢驗的。

（六）浮沈的道理，也不外阿基米德原理。就是皮球壓下時，管內的空氣受到壓縮，因此排除的水重比管重小，試管便下沈了。

### 第五十 能使浮體上下的玻璃管

準備 （一）玻璃圓筒、浮體、玻璃管

（二）浮體就是前實驗所用的試管，半充以水，或繫以鉛錘，要能隨壓力大小而浮沈。管



內的着色，也仿前法。

(三)玻璃圓筒口要蓋一密合的木栓，栓中插一玻璃曲管，管端連接一長約二尺的橡皮管，橡皮管端更插入一長約二尺的玻璃管。這連接的管內，全體充水，當插入圓筒時，管內不可殘留空氣。

**方法** 玻璃管放下，約到圖上虛線的部位時，試管

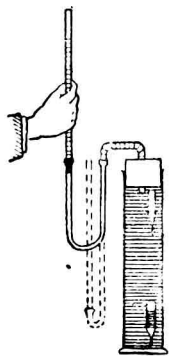
就浮起，玻璃管提起，約在圖上黑線的部位時，試管就下

沈。這樣玻璃管隨意上下，浮體就跟着起落。玻璃管放在上下適中的地位，浮體就在中部靜止着。

**備考** (一)木栓要蓋緊，不可透氣。圓筒和管中，不可殘留空氣。玻璃管和橡皮管要長，否則實驗就不易成功。

(二)浮沈的理由，和前面相同。因為管提起來時，水壓變大，浮體內的空氣就被壓縮，和橡皮球壓下時相同。

### 第五十一 兩個行動一致的浮體



準備 (一)取兩個同樣大小的廣口瓶，下方側面各鑽一小孔。這孔的大小要剛巧能接上橡皮管，使兩瓶互相連通。鑽孔時用一個三角小鏢，把尖頭用來研抵，漸漸白屑洒落，露出小孔，再用圓頭小鏢，把孔磨光。然後用一條長約二尺的橡皮管，把兩端插入兩孔，要十分緊密，不可透氣，這樣一來，兩瓶就互相溝通了。

(二)做兩個同形的浮體。照實驗第七十六的方法，把試管截斷，開二小口，繫一鉛錘，像實驗四十九一樣，把他浮在水裏。當加壓時，兩浮體要同時起落，不可參差，而且地位不可高低，所以要加減兩浮體的錘重，使恰能相等。浮體的內部要着色，在遠方可以看得清楚些。

(三)一瓶口蓋橡皮塞，一瓶口蓋橡皮球。

方法 (一)注水充滿二瓶，把浮體浮在水面，一方蓋緊橡皮塞，一方蓋緊橡皮球。

(二)用水壓橡皮球，兩方的浮體同時下沉，將手放去時，兩浮體同時上升。同樣連續的做兩三次。





備考 (一) 一方橡皮球壓下時，水面所受到的壓力，就同時傳到各部，並且通過橡皮管，使那一瓶的水，也受到同樣壓力。各處所受到的壓力強度相同，並無軒輊，所以兩浮體內的空氣，受到同樣的壓縮，也就同時下沉了。

(二) 這實驗用以證實巴斯加原理。水壓機便是應用這原理構成的。

## 二 關於氣壓的

### 第五十二 一張重得拿不起的新聞紙

準備 (一) 取一張像書本大小的厚紙，中央穿一條牢固的線，這線穿過紙的反面，結在一個竹釘上，或打幾個結。這樣將線一拎，紙就提得起來。

(二) 一張沒有皺紋的新聞紙

方法 (一)把繫線的厚紙，平置在桌上，這時用線一提，厚紙就提起來。

(二)取一張新聞紙，打開來給大衆看，知道裏面不藏什麼東西，然後對折好，中央穿過繫在厚紙上的那條線，照圖橫置在桌上。

(三)使紙緣和桌面密着，然後對大家說：一張新聞紙不是很輕的嗎？但是你們試把這張新聞紙提起來，就像加上幾十斤重物似的，不要想拎得起了。

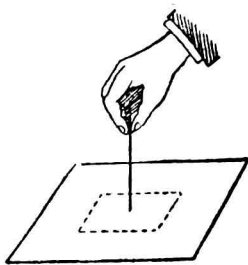
(四)這時把線用力一提，新聞紙毫不動彈。就使用力過猛，把線拉斷了，紙還是提不起來。

(五)叫觀衆內跑出數人，挨着來提，隨你怎樣氣力大，紙總是貼在桌面不動。

備考 (一)紙的周邊，一定要和桌面密着。或用二枚新聞紙，折成正方形，重疊放着亦

好。

(二)驟然把線提起，紙張毫不動彈，這固然紙的惰性也有關係，但這時最大的原因，還



在大氣壓力。

(三)大氣的壓力，據托里拆利的實驗，約可支持水銀柱高七十六糎的重量。所以計算起來，一平方糎所受的壓力強度，約等於一尅 ( $13.6 \times 76 = 1033.6 \text{ g}$ )。一張對折的新聞紙，長約五十九糎，闊約四十一糎，就是面積有二千四百十九平方糎，那末全紙所受的氣壓，約有二千五百尅，就是二千五百公斤了。假使紙和桌面之間，完全真空，沒有一些空氣（其實不會的），就得要有二千五百公斤的氣力，方才能把這張紙提得起來，就使請世界上頂大的大力士來，也決計辦不到的。

(四)我們身上每一平方糎，要受到一公斤的壓力，照全身面積算起來，壓力會大得驚人，那末我們身體怎不被壓扁的呢？因為我們體內有同樣大的壓力對付外界，內外壓力平衡，所以就一些不覺得了。

### 第五十三 自己會行動的試管

準備 (一)取大小二試管，要恰好套得進。

(二) 稀薄的紅色着色水

方法 (一) 大試管裏充滿着色水，把小試管稍稍插入。

(二) 對大衆說，這個小試管，會自動

鑽入大試管裏，說着把大試管倒立，裏面的水，就慢慢延着小試管滴下來，同時小

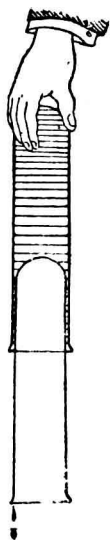
試管就趁着機會鑽進去，水愈減少則速度愈增加。

(三) 這實驗可覆試一、二次。

備考 (一) 二試管不能合着過緊，要恰能套入，但仍有些空隙。當試管倒立時，水滴流出後，如果空氣跟着竄入，實驗便不成功。要水稍能沿着小管落下，但是空氣却不得偷進。管的直徑大約二耗最爲適當。

(二) 用着色水可以看得清楚些。

(三) 小管會自動鑽入大管，這是水壓和大氣壓力的關係。普通可以說是因爲小管內



的大氣向上壓，水滴就沿二管隙間落下。就完全是大氣壓力的結果。

### 第五十四 分不開的二杯

準備 (一)檢二隻杯子，要口部能互相密着。如果不能完全密合，可用金剛砂攤在玻璃板上，加水調合，用杯口在上面磨凒，使二口能接合得天衣無縫。

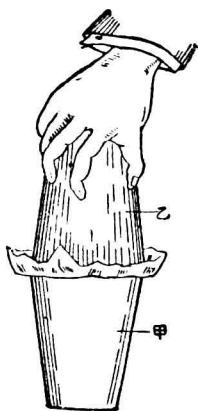
(二)取本國紙一張，折而為四，用水潤濕。

(三)取少量酒精和火柴。

方法 (一)把二杯給大衆傳看，然後把甲杯

放在桌上，用水濕的紙覆在杯口，把乙杯合在甲杯上面，這樣可不費吹灰之力，就能令兩杯分開。可知並不黏接。

(二)甲杯內倒入少量酒精，點火燃燒。當火焰瀰漫在甲杯內時，立刻用濕紙蓋好，把乙杯合上，使杯口互相密着，不可透氣。



(二) 用手揪住乙杯，略待片刻，等到甲杯冷卻時，只要拿起乙杯，甲杯連帶着被提起來，可知二杯已合爲一體。兩手各執一杯，用力向兩方拉開，無論如何，不能使兩杯分離。除非叫數人併力拉曳，方能拆開。

備考 (一) 這就是馬德堡半球的實驗。取馬德堡半球，用抽氣機抽去裏面的空氣，隨你力氣怎樣大，也不能把他拉開。從前葛利克在馬德堡市上，用一個兩半合成的球，直徑約一英尺，用抽氣機排除裏面的空氣，不論怎樣也拉不開，後來雇十六匹馬，八匹馬一排，方把他拉開。現在我們用兩杯，加熱排除裏面的空氣，也就不容易拉開了。

(二) 如有馬德堡半球和抽氣機，不妨再做試驗，假使沒有抽氣機，可仿上法，注酒精於一個半球內，點火燃燒，當火勢旺盛時，急把另一半球合上，中間可不用墊紙，就不易拉得開來。

(三) 如不用杯而用厚瓶，結果更好。如汽水瓶等，在頸的下部截斷（仿實驗七十六法），於金剛砂上磨合。下半瓶中注入少量酒精，點火排除空氣，在上半瓶的口部，緊蓋瓶塞，切口

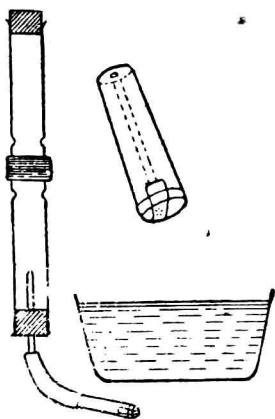
處覆以濕紙，使兩半互相密合，冷卻後就拉不開來。比了用二杯更好。因為用二杯時，僅甲杯排除空氣，所以乙杯中的空氣透過濕紙，竄入甲杯，結果兩杯中都有稀薄空氣。用這個瓶時，一則口部的空氣少，二則稀薄度高，因此更要多用氣力，方能拉開。

### 第五十五 燈罩和小唧筒造成的噴水器

準備 (一)用櫻樹或梅樹一類的細紋木削成長二寸徑四分的木桿，當中穿一個極細的孔，下端張以薄膜。這就是小唧筒(Mouth Pump)。

(二)取燈罩二、三個，互相連接起來。接合處敷絆創膏，外塗石蠟，使不透氣。燈罩的上下口，用木栓蓋緊，下端插入長約四寸的尖口玻璃管，管端接一橡皮管，和小唧筒相連。

(三)水槽中盛着色水。



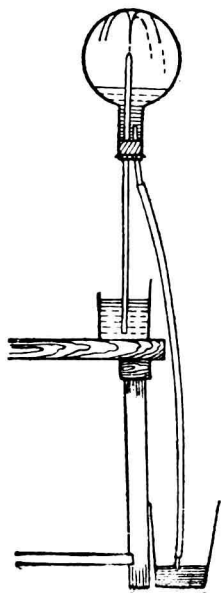
**方法** (一) 由小唧筒抽去裏面的空氣，觀衆不知道小唧筒的功用，也不知道小唧筒的構造。

(二) 燈罩內空氣排盡時，把燈罩直立，使小唧筒和橡皮管端，都浸入着色水裏，後在水裏拔去小唧筒，水就從燈罩內噴出。這水不用抽氣機而藉大氣壓力噴出，可知壓力之大了。

### 第五十六 利用氣壓的簡單噴水器

**準備** (一) 取一隻大燒瓶，瓶塞中插入一支長約二尺餘的尖口玻璃管，管端要正在瓶的中央，另用一支短玻璃管，也插入這個瓶塞中，這短玻璃管端，連接一長約三四尺的橡皮管。

(二) 支持燒瓶的臺架，較大的玻璃杯或水槽，裏面滿盛着色水，和一





個容受噴水的受器。

方法 (一)取出燒瓶，裏面注滿着色水。

(二)把插入尖口玻管和短玻管的瓶塞蓋上，用手指壓住橡皮管端，和尖口玻管端，驟然將瓶倒立，橡皮管裏就充滿着色水。

(三)這時將尖口玻管的下端，插入杯內的着色水中，同時開放橡皮管端，使管裏的水，流到受器裏面（受器要放得比水槽低。）這時燒瓶裏的水，漸經橡皮管流出，等到流出一半以下時，尖口玻管就噴出水來。受器裏的水，只要時時移注到水槽裏面，噴水可永不間斷。

備考 (一)裝置要緊密，不可絲毫透氣。瓶塞用橡皮塞比較木栓好些。如用木栓，恐怕裏面有氣孔，要用石蠟封沒。

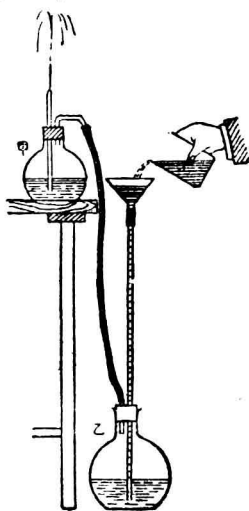
(二)盛着色水的玻杯和受器，高低相差愈遠，水的噴勢愈大。這樣噴水，完全是虹吸作用，不過普通的虹吸，頂點沒有空室，現在却裝上一個燒瓶罷了。普通虹吸的水流速度，和長短脚的垂直高差成正比，所以現在玻杯和受器的垂直距離愈遠，噴勢也愈激。

### 第五十七 簡單的噴水器

準備 (一)取燒瓶甲，瓶塞中插入一支有細尖口的玻璃管，下端接近瓶底，另插入一支短的玻璃曲管。

(二)取燒瓶乙，瓶塞中插入一支長約三尺的玻璃管，管的下端接近瓶底，上端連一漏斗，另插入一支短玻璃管。

(三)把甲瓶放在桌上，乙瓶放在地上，用一條長橡皮管，連接甲瓶的曲管和乙瓶的短管。



(四)用一大玻璃杯盛清水，又用一水槽盛紅色着色水。

方法 (一)把着色水注入甲瓶裏面，將瓶塞蓋緊。

(二)取清水給大家看，說要用這杯清水，使甲瓶噴出着色水來，於是把清水倒入漏斗

裏，水就流入乙瓶，同時桌上的甲瓶，就噴出着色水來。

備考 (一)實驗的成功，全靠兩瓶的瓶塞要蓋得緊。

(二)噴水的尖口要很細，如過太大，那末一次噴出後，水就中斷，不會源源不絕的湧上來。又噴水口要較瓶口高出四、五寸。

(三)噴水作用，完全由於水壓。就是清水注入乙瓶時，瓶內的空氣受到壓縮，但乙瓶和甲瓶有橡皮管連通的，所以甲瓶內的空氣，同時受到壓縮，水就噴出來了。

(四)能用大一些的玻璃杯最好。漏斗離乙瓶愈高，水的噴勢也愈大。

### 第五十八 把人吹起來

準備 (一)一個大氣枕、長四、五尺的橡皮管、和皮囊一樣大的一塊木板

(二)把橡皮管插入氣枕側面的小孔，要緊密不可透氣。如果口部太大，和預備的橡皮管不合，可先接一大型短橡皮管，再用一玻管同預備的橡皮管連接。

(三)木板能比氣枕稍大最好。

### 方法

(一)把氣枕放在教壇上或其他較高的地方，使大眾看得清楚些。枕上平置木板，叫學生中跑出一人來，令他立在板上，兩足分開，兩手平伸，總之要想法保持身體的平衡，不致倒下墮去。

(二)說這學生的身體雖重，可是能把他吹得起來，說着由橡皮管端吹氣，氣枕漸漸膨脹，立在上面的人，也被托起來，但這人的兩腳要站穩，不然，左右欹側，很容易跌倒的。

備考 (一)氣枕的面積愈大，皮管的切口愈小，那末吹氣愈不費力，人體雖重，也易吹得起來。

(二)如果初吹時氣枕就不膨脹，可在載人時先放些空氣在裏面，人站到枕上時，把管口閉塞，氣就不致竄出來。

(三)氣枕膨脹時，左右上下，起伏不平，如果兩腳動搖，前仰後倒時，結果非但吹不進氣，反而把裏面的空氣壓出來，所以站在上面的人，要竭力保持穩靜。



(四)這實驗是試驗巴斯加原理的好例。因為應用巴斯加原理，管口呼氣的壓力，能傳到枕內，而且單位面積的壓力不變，所以如果枕的面積比管的切口大一百倍，那末全枕面所受的壓力比管口大出一百倍，便能載得起人了。所以說管口愈細，枕面愈大，吹氣就愈省力。

(五)應用巴斯加原理的地方很多，最重要的便是水壓機。原理與前述相同，不過空氣換成水罷了。此外戰時用的坦克車，雖然車身很重，但是車輪的幅很廣，所以單位面積所分擔着的壓力並不大，因此戰場疾馳時，車輪不會陷入泥中，便是這種道理。

### 三 關於分子現象的

#### 第五十九 輕氣向下

藥品 鋅、稀硫酸

準備 (一)取 A、B、C、D 四個集氣瓶，蓋玻片二、三枚，裝在鉛絲上的短燭一支、火柴一

盒。

(二) A、B 二瓶內照實驗第八捕集輕氣，用玻片蓋好，倒立桌上。

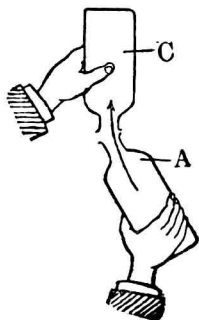
方法 (一) A 瓶裏盛輕氣，輕氣比空氣輕（約當空氣

重量的十四分之一），所以由下方向上瀰散。取空瓶 C，把燭火插入，並無什麼變化，次把 C 瓶倒立，把盛輕氣的 A 瓶，持近 C 瓶的下口，略待片刻，用燭火插入 C 瓶，立刻發出爆音，同時

燭火消滅，可知裏面已有輕氣。這可叫人知道輕氣是由下向上的。

(二) 取空瓶 D，把燭火插入，並無變化，現在把盛輕氣的 B 瓶，連玻片合在 D 瓶上面，然後在大眾注視下，把玻片抽去，放置三、四分鐘。

(三) 次把 B 瓶取去，用燭火下垂 D 瓶中，本來沒有變化的，現在忽然發出爆鳴來，又試



驗B瓶，亦起爆鳴，可見輕氣和空氣，雖然重量不同，也會互相混和的。

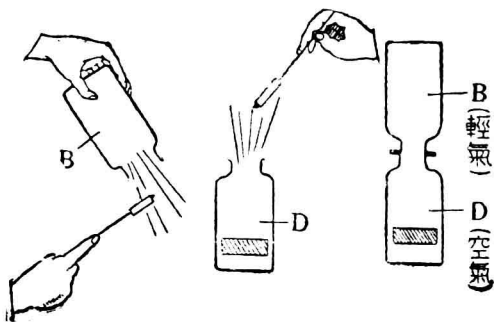
備考 (一) 準備時用的C、D兩瓶，裏面不盛輕氣的，可貼上一條紅紙，叫大衆認得清些。

(二) 這實驗在證明氣體有擴散性（液體也有這現象），就是氣體的分子，能很快的向各方向運動，結果不論比重大小，各氣都能相混。

(三) 這種自然的擴散現象，於生物很關重要。淺近的例子，像人叢中吐出的碳酸氣，會自然瀰散，而由新鮮空氣來填充，此外室內的自然換氣，臭氣的漸次消散等，都是這種現象。

### 第六十 素坯噴水

藥品 鋅、稀硫酸



生器。

準備 (一)取一個做電池用的素坯，足以覆蓋素坯的玻杯，木栓，廣口瓶一個，輕氣發

生器。  
 (二)用穿二孔的瓶塞，將廣口瓶蓋緊，插入二支玻管，一長一短，玻管約長二、三尺，下端插入瓶裏一寸，上端通入素坯裏面，短管約長五寸，下端接近瓶底，上端要有細的尖口，用來噴水。素坯所加的塞，要很緊密，頂好用石蠟熔封，使他完全不能透氣。

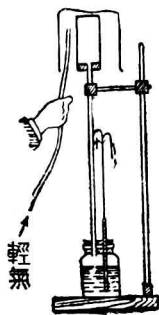
(三)輕氣發生裝置，啓普裝置或簡易發生器（實驗第八）都好。

方法 (一)把紅水注入瓶裏，玻管和瓶塞都要裝緊。

(二)用玻杯蓋上素坯，把輕氣發生器的導管，探入杯裏，等到素坯的周圍充滿輕氣時，下面瓶裏的短管，就會噴出水來。導管通出的輕氣，是人目所不能見的，所以好像是用這管

施的魔術。

(三)輕氣通入稍久，水就噴不出來。這時取去玻杯，注視下面瓶裏，可見發出氣泡，紅水





稍些升入長玻璃管裏。

(四) 放置移時，再蓋上玻杯，用導管通入，下面又會噴水。

**備考** 這是試驗氣體擴散的速度，氣體輕的，擴散得快，氣體重的，擴散得慢，因此輕氣很快的竄入素坯裏，素坯裏原有的空氣，却不能以同樣速度散出來，所以坯內的氣壓變大，下面瓶裏的空氣，同時受到壓縮，就此噴出水來。

### 第六十一 使呼氣燒得着的氣球

#### 藥品 醚

**準備** (一) 三尺長的橡皮管、品質較好的橡皮輕氣球、酒精燈、火柴、大玻璃鐘（抽氣用的玻璃罩）

(二) 用一個短玻璃管，連接氣球和橡皮管，橡皮管端插一尖口玻璃管，用做燃燒口。

(三) 玻璃鐘口向上，裏面加醚數滴。醚漸化為蒸氣。

**方法** (一) 拿出盛醚的玻璃鐘，看上去好似裏面沒有東西。

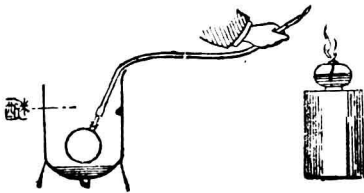
(二)取出氣球，在橡皮管端吹氣，等到膨大一半以上，就用管夾關閉橡皮管，把氣球懸在鐘裏，一方在離鐘二三尺的地方，點起酒精燈來。

(三)對大衆說，吹進氣球內的氣，本來燒不着的，現在能叫他發出火來，說時把玻璃尖口滾到酒精燈上，同時適度的開放管夾，氣球內的氣就經橡皮管通出，尖口就發出火焰來。可見不燃氣已變成可燃氣了。

備考 (一)玻璃鐘內的醚，很易揮發，所以要在將近實驗時滴入。又醚很易着火，所以酒精燈要放得遠些。

(二)做準備(一)時，要依氣球質地的優劣，而加減吹氣的分量。但不可吹得過分飽滿，大約膨大一半就得。

(三)尖口點燃後，如果取出酒精燈焰，火便熄滅時，那末不是吹氣的分量不得宜，便是管夾開放得不適度。如果橡皮管調節得好，把尖口插入酒精燈，燈的無色焰中，火焰能增加光輝時，便知已有可燃氣出來。如果尖口的火焰太



小，觀衆看不清楚時，可用他來點燃第二個酒精燈，便知有火焰存在。

(四)這實驗足以表示滲透現象，就是醚的蒸氣，透過橡皮球的薄膜，經橡皮管而出，所以能燒得着。

(五)小兒玩的氣球，隔了些時，就飛不起來，這因為輕氣已經透過薄膜，向外邊擴散了。

## 第六十二 透過薄膜的水

### 藥品 食鹽

準備 (一)無底小瓶、膀胱膜、木栓、玻璃管、較大的玻璃杯

(二)如果沒有無底小瓶時，可取細口瓶，在中央截斷，切口在金剛砂上磨光，把膀胱膜張在瓶口。取一塊薄的圓板，上面鑽許多小孔，好像篩子似的，墊在瓶的底部，然後壓入水裏。瓶口的塞中，插一長約二尺的玻璃管。

方法 (一)玻璃杯裏盛清水。張膀胱膜的瓶裏滿盛着色的濃食鹽水，約到瓶的頸部，預

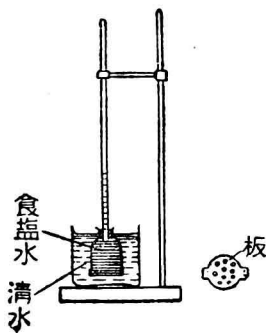
備好後，浸在玻璃杯中的清水裏。

(二)這時清水漸漸透過薄膜，混入食鹽水裏，食鹽水的一部，也滲入清水裏面。但是清水透入膜中的量多，所以瓶裏的食鹽水，漸漸昇入管裏。

(三)食鹽水愈濃，玻璃管內的水也昇得愈高。但昇得很慢，達到最高度時，要隔幾個鐘點。

備考 (一)這個實驗在說明液體的滲透作用。但時間隔得很久，方才顯得出來，所以不宜公開實驗，只能在實驗後說明這種裝置和原理。

(二)普通所見的滲透現象很多，但是我們不很關心罷了。最淺顯的例，像煮豆時，等到豆熟了之後，變成又胖又軟，如果在糖水或醬油裏煮時，就變得又癟又硬，這都是滲透作用。因為在上面實驗裏，鹽水透入清水裏的少，清水透入鹽水裏的多，換句話說，就是鹽能吸收水分。所以用鹽水煮豆時，本來豆裏含有的水分，都被鹽水吸去，以至堅硬起來。



又在炒青菜的時候，滿鍋的菜上，一染到鹽粒，就立刻癟下去。鹽漬的鹹肉鹹魚，能變成非常硬實。又人體內的腸壁，所以能吸收養分，也不外這種滲透現象。

### 第六十三 透不過水的銅網

準備 (一)取銅網一、二個，要揀網目細的才好。

(二)把銅網放在火上加熱，澆上一層薄蠟，但不可把網目閉塞。如果已經填沒，可再放在火上稍熱，要仍舊露出細的篩孔。又網的框上，也用蠟塗封。

(三)取一張洋紙，大小和銅網相等，上面也塗一層很薄的蠟。

#### (四)清水

方法 (一)取出銅網。點一支蠟燭，把銅網遮在前面，燭光能由網目透過，可見銅網是有篩孔的。拿洋紙放在篩上，注以清水，約滿一定深度爲止。次慢慢抽去洋紙，水就盛在網裏，兩手好好的托起銅網，顯給大衆看，可見沒有水滴落下。

(二)要使網裏的水透過篩孔，只要稍加振動，水滴就會落下，可知水並不是不能通過。

網目的。

備考 (一) 網裏所盛的水，只能到怎樣深度，要看網目的大小而定的。大約最深到五分左右。

(二) 水滴不致落下，完全由於水的表面張力。照圖上畫的，一方面的重量  $G$ ，使他向下落，一方面表面張力  $A$ 、 $B$ ，把他向上拉，這兩種力量平衡時，水滴就不落下。

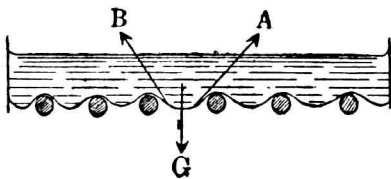
(三) 如銅網被浸濕，水就很易漏出。所以塗蠟的工作，和水先盛在紙上的步驟，都是不可少的。

(四) 塗橡皮的布，可做雨衣，不致透過水分，就是這個道理。

#### 第六十四 水面浮針

準備 取一只細針，一個水槽或飯碗。

方法 取水注入水槽，等到水面靜止後，把針好好的放在裏面，針不致沉下水裏。



備考 (一) 針面生銹或有油垢時，不容易浮起，所以要取新的才好。或者在針面塗上一層薄蠟，但蠟多時，恐怕惹起人們疑慮，以為針靠着蠟才能浮起的。

(二) 這實驗表示液體(水)有表面張力。這力使液面緊張，好像一層薄膜，所以一方面針的重量 $G$ 使針下落，一方面有張力 $A$ 、 $B$ 支持着，使針不致下沈。

(三) 昆蟲等浮於水面，也是這種道理。

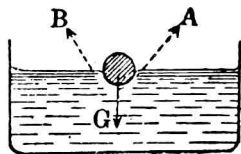
(四) 這實驗公開表演時，不能看得清楚。所以人多時，只能分批來看。

(五) 這實驗要使大家看得清楚時，可在暗室內試驗，用一個日光反射鏡，使日光投射水面，再反映到牆上，現出鮮明的影像，這樣大家都可看清。

### 第六十五 收縮的肥皂泡

準備 (一) 漏斗、大容漏斗的水槽或玻璃杯、肥皂液

(二) 如漏斗的下口太大，可取一尖口的短玻璃管，用短橡皮管連接起來。



(三)用洗濯肥皂，削成細片，溶解在雨水或蒸餾水裏，攪拌之後，撇出上部澄清液。

(四)燭扦上插一短燭，點起火來。

方法 (一)把漏斗的上口，浸在肥皂液裏，漏斗取出時，口

部就張一層肥皂膜。在細口端慢慢吹氣，膜就膨脹起來，成功一個肥皂泡。口離開時，泡就破裂，縮成原來的一層膜。

(二)再在細口吹氣，又生出肥皂泡來，等到口放時，連忙把漏斗的細口，湊近燭火，火焰就被吹向一方。

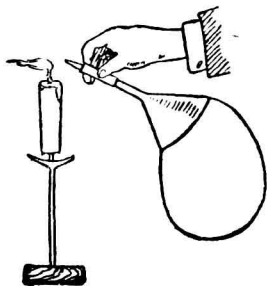
備考 (一)蠟燭用細芯洋燭。

(二)肥皂泡的收縮，也由於表面張力，當收縮時，內部的空氣受到壓縮，從細口噴出。

## 第六十六 在水面跳躍的火焰

藥品 樟腦片或松脂

準備 取一水槽，內盛清水，另取火柴一盒。





**方法** 細樟腦片或松脂點火後，輕輕放在水面。可見其一邊燃燒，一邊跳動。

**備考** (一)用樟腦小片時，即使不着火，也能在水面運動。

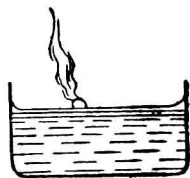
(二)這實驗也是說明表面張力用的。因為樟腦稍能溶於水中，其溶解於周圍水中的分量，各方面不同。但是樟腦溶液的表面張力，恰和鹽類溶液相反，就是濃度愈大，張力愈小。因此溶解多的地方張力小，溶解少的地方張力大，樟腦被張力大的地方牽引，就往來運動起來。

(三)取破碎的賽璐珞玩具，製成一隻帆船，浮在水面，這時船不運動。但在船的後部，放一樟腦片時（使樟腦稍些浸在水裏），船就運動起來。這實驗可以「推船的樟腦片」為題。

### 第六十七 水裏忽然浮出國旗

#### 藥品 醚

**準備** (一)用銅絲盤成一輪，直徑約三四寸，輪的兩足，插入木栓裏面。栓的中央，插一



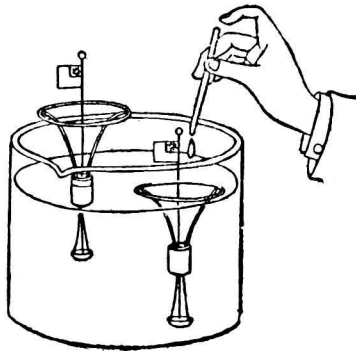
面國旗，栓的下面，繫一個小而輕的戥盤，這盤可用鉛皮做成，由銅絲繫好，上端插入栓中，盤裏盛鐵屑或鉛片，重量可隨意加減。

(二)取較深的水槽，或用抽氣機上面的鐘，倒立起來，裏面盛水，也很便利

(三)輪外稍稍塗蠟，使不被水濕。

(四)裝置好後，把輪浸在水裏，加減盤裏的鉛片，使輪浮起，恰好形成圖的左方所示的狀態。如果沉在水裏後，雖然減輕鉛片，也不浮起的時候，那末一個木栓，尙嫌不足，要把兩個木栓重合起來。

次把輪輕輕的壓入水裏，然後把手放開，要叫輪恰好貼在水面的下方，但不穿出水面。如果把手放開後，仍舊沈在水裏，或隨即穿出水面時，要加減盤裏的鉛片，務使恰成圖的右方所示的狀態。



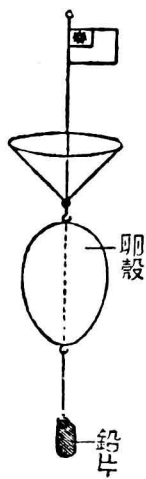
(五)取一個玻璃管，用來滴加醚液。

方法 (一)把調節好的旗輪，顯給大家看，然後輕輕放入水裏，把水放開時，輪恰巧貼在水面。這時叫大衆注意旗和輪的位置。

(二)用玻璃管取醚液一點，等到滴下水面，旗輪就穿出水面。醚液滴下時，不可打動水面，否則水面攪動後，旗輪方才穿出時，恐會由於機械的作用而非醚的效能了。醚液滴下後，立刻浮散水面，但國旗不會立刻穿出，如果稍隔片刻後，旗輪還不穿出時，可再加第二滴醚液。

備考 (一)輪貼在水面下方時，一方面輪有浮力，要想穿出，一方面水有張力，把輪攔住，這兩種力量平衡的時候，輪就定着不動。輪不能濕水，所以外面塗蠟。

(二)醚液滴下後，立刻擴散在水面。但醚的表面張力，比水小得多，所以本來的平衡狀態，在醚和水的接觸面處破裂，因此輪就穿出來。



(二)木栓普通有許多小孔，孔裏被水滲入後，浮力就要減少，所以木栓上也要塗蠟。如果不用木栓，頂好採用卵殼。在卵的上下，各開一個小孔，使內容物完全流出，然後通過一條銅線，用蠟把上下口熔封，銅絲的上端懸在輪下，銅絲的下端吊一戩盤。這樣，鉛片的加減容易得宜。

#### 四 關於力和運動的

##### 第六十八 彈不出的銅元

準備 茶杯、名刺或名刺大的厚紙、銅元一枚、篋一條

方法 把名刺載在杯上，更把銅元一枚，放在名刺中央，取出篋條，下端嵌在桌縫裏，上端用手扳住，使他曲成弓狀，然後把手一放，篋條使名刺彈出，但是上面的銅元，並不跟着飛

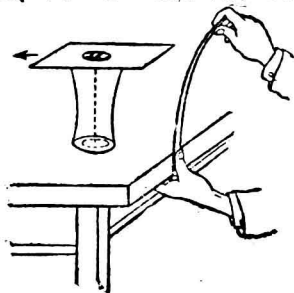
去，却落在杯裏。

備考 (一) 用筴彈出比用手指彈出好，但彈出筴條時，要使名刺成水平飛出。

(二) 銅元不會跟着飛去，完全由於銅元的惰性。

(三) 如果抽動名刺，並不急激彈出時，那末銅元跟着名刺移動，不致落在杯中。因為紙和銅元的接觸面間，有摩擦力作用，當紙抽動時，就有這種力量加到銅元上面，銅元就會發生運動。如果名刺急激彈出，如箭離弦時，因為紙的運動很快，摩擦力作用於銅元上面的時間很短，這一定的摩擦力在極短的時間內作用，真乃一瞬即逝，銅元就不發生運動。但普通不從力和時間着想，總用銅元的惰性來說明。

(四) 如果不用銅元，可代以雞卵，易題為「彈不出的雞卵」等亦可。這時玻杯要檢大的，裏面一半盛水，上面不用厚紙而用小的薄板，那末薄板飛出的時候，雞卵就掉在水裏，像



下面的試驗便是。

### 第六十九 板上雞卵不跟板飛去

準備 (一)取三、五個大玻杯和三、五枚雞卵。

(二)取一塊薄板，表裏塗蠟。另取一個擊板的槌。

方法 (一)玻杯裏盛水，約滿三分之一，然後排列在桌上，上面載以薄板。把雞卵放在板上，每個雞卵下面，要恰巧對好一個杯口。

(二)杯和雞卵的數目，不妨加多，但雞卵一定要恰對杯

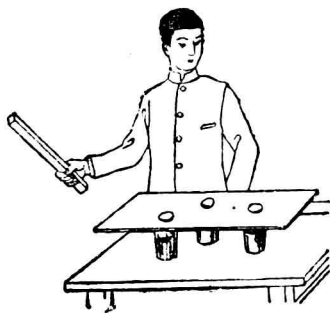
口。

(三)排列好後，叫大眾注意，然後用槌平擊板的一端，使板成水平飛出，雞卵都掉在下

面的杯裏，可從每個杯中取出一枚雞卵來。這實驗可反覆幾次。

備考

(一)槌擊薄板時，既要打得急，又要打得平。



(二) 杯裏盛濃厚的食鹽水那末雞卵落下時，能浮在水面。

(三) 雞卵要重。如果是空卵，會跟着薄板飛去。

(四) 如不用雞卵，可用銅元。這時杯裏不要盛水，因為銅元掉下時，觀衆不易看出，如用空杯，那末相擊作聲，很易聽得出來。

(五) 雞卵不跟板飛去，也是惰性作用。惰性在日常生活上，可看出種種實例，只要我們關心，養成研究精神，那末隨時隨地，都可遇到耐人尋味的事情。

### 第七十 隨處可斷的繫線

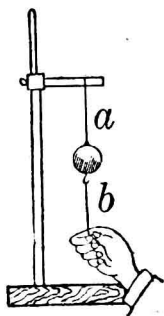
準備 取一個上下有鈎的金屬球，長約一尺的紗線二條，堅實的臺架一具。

方法 取紗線繫在球的上下鈎，照圖懸在架上。

手執球下的線，對大衆說，現在要叫線斷在球的上面，於

是慢慢用力向下拉，線就斷在 a 部。重行把線繫好，對大衆說，

現在要叫線斷在球的下面，於是驟然用力一拉，線就斷在 b 部。



這實驗可反覆幾次，無不屢試屢驗。緩拉必斷在上面，急拉必斷在下面。可叫學生自己來試驗。

備考 (一) 金屬球不能太小，普通用黃銅球，直徑約二浬。線可用普通紗線，如有洋線更好。

(二) 如果找不到金屬球，可取一塊石頭，用鉛絲縛好，上下曲成二鉤。

(三) 這也是惰性的實驗。如果緩拉，那末球上的部分，受到手力和球重，所以斷在 a 部。如果急拉，因為球有惰性，力只作用於球下的部分，

所以斷在 b 部。

(四) 取較厚的洋裝書，照樣縛好，繫在隨便什

麼地方，都可試驗。



### 第七十一 重石壓身打不痛

準備 重石、鐵槌



**方法** 身體仰臥，腹上載一重石，一人執鐵槌，用力敲打。石頭雖重，會感不到疼痛。試演的可以身作法，叫觀衆中跑出一人來重打。

**備考** (一) 石頭要重而打不碎的才好。

(二) 鐵槌柄要裝得牢，如果鐵槌拋落到人的要害地方，恐生不測。

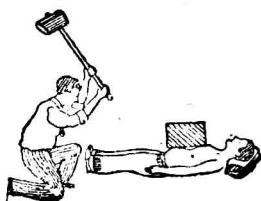
(三) 預演時先用鐵槌輕擊，漸漸用力敲打，如果打重，後覺得有些痛時，石頭要更揀重些的，鐵槌要更揀小些的。

(四) 打不痛的道理，也完全由於惰性。因為腹上的重石，常繼續其靜止狀態。說得明白些，就是槌的質量小，所以槌的運動量的變化，對於質量很大的石頭，不足以引起他的運動。

## 第七十二 落不下的銅元

**準備** 玻杯和銅元

**方法** (一) 把玻杯和銅元給大衆傳看。



(二)手持玻杯，把銅元放入，然後急向右上方舉起，同時將杯倒轉，銅元可不致落下。其次很快的將杯轉到原位，同時杯口仍舊向上。這樣試驗幾次，如果轉得很快，銅元決不落下。

備考 (一)這實驗先要練習幾次，有了把握，方可公開。玻杯轉動時，要儘量畫成圓弧，而且愈快愈好。

(二)玻杯倒轉時，銅元所以不致下落，全是惰性的緣故（玻杯運動可認為圓運動的一部。）當玻杯向右上方舉起時，銅元以同樣速度進行，等到玻杯倒轉時，因為運動很快，隨即轉到原位，在這時間裏面，因為銅元有保持從前的速度而繼續進行的惰性，所以有壓回杯底的一種力量。可以說銅元因為重力作用，所以不致落下。

(三)日常生活中，隨處可以發見惰性的實例。如車開時人忽然後仰，車停時人忽然前倒等都是。



### 第七十三 倒不出的水

準備 較深的玻璃杯和紅墨水。

方法 (一) 玻璃杯裏盛紅墨水，約滿四分之一。

(二) 照前實驗所說的方法，將玻璃杯向右上方舉起，描成一大圓弧，隨即轉到原位，動作要很迅捷，水一時不致落下。

(三) 可以反覆轉動，多試幾次。

備考 和實驗七十二相同，也是由於惰性，方纔不致落下。但必要練習純熟，方可公開試驗，練習時先盛少許清水，以後漸漸加多。

### 第七十四 自轉的球

準備 取兩個木球，直徑自七分到一寸，大約隔開三寸，用長約數寸的皮帶連結起來。如果沒有皮帶，可剪開橡皮管，拿來代用。

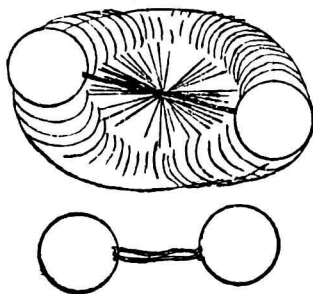
方法 (一) 先把定一球，一手滾轉他球，將皮帶絞緊。

(二) 絞好後用手按定二球，叫大衆注意，等到兩手放開，二球就沿着桌面迴轉，速度變大時，兩球距離漸遠。

(三) 木球必向絞合時的反對方向旋轉。但旋轉時到了原來不絞合的狀態，並不立刻停止，因為慣性關係，一定轉過頭，等到漸漸絞緊，又會反過來轉，這樣反覆轉動，經過三、四次後，等到全體的運動緩和，摩擦和抵抗都變微弱，就恢復靜止狀態。

備考 (一) 木球不可過重，皮帶不可過細。

(二) 做這個實驗，根據皮帶的絞捩和伸展的彈性等，可以簡單的說明物理學上的多種現象，像能常住定律、運動量、慣性、摩擦、遠心力和向心力等，所以這實驗不僅饒有興味，並且很有價值。



### 第七十五 一指支瓶

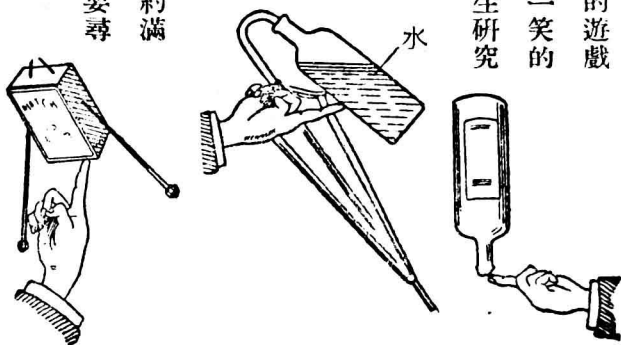
準備 大啤酒瓶一個，曲柄洋傘一把，水一盃。

方法 (一)看了這實驗的題目，以為總有奇巧新鮮的遊戲

做出來，其實看到內容，就知道很平常，很簡單，幾乎是不值一笑的玩意，不過作者本意，要想在這個有趣的題目下，使兒童發生研究重心問題的興味罷了。把一個瓶倒立轉來，用一個指尖來抵好下面的瓶口，要使瓶不致跌倒，起初雖覺困難，但是用指尖慢慢移動，總會發覺有一點，從這一點，可以支撐全瓶的重量。

(二)把一指抵在瓶的側面，使瓶不致落下，可用下面的方法。取一頂有曲柄的洋傘，把曲柄插入瓶裏，瓶裏盛水，約滿八成，裝好以後，試在瓶的中段，用一指抵住，然後慢慢移動，要尋出一點，從這一點，可以支撐全瓶，不致跌倒。

備考 (一)這實驗在說明物體的平衡。



(二)關於重心和物體的平衡等，隨處可做實驗。像取一盒火柴，如果一指支在盒的邊緣，要叫盒不跌下，這是不可能的，但是在盒的兩側，斜插一副火箸，就會支撐得住。

## 五 關於熱的

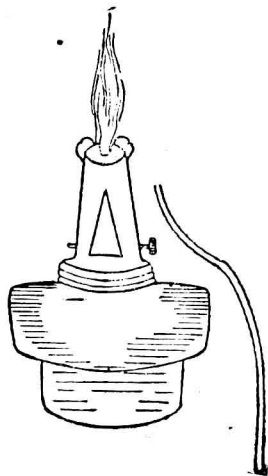
### 第七十六 玻璃細工

準備 (一)要做玻璃細工，必須一盞能夠發強熱的燈。普通化學實驗室裏用的，不是本生燈就是吹焰燈，但是如果沒有煤氣，這燈就無用處，所以現在想利用普通的石油燈，使他發出高熱，也可做玻璃細工。用一盞圓心的燈，取去燈罩，拔出燈罩，旋去外殼，只剩裏面放燈帶的圓筒，側面露出三角狀的孔來，可以通到中心。取一個大小適度的玻管，要恰能插入孔裏，管的一端稍些引細，另一端連接一條橡皮管。

(二)燈裏注入石油，稍把燈芯挑出，點火之後，用玻管插入三角孔裏，尖點離燈芯約二、三分光景，在接連玻管的橡皮管端，送入空氣，火焰就很盛旺。可像吹管一樣，加以調節。

(三)用足鞴端送入空氣最好。

(四)空瓶一、二個，闊約一寸，用水浸透的洋紙數條，小鏟一把，玻璃管數支，和水槽、墨水等。



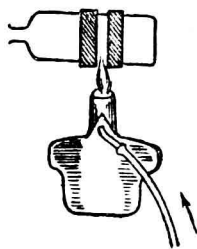
**方法** (一)把燈取出，放在桌上，略加說明。說燈如果不加燈罩，燃燒就不充分，加上燈罩後，不斷的送入新鮮空氣，焰就格外光明，如果更供給適度的空氣，就能發出高溫的火焰。

(二)把燈照舊裝好，加上燈罩，旋出燈芯，用玻管通入三角孔裏，點起火來，焰就很旺。

(三)次用足鞴端送入空氣（如無足鞴端，可用口吹氣），同時上下玻璃尖口的位置，以調節火焰。

(四) 這燈的火焰雖淡，可是火力却強。取一支玻璃管，兩手平執兩端，把中段放在焰上加熱，同時將玻璃管旋轉，等到燒得很軟，就取出焰外，向兩方引伸，管端就漸漸變細，好像削尖的鉛筆。切取這細管的一部，插在墨水裏面，就現出微管現象，墨水上升管中。把管取出，在一端吹氣，墨水被吹成泡。

(五) 把前面的玻璃管，截去微管部分，形成圓錐狀，將這端放在焰中，一面迴轉，一面加熱，等到熾熱之後，取出焰外，在他端吹氣，加熱的一端，就被吹成玻璃球，好像吹飴糖的一般。可見這燈的火焰，確能使玻璃融化。



(六) 切斷空瓶。要把瓶截成兩段，可在要截斷的地方，用小鑷銼傷一處，在傷口的兩旁，約離開二分的地位，各用濕透的紙條，裹上四五圈。然後兩手執瓶的兩端，把要截斷的地方，放在焰上加熱，同時將瓶旋轉，大約在紙還沒有燒焦的時候，就聽得撲的一聲，傷口隨即裂開，再稍些加熱，瓶就裂成兩半。但有時紙已燒黑，而瓶未裂開，那只能取出火外，浸入冷水裏



面，這樣一來，必能截斷。

備考 (一)這燈要放在無風的地方。因為這燈的火焰，自中央冒出，所以火力加強，如果遇風，那末火焰被吹得搖晃不定，就失掉吹管的效能。

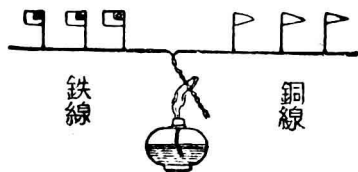
(二)鞣端在有些時候，實在不可缺少。在理化實驗室裏，利用鞣端的地方很多，像準備兒童實驗的時候，如果要做玻璃細工，而手邊只有酒精燈時，鞣端就少不了。

(三)截斷試管，可仿截斷空瓶的方法。

### 第七十七 旗幟自倒

準備 (一)用火柴軸木或用其他輕木，做成六面小旗的柄。柄上的小旗，頂好三面用方旗，三面用尖角旗。

(二)用粗的銅線和鐵線捻合起來，線上塗以石蠟。裝置時要設法使



燃合的部分能夠加熱。

(二)取一盞酒精燈或吹管，另取蒸發皿盛少許石蠟，加熱熔融後，放置桌上。

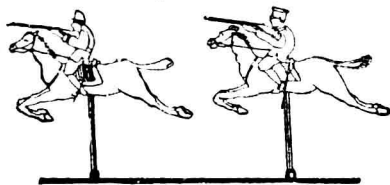
方法 (一)取旗給大衆看，然後用方旗立在鐵線上，三角旗立在銅線上，各旗約相隔寸餘，旗柄用石蠟封固在線上。

(二)取酒精燈或吹管，使兩線燃合的地方加熱，熱就沿兩線次第傳出，線上的石蠟漸次熔融。就見銅線上的三角旗挨着落下，至後方旗又漸次落下。

備考 (一)這實驗在說明熱的傳導。銅的傳導度比鐵大六倍餘，所以銅線上的石蠟先熔，因此三角旗也先倒。

(二)小旗柄立在線上時，先要在線上塗蠟。

(三)這實驗可易名為「敵兵大敗」，這時用紙片剪成騎兵射擊的形狀，來代替小旗，更有趣味。



### 第七十八 燈上的風輪

準備 (一)取明信片，或厚如明信片的硬紙，照圖上的渦卷狀剪下，就成  
功盤香狀的紙條。紙條不可過狹，大約闊四分。這就是風輪。

(二)取一盞有燈罩的燈。

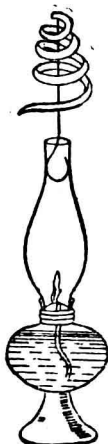
(三)燈罩上直立一條銅線，長約六寸，線端要尖，用來支持風輪。

方法 (一)照圖裝置好後，把燈點着起來，風輪就會旋轉。

(二)若在燈罩四周，用布等掩覆，火焰就小  
下去，風車就停止迴轉。取去掩覆物，又旋轉如故。

備考 (一)這實驗在表示氣體的對流。如

果不加燈罩，火既點不着，輪也不旋轉。等到加上燈罩，火焰就發生，車輪便迴轉。這可見燈罩  
的效用了。



### 第七十九 加熱後紙背現出文字

準備

(一)取感熱後就會變色的化合物，頂銳敏的，要算黃色感熱劑了。製黃色感熱劑時，取二氯化汞（昇汞）的濃溶液，裏面滴加碘化鉀溶液，就生出赤色沈澱，這時再多加幾滴碘化鉀，赤色沈澱就溶解，變成無色的澄清液。這無色液體裏面，加以硝酸銀的溶液，就生出黃色沈澱。取出沈澱少許，放在試管裏面加熱，如稍溫就變赤色，便可用作感熱劑。

(二)傾出前面的溶液，檢取黃色沈澱，加阿拉伯乳膠或薄澱粉糊，拌和後塗在紙的一面，等他自乾。

(三)在紙的另一面，塗以薄糊，貼上錫箔，等到乾後，在箔上用墨汁寫出反文，在反面看來，却是正的。字顯現之後，可更換錫箔，另寫別的文句，這樣一張感熱紙，可以用過好多次。為求便利一些，可多取幾張錫箔，寫上各種不同的文句，到要用的時候，隨卽可以換上。

(四)熱源可用下面的簡單裝置。取一個空瓶，放入少量醚液，上面蓋緊瓶塞，塞中插入二支玻璃曲管，一管插入醚中，上端接一長皮管，和足鞣鞣連結，一管露出醚外，上端接一皮管，皮管端又插入尖口玻璃管，尖口探入本生燈的煤氣孔裏。本生燈的上面，用一個篩孔很細

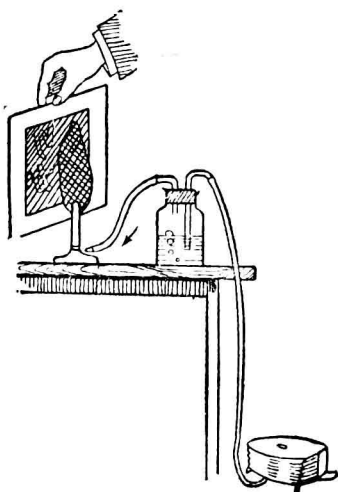
的銅網捲成管狀，罩在上面，恰像煤氣燈的白熱紗罩。

方法 (一)用足鞣鱘送入空氣，同時在燈上點火，就生出有強熱的無色焰來，恰似一盞煤氣燈，觀衆一定覺得有趣。

(二)用銅網罩上，由網上發出輻射熱來。

(三)取出預備的紙，對大衆說，現在把這紙加熱，反面就現出赤色的文字來。於是把紙持近火焰，離銅網約二、三寸，使錫箔面火，黃色劑對觀衆，稍待片刻，黃色紙面就現出紅色字來。這字就是錫箔上寫的反字，但從觀衆看來，却是正的。

(四)將火焰取去，赤色文字，就慢慢消失，再照前加熱，赤字復能顯現。



備考 (一) 在準備(二)時，如果黃色沈澱裏面，混雜游離碘時，那末加以澱粉糊後，立

刻現出黑紫色來。所以滴加的碘化鉀液，要分解的才好。又紙應放在室內陰乾，不可加熱。  
(二) 燈焰的大小，可由足鞣調節。或在醚瓶和燈的中間，插入一個調節器。在鞣開始動作時，燈的附近就瀰漫着醚的蒸氣，假使這時點火，恐會發出爆鳴，所以鞣送入空氣時，同時就要點火。

(三) 這實驗在試驗熱的輻射。火焰發出的輻射熱少，固體灼熱時發出的輻射熱多。所以焰外要罩銅網。

(四) 這個實驗，同時能表示吸收熱的程度。同一紙面，所受的熱力，本來約略相等，但是有黑字的地方，能夠把熱吸收，所以後面的感光劑上，現出字來，在沒有黑字的地方，全是白的。磨光金屬面，能夠將熱反射，所以後面的感光劑上，不生變化。

(五) 關於熱的輻射，可加種種中說。冬天多着黑色衣服，夏天多着白色衣服，就在黑色能吸收熱，白色能反射熱。在冬季雪霽的時候，用一塊黑布和一块白布，同時蓋在雪上，隔了

一會去看，可見黑布下的雪融得快，白布下的雪融得慢。又熱水瓶做成像鏡子似的光面，目的就在防止輻射熱的出入。

### 第八十 加熱後電鈴就響

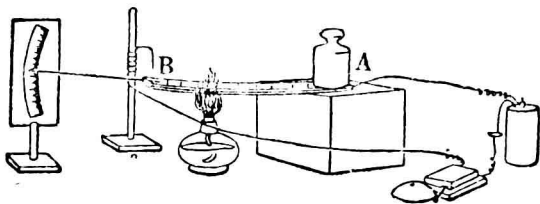
準備 (一)取鐵板和銅板各一塊，板長約一尺，闊約五分。兩板重合起來，每隔寸餘，要釘一只釘，使兩板能夠密合。

(二)電鈴、電池、臺架、刻度板等。

方法 (一)先檢查電鈴，是否靈敏。次照下圖連結起來。

這板一端擱在臺上，用重物（如秤錘等）鎮住，使板不致跌落。板端的導線，連結電池，接通電鈴，由電鈴通出的導線，復繞到架上，先端下垂，約離板的B端一、二分。

(二)在B端裝一直的銅線或竹絲，先端指着刻度板，這樣更覺有趣。如果沒有刻度板，這步不妨略去。



(三)裝置完畢後，叫大衆仔細看過。這時因為B端和導線沒有接觸，所以電路不通，電鈴不鳴。和果將B端稍些提起，觸到導線，那末電路接通，電鈴就振動起來。萬一B端雖和導線接觸而電鈴不響的時候，必有那一處發生障礙，不是B端生鏽，就是電路不接，應當仔細檢察，完全修好。

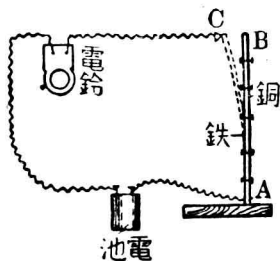
(四)檢查已過，取酒精燈或吹管，點火後在A、B兩端間加熱。板受到熱後，因為A端固定，B端就向上彎曲，和導線接觸，電鈴就振動起來。

(五)這時停止加熱，金屬又漸漸冷卻，恢復原狀，因此和導線脫離，電鈴就不響了。

(六)金屬板受熱則彎曲，冷卻即平直。他的彎曲度因指針的上下，可由刻度板上看出，恐怕觀者忽略，先要叫他們注意。

備考 (一)這實驗是用來試驗物體的膨脹的。銅的膨脹率

比鐵大，但銅鐵二板，用釘釘住，互相密合，所以銅板受熱後，不能單獨延展，只能向鐵板的一





方彎曲。這理由是很明顯的。譬如一張卡紙，一面受到水濕，一面仍舊乾燥，那末卡紙必向乾燥的一方彎曲。所以這實驗在準備的時候，一定要把鐵板橫在上面，銅板橫在下面，方能曲向上方。

(二)火災自報器，就是根據這個原理做成的。他的要部A、B是一塊銅和鐵的密合板，裝在容易發火的地方，A端定着在一處，從B端的前面C點，引出一條導線，居間有電池和電鈴，導線的他端和板的A端連接。當有火警的時候，A、B部受熱，B端就彎曲，和C點接觸，居間的電路連通，電鈴就振動起來。

### 第八十一 用紙盒煮水

**準備** (一)用卡紙或和卡紙等厚的紙張，裁成方形，照圖做成一只紙盒，四角各繫銅線，裏面要能盛水，不致漏出。

(二)酒精燈一盞，清水。

**方法** (一)拿紙盒給大眾看，取水注入盒內，放在酒精燈上加熱，等到水已沸騰，紙還

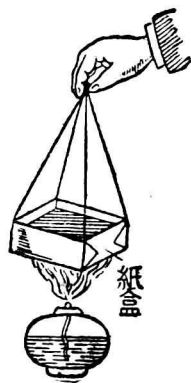
沒有變焦。在加熱的時候，叫一人出來，拿一支溫度計插在水裏，隨時將溫度發表，告知大眾，更覺有趣。

(二)實驗完畢後，把盒底給大家看，可見尙未焦黑。

備考 (一)盒要較深的，水也要多。

(二)紙所以不會燒焦，因為紙上所受的熱，都用來增高水的溫度，等到水沸騰起來，化成水蒸氣的時，又要吸收蒸發熱，所以厚紙還不致燒焦。如用本生燈的時候，火焰要調節得宜。

(三)又紙的所以不致焦黑，有人說因為水到沸騰，只有百度，所以焰和盒底之間，還隔着一層薄的氣層，使焰和盒底，不能直接接觸，這氣層的發生，因為水蒸發時要吸收熱，所以近盒底的火焰，由於熱被吸收，已不成焰的狀態，這說似亦可取。



具。

準備 (一)取細玻璃杯(最好勿用茶杯)內盛醯液少許,另取少量清水和手鞣繡一

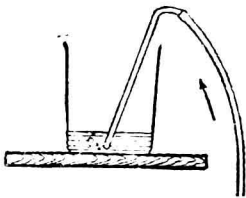
(二)取一塊板(可利用書桌板的反面)要不塗漆的才好。

方法 (一)取出板來,上面倒些冷水,把玻璃杯放在上面,杯裏注入少許醯液。

(二)杯裏插入玻璃管一支,上端連接鞣繡,由鞣繡鼓動空氣,醯就迅速蒸發。當醯蒸發時,要向周圍吸收蒸發熱,所以玻璃杯的壁上,起初現出露滴,後來結成白霜,這時移去玻璃管,試取玻璃杯,那知杯底的水,已結成冰,一些動彈不得。如果冷水尚未凍結,可再送入空氣,等到板和杯底完全冰牢的時候,可輕擊木板,玻璃杯不致跳起,這時觀眾可以知道板和玻璃杯已經膠結起來了。

備考 (一)利用蒸發熱的地方很多。像夏天的人造冰,就是利用液態氮的蒸發熱製成的。

(二)這實驗如果不用玻璃杯,可用香烟罐等,結果更好。



### 第八十三 發動噴水泉的棉團

#### 藥品 醚

準備 (一)取燒瓶一個，裏面盛水半瓶，用一個插入尖口玻管的瓶塞蓋緊。管的下端，要接近瓶底。

(二)棉團和線。

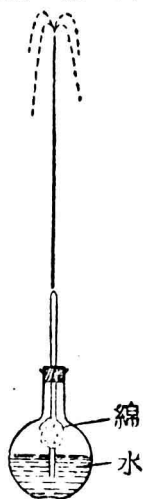
(三)把醚盛在瓶或杯裏，取出放在桌上。

方法 (一)把燒瓶取出，宣告大眾，說要使玻管噴出水來，但是不須用什麼東西，只要一個棉團，說着把棉團放在醚裏浸透，拔出

燒瓶的瓶塞，連忙把蘸醚的棉團，用線結在塞下的管上，紮成長圓形，隨即仍舊把塞蓋

緊瓶口，使玻管直立，不多一會，管中忽然噴出水來，但不久就停止。

(二)噴水停止後，可拔出瓶塞，取下棉團，蘸了醚液，照舊結好，插在瓶裏，又會噴出水來。



備考 (一) 這個實驗，可以表示醚的蒸氣張力（就是蒸氣壓力）遠大於水在溫度二十度時的蒸氣張力，水一·七四檉（水銀柱）、酒精四·四一檉、醚四四·〇檉，所以醚的蒸氣張力，比水約大二十五倍。因此含醚的棉團，放入燒瓶裏面，內部的壓力增加，能夠把水噴出。

(二) 液體的沸點，依蒸氣壓力而定。普通的大氣壓力，約為七六檉（水銀柱），這是標準氣壓，液體受熱時，就發出氣泡，等到蒸氣壓力約和大氣壓力（約七六檉左右）相等或略為超過時，液體就沸騰起來。液體的蒸氣壓力至少和大氣壓力相等時的溫度，就是某液體的沸點，水的張力要達到這地步時，在普通溫壓下，約為一〇〇度。但是醚的蒸氣張力很大，不必熱到一〇〇度，只要三五度光景，就能發出和大氣壓力相等的張力，所以醚的沸點很低，只有三十五度。

#### 第八十四 冷後反能沸騰的水（其一）

準備 (一) 取一個圓底燒瓶，蓋緊瓶塞，塞中插一支短的玻璃曲管，管端接一長約二

寸的皮管，皮管上裝一個管夾。

(二) 瓶裏半盛熱水，照圖甲放在酒精燈上加熱，同時開放管夾，使蒸氣通出。

(三) 另取水槽內貯冷水，放入濕布一塊。

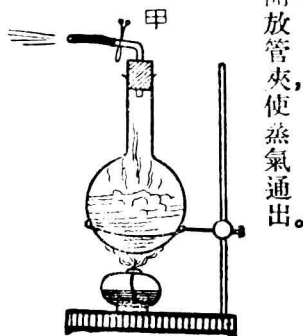
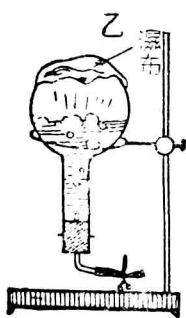
方法 (一) 燒瓶裏的水，等到完全沸騰，眼看瓶內充

滿水蒸氣的時候，就移去燈火，立刻用管夾閉塞皮管，水就不呈沸騰狀態。

(二) 這時連忙將瓶倒立，照圖乙一般，同時用浸在冷水裏的濕布，罨在瓶上，本來已經停止沸騰的水，忽然又泡沸起來，如果有布已變熱，可再蘸冷水罨上，還能繼續沸騰。

備考 (一) 這實驗最要注意的地方，在瓶塞要蓋得

密，管夾要閉得緊。在停止加熱，關閉管夾的時候，要瓶內空氣，完全排除纔好。



方纔沸騰。

液面所受壓力(糵)	沸點
1.75	20°
3.17	30°
3.51	40°
9.23	50°
14.92	60°
23.35	70°
35.51	80°
52.58	90°
76.00	100°
約 4 氣 壓 時	150°
約 10 氣 壓 時	180°

(三)就用水來說，水面所受的壓力和沸點的關係，大體如下表。液面的壓力在七六糵（水銀柱）就是一氣壓時，沸點為一百度，但壓力減到三五·五一糵（水銀柱）時，沸點就只有八〇度，反過來，當壓力加到四氣壓的時候，沸點就增到一五〇度，像蒸氣機關的內部，大約有一〇氣壓光景，那末水到一八〇度

(二)這實驗在說明沸點和壓力的關係。燒瓶當密閉的時候，因為瓶裏充滿水蒸氣，發生相當壓力，所以熱水不再沸騰，等到澆上冷水，水蒸氣就凝縮，這時瓶的上部，雖然不成真空，可是壓力已變得很小，而這時水仍舊很熱，離沸點不遠，內部還能發生氣泡，這氣泡本來在高壓下是竄不出液面的，現在壓力驟減，就乘機湧出，所以又呈沸騰狀態。

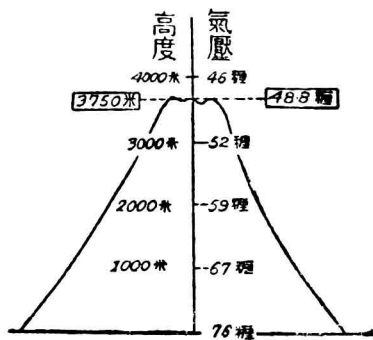
(四) 離地面愈遠，氣壓愈減。氣壓的遞減，雖不和高度恰成反比，但大體似下表。自海面升高一〇〇〇米，壓力約減九厘，再昇一〇〇〇米，復減八厘，更昇一〇〇〇米，又減七厘。所以只要知道某地的氣壓，便能約略推算某地的高度。又如果在某地測得水的沸點，從沸點算出壓力，也能大略測定某地的高度。

### 第八十五 冷後反能沸騰的水(其二)

準備 (一) 取燒瓶二個，分別為 A、B，揀二個適能蓋緊瓶口的木栓，另取一支玻璃管，一端要稍彎曲。燒瓶用圓底的最好。

(二) 取三脚架二個，酒精燈一盞。另用一壺，內盛已經煮沸的熱水，又用一個水槽，內充冷水。

方法 (一) 把熱水注入 A 瓶，約滿一半，用插入玻璃管的瓶塞蓋緊，將瓶橫置在架上，玻





管彎曲的一端向上，要露出水面，玻管的他端，插入橫置的B瓶，B瓶的瓶塞，要和瓶口稍離。這時用酒精燈在A瓶下加熱。

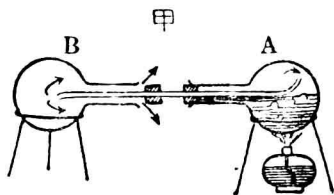
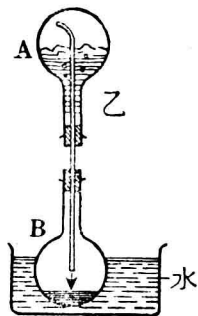
(一)等到兩瓶內完全充滿水蒸氣，想來空氣已完全排除的時候，就熄滅燈火，同時將B瓶湊近瓶塞蓋緊，使玻管插入更深。

(二)這時將瓶立起，形如乙圖，B瓶要浸在冷水裏面，就見A瓶裏的水，又會沸騰起來，等到沸騰將止的時候，更用冷水澆上B瓶，水還能繼續泡沸。

**備考** (一)這實驗和八十四相同，也是說明沸點和壓力的關係的，不過比前面更便利，更有趣些罷了。

(二)實驗時要注意的地方，和前面相同，就是瓶塞等都要蓋緊，不可透氣，並且瓶內空氣要排盡，水蒸氣要充滿纔好。

(三)A瓶裏的水，怎樣又會泡沸，想來不說也能知道，就是A瓶的水蒸氣，通到B瓶裏



面，就會立刻凝縮，因此 A 瓶液面的壓力減輕，所以溫度雖然稍低，還能沸騰起來。

### 第八十六 不用加熱就能煮沸的水

準備 (一) 抽氣機和附屬的玻璃鐘。

(二) 取一個大玻杯，盛沸水約滿八成，等到放在桌上，已經不再沸騰，可是溫度離沸點很近，大約不出八〇度左右。

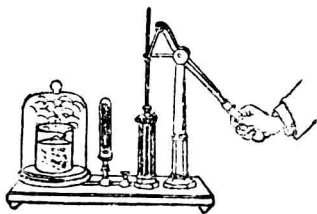
(三) 取布和水，用來潤濕鐘的內壁，另取溫度計一個。

方法 (一) 把盛熱水的玻杯，載在抽氣機上，此時水不泡沸，這是觀衆都看見的。

(二) 用濕布揩拭鐘的內壁，要十分潮潤才好。次把鐘罩在杯上。

(三) 運轉抽氣機，杯內的水，忽然沸騰起來。到沸騰將止的時候，再行抽氣，又起泡沸。

(四) 實驗過後，用溫度計測水的溫度，報告觀衆，可見在低氣壓



下不到百度，就能沸騰。

備考 (一)和前實驗同理，如果壓力減少，沸點也就降低。普通用這抽氣方法，水在五  
十度時，就能沸騰。

(二)鐘在杯上時，先要用水濕潤，切勿忘記，否則水蒸氣蒙被鐘的內壁，形成霧狀，在外  
部會看不出水的沸騰狀態。

## 六 關於音和振動的

### 第八十七 兩個很親熱的擺

準備 (一)取四個鉛錘，有一棒直立的臺架兩個，一個橫撐在兩個架上的橫棒，長約  
米餘，支在架上時，好像一個跳高架。取一條長約米餘的帶，另取細線四條，用來繫錘，這樣便

成四擺。

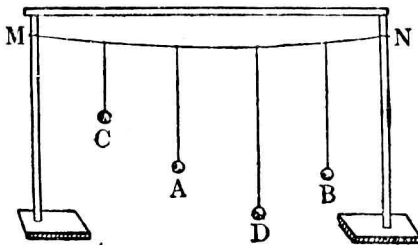
(二)鉛錘大小，儘可不等，如能等大最好。製鉛錘時，可把鉛放入試管，加熱熔融，插入銅線一條，冷卻凝固後，將銅線彎曲，便成鈎狀，可以繫線。

(三)支擺的柱子，不一定要裝成臺架。在書桌的兩側，立兩根直棒亦可。懸擺的橫線要比較粗些才好。否則使用細帶，但不可用粗帶或木棒。

(四)做四個擺，線長（就是擺長）要有規定。A和B各長十五糎，不可參差。C長十三糎，D長十七糎。

方法 (一)把臺架裝好，放在桌上，架上繫橫帶M、N，取出四擺，結在帶上，擺的位置，要照圖上的順序，而且A、B須要等長，這是最要緊的地方。

(二)牽引C擺，放手之後，C擺獨自振動，他擺仍舊靜止，隔了一會，牽動D擺，也只單獨



振動，和他擺無關，所以C、D是兩個孤獨的擺。

(三)俟C、D靜止後，使A擺振動，試觀他擺受影響否。這時C、D兩擺，沒有變化，但是稍待片刻，懸在D罷那邊的B擺，雖然地位較遠，倒願意參加運動，慢慢伴着A擺振動起來。

(四)B擺和A擺是等長的，因為振幅關係，雙方互受影響，這是觀衆一看便會聯想到的。A擺的擺動，漸漸傳到B擺，當B擺擺動得起勁的時候，A擺漸漸緩和，等到A擺完全靜止，B擺擺動得最劇。不多一會，B擺的擺動，又傳到A擺，等到B擺的振動緩和，A擺的振動又起勁起來。所以A、B兩擺的擺動，能交互受到影響。

**備考** (一)擺上塗白或糊以白紙，能夠看得清楚些。

(二)因為擺長各異，所以週期也顯然不同。可使各擺振動，叫學生細數往返次數，便知同一時間內，各擺的週期不同。

(三)這實驗兼可表示能的授受或變遷。當A有動能時，B完全沒有，俟B受到動能後，A的動能就減少，這B的動能，是A移轉過去的，所以這時A、B動能的總和，恰等於最初A

所有的動能，當A靜止時，所有的動能完全讓渡給B，因此這時的B，擺動最劇。

(四) A、B的擺動現象，稱爲共擺。這現象由於擺長相等，換句話說，就是由於二擺的週期相同而起。

(五) 和這相仿的現象，便是下面所述的共鳴。就本實驗可平易地說明電振動、無線電報、無線電話等等原理。

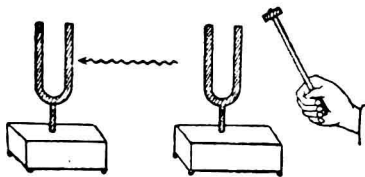
### 第八十八 共鳴的音叉

**準備** 取振動數相等的音叉兩個或小槌一個。

**方法** 取振動數相等的兩個音叉，並列桌上，相隔數尺。用槌輕擊一叉，這叉使振動而鳴，次用指接觸這叉，鳴聲遂止，但距離數尺的又一叉，却會發出弱音來，可見這叉也在振動。

**備考** (一) 這實驗用以說明共鳴現象。這現象的發生，和共擺相

似。輕擊洪鐘，振動很爲緩和，但連續輕擊，振幅就漸漸變大。振動數相等的二個音叉，所以會



發生共鳴現象，也和這理相似。

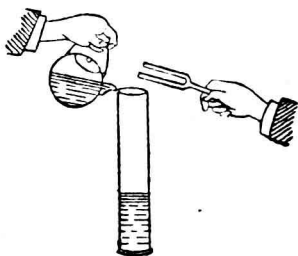
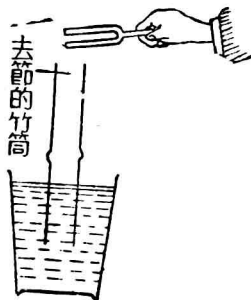
(二) 看見人們受到感動，自己心裏，也會感動起來，這種作用，我們稱之曰同感，近來也往往稱為共鳴，便是引用音響學上的共鳴一語。

### 第八十九 發出鳴聲的氣柱

**準備** 取音叉一個，水一盃，長的玻璃圓筒一個（或用剝去中節的竹筒）。

**方法** (一) 音叉振動後，持近玻璃筒口同時把水注入筒裏，筒裏的空氣柱，漸漸發出聲音來，等水達一定高度，氣柱和音叉的共鳴最響，這時就不再加水。再三振動音叉後，放近筒口，可知聲音很強。

(二) 用音叉再試，同時更加以水，可知聲音漸漸變弱。



再倒去後加的水，到原來高度為止，這時共鳴又變強起來。所以空氣柱對於一定振動數的音叉，能發生共鳴，必有一定的長度。

備考 (一) 如無玻璃圓筒，可用去節的竹筒代替。在公開實驗之前，要先準備，試驗怎

樣長度的氣柱，才能發生共鳴，測定之後，做上一個記號，到實驗的時候加水，就胸有成竹了。

(二) 因竹筒不透明，所以頂好用幾個燈罩連起來（大約二、三個。）接口處可用絆創膏等貼好。

(三) 爲免除加水的麻煩，可用兩端開口的竹筒或燈罩，插在一桶水裏，適當的氣柱，可由上下竹筒而得。

(四) 同音叉共鳴的氣柱長度，已經測定以後，便可算出音叉一秒間的振動數來。這法很爲簡單，令音波速度爲  $V$ ，音波長度爲  $L$ ，那末同振動數的關係可用下式表示。

$$N = \frac{V}{L}$$



音波的速度，在溫度十五度時，每秒約三百四十米，音波的長度，在測定氣柱長度後，以四乘之便得。就是說氣柱長度，約當波長的四分之一。因此代入前式，可算出振動數  $N$  來。例如共鳴時的氣柱長度為十五糎，那末一秒間的振動數如次：

$$N = \frac{34000}{15 \times 4} = 567 (\text{約})$$

## 第九十 能鳴的火焰

準備 (一) 輕氣發生裝置，長約尺餘的皮管，有尖口的玻管，三個燈罩連合和四個燈罩連合而成的長筒各一，蒸發皿一個，內盛較濃的肥皂水。

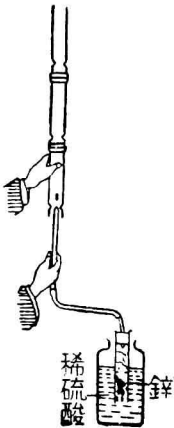
(二) 輕氣發生裝置，以啓普裝置為最便利。用實驗第八的簡易裝置亦可。就是試管底部，鑿一小孔，內盛粒狀鋅，將管浸入稀硫酸中，便能發生輕氣。

(三) 取無底長圓筒。用長玻筒或大玻管最好，但取燈罩數個，用膏藥黏合，接合處塗以石蠟（或燭蠟）亦好。因圓筒有長短而音調有高低，所以筒要二、三個，而且要有長短音調

纔有比較。

取直徑約一寸五分的竹筒，剝去其節，亦可代用。但是竹不透明，火焰探入的深淺，外部不能看出，所以用玻筒最好。如果把這題改爲「燈罩做的簫」更覺有趣，而且實驗之後，可附帶說明簫的原理。

**方法** (一)輕氣發生後，在導管端點火。恐怕點火時發生爆裂，要先試驗輕氣發生器中，曾否混雜空氣。可在點火之前，導氫入肥皂水中，俟起泡後，移去導管，在泡上點火，如果泡發爆音，那末再要試驗，等到不發爆音而能燃燒時，就可使導管點火，沒有什麼危險了。點火之前，必須這樣試驗，否則萬一爆發，非但觀衆焦急，而且很爲危險。



(二)輕氣點着後，慢慢插入筒的下部，稍些探入後，焰就搖晃不定，發生振動，而筒中便發出鳴聲。如果筒內不鳴，要變更焰的位置，或上或下，或淺或深，若還不發聲，只要稍些搖動

輕氣發生器，必能叫得很響。

(二) 一筒試驗後，再試別一筒。可知長筒和短筒發出的音響不同。要叫觀衆細味音調和筒長的關係。

備考 (一) 這實驗在物理學上，很爲普通，稱爲能鳴之焰。筒內發生鳴聲，因爲氫焰從

外表看來，雖無變化，而實際上從發生器內湧出的氣泡，或急或緩，或多或少，參差變化，瞬息而異，所以焰的大小，也無一定，就是說這焰有不規則的振動，換句話說，就是有種種振動數不同的振動相集合。現在這焰插入筒裏，那末和筒長相當的氣柱，在這焰的不規則振動裏，會發出和自己長度相當的振動，同焰共鳴起來，而這氣柱的振動，會影響氫焰，使其振動，和自己苟同，因此振動相等，共取一致行動，聲音愈加變強。所以筒長不同，那末在和筒長相當的氣柱中，焰的振動亦異，音調遂見高低。

(二) 這共鳴現象，可以說明簫的原理。就是在簫口的楔形部分吹氣的時候，這氣的振動也和氫焰相似，很不安定，很不規則，只要變更開孔，調節氣柱，使發生相當振動的共鳴，這

氣柱的振動，又能使口部的振動，與己相合，所以聲音變強，同時也變和諧。因此變更開孔，就是變更氣柱長度，而音調也就跟着變化。

### 第九十一 發唸的音叉

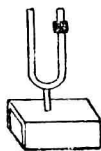
**準備** 取振動數相等的音叉兩個和小槌一個。

取銅片或鉛皮，照圖做成一圈，要恰能套上叉臂，而且能隨意上下變更圈的位置，就能加減音叉的振動數。這圈只要一個。

**方法** (一)取出兩個音叉，並立桌上，稍些隔離，把圈套在音叉的任何一個腳上。同時敲擊二叉，就發出脈動音來，這音在物理學上稱做「唸」。

(二)把圈套到腳的下部，那末二叉同鳴的時候，唸數漸減，脈動の間隔變大，恰如遠寺鐘聲。

**備考** (一)兩個發音體，如果振動數不同，在同鳴的時候，就會生唸。唸數就等於兩發



音的振動數之差。假使在一秒間內的振動數，一個有四百五十，一個有四百五十三，那末一秒間所生的唸數有三。在這實驗中，圈放在腳的上部，振動數就多，圈放在腳的下部，振動數就少，所以圈愈上，唸數愈少，圈愈下，唸數愈多。

(二)普通鐘聲，總覺抑揚有致，而且餘音裊裊，不絕如縷，這便是唸的作用。如果只有轟然一聲，豈不太煞風景，好在除固有的振動以外，復伴生其他振動，從遠處聽來，竟能盪人心魄。

## 第九十二 燈罩生唸

**準備** (一)輕氣發生裝置，長約尺餘的皮管，具尖口的玻管，各取二份。另取玻管或連接的燈罩二個，須要等長，能夠長約三尺最好（或取除節的竹筒。）

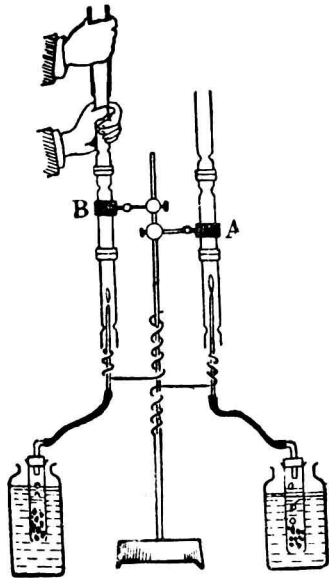
(二)取厚紙或鉛皮，捲成圓管，長約六寸，要適能插入燈罩，用以加減筒長，可為調節管。  
(三)取圓筒（燈罩或竹筒）支在架上，如圖所示。輕氣發生時，通入肥皂水，檢查其有無爆鳴。

方法 (一) 輕氣通入肥皂水裏，發泡後移去導管，點火試之，如無爆鳴，方可於導管端點火。

(二) 兩個輕氣導管點着後，將火焰插入筒裏，使氣柱發生共鳴。這時因為兩筒等長，所以音調相同，不過音強些罷了。

(三) 次用調節管插入 B 筒上端，兩筒就會生唸，發洪洪之聲，很為迫促，可知唸速很快，等到管漸插入筒裏，唸速漸減，間隔遂長，等到筒和管平，就是管完全插入筒裏時，兩筒仍舊等長，洪洪之聲，完全消失，音調又變和諧。

(四) 再把調節管拉出，B 筒又漸漸變長，於是又生出唸來，如果管愈接高，唸愈數多，但達到一定高度時，唸又消失了。



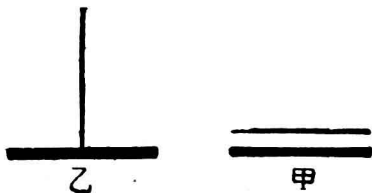
## 七 關於錯覺的

### 第九十三 等長的線會看出長短來

準備 (一)取白紙一張，剪成等長的直線二條，一條闊約一寸，一條闊約三分。

(二)另剪成闊四分長一尺的直線二條，又用白紙剪成 $\angle$ 形，共四枚，各足長約一寸五分。

方法 (一)先取闊狹不等的白紙，並貼在黑板上面，形如甲圖，因為兩頭相齊，一看便知等長。現在對大眾說，要叫這兩條等長的線，看上去好像現出長短來。說時取狹的紙條，垂直貼在闊條上，形如乙圖，就會生出長短來，好像狹



條要長些。

(二)次取等闊的紙條，並貼在黑板上，形如丙圖，都知道是一樣長的，現在要使他生出長短來，可用四枚<形的紙，貼在線上，一方脚向外，一方脚向內，形如丁圖，就會有長短出來，你說那一條長些？

**備考**

(一)生長短的原因，完全由於眼的錯覺。這實驗雖然普通，但是很有趣味。用眼去度量東西，往往不很正確從這簡單的實驗，可以看出。

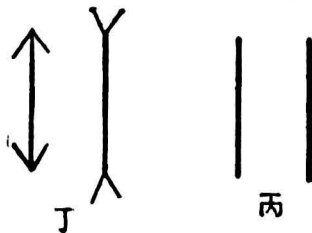
(二)如果不張在黑板上，線條可用黑色，貼在白紙上面。

(三)關於生錯覺的道理，沒有一定的學說，現在只能從略。

**第九十四 等闊的線會變彎曲**

**準備** (一)在白紙上或黑板上，畫平行線二條。這線長約三尺，闊約一寸五分，便宜上

可用一組平行線A，一組平行線B，張在黑板上面，看上去好像兩條粗的白線。





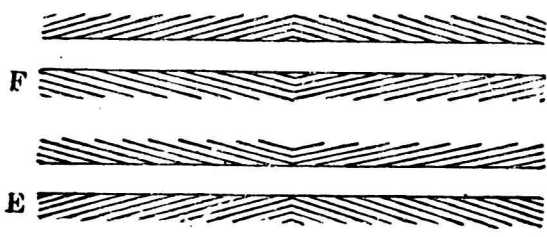
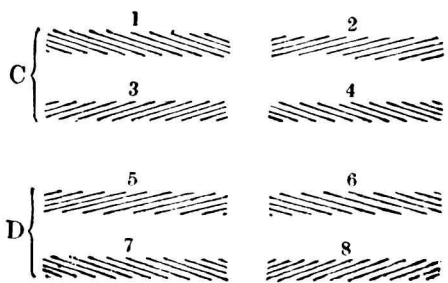
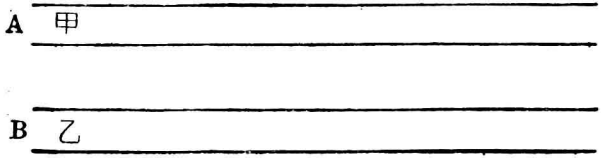
(二)用同質的紙，剪成八片，各長一尺五寸，闊一寸五分，照圖畫斜線。可稱第一組為1、

2、3、4，第二組為5、6、7、8，要能夠貼在平行線上。

方法 (一)取

平行線兩組，貼在黑板上面，一望便知為平行，這是毫無疑義的。

(二)現在不動這兩組平行線，只要加上一些東西，看



上去便成曲線。用一組斜線 C，貼在平行線 A 上，形如圖 E，又用一組斜線 D，貼在平行線 B 上，形如圖 F，這時 E 線就好像中央變闊，兩端變狹，F 線好像中央變狹，兩端變闊，所以兩條平行線，忽然變成兩條曲線。

(三) 取去斜線，又成原來的平行線。

備考 (一) 這也是錯覺的實驗，因線的形狀不同，看上去便覺有異。

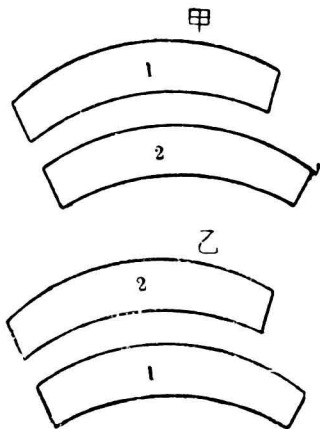
(二) 或取粉筆，在黑板上畫平行線兩組，如圖所示，然後在兩側畫上斜線亦可。

### 第九十五 同形等大的扇面會變大變小

準備 (一) 取白紙兩張。

(二) 如不用黑板，可用兩張黑紙和一張大的白紙。

方法 (一) 取兩張預備的紙，剪成摺扇面的形狀，要帶狹長些，像甲圖所示的一般，兩扇面



重合起來，要一些不見大小。

(二)把兩張扇形紙，貼在黑板上面，形如甲圖，好像1變小而2變大。

(三)把1、2顛倒換置，照乙圖的地位貼上，就見1變大而2變小。

(四)把1、2並貼，可知並無大小，把兩紙重合起來，也無參差。可知都是眼的錯覺。

備考 (一)扇形要狹長些才好。

(二)貼的位置，要上下兩紙的左邊，恰在一條直線上面。

(三)這實驗曾在法國科學雜誌“*La Nature*”上發表過的。

### 第九十六 同大的人會變長變短

準備 (一)用黑紙剪成三個人形，如甲圖1、2、3所示。身長

相等，身材也要相似。

(二)貼人形的白紙一張。

(三)在紙上畫成乙圖所示的走廊，看去好像很長很深奧。走



(3)



(2)

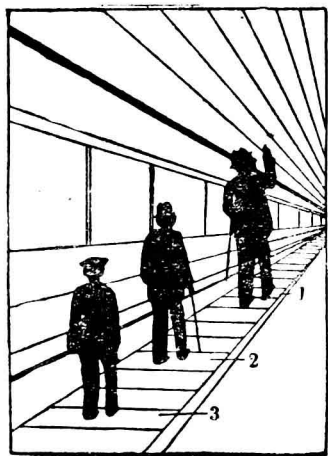
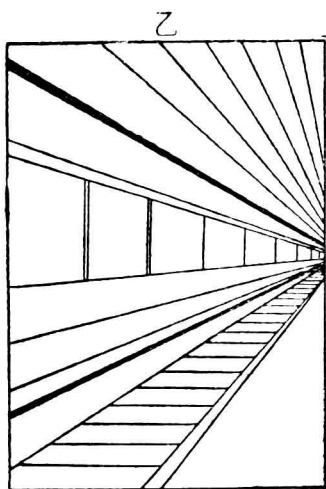


(1)

廊的大小，要和人成比例，演習的人，應自己斟酌。

方法 (一) 取剪成的三人，並貼在黑板上，儘把位置置換，看上去總是一樣大小。

(二) 取出畫成走廊的紙，貼在板上，次把三人貼在紙上，要照圖上的樣子，好像都向深



處進行的狀態，這時看去，覺得前面的 1 最大，後面的 3 最小。

(三) 把三人的位置，相互置換排列，總覺得前面的人大，後面的人小。

(四)次用圓規去量三人的長短，可見是一樣長的，又把三人並列，可知也並無大小。  
備考 (一)這也是錯覺的實驗。

(二)做這實驗，可用小黑板，人形可用白紙剪成。先把三人並貼在黑板上面，使觀衆知道三個人是一樣大的。次用粉筆在黑板上畫出走廊，然後把三人貼上，就現出大小來。

(三)這實驗也曾在法國科學雜誌“*La Nature*”上發表過的。

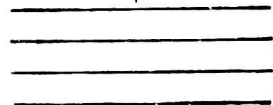
### 第九十七 平行線或粗或細

準備 (一)在玻璃板上，用濃墨畫成四條平行線，形如甲圖。

(二)取一張白紙，作爲襯紙。

(三)在白紙上畫斜線四列，形如乙圖，這四列斜線，也要略成平行。

甲



方法 (一)把畫平行線的玻璃板放在白紙上面，看上去好像是白紙上畫的黑線。這四條線一望便知是直線。

(二)把玻璃板取去，用畫斜線的乙圖，貼在白紙上面，次把玻璃板上，板上的直線，要恰

好疊在斜線上面，那末板上的四條直線，就好像互相傾側，假使那四條直線，把他當作兩條粗的平行線看，那末這兩條平行線，就好像一端變粗，一端變細。

(三)取去玻板，單看板上的四線，可見仍舊平行，並不欹側。

備考 (一)這實驗也是錯覺的一例。

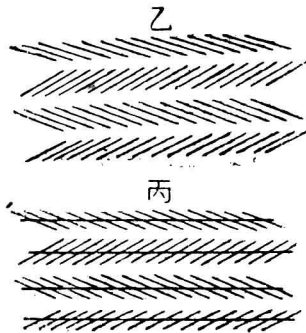
(二)或白紙上畫甲圖，玻板上畫乙圖，把乙圖疊在甲圖上，結果相同。

### 第九十八 輪和齒輪的旋轉

準備 (一)一厚紙板上，畫出同心圓的甲輪和有齒的乙輪。

(二)另取厚紙，畫成同心圓輪和齒輪併合的狀態，形如丙圖。

方法 (一)取畫甲乙兩圖的厚紙，貼在黑板上面，只見兩個靜止的輪。

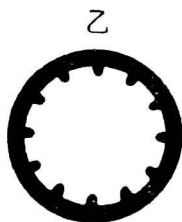


圖，用幻燈映射，同時令玻璃板旋轉，頓呈奇觀。氏的實驗結

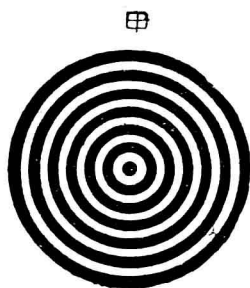
是湯姆生 Thompson 教授。氏在玻璃板上，畫出前面的

備考 這實驗也是錯覺的一例。最初做這實驗的

方向旋轉的樣子。



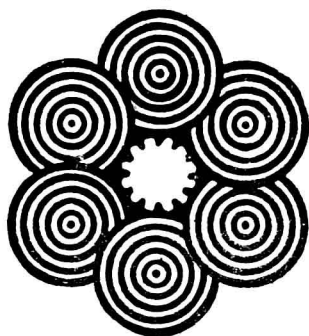
丙圖形成一種奇觀，好像前面的輪和齒輪開始向反對



止，只見兩輪仍舊靜止。  
(二)現在要令這兩輪迴轉，可用二手執厚紙的下端，舉到黑板上方，使大眾能夠看見，同時把厚紙旋轉，好像在篩東西似的。這時但見兩輪同時迴轉，而且迴轉的方向相反。如果動作停止，只見兩輪仍舊靜止。

(三)次取畫丙圖的厚紙，高揭在黑板上面，同時不住的旋

丙



果，後來在美國科學雜誌“Scientific American”上發表的。

### 第九十九 圓形變成六角形

準備 (一)用黑紙剪成同大的圓形，大約三十個到五十個。圓形須要正確，並要等大。

(二)取一張厚的白紙，用一支鉛筆和尺，在紙上畫出許多交叉的

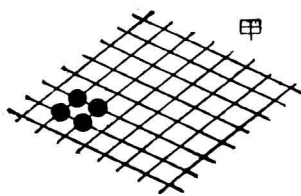
平行斜綫，劃成許多小菱形塊，形如甲圖。畫

的鉛筆線要很輕，使遠處辨不出來。格子的

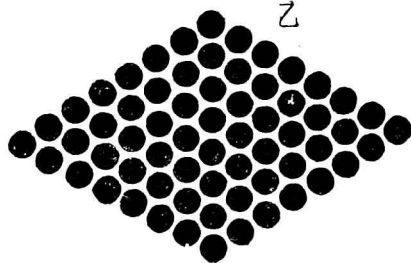
大小，要圓形放在線的交點上時，恰能靠得

很近，但不互相密接，所空的地位，大約和圖

上略成比例。



乙



方法 (一)在白紙上稍些隔離的地方，貼上圓形五、六個，

可見紙片恰成圓形，而且大小相等。

(二)現在要令圓形看成六角形，可把所有的圓紙片，都貼



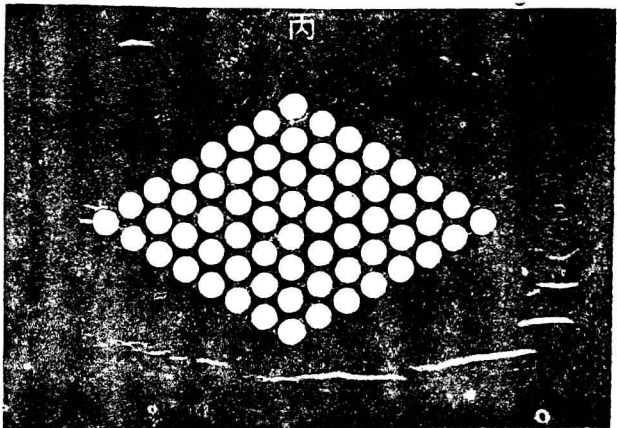
在線的交點上，形如乙圖。這時從遠方看來，所有的紙片，都成六角形，但走近一望，却仍爲圓形。

叫觀衆把眼半張半閉，那末六角形格外好看。

(二)把六角形取下一、二片，貼在距離稍遠的地方，可見是正確的圓形。

**備考** (一)做這實驗時，最好先把排列的乙圖，放在近處看，可見都成圓形，次退到較遠的地方，將眼半閉着看，却都變成六角形。

(二)次做成丙圖，黑底白圓，排列像前面一樣，如果半閉着眼睛看，白紙也都變成圓形。這時可在黑紙上畫出丙圖，先走近了看，可見都是圓形，



次走遠了半閉着眼看，可見都呈六角形。

(三) 黑圓和白圓是等大的，可是把乙圖和丙圖相並着看，就覺得白圓比黑圓大，如果半閉着眼看，更形顯著。所以判別二物體的大小，有時不會十分正確的。

(四) 這個實驗是法國顯微鏡學者 Nachet 氏所首創。氏用顯微鏡觀察一種稱為 *Pleurosigma angulatum* 的矽藻時，偶然發見這種現象，後來曾有報告發表。

### 第一百 雙眼難於辨物

**準備** (一) 取銅絲繞成直徑約一寸的圈，用線（或細銅絲）繫在臺架上。因為要在遠方能夠看得出來，所以做圈的銅絲，要用數條絞合起來，並且外面糊以白紙，方可辨得清楚。

(二) 取長約二寸的鈎，裝在長約三尺的竹竿上面。



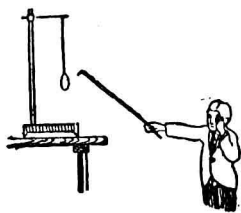
方法 (一)實驗的人，一手持竿，立在離圈一丈光景的地方，一手將一眼遮閉，然後走近銅絲圈，約到離圈三、四尺的地方站住。這時伸出竹竿，要把竿端的鈎，插入圈裏。

在我們想來，總很便當的，可是當竿伸出去的時候，總碰不到圈，圈不是在鈎的後面，便是在鈎的前面，迷離恍惚，結果圈總無着落。

(二)叫觀衆中跑出一人，閉着一眼，照樣實驗，可說十人中有九人是插不進的。如果張開兩眼，那不用說是萬無一失的。

備考 (一)這個實驗，雖然幼稚，可是很有興趣，連成人都喜歡做的。

(二)一物體距離的遠近，由於我們根據過去經驗，依照視角的大小而判定的。視角是由物體的一點，聯結兩眼的角度。物體所以能看作立體的，就是由於視角，也便是有了兩眼的好處。



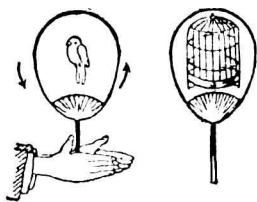
準備 取一把團扇，貼上白紙，一面畫一隻鳥籠，一面畫一隻小鳥，筆致要粗而帶濃，使遠方能夠看清。團扇最好檢狹長些的。

方法 (一)把團扇給大衆傳看，可見一面是鳥，一面是籠。

(二)現在要叫鳥飛進籠裏，只要把兩手相並，挾住扇柄，然後很快的搓，令扇旋轉很速，那末鳥便好像站在籠裏，如果轉得慢些，小鳥仍在籠外。

(三)這樣試驗二、三次後，便可同學生講明殘像的現象。在一手執扇，將畫鳥的一面，對着學生，學生眼裏，便映上一個鳥的形像，次將扇很快的抽去，藏在桌子底下，一個鳥的形像，便由他們眼中移去，不再看見什麼。把籠給大家看，也是這樣。等到扇子藏去，眼裏的扇子形像，同時消失，這是毫無疑義的。

(四)但是實際上，物體映入眼簾後，如果物體忽然隱藏，其勢非常迅捷，那末眼裏的感覺，並不會立即跟着消失的。在鳥很快取去後，眼裏還有鳥的感覺，這感覺不久也就消失，不



過比鳥慢些罷了。

在鳥取去後，眼裏還殘存鳥像的時間，約一秒的十分之一，在這很短的時間內，眼中所逗留的感覺，稱爲殘像。再說得精確一點，可稱爲積極殘像。在這個實驗裏，當扇子旋轉很速的時候，在鳥轉過後，還不滿十分之一秒，就是眼裏還有殘像的時候，那反面的籠，已經出現，當籠的形像尚未消失的時候，鳥又跟着出現，因此兩個形像，就會重合起來，便像鳥在籠裏的樣子。這就是殘像的作用。如果把扇轉得慢些，在一個殘像消失後，另一形像方纔出現，那末鳥是鳥，籠是籠，便不相關連起來。

**備考** (一) 這個實驗，雖然平常，可是很有意義，而且很有興趣，對於解釋物理學上的殘像，不無幫助。

(二) 線香點着後，插在暗處，但見如星光一點，可是執了線香，隨意亂轉，就見畫出線來；兩點落下時，但見掛下一綫，都是殘像的作用。

(三) 活動影戲的原理，便是殘像作用。一個動作，像把手舉起來，在手慢慢舉起來的時

候，依手的位置，連續拍上十餘片；那片在映畫機上轉過時，因為轉得很快，所以映在幕上後，在我們看來，只覺得是一個動作；這因為上片的殘像尚未消失，下片的形像業已出現，所以各片在我們眼裏，自會連續起來，成功整個的動作。

## 八 關於靜電的

關於靜電實驗，有幾點要特別注意的，現在寫在下面：

(1) 做靜電實驗的時候，做靜電實驗，要在空氣十分乾燥的時候，方有效果，即使應用乾燥裝置，使各種用具乾燥後，如果在空氣潮濕的時候試驗，電也容易逃去，因為濕空氣是能夠導電的緣故。

(2) 做靜電實驗時所用的乾燥裝置，做靜電實驗時，最要緊的，便是器具要充分乾

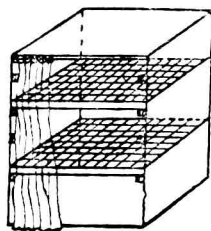
燥，否則容易失敗。所以一個乾燥裝置，是免不了的。做一個立體形的木框，長闊約二尺，高約三尺五寸到四尺，除一面張幕外，其餘三面和上下底，用布（或紙）圍好，裏面放兩層銅網做的棚，這棚能夠抽出，並且能隨意上下。底下放一隻火鉢，棚上放實驗器具，到用時方纔取出。蠟棒或火漆，遇熱後容易熔融，要放在上棚上，玻璃金屬類等，可放在下棚上。

威姆哈斯特起電機和來頓瓶等，因為放不進箱裏，可放在靠箱的地方，外面用布罩好。

### 第一百零二 見棒就逃的擺

準備（一）用木髓或燈草，做成一個極輕的擺，用絲線吊在玻璃支柱上面。支柱要長些，而且上面的橫柱，至少要和線等長，否則擺在掙脫的時候，如果觸到柱上，所帶的電，就被導去。

（二）橡膠棒二條、貓皮或絨布一方



(三)取銅絲曲成二鈎，用絲線繫在橫柱上面，鈎上托住一條橡膠棒，這時橫柱應稍長，要橡膠棒迴轉的時候，不會碰到支柱。

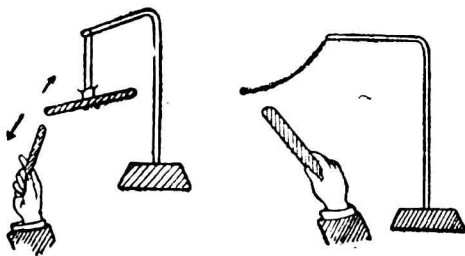
方法 (一)用貓皮摩擦橡膠棒，將棒持近擺旁，擺立被吸引，

但同棒接觸後，隨即斥回。這時棒持近那擺，擺就逃脫。

(二)用貓皮同時摩擦兩條橡膠棒，再很快的把一棒擱在鈎上，隨即把另一棒持近，使起電的兩端對好，鈎上的棒端，就立被反撥，掉轉頭去。

備考 (一)這實驗是說明電的引斥作用。電有同性相斥，異性相吸的作用，常擺被吸引後，帶了和棒同種的電，所以立刻斥回。這時用綢布擦玻璃棒，拿棒靠近那擺，就立刻吸在一處。

(二)擺接近帶電棒時，被吸後立刻斥回，這種互相排斥，就是感應電的作用，但球部如果太乾，反能被吸。繫球的絲線，要十分乾燥，但球上的電，要能自由通過才好。球部過分乾燥，



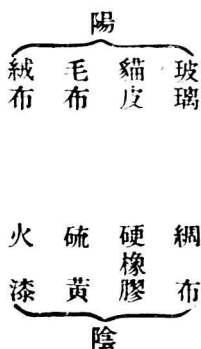


不生前述作用的時候，可使球部稍受濕氣，或在球上包一層很薄的金箔亦好。

(二)電有陰陽二種。用綢布擦玻璃棒時，玻璃棒上所起的電，叫做陽電，普通用+號表示。用貓皮擦橡膠棒時，橡膠棒上所起的電，叫做陰電，普通用-號表示。

(四)摩擦時，雙方都能起電。用綢布擦玻璃棒時，綢布上也能生電，但所生的電，和玻璃棒異種。

普通用來摩擦生電的東西如次：



(五)性質相似的東西，難於發電。玻璃和玻璃摩擦時，不會起電，但玻璃和別的東西，如果擦得很快，多少能夠發電。參閱上表，玻璃和貓皮，都能發生陽電，如果摩擦起來，就不易起

電。但玻璃和綢布摩擦時，就容易起電了。同樣情形，用綢布和橡膠或火漆摩擦，也不容易起電。但玻璃和貓皮摩擦時，並不都起陽電，必定一方起陽電，一方起陰電。

(六)一物所生之電，為陰為陽，須視情形而定。火漆擦絨布時，發生陰電，但火漆擦橡皮時，就發生陽電。綢布擦玻璃時，玻璃多生陽電，但玻面磨毛時，就起陰電。

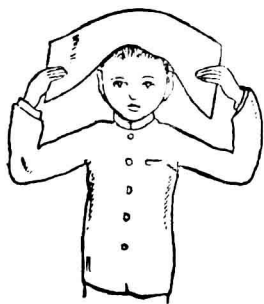
### 第一百零三 能吸在壁上的紙

準備 厚紙二三張、烘紙的火鉢一隻

方法 (一)取紙一張，把他壓在壁上，手放去後，一定掉下，這是毫無疑義的。

(二)把紙放在鉢上烘乾，兩手執其二端，放在頭上，左右牽引，使紙和頭髮摩擦，就會起電。

隨即把紙壓在壁上，便能吸住，一時不會落下。執紙時一角，隨意移動，都能定着。



(三) 紙在髮上摩擦時，如果不能起電，那末紙還沒有乾燥，須用火鉢再烘。烘乾後仍不起電時，可把烘乾的紙平鋪在桌上（桌上恐怕潮濕，要墊以乾紙），急用爪甲摩擦，這樣一定能夠起電。

**備考** 紙帶潮濕時，可為導體，等到充分乾燥後，便成不導體了。紙和頭髮或爪甲摩擦後，能夠發生陰電。所以壓在壁上，一時不會落下，但隔了一會，便要掉下，這是電已經由壁上導去的緣故。

#### 第一百零四 煙草粉自成文字

**準備** (一) 取煙草粉（愈細愈好）勻攤在厚紙上面。

(二) 厚紙二三張，放在火鉢上烘乾。

**方法** (一) 把煙草粉鋪在厚紙上面，對大眾說：這粉能夠自己排成文字。

(二) 取厚紙一張，烘得很乾，平置桌上，用爪甲迅速摩擦，摩擦過的地方，要像文字的筆劃。摩擦後把紙蓋在煙草粉上，輕輕一壓，遂即取起，只見擦過的部分，就有煙草附着，現出文

字來。這紙釘在黑板上面，隔了一會，煙屑自然落下，文字漸漸模糊，終至完全消失。

(三) 另取一紙，依照別的文字，用爪摩擦，再行試驗。

**備考** (一) 紙爪摩擦後，就能起電，起電的部分，能夠

吸着煙屑。可是放置移時，電就散去，煙屑也變凌亂。

(二) 紙鋪在桌面時，恐受潮濕，頂好墊兩張乾紙。

### 第一百零五 人體通電

**準備** (一) 燈草屑、驗電器、貓皮

(二) 載人的絕緣臺一具，如無絕緣臺可取玻璃杯四隻，上放木板。

(三) 驗電器、貓皮、絕緣臺，如以木板和玻璃杯代用，必須充分烘乾。

**方法** (一) 桌上放絕緣臺，臺上置驗電器和燈草屑。一人站在載

人的絕緣臺上，身體和衣服，不能同別的東西接觸，左手放近桌面，同燈

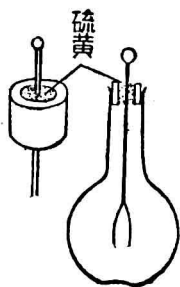


草屑相近，右手用乾的貓皮輕擊，燈草屑就被左手吸起，可知人體也能發電。

(二)室內乾燥時，可將左手觸在驗電器的頭部，右手同貓皮摩擦，箔能自開，可見人體能夠導電。

備考 (一)在用威姆哈斯特起電機等時，絕緣臺是不可缺的，所以小學校內應備一具，在做實驗時覺得方便些。如果取玻璃杯和木板代用，那末玻璃杯必要拭乾，木板應當較厚。要做得格外好些，可用熔融的硫黃，澆到杯子裏面，滿齊杯口，在凝固之後取出，用代玻璃杯。

(二)驗電器的反應，比擺銳敏得多，所以做靜電實驗時，必備一具。檢驗驗電器是否靈敏，可用下法。驗電器同發電體接觸後，箔就分開，待發電體移去後，箔仍不閉，這是好的。如果發電體離開，箔就閉合的時候，那末金屬棒和栓，還沒有完全



絕緣。要想法改善，可照圖在木栓中央，穿一大孔，其中將金屬棒插入，懸空在當中棒和栓的中間，將熔融的硫黃灌入。凝固之後，棒就固着在栓中。

硫黃很能絕緣，所帶的電，不致逃逸，所以箔仍不閉。

### 第一百零六 竄在表面的電

準備 橡膠棒、貓皮、小絕緣臺、空的鉛罐、絲線繫的小金屬球、驗電器

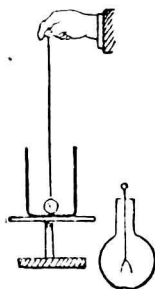
方法 (一) 取一個空罐，或一把鉛壺，放在絕緣臺上，用橡

膠棒一根，同貓皮摩擦後，觸於罐底；這樣反覆數次，棒上所引起的陰電，就傳到罐上。

(二) 把絲線繫的金屬球，下垂罐中，同罐底接觸後（由音響可知接觸），隨即取出，放到驗電器上，因為箔不張開，可知球上未曾帶電。又用球觸罐的內壁，也無反響。如果觸到罐的外壁，再放到驗電器上，箔就分開，因此可以知道：電雖然由罐內通入，却只分佈在罐外。

備考 小絕緣臺，形如下圖，很為簡單。取玻璃管一支，立在桌上，上面平支木

板一方即成。但玻璃管須要拭乾，如果受了濕氣，就失掉絕緣效能。所以頂好用



橡膠棒，或熔鑄硫黃，使成棒狀。法取破底碗一隻，用卡紙捲成圓筒，支在碗腳下面，將熔融的硫黃注入，凝固之後，用小刀削取，形如短棒，直立桌上，上面載一木板，就成很好的絕緣臺了。

### 第一百零七 擺電的銅網

**準備** 銅網做成的籠、驗電器、絕緣臺、威姆哈斯特起電機、長一、二尺的銅絲二條

**方法** 把驗電器放在絕緣臺上，外面罩以銅網做成的籠，用一條銅絲，

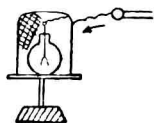
連接驗電器和網，網上通電，驗電器的箔仍不開。但是用驗電器和擺，靠近籠外試之，可知籠外帶電。

**備考** 絕緣臺要確實有效才好。如用起電機時，參閱實驗一百十二。

### 第一百零八 向外側活動的小球

**準備** (一)篩孔較細的銅網，上面用細線繫輕的木髓球二個，球垂在網的兩側，網支在架上。這裝置可連用數個。

(二)充分乾燥的絕緣臺、威姆哈斯特起電機一具、銅絲一、二尺



**方法** (一)取銅網和臺架二、三具，並立在絕緣臺上，網和網要互相連接，木髓球垂在兩側。網上由起電機通電後，木髓球擺，就向兩側分開，好像兩手平伸的樣子。

(二)次把網拗折，形如圖狀，互成五、六十度的角度，照前通電，內側的木球，毫無影響，外側的木球，却活動起來。

**備考** 從這實驗，可知導體上的電，不分佈在內側，只分佈在外側。

### 第一百零九 箔在空中自由飛舞

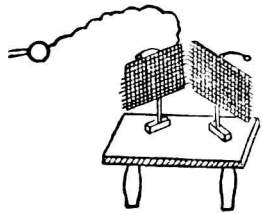
**準備** (一)銅箔二、三片。

(二)橡膠棒和貓皮、火鉢一隻

**方法** (一)先用貓皮同橡膠棒摩擦。

(二)吹散銅箔，亂飛空中，用橡膠棒持近銅箔，由於感應作用，照A圖

所示，箔近棒的一端，由感應而起正電，另一端遂起一電，依同性相斥，異性相吸的原理，箔一





端同棒相斥，一端同棒相吸，可是斥離的一端較遠，吸引的一端較近，所以銅箔終被膠棒吸住。次將箔吹離棒端，即令箔碎成小片，各片都帶一電，所以用棒持近的時候，箔就像B圖所示，互相排斥，極力避開棒端，棒湊近時，箔就逃去，所以棒趕上去時，一追一退，煞是好看。

**備考** 箔一度同棒接觸後，就帶和棒同種的電，此後用起電較強的膠棒持近，照理要互相排斥，可是也有能吸到棒上的。這因為箔上的電弱，棒上的電強的緣故。這時棒同箔不能靠得過近，要稍些離開，箔的運動，方可由棒操縱。

## 第一百十 蹤跳自如的燈草

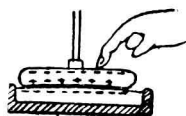
**準備** (一)電盆和貓皮，電盆愈大愈好。大電盆可仿下述方法做成。

(二)燈草一束

**方法** (一)取出電盆，盆上散滿切碎的燈草。

電盆是應用電的感應作用，用以得多量電的裝置。普通取一金屬盆，內充

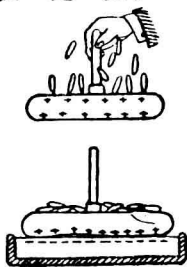
火漆，上載金屬板，板上裝一絕緣柄。發電時，用貓皮或絨布，同火漆面摩擦，將金屬板蓋上，板



由於靜電感應，下面生 $+$ 電，上面生 $-$ 電，用一指略觸板上， $-$ 電就經過人體，導入地中，次持絕緣柄，提起金屬板，板上就徧佈 $+$ 電。移去 $+$ 電，再行蓋上，仍照前法，以手指觸板， $-$ 電逸去，又得 $+$ 電，這樣反覆多次，火漆面的一電，仍不減少，由感應可反覆的得到 $+$ 電。

這個原理，不必宣示大衆。先用貓皮摩擦火漆面，次將金屬板蓋上，以一指略觸板面，持柄提起金屬板，觸在驗電器上，箔就分開，可知板上有電。

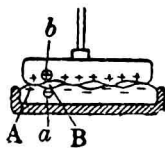
(二)將板再行蓋上，用指略觸板面，次用燈草碎屑，散佈板上，這時板面雖有 $+$ 電，但燈草安臥板上，毫無反響。以手持絕緣柄，提起金屬板，板上的燈草，忽然蹀跳起來。這因為板蓋於火漆面時，板



下的 $+$ 電，受火漆面 $-$ 電的束縛，不能向外部作用，等到板和火漆面脫離， $+$ 電就擴散全面，變成自由電，移到燈草上去。燈草因受到和板同種的電（即 $+$ 電），由於反撥作用，想要蹀脫，所以都能飛起。如果用一指觸於板上，電經人體導去，燈草又安臥板上，儼然不動了。

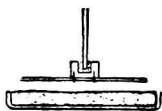
**備考** (一)當金屬板下發生 $+$ 電，火漆板面發生 $-$ 電的時候，或許有人要問：這十

兩電，怎麼不會中和的呢？要知兩板面上，並不恰成水平，必有多數小凹凸，如圖所示，有幾處互相接觸，像圖上的 A 部；有幾處互相隔離，像圖上的 B 部。A 部的 + 一兩電，當然互相中和，但 B 部的 + 一兩電，則各守界限。因火漆是不導體，所以一電 a 停着不動，其對面的 + 電 b，雖然在金屬板下，可是受下面 - 電的約束，也只能固定不移。因此金屬板下，尚餘多量未中和的 + 電。



(二)電盆不一定要用火漆，即用硬橡膠板亦好。簡易的電盆做法如下：取厚紙做成盆狀，放入鉛皮一塊（即不墊鉛皮亦好，但效能恐要較弱些），上澆熔融的硫黃，同盆面相平。金屬板就用鉛皮，上面裝一木栓，插入玻璃柄一個。玻璃柄不直接插入木栓裏面，先在木栓中央，挖一大孔，玻璃柄懸空其中，用熔融的硫黃澆入，冷後便能接合。這種做法，很為簡便，而且效能亦強。

兒童實驗用時，可用小電盆。如無貓皮，可代以絨布。



## 第一百十一 電熄燭火

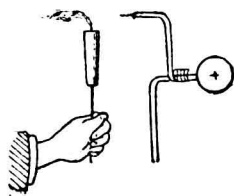
**準備** 大小蠟燭各一支，威姆哈斯特起電機一具，一端尖細的銅絲一條

**方法** (一) 蠟燭點火後，插在燭杆上。

(二) 將起電機的一極，接在銅絲上面，銅絲的尖端，針對小燭的火焰。次迴轉起電機，燭火就熄。

**備考** (一) 小燭火熄滅後，用大燭火試驗。電量多時，亦能吹熄，即

令電量較弱，火焰亦倒向一面，搖晃不定，像被風吹的樣子。這因為尖端放電後，空中的塵芥，同時帶電，立即斥離，又空氣分子帶電後，分成游子飛去，所以如生風的樣子。



(二) 電從尖端不絕逃去，就是放電作用。使起電機兩極的尖端，互相接近，當起電機迴轉的時候，兩極間就飛出火花。

(三) 避電針就是這種尖端放電的作用。當空中雲氣生電時，地面房屋等受到感應，同時起電，這電由尖端通出，同空中的電中和，就能避免危險。

## 第一百十二 十字架旋轉

準備 (一)用鋁板做成風車。或用金屬線相交，形成十字架。

(二)絕緣臺

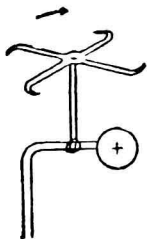
(三)威姆哈斯特起電機一具

方法 (一)用金屬線交成十字形，尖端各向同一方向彎曲，中央支於架上，要能自由旋轉。這架置於絕緣臺上，連接起電機的一極，當起電機迴轉時，線端起放電現象，空氣游子飛去，同時起反動作用，十字架就旋轉不已。

(二)十字架愈輕愈好。所以用鋁板最宜。取鋁板兩條，先端尖細，曲成直角（彎曲方向相同），中央凹處，支於金屬棒上，棒端連接起電機的一極，當起電機迴轉，十字架就旋轉。

起電機的發電原理和使用法 威·姆·哈·斯·特·起·電·機，我們已

用過多次，但是構造的大概，發電的原理，和使用的方法，都未講過，現在順便談談。



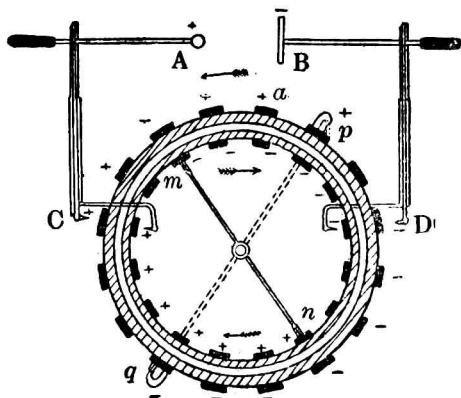
(一)起電機的構造。起電機的主要部分是兩個圓板，上塗假漆，兩板都能轉動，但轉動的方向，一正一反。兩板外面，各貼若干枚錫箔，箔數相同，並為偶數。各板外面，都有金屬棒，一棒略傾斜，同水平成四十五度之角。前後兩棒，互成垂直。每棒的兩端，各有一金屬刷毛。當板面轉動時，刷毛次第同錫箔接觸而過。板的左右兩側，有絕緣的金屬梳各一，齒近板面，但不相連，兩梳由金屬線連接放電的兩極。

(二)購起電機時應注意的地方。板上的錫箔，有兩種任務：一方感應生電；一方運輸電量。所以使起電機的效能加強，必要從錫箔着眼，使發生多量的電，並且連出多量的電纜。好。因為錫箔露在外面，恐怕容易走電，所以有些起電機，在錫箔上面，覆以橡膠板，同時錫箔上面，有金屬做的突起物，當板面轉動時，這突起物就同刷毛摩擦而過，這種裝置，比較錫箔露出一種，效能要強些。

(三)使用時應注意的地方。執柄搖轉，兩板同時迴轉，錫箔就由感應起電，刷毛和錫箔之間，發生小的火花，這時陰陽兩電，各由梳導至A、B兩極。

現在要注意的，就是起電機迴轉的時候，是否容易發電。如果不易發電，就要檢察癥結所在。要看前後兩棒，是否互相垂直，又刷毛和箔面的金屬突起，是否能夠接觸。處理妥善後，若仍不發電，那末起電機或許受濕，要放在收濕器上，外罩布套，俟完全乾燥後，再行試驗；如果仍舊失敗，那是起電機上，沒有電引的關係。什麼叫做電引呢？要知道起電機上，在迴轉之前，或二、三迴轉之後，總有些電量存在，由這電起感應作用，才誘發出很強的電來。如果迴轉後不能起電，或許由於缺少電引的緣故。這時可用橡膠棒一，同貓皮摩擦後，觸於錫箔板面，同時使起電機迴轉。如果箔面貼橡硬板的，那末可用乾的貓皮直接摩擦板的一部，然後將起電機迴轉。

發電的原理 發電的原理，雖然較為複雜，但大



體如下：參閱前圖，內圓表前面的圓板，外圓表後面的圓板，當起電機發動時，前板向右轉，後板向左轉。

1. 前板  $m$   $n$  生電 假定後板上的錫箔  $a$  開始時帶少許 + 電，此箔依箭頭方向迴轉，

來到刷毛  $m$  的後方時，由於靜電感應， $m$   $n$  起電，近箔的  $m$ ，發生 - 電，遠箔的  $n$ ，發生 + 電。

2. 前板的錫箔帶陰陽兩電  $m$   $n$  是固定不動的。當內圓依矢頭方向迴轉時，同刷毛

$n$  相觸的錫箔，都帶 + 電，傳給梳  $C$ ，同刷毛  $m$  相觸的錫箔，都帶 - 電，傳給梳  $D$ 。

3. 後板的錫箔帶陰陽兩電 內圓同  $m$  相觸的錫箔，都帶 - 電，當依矢頭方向迴轉，來

到後圓  $p$  前時，由於靜電感應， $p$   $q$  起電，因  $p$  端近，故生 + 電，因  $q$  端遠，故生 - 電。同樣情形，

內圓同  $n$  相接的錫箔，都帶 + 電，當依矢頭方向迴轉，來到後圓  $q$  前時，由於靜電感應， $q$  生

- 電， $p$  生 + 電。結果  $p$  總生 + 電， $q$  總生 - 電，所以外圓依矢頭方向迴轉時，和  $p$  相觸的錫

箔，都帶 + 電，傳給梳  $C$ ，和  $q$  相觸的錫箔，都帶 - 電，傳給梳  $D$ 。

4. 電的排列和兩極間的電壓 起電機迴轉數次後，電的排列如圖示，就是前後兩板，



凡是帶+電的錫箔，都將電傳給梳C，帶-電的錫箔，都將電傳給梳D。各和一梳相連的A、B兩極，其間所生的電壓，達數千弗之多。

(四)兩極間不生火花時，應注意之點。開始迴轉時的電引，不一定爲+電，如果電引是一電，那末，電的排列，恰和前圖相反，因此，A極生-電，B極生+電。所以發電之前，何極爲陽，何極爲陰，不能預斷，全視開始時的電引而異。普通的起電機，一極圓形，一極扁平，圓的認爲陽極，扁的認爲陰極。但是陽電不一定會集在圓極上，陰電不一定會集在扁極上，全視最初所帶的電引而定。要是圓極帶-電，扁極帶+電時，如使兩極靠近，僅聞弱音，不見火花。這時要用放電叉使之放電，然後再迴轉起電機，等到兩極能夠射出火花，那末，就可斷定圓極爲+電，扁極爲-電了。

(五)兩極間得大火花。像上面所述，當起電機的兩極接近時，就由於放電現象，射出火花，並發出爆音來。但是有些起電機，火花極小，而次數頻繁，這因爲電量小的緣故，不能充分表現出火花放電來。所以多數起電機，在兩極各裝來頓瓶一個，一蓄陽電，一蓄陰電，當起

電機迴轉的時候，如果兩極間的距離適當，那末，電量蓄積到飽滿後，陰陽兩電，就突破空氣層而出，互相中和起來，這樣放電的次數減少，但火花却大得多。

### 第一百十三 人頭飛出火花

準備 威姆哈斯特起電機、絕緣臺。如無絕緣臺，可照實驗第一百零五所述的方法代

用。

方法 (一) 叫學生中跑出一人，立在絕

緣臺上，身體衣服等不可同桌子接觸。

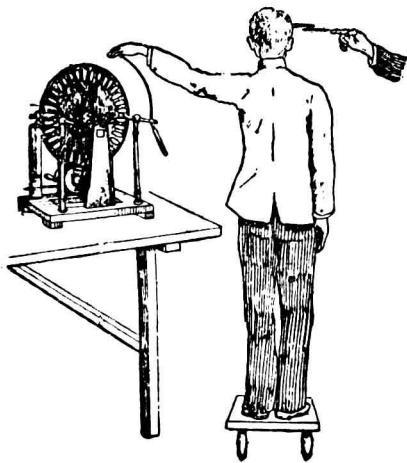
(二) 宣告大衆，說人體能夠蓄電，將起電

機的兩極，互相接觸，使起放電現象，過後確知

兩極，完全沒有電量存在後，分開兩極，使之遠

離，然後叫立在絕緣臺上的人，以手握其一極。

這時迴轉起電機，電就蓄在人體裏面，體



內的電位，就漸漸變高。但是自身毫無感覺。

(二)體內電位漸高，到足以發生火花的時候，叫學生中跑出一人，以指尖輕觸蓄電的人，不論觸到那一部，都能起放電現象，射出火花，發出爆音來。可叫學生輪流出來試驗，可見在人體的任何部分，都能放電。

**備考** (一)在起電機迴轉之前，手就要握住電極，在起電機停轉之後，手方能離開電極。如果正在迴轉的時候，手同電極脫離，那末這時的極上，已蓄有相當電量，必須將電移去後，方可再握。

(二)絕緣臺要充分乾燥，這是最要緊的。

### 第一百十四 驚人的電流速度

**準備** 威姆哈斯特起電機、來頓瓶

**方法** (一)迴轉起電機，將電蓄在來頓瓶裏。

(二)叫學人多人，手挽着手，列成一圈。其中一人一手持蓄有電量的來頓瓶，握好瓶的

外箔，下一人以指尖觸瓶的球部，手指剛纔觸上，立刻全體感受一種刺激。由此可知電流的神速了。

(三) 取來頓瓶蓄電後，再行試驗。

備案 (一) 這實驗最要試驗的，就是蓄於來頓瓶內的電量和電壓。普通若用大來頓瓶，在充分蓄電後放電，很易發生危險。蓄電時，起電機的一極，要離瓶○·三厘，同時另一極同瓶接觸，然後迴轉起電機。

如果試驗後刺激過小，蓄電時可離開○·五厘，此後放電，刺激就會加強，但恐發生危險，所以爲謹慎起見，還是離開

○·三厘好。

(二) 來頓瓶有大小，電容量有多寡，所以要得適度的刺激，蓄電時離極的遠近，先要試過。



第一百十五 操縱噴水泉的電棒

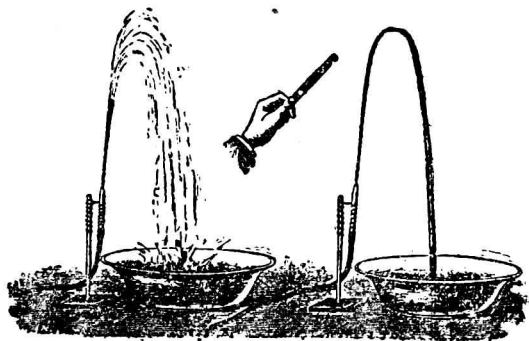
準備 (一)水桶、有尖口的玻璃管、玻璃管的臺架、受噴水的槽、作虹吸用的皮管。皮管可仿實驗四十五所述的裝置。

(二)橡膠棒和貓皮、乾燥用的火鉢

(三)取滿桶的水，支在高處，取實驗第四十五所用的虹吸裝上，在皮管的下端，插入有尖口的玻璃管，管口要略向上方。

(四)在虹吸的下端吸氣，次將管夾裝上皮管。這樣便可預備噴水。

方法 (一)取去管夾，水就噴出，落到水槽裏面。水噴出時，普通水花飛濺，形如左圖，次用貓皮摩擦橡膠棒，然後



將棒斜立，慢慢持近噴水，如圖所示，這時散亂的水滴，忽然集成一束，像掛下一線的樣子，如右圖。棒上的電量大時，在離開遠的地方，就能約束噴水。

膠棒移去，噴水又散亂如初，膠棒持近，噴水復約束如線。這樣反覆試驗，可知水能受電的影響。

(二)用貓皮力擦膠棒，使帶強電，次將棒持近玻璃管尖口，就是靠近噴水管的基部，水因被棒吸引，又變凌亂起來，將棒緊傍噴水的頂點，亦復這樣，可是將棒稍離，水又集成線狀。

**備考** (一)看到這點，可知雷雨時水滴變大，也是電的作用。因為帶電棒靠近水滴，水就併集起來。

(二)雷雨時，如果空中電量較小，雨滴自能併集，但是如果電量過大，雨滴反而散亂，這就是帶強電的棒，靠近噴水時的情形。

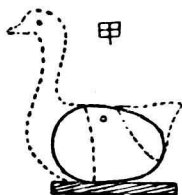
## 九 關於磁性和電流的

### 第一百十六 聽指揮的水鳥

**準備** (一)取雞卵一個，鑿一小孔，使內容物流出，作為鳥身，後照甲圖點線所示，用紙剪成頭尾之狀，貼上卵殼，再插以羽毛，略加煊染，便成水鳥。取輕鐵片一條，用紙糊好，貼於水鳥下部，鐵片重量，以水鳥仍能浮起為度。用熔融的蠟，徧塗水鳥全體，使不為水濕。

(二)要使水鳥進退自如，那末鳥下鐵片，要帶磁性纜好。所以頂好用棒磁石縛於鳥下。棒磁石的製法如下：取重量得宜大小合度的鋼棒，就其他棒磁石上，依同一方向，用力摩擦數次，次用絕緣導線（漆線或絲包線）在鋼棒上面，依一種方向，纏繞數十圈，然後通以電流，便成磁石，雖然取去導線，仍有磁性。

(三)另取號令水鳥的棒磁石一條，為免除觀衆疑心，棒外包以薄紙，又為避免水濕，可



再塗以薄蠟。如這棒磁性不強，可仿前法，繞以導線，通以電流。但繞圈時應加注意，就是磁極不可顛倒。原為N極的，須仍為N極，原為S極的，須仍為S極。這就要注意安培氏定則，看了下面所說的，當更明瞭。

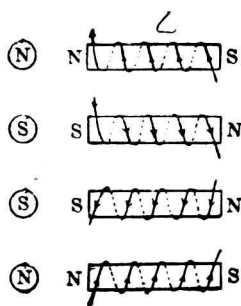
(1) 設圈中插入螺旋，螺旋依電流方向旋轉時，則螺旋進行方向，為電磁石的北極。

(2) 面對圈的一端，設此端的電流，依順時計方向進行時，則此端為南極(S)，設此端的電流，依逆時計方向進行時，則此端為北極(N)。

如不能明白這意，看了乙圖，自能恍悟。總之，磁石繞圈，要不亂其極。原來磁石的N極，仍為電磁石的N極，原來磁石的S極，仍為電磁石的S極。至圈數的多少，不妨隨意增減。

(四) 取大水槽一個，內貯清水。

方法 (一) 把水鳥浮於水面，水鳥要做得逼真，方纔有趣。



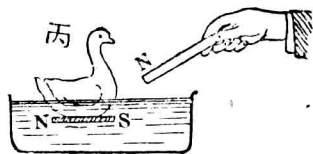


(二)取預備的棒磁石，用作水鳥的指揮棒。水鳥下因為附着鐵片，能被磁石吸引。要水鳥前進，只要把棒指近鐵片的前端，慢慢後引，水鳥就跟着前進。左轉右轉，也只要稍變磁棒的方向，要水鳥後退，只要把棒指近鐵片的後端，慢慢後引，水鳥就跟着退縮，總之，指揮無不如意，好像水鳥有線繫在磁石上的。

(三)如水鳥下附着小磁石時，那末磁石的南北兩極，如何放置的，應當記好。若照圖上所示，S極在首端，N極在尾端，則根據同性相斥異性相吸的原理，如要水鳥前進，可用棒的N極，指好水鳥，慢慢後退，鳥就前進，要水鳥後退，可掉轉磁棒，用S極指好水鳥，鳥就退縮。那棒能夠操縱水鳥，而水鳥也無不聽命。

**備考** (一)法二利用磁性感應，不論磁石的那一極，都能吸引鐵片。法三為兩條磁石，應用同性相斥異性相吸的原理，所以能隨意使鳥進退。

(二)實驗之後，把鳥的構造和進退的原理，一一說明。



## 第一百十七 跳舞的小人

準備 (一)用燈草束成人形，作正在跳舞的姿勢，從一腳的底部，插入一隻鐵釘，釘頭要露在足外，如圖所示。這種人形，約做四五個，但舞態要稍加變換。

(二)取有強磁性的磁棒一條。

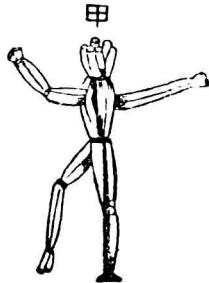
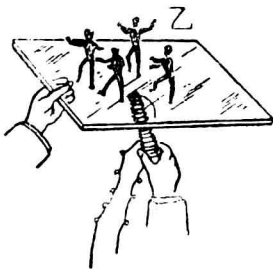
如果人形較大，頂好用電磁石。做電磁石時，用導線繞於軟鐵棒上，線端連接電池即成。

(三)玻璃板一塊

方法 (一)電磁石的兩極，同電池連接，就成磁石。

(二)把人形載在玻璃板上，這時人都倒臥。

(三)取電磁石放在玻璃板下，忽然人都立起。這時變換磁石的位置，或上或下，或左或右，板上的小人，就亂跳亂舞起來，好像高興到極點的樣子。



**備考** (一) 如果人形較小，用棒磁石就能跳舞。又磁石外頂好用紙包裹，看去就像指揮棒一般，更覺有趣。

(二) 這實驗可用來說明磁性感應。板上的小人，足內都有鐵釘，當磁石持近時，鐵受到磁性感應，就被吸在板上，因為足外露出釘的扁平鐵頭，所以能夠立得起來。

### 第一百十八 用電鈴按壓

**準備** (一) 把電鈴調節好，用導線接在彈簧 C 的基部，另用導線繫在螺釘 G 的基部，兩導線端，各繞在鐵棒或鐵箸上，而如圖中點線所示。

(二) 取電池和鉗連接，像普通的電鈴一樣。

**原理** (一) 電鈴構造如圖示，當按鉗時，電流入圈 F 經 C 入螺釘 D 經 G 而歸於電池。這時磁石吸引槌 B，所以擊鈴作聲。同時彈條 D 同螺釘 G 隔離，因此電路切斷，磁石失去磁性，因 C 有彈性，故槌柄回復原位，同時彈條 D 和螺釘 G 又互相接觸，電路再通，復被磁石吸引，電鈴又響了。

(二)當按卸振鈴的時候，要注意彈條D和螺釘G，可見D、G的接點斷續的時候，發出小火花來。這因為忽斷忽續，誘生感應電流所致。這火花用導線導出，成為振動電流，就是按摩用的電流，所以電鈴振鳴時，握鐵棒的兩手，有電摩的感覺。

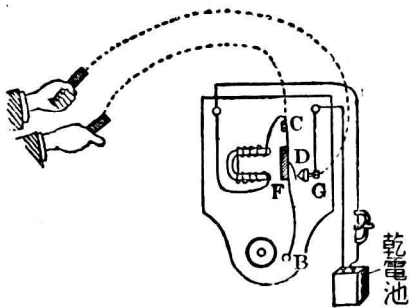
**方法** 把連接C、G的導線，各繫在一條鐵棒上面，兩手執之，當按卸鳴鈴的時候，手中就感到一種刺激，這刺激的程度，因電流的強弱和握持的緊弛而異。可叫同學輪流試驗。這實驗中，利用電鈴上電路的斷續，來代替感應線圈。

**備考** 做這實驗，螺釘G的位置，最要調節得宜。在實驗之前，先要驗鈴，是否能振動得響，並且C、G之間，是否發出火花，可前後G的位置，自由調節。

### 第一百十九 自製的電動機

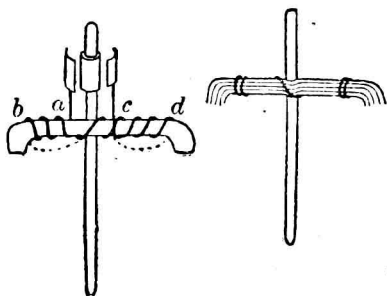
**準備**

(一)電磁石、用磁石做的電動子、導線、電池



(二)電磁石普通為馬蹄形。能夠檢大的最好。用軟鐵曲成馬蹄形，或用長短適度的鐵線多條，集成一束，變成馬蹄形，繞以較粗的絕緣導線，便成磁石。導線纏繞時，照次頁所示，由 1 捲向上方，到 2 後重向下捲，到 1 為止，次將線繞至 3 處，捲向上方，到 4 後重向下捲，到 3 為止。1 到 2，3 到 4，不限二重，可照圖樣，捲上四重或六重。

(三)電動子。用馬蹄形磁石合成。用適當長度的鐵線多條，集成一束，兩端稍曲，中央貫通一軸（這軸可用粗銅線束成。）用錫銲合。在磁石上用較細的導線纏繞，纏繞的方向，和電磁石略同，照下圖所示，先由 a 捲向 b，復依同一方向，由 b 捲向 a，進而至 c，由 c 捲向 d，復依同一方向，由 d 返歸 c。引出導線兩端 a，c，銲在彎曲的銅板上面。次取紙切成帶狀，層層圍在軸上，然後把銅板相對合上，用線縛住，但銅板不可互相接觸。

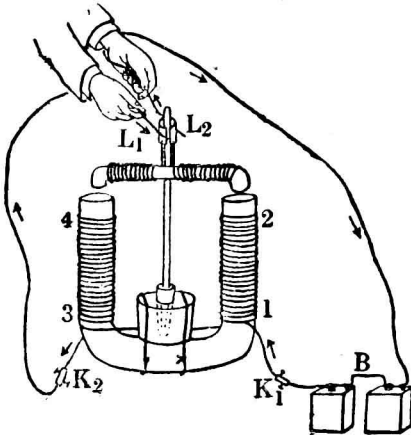


(四)取木栓一，用銅絲縛在磁石上面，栓中插入玻璃管一支，管中插入電動子，形如左圖，這樣電動子就可自由迴轉。但電動子不可同磁石接觸，要稍稍離開纔好。

方法 (一)取出電磁石、電動子、導線和電池，

當着觀衆，照圖裝置，可叫大衆知道這電動機的製造方法。

(二)裝置既畢，兩手持導線  $L_1$ 、 $L_2$ ，導線端的被覆物，預先剝脫，使裸在外面的部分，各與電動子軸上的銅板接觸。這時電動子對磁石，如果保持適當位置，那末導線同銅板相接後，電動子就立刻迴轉。如電動子不動，可用手撥動，以助其勢，或改正銅板的位置，同時使導線對電動子面，要稍帶傾斜，便能迴轉不已。



(三)事後要說明電路的裝置和迴轉的理由。照圖示，電池B通出的電流，經 $K_1$ 而入磁石，經 $K_2$ 而出磁石，這時磁石發生磁性，於兩端成N、S兩極。又由 $K_2$ 通出的電流，經導線 $L_1$ ，通入電動子中，復出導線 $L_2$ ，返歸電池裏面，這時電動子的兩端，也成N、S兩極，由於對磁石的引斥作用，自能迴轉不已。

### 備考 (一) 電·動·機·的·要·部·和·組·織·

普通電動機的要部有四：

1、場·磁·石· 普通都用電磁石。可用鋼鐵製的永久磁石，如嫌磁性不足，可用馬蹄形軟鐵，繞以導線，通以電流，使成電磁石，拿來代用。

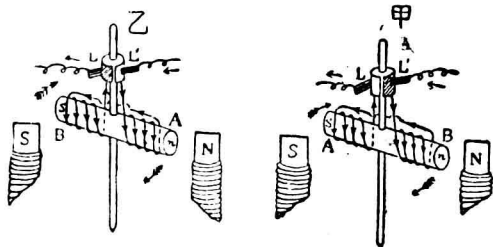
2、電·動·子· 這是於磁場間迴轉的一種圈。就是像上面所說的，取馬蹄形磁石，依同一方向，用導線繞上若干圈而成。

3、整·流·子· 爲銅板二片，同電動子上的導線連接而成。這二片銅板，各縛在電動子上，形如劈開的圓筒，其間絕緣，不相連接。

4、刷毛 爲兩金屬板，輕夾整流子，當電動子迴轉時，銅板輕擦刷毛而過。在前實驗中，導線的裸出部分，同銅板相觸，便是用來代替刷毛的。這刷毛的作用，在使電流流入整流子中。

(二) 電動機如何迴轉？關於這點，可用種種方法說明，但下面所述的，較爲簡單，而且容易明白。照甲圖所示，電流送入電動子時，經刷毛 L，通入整流子中（黑色的），流入圈內，經另一整流子（白色的），由刷毛 L 導出。這時照實驗第一百十六所述關於電磁石定極的原則，則圈的 A 端爲 s 極，B 端爲 n 極。因此 s 爲磁場 S 所斥，n 爲磁場 N 所斥，就依矢頭方向迴轉。

電動子經半轉之後，如乙圖所示，A 端接近 N 極，B 端接近 S 極，電流就經刷毛 L'，流入整流子中（白色的），經過線圈，入另一整流子（黑色的），由刷毛 L 通出。這樣一來，B 端就成 s 極，A 端就成 n 極，再照前迴轉，重





起甲圖的關係。甲乙兩圖的關係，每隔半迴轉變換一次，所以電動子能迴轉不已。

(二) 電動機實驗上的注意

1、刷毛（前實驗中導線探出的兩端，便是刷毛）的位置，若不得宜，則電流雖通，電動子仍不迴轉。刷毛對電動子面，要成直角，並稍帶傾斜。

2、在電動機的組織上，因場磁石和電動子的形式不同，所通的電路亦異。普通有二式：一爲直列式，就是通過場磁石的電流，經刷毛而入電動子，再經另一刷毛而出。一爲並列式，由電池通出的電流，至刷毛處即分爲二，一入場磁石，隨即返歸電池，一經刷毛而入電動子，再經另一刷毛，回入電池。這二式何者有效，不能確斷。總之，捲在電動子和場磁石上的線，其粗細和繞圈的多寡，都可決定電動機的效能。實驗時可用二式比較。前述的配線圖，是根據直列式而畫的。

## 十 關於電解和電鍍的

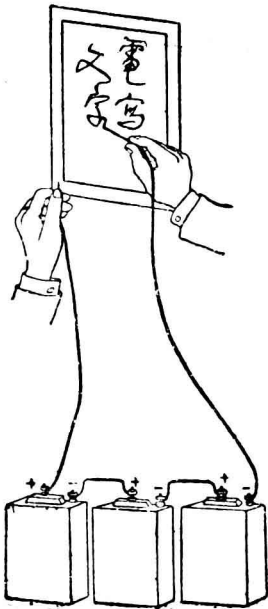
### 第一百二十 電寫文字

藥品 酚酞、酒精、硫酸鈉或食鹽

準備 (一)取較大的濾紙或本國紙，貼在鋅板或銅板上。

(二)取硫酸鈉溶在水中。另取酚酞溶於酒精中。次取少量酚酞溶液，加於硫酸鈉溶液裏面，使得無色的混合液，這就

是用以現出電字的藥液。有時兩液混和後，會立刻變成赤色，這因為硫酸鈉已經分解的原故，此液不宜作此實驗。或取少量酚酞的酒精溶液，加在食鹽



溶液裏亦可。

(三)取電池二、三個，順接一起。

方法。(一)用刷毛蘸預備的混合液，塗在鋅板上的紙面，這時但見滿紙皆白的濕紙，不現什麼文字。

(二)取連接電池陽極的導線，接觸鋅板的一角，取連接電池陰極的導線，當作一枝筆，慢慢劃過紙上，隨意寫成什麼文字，那末導線所過的地方，就現出赤色。

備考 硫酸鈉液或食鹽水，當電流通過後，即起電解而生鈉，此鈉同水立刻作用，生成氫氧化鈉，氫氧化鈉呈鹼性反應，所以遇到酚酞，就變赤色。

### 第一百二十一 青色的電字

藥品 碘化鉀、澱粉

準備 (一)取少量澱粉，和入水中，煮成糊狀，更用水稀釋之。另取少量碘化鉀，溶於水中，和澱粉液等量混和。這混液便是用以現出電字的無色藥液。

當兩液混和時，如果立現青藍色或黑紫色時，那末碘化鉀已經分解，即不適用。

(二)取較大的濾紙或本國紙，貼在鋅板或銅板上。

**方法** 照前實驗的方法，取刷毛蘸了混液，塗在紙上。取陽極的導線，接觸鋅板，取陰極的導線，在紙上劃過，立刻現出青藍色或黑紫色來。

**備考** 碘化鉀通電後，立刻分解，於十方生碘，於一方生鉀。游離碘遇到澱粉，立現所謂碘澱粉的青藍色。

## 第一百二十二 便利的檢電液

**藥品** 硫酸鈉、酚酞、酒精

**準備** 鹽類、酸類、和鹼類的水溶液裏，通過電流，就能分解。所以看這等液體的分解與否，便知有無電流通過。根據此理，可做液體電流計。

**檢電液的製法**如次：取酚酞○·五克，溶於十立方釐的酒精中，加清水一○○立方釐以稀釋之，這是第一液。

次取硫酸鈉（或硫酸鉀）二〇克，溶於一〇〇立方厘米的清水中，這是第二液。

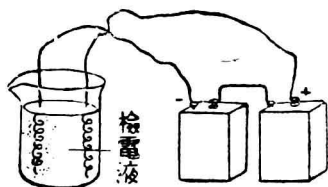
取兩液混和，過濾後得澄清液。此液應為無色，如混和後立現赤色，則硫酸鈉（或硫酸鉀）已經分解，應加稀硫酸少許，用來消色。但硫酸量不可過多，否則便不適用。這檢電液可貯存很久。

**方法**（一）檢電時，取前液置玻璃杯中，將兩條導線，插入液中。通電時，液近陰極導線的部分，立現赤色。這時導線浸在液內的一部，曲成螺旋狀最好。由液的赤變程度，可知電流的有無，和電力的強弱。又因陰極先現赤色，故可知電流的方向。

（二）液變赤後，取出導線，將紙振盪赤色立消。再通以電，復現赤色。此液用後貯存，可用任何次。

**備考** 近陰極的液體，所以變赤，由於硫酸鈉的電解。這可用游子

說來說明。就是硫酸鈉通電後，立刻分解，生硫酸游子和鈉游子，硫酸游子陽向，放電後同水



作用，生成硫酸。同時鈉游子陰向，放電後同水作用，生成氫氧化鈉。液中的酚酞，遇到呈鹼性的氫氧化鈉後，就立刻變赤。液體振動後所以消色，因為陽極生的硫酸和陰極生的氫氧化鈉互相中和的原故。所以這液貯存，可反覆應用。

### 第一百二十三 鍍銀法

**藥品** 硝酸銀溶液、氰化鉀溶液、鹽酸、碳酸氫鈉

**準備** (一)取玻璃杯三只，和管夾、玻璃棒、電池、導線、棉花、布。

(二)取要鍍銀的銅板或銅匙等，和小銀片。

**方法** (一)玻璃杯中盛硝酸銀溶液少許，滴加較濃的氰化鉀溶液，隨時攪拌，發生白色沈澱。這沈澱便是氰化銀。此時更滴加氰化鉀液，白色沈澱漸溶，終變澄清。這澄清液便是用以鍍銀的銀·氰·化·鉀·液。

硝酸銀液的濃度，可隨意增減。如氰化鉀液的濃度，比硝酸銀溶液過薄，那末要使沈澱溶解，再變澄清，要再加氰化鉀液，這樣就要耽擱時間，所以溶液較濃纔好。

銀氰化鉀的溶液過少時，可再仿前法製造。或加水稀釋之，以增其量。

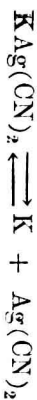
(二) 把要鍍銀的銅器等，用稀鹽酸洗過。如稀鹽酸不能滌淨污點，可稍浸於濃鹽酸中，次用碳酸氫鈉的粉末摩擦，再用稀鹽酸洗過，最後用水洗滌。

(三) 用導線連接電池，陽極繫銀片，下垂銀氰化鉀液中。陰極連接粗銅線，這線橫在杯上，下面用要鍍銀的器具，由銅絲接在線上，也浸在液裏。

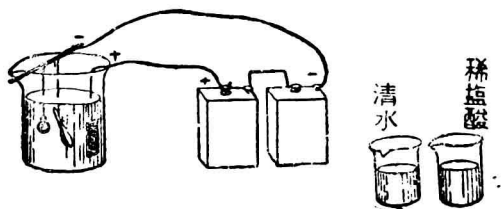
(四) 通電數分鐘後，銅器上就被覆銀層，取出用碳酸氫鈉摩擦，就頓時放出銀光。但銀層很薄，須要鍍過數次，方纔和銀器一般。

**備考** 起鍍銀作用的化學變化如次：

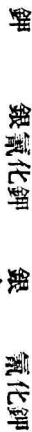
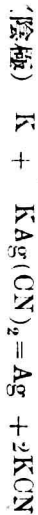
(一) 銀氰化鉀液一部分起電離現象，分為鉀游子和銀氰游子。



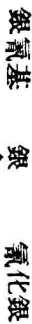
銀氰化鉀      鉀游子   銀氰游子



(二) 銀板為陽極，銅器為陰極，當通電時，鉀游子陰向，析出於陰極面，即與未電離的銀氰化鉀作用，銀就析出，均勻被覆於陰極表面，所以銅器面就包有銀層。同時銀氰化鉀陽向，於陽極板面，立刻同銀作用，成氰化銀而析出。



(附着器面)



(由銀板析出)

(三) 在陰極：銀由銀氰化鉀中析出，勻覆器面。在陽極：銀自銀板析出。這時陰極副生的氰化鉀 (KCN)，同陽極副生的氰化銀 (AgCN) 作用，再成銀氰化鉀，所以溶液的濃度不



減，用後貯存，仍可應用。

## 第一百二十四 鍍金法

**藥品** 金氯氫酸（俗稱氯化金）、氰化鉀溶液、鹽酸、碳酸氫鈉

**準備** (一) 玻杯三個、三腳架、銅網、酒精燈、溫度計、小缺玻板、電池、導線、銅線、棉布

(二) 小金片（如無小金片可用金箔，包在電池用的炭棒上面，或單用炭棒亦可）、擬鍍金的銅器、銀器等。

**方法** (一) 金氯氫酸用作照相藥劑，市販品都封在玻璃管內。購取一管，溶解於適量的水中，便成淡黃色液。用玻杯盛取此液，滴加氰化鉀的溶液，同時徐徐攪拌，淡黃色液就變成無色液體。液變無色後，立即停加氰化鉀。這液是金·氯·化·鉀·液，便是現在要用的鍍金劑。

(二) 要鍍金的銅器銀器等，仿照前法，用鹽酸、碳酸氫鈉和清水洗滌。

(三) 把銅網放在三腳架上，將盛鍍金液的玻杯，載在銅網上面。連接電池，陽極導線，繫小金片，陰極導線，連接銅器，都浸在液裏。同時用酒精燈使液加溫，取溫度計插入液中，使液

的溫度常在攝氏六〇度。

(四)數分鐘後，銅板上就包有金屬。取出後，用碳酸氫鈉摩擦，就放金黃光澤。放入液內再鍍，鍍後取出摩擦，這樣反覆數次，就像金器一般。

備考 (一)鍍金時的化學變化，和鍍銀同樣。

(二)如無小金片，陽極可用炭棒，但要時時注加鍍金劑，以補液內金的不足。若炭棒上附加金箔，就不要補加金氫氫酸液。炭棒可自廢棄的乾電池中取出。

(三)液溫保持六〇度最好，如果溫度較低，也無問題。

(四)用碳酸氫鈉砥礪，不可加力過重，否則金粒容易磨脫。如銅器本來滑澤的，那末碳酸氫鈉磨過之後，可同光潤的鋼鐵面摩擦（或用針橫插器面），使金粒研碎，但仍不脫落，則金黃光澤愈強。

(五)普通所見的金器，是十八開金，現在鍍的却是純金。如果要鍍十八開金，可在金氫化鉀液中，滴加微量的硫酸銅液。滴下後生青白色的沈澱，這時再加氫化鉀液一滴，沈澱即

消。所以金的成色，可加減硫酸銅量而定。但銅液雖少，器面的銅色却很顯著，所以最要注意的，便是硫酸銅液要很稀薄。

(六)公開試驗時，要鍍金的東西，與其用銅器，不如用銀器。因為銅和金色澤相似，真偽難辨，不易顯明，如用銀器，便不會滋生疑慮了。

## 十一 關於幻燈和影戲的

### 第一百二十五 簡便的幻燈裝置

準備 (一)凸透鏡兩個、電燈、畫片、畫片夾

(二)透鏡怎樣利用，方能成爲幻燈，詳見備考，現在先述簡易的幻燈裝置。這是著者用過，認爲成績很好的。

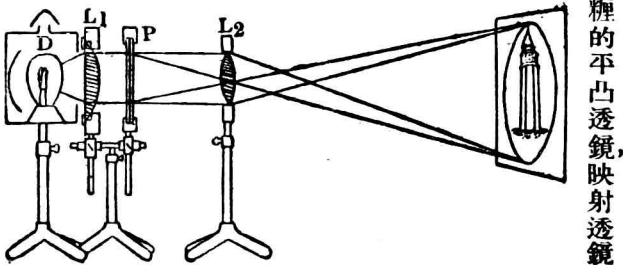
下圖是裝置的要部。集光透鏡  $L_1$  用直徑十一厘、焦點距離十厘的平凸透鏡，映射透鏡用直徑七厘、焦點距離十八厘的雙凸透鏡。並不是特備幻燈用的。光源用四百瓦的燈泡，燈泡藏在箱裏，三面遮住，一面對集光透鏡的地方，開一個直徑十二厘的小孔。因為燈泡溫度很高，所以箱用金屬板做最好，並在上下底各開小孔，以流通空氣。在電燈後方，放鍍鎳板一方，這板略為彎曲，形如新月，作為反射鏡用。畫片夾可用木框，正對集光透鏡。

(三) 畫片用玻板或膠片都好。作教授說明用時，照備考所述方法去做。

(四) 幻燈照圖裝置，放在桌上，置於室內的適當場所。

(五) 畫像映到白布幕或白壁上。

方法 (一) 燃亮電燈，燈前置集光透鏡  $L_1$ ，把畫片倒插框內，



移動映射透鏡 $L_2$ ，或前或後，以調節其間的距離，使幕上現出鮮明的畫像。

(二)幻燈頂好在暗室內放映。如無暗室，那末趁雨天或陰天，用四百瓦的電燈映射，也能生明瞭的畫像。在天晴時，室的四周，或幕的兩旁，用黑布遮好，使外圍光線，不能透入，畫像亦很清晰。

(三)前圖為簡易的幻燈裝置（教室內用），用以表示透鏡和畫像的關係。電燈 $D$ 和集光透鏡 $L_1$ 間，相距十浬，集光透鏡和畫片 $P$ 間，相距五浬，畫片和映射透鏡 $L_2$ 間，相距十九浬，映射透鏡離幕約五·五米，大致可生鮮明的畫像。

**備考** (一)幻燈的原理，很為簡單。如後頁附圖所示，燭火 $P$ 放在透鏡 $L$ 的焦點距離

前，光線通過透鏡，射到板上，將板前後移動，放在適當的位置，板上就生鮮明的倒立實像。如燭火持近透鏡的焦點，像和透鏡間的距離就變遠，而且更形擴大。幻燈裝置，不過把倒立的畫片，來代替燭火，後面用強光照射，使幕上現出正立的畫像來。光源愈強，畫像就愈明晰。

(二)用簡易的裝置，有了兩個凸透鏡，只要裝置得宜，就能成功幻燈。透鏡可取平常光

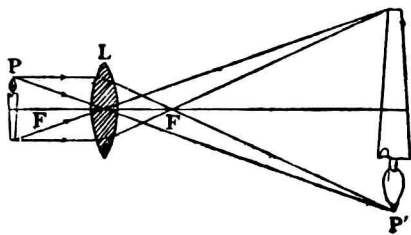
學實驗用的。木框可用厚紙做成，下面支在架上。透鏡也可夾在厚紙板裏。又電燈外罩一紙盒，前面開一圓孔，如電池的溫度過高，在盒的上下兩底，各開一孔，利用空氣的對流，使盒內空氣冷卻。沒有反射鏡時，可在燈後遮一白紙。

(三) 光源、集光透鏡、映射透鏡間的距離，因透鏡不同而異。集光透鏡要和光源較近。畫片要緊靠集光透鏡。畫片和映射透鏡間的距離，因離幕的遠近而異，但至少畫片要放在映射透鏡的焦點距離以外，然後把映射透鏡前後移動，置於適當的位置，使幕上生明確的形像。如映像不清，可加減光源和集光透鏡間的距離。

(四) 畫片的製法。幻燈代替掛圖，為教讀時之一助，可使學生的興趣加濃，印像變深。教員可以自製一具，畫片用普通的玻片，截成

適當大小，或購廢棄的照相底板亦可。用舊照相底板時，先浸在熱水裏面，或冷水中，加氫

氫酸數滴，把底板浸入，同時移去板上的像片，如像片不能完全脫離，可用夾夾住片的一端，



慢慢拉去，就像一張薄紙，很易剝脫。

畫法有二：(a) 玻片上用毛筆書畫。這法非常簡單，且能節省時間。或用紙先畫原圖，把玻片襯在上面，照着描繪，更爲便利。(b) 取薄糊或膠液，勻塗在玻片的一面，乾後形成透明的薄膜。上面用墨筆書畫，也不麻煩。

畫片上的畫，因爲容易剝落，所以頂好用一枚玻板合上，四周用紙貼牢，不但外觀較美，並且貯存亦便。

又人物、景色等，可用原板上的陰畫，印在其他乾片上，使現出陽畫，用幻燈映射出來。如單取陰畫，用來映射亦可。用陰畫時，頂好取「濕式法」。因爲由此法得來的陰畫，濃淡參差，比較普通乾板，更爲鮮明。

(五) 幻燈可用日光作爲光源，稱爲日光幻燈，見實驗第一百二十七。

### 第一百二十六 幻燈的實物映射

準備 (一) 取實驗第一百二十五所用的幻燈。

(二) 取下述的各種器具和材料。

**原理** 普通的幻燈機，集光透鏡和映射透鏡，都嵌在筒裏，中間為平燒瓶。

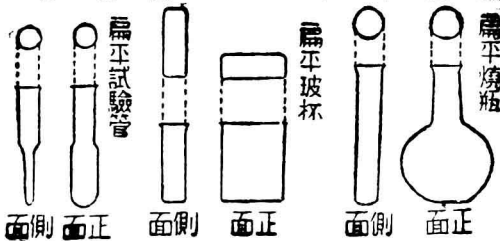
僅留插入畫片的細隙。所以立體的實物，就放不進去。如用上面所述的自製幻燈，因兩個透鏡，並不固着在筒裏，可以自由移動，而且兩實體之間，留着適當地位，足能容納實物，所以利用這點，可以用實物來代畫片，更覺有趣，而且對於自然科的教學上，也不無一助。

立體物體的映射法和例示，詳見於次。

**方法和例示** 如水的沸騰狀態，溶液內起的微妙變化，用幻燈

映射出來，使形像擴大，多數人可以同時見到。但是試管和燒瓶，體積擴大，因為地位關係，畫像恐不明晰。所以要用扁平燒瓶，扁平玻璃杯，和扁平試管。就是普通的燒瓶、玻璃杯和試驗管，在兩面壓扁而成的。

(一) 利用扁平燒瓶的實驗。





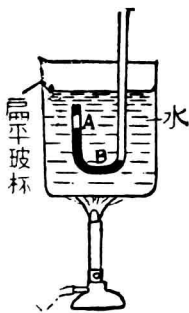
1、沸騰沸點和壓力的關係（可參閱實驗第八十四冷後反能沸騰的水）取扁平燒瓶，半盛溫水，放在插畫片的地位，下部慢慢加熱，初生小氣泡，這是溶解在水中的空氣，漸漸膨脹而起的。次則器底生較大的氣泡，上達水面，膨脹而呈沸騰狀態。次將通皮管的管塞，蓋緊瓶口，皮管上加一管夾，同時移去火焰，水就停止沸騰，這時瓶外淋以冷水，瓶內的水，又沸騰起來，取去管夾，使水面同大氣接觸，沸騰又止，凡此種種現象，皆能於幕上投一鮮明的形像。

又試驗沸騰時，加減火力，以僅生小氣泡為度。這時用線繫金屬小片，下垂沸騰水中，金屬面就盛發氣泡，常金屬片取出時，氣泡顯然減少。可見熱水中有金屬片等存在時，容易發生氣泡。這現象也能於幕上映清。

2、扁平燒瓶中，盛較濃的醋酸鉛溶液，液中懸一鋅片，這時鋅片表面，有鉛析出，纍分如樹枝狀，稱做鉛樹。這現象用幻燈映射，更為明晰。

(二) 利用扁平玻璃杯的實驗

1、酒精在沸點時的最大蒸氣張力。扁平玻杯中盛水。取一脚較短的U形管，把水銀灌入B部，在短脚A部，更加酒精數滴，口部用木栓蓋緊，使A部不餘空隙。把這管沈入水中，在杯裏徐徐加熱，約到七八度，酒精氣化，B部的水銀，兩端就同一水平，這現象在幕上映出時，可看得很清。由這試驗，可知某種液體，達到一定溫度時，其液體的蒸氣壓力和大氣壓力適相等，則此溫度便是某液體的沸點。



2、電池內各種變化的原理。如化學作用、分極作用、局部電流和汞齊效果等，都可應用幻燈，使明確的形像，於幕上映出。取一扁平玻杯，內盛稀硫酸，插入鍍汞的鋅板和銅板。這時板面毫無異狀，可於幕上看出。次用導線連接兩板，銅板面就盛發輕氣，騰湧而出。次截斷導線，氣泡立止。若在導線回路中，接一電鈴，則輕氣出而電鈴鳴，氣泡止而鳴聲息。這樣好似有聲電影，很有趣味。

次用不鍍汞的鋅板和銅板，對立在稀硫酸中。這時不連導線，鋅面亦發出輕氣。次取出

鋅板，鍍汞，仍舊插入液中，用導線連接兩板，輕氣就現於銅板面上。

這種試驗，用幻燈映出，非常好看。

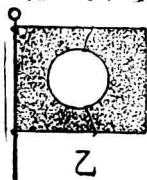
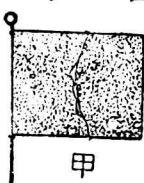
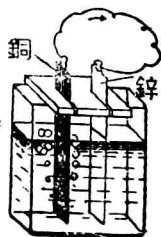
(二) 利用扁平試管的實驗

1、金箔溶於王水（硝酸一容，鹽酸三容的混液） 這實驗可於

幕上映出。取扁平試管二個，一盛硝酸一容，一盛鹽酸三容，兩液中都投入金箔，分別緩緩加熱，這時金箔依然，毫不溶解，可於幕上看出。次將鹽酸徐徐加在硝酸裏面，金箔就完全溶解。

2、烏特合金 (Wood's metal) 的熔融。烏特合金，是銻四、鉛二、錫一、

鎳一混合而成的。這合金在六〇・五度，就要熔融。如果不信，不妨做一實驗，用幻燈映出。取扁平試管一個，半盛冷水，把棒狀的烏特合金，插入水管下徐徐加熱，在水尚未沸騰，合金已全部熔融。這時檢水的溫度，大約在六〇——七〇度間。這種合金，多用作自動滅火塞。

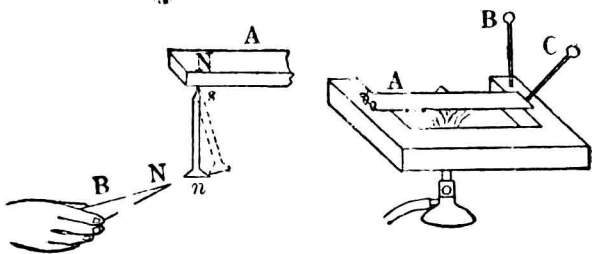


(四)其他利用方法 做實驗時，站在遠方的人，往往看不清楚。如果實驗時用幻燈照射出來，就能使多數人同時看清。下例便是。

1、表面張力的實驗 取銅絲曲成四方形，一端有柄，如旗狀。旗框中間，用細線繞成一個圓輪，兩端繫在框上。把旗浸在肥皂水裏，框上就張一肥皂膜。這時用針端略觸線圈的內部，肥皂膜就破裂，現出一個圓輪來。

2、金屬線的膨脹 取木棒製成一框，長約八寸，上面橫一銅板，一端固定，一端插B、C兩針，B針不同銅板接觸，C針則緊傍銅板。銅板下加熱，C針就臥倒，可見板已伸長。

3、火災自報器 仿第八十「電鈴加熱則鳴」的實驗，取同樣裝置，使B端映於幕上。在銅鐵接合板的中部加熱，B端就向上彎，同導線接觸，電鈴即鳴。



4、磁·性·感·應。磁石A吸住鐵釘，釘的另一端究爲何極，可用磁針B檢之。磁針持近釘頭，若如圖示，則相近的兩端，都是N極，由於相斥作用，釘就偏向一旁。

### 第一百二十七 應用日光的實物反射幻燈

準備 (一)反射幻燈裝置一具。用凸透鏡兩個，一大一小，又用平面鏡三面，裝透鏡和置實物的暗箱一只，照後圖組成。

(二)導日光入室內的反射平面鏡一面。

(三)取布幕和待映實物。實物如花草、蟲、插畫、時計等都好。

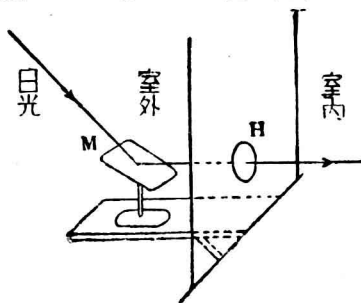
幻燈裝置 (一)導日光入室，可用日光反射鏡，但此鏡不但價昂，而且面積小，支柱短，不能突出窗外，反爲不便。所以照圖取較大的平面鏡M，支在架上，載於板面，這板長約三尺，探出窗外，下用兩棒撐持，使成水平。次上下鏡面，使保持適當的位置，要恰能導日光至室內的一定方向，此後就可不必移動。如果經時過久，日光漸漸移轉，只要稍變鏡面的位置，這是很易調節的。

(二) 實物反射幻燈的要部，如次頁附圖。做一只木箱，一方裝一凸透鏡（映射透鏡） $L_2$ ， $L_2$ 裝在圓筒上面，插入箱的上部，這樣和實物P、Q間的距離，可以自由加減。大約 $L_2$ 和實物P、Q間的距離，要比 $L_2$ 的焦點距離稍大。 $M_1$ 是導入日光用的平面鏡，面積要較大才好。 $M_2$ 是照明實物用的平面鏡， $M_3$ 是映射用的平面鏡，這兩面鏡不妨較小。

(三) 用一幅布幕，張在室內適當的地方，和普通幻燈用的相同。

(四) 反射幻燈要在暗室內映射。採光孔H和集光透鏡

$L_1$ 間，不可漏入日光，否則室內映射的形像不明，所以H和 $L_1$ 間，用厚紙做一圓筒罩好。由H通入的日光，經過圓筒，投射在 $L_1$ 上。用這方法，圓筒不妨稍長，幻燈機的位置，也不必緊傍採光口，所以映射時，幻燈機可隨意檢適當的地方放置。

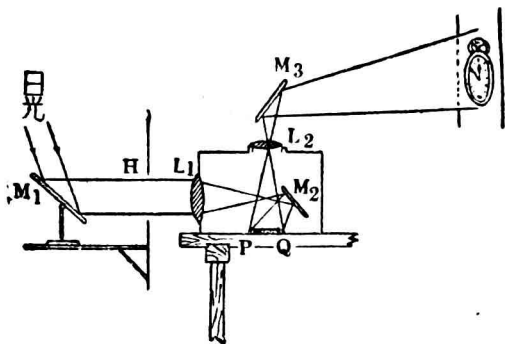


方法 待映的東西，像花、蟲、時計、繪畫等，放在箱內 P Q 的位置，當  $M_1$  將日光投射在集

光透鏡  $L_1$  上， $L_1$  就將光線集在箱內的一點。這光點適當反射鏡  $M_2$ ，所以又投照到物體 P Q 上。次上下移動映射透鏡  $L_2$ ，使定着在適當的位置，就生出實像來。這實像投於平面鏡  $M_3$  上，就反射到幕上，更稍稍移動透鏡  $L_2$ ，幕上就生出明晰的物像來。

備考 (一) 這種實物反射幻燈，只能於暗室內映射。像繪圖、畫像、小蟲的爬行、時計的轉動等，都能於幕上射出明晰的形像來。

(二) 反射幻燈的原理，和實驗第一百二十五所述的相同，就是用實物來代燭火，光線經過凸透鏡  $L_2$  後，就射到幕上。實物射出的光線愈強，幕上的物像愈明晰。所以要用凸透鏡  $L_1$ ，把光集照在物體上面。



(三) 日光是很好的光源。如實驗第一百二十五的幻燈裝置，用日光來代電燈，映像格外明晰，用日光幻燈時，取日光反射鏡，把日光導入室內，投在集光透鏡上面，照臨畫片，同時調節映射透鏡的距離，畫像就現於幕上。日光幻燈和反射幻燈不同的地方，就在缺少日光導入經路中的圓筒。

(四) 映射透鏡如用焦點距離較長的兩個凸透鏡組合起來，結果更好。

### 第一百二十八 日光顯微鏡

**準備** (一) 普通顯微鏡一架、凸透鏡一個、日光反射鏡一面、稜鏡一個、布幕一幅

(二) 顯微鏡中觀察的實物，如細菌、蝶翅的鱗粉、濃食鹽水等。

**方法** (一) 映·射·細·菌。把細菌放在載玻片上，調節顯微鏡，使生出明確的擴大像來。

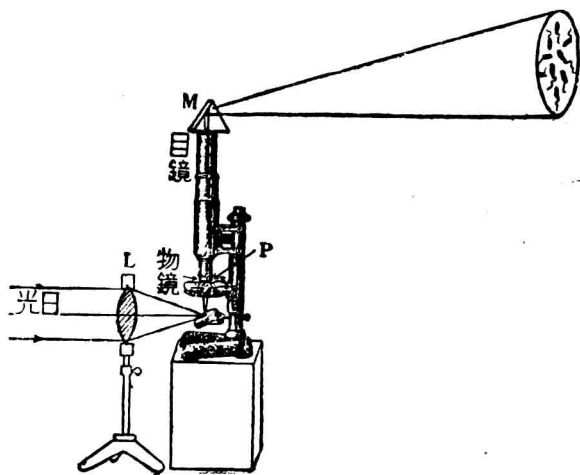
(二) 在暗室內，用實驗第一百二十七的裝置，取日光反射鏡一面，將光線導入暗室，投射於凸透鏡 $L$ 上面，使光線集於焦點。調節顯微鏡下的凹面鏡，要一方適當 $L$ 射出光線的焦點，一方將光線全部送入顯微鏡裏，使上面生出明瞭的擴大像來。在目鏡的上方，放一個



普通稜鏡M，M把下面送來的物像，完全反射至幕上，這時稍些調節顯微鏡的上下距離，就能生出明晰的像來。這樣裝置，可使一架顯微鏡上的物像，多數人都能夠看清。

(三)映·射·食·鹽·的·結·晶 顯微鏡的載玻片上，加濃食鹽水一點，起初但見流質，隔了不久，水分漸漸蒸發，食鹽水達到飽和狀態，就慢慢析出結晶，這種結晶狀態，可於幕上看出。

備考 (一)學校內教授自然科學，必須用到顯微鏡。但小學校內，學生數多，顯微鏡少，有時不夠分配，如果輪流觀察，不免耗費時間，所以應用這種裝置，可在同一時間內，使多數人能夠觀察清楚。非但減少麻煩，並且格外有



趣。

(二)食鹽結晶的漸漸成長，可說是一種奇觀，這種微妙作用，是人們日常所忽略的，現在放大了看，真覺得趣味無窮。不僅食鹽，其他晶體自溶液中析出時，都有各種特異的形態，諸君不妨試驗一下。