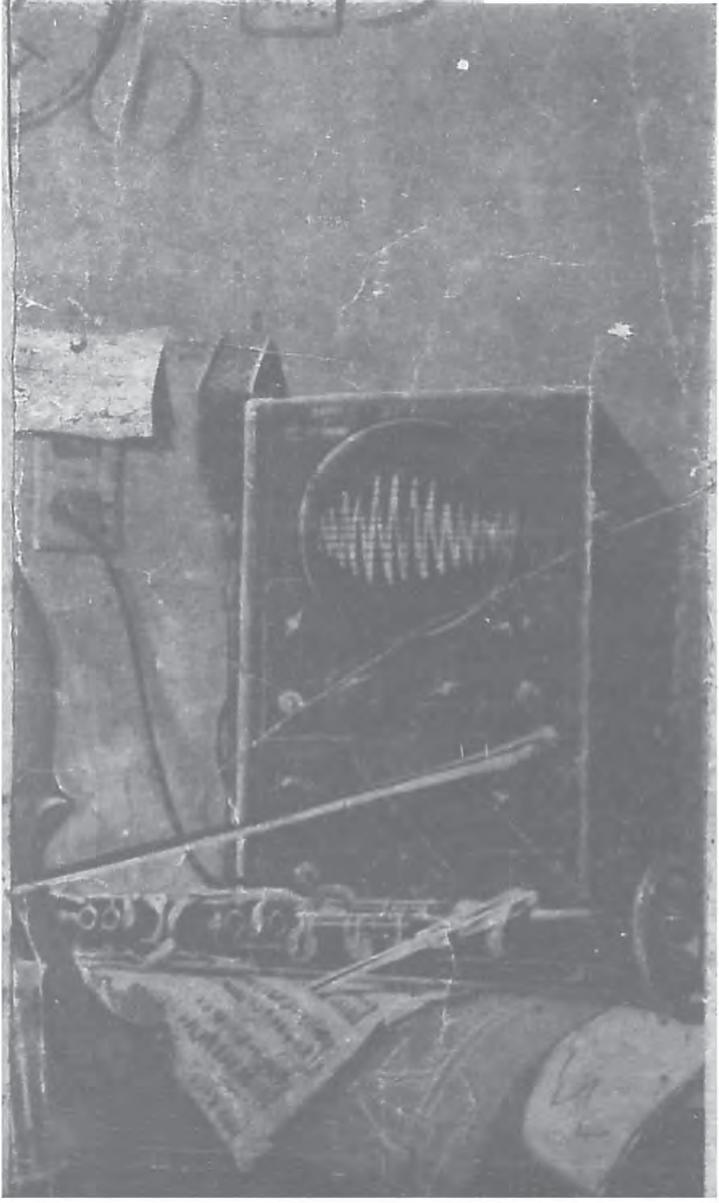


物理遊戲



# 物 理 游 戲

南京市立 人 楊 孝 化 館 編
登記號
分類號
著者號

530  
1643

書  
已收到

書  
已收到

書  
已收到

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司 印 行  
上 海

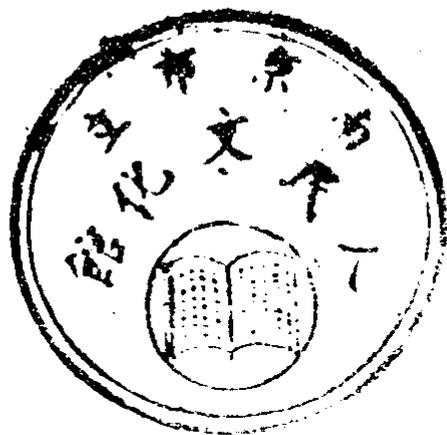
# 叙 言

科學畫報編輯部王常先生曾編過一本化學遊戲，很能引起少年們從事化學實驗的興味和熱情。本書便是化學遊戲的姊妹書，也是從歷年科學畫報中採集材料而編成。

這本書雖是稱做「物理遊戲」，但是物理學最重理解和觀念，所以對於每一個遊戲，都把它原理解簡單說明，使少年們做過一次遊戲或實驗，不但知道怎樣動手做，而且能知道它的所以然，從趣味獲得知識，這是編本書的一個目的。

本書不但可供一般人的消遣，若初級中學學生採作物理學課外試驗的指導，或小學教師利用來作兒童集會時的表演，我認為是最適當而有價值的。

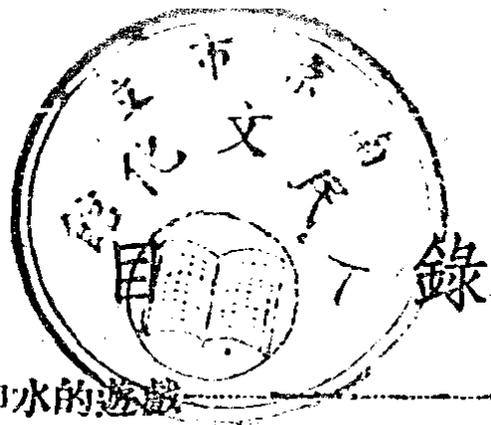
本書承楊逢挺先生搜集資料，並作初步之編排，特此誌謝。



楊孝述

三十五年六月





第一章 空氣和水的遊戲 ..... 1

一. 玻璃吸水..... 1	十六. 隔瓶滅火..... 9
二. 玻璃吞蛋..... 2	十七. 水壓噴泉..... 9
三. 瓶中取蛋..... 2	十八. 覆杯盛水..... 10
四. 玻璃吸唇..... 3	十九. 虹吸管..... 11
五. 玻璃汲水..... 3	二十. 衝石不落..... 11
六. 氣壓助吸..... 4	二十一. 浸糖不濕..... 12
七. 玩具噴泉..... 4	二十二. 水底火山..... 12
八. 氣球翻身..... 5	二十三. 蛋殼汽船..... 13
九. 膠布進杯..... 5	二十四. 金魚浮沉..... 13
十. 蘿蔔吸盤..... 6	二十五. 舞水不濺..... 14
十一. 皮吸石塊..... 6	二十六. 木球拋空..... 16
十二. 蠟燭抽水機..... 7	二十七. 不觸而動..... 15
十三. 火柴入水不濕..... 7	二十八. 使沉者浮..... 16
十四. 寧斷不覆..... 8	二十九. 不上不下..... 16
十五. 欲離反合..... 9	

第二章 力學遊戲 ..... 18

(一) 慣性遊戲 ..... 18

一. 抽杯不動..... 18	五. 抽圓不滾..... 20
二. 擊圓離堆..... 18	六. 豆粒入瓶..... 20
三. 擊棋離堆..... 19	七. 空中劈果..... 21
四. 抓住落物..... 19	八. 拉書不落..... 21

(二) 平衡的玩意兒 ..... 22

一. 瓶口立圓..... 22	五. 橫掛酒瓶..... 24
二. 針尖立圓..... 22	六. 棒端掛桶..... 24
三. 針尖頂碟..... 23	七. 棒端持杯..... 25
四. 瓶口立蛋..... 23	八. 杯邊疊杯..... 25

九. 針尖轉圓	25	十五. 杯水燭臺	28
十. 斜面走叉	26	十六. 複雜平衡	29
十一. 刀片托碗	26	十七. 不倒翁	29
十二. 指上豎筆	27	十八. 滾筒自回	30
十三. 雙刀旋舞	27	十九. 倒行逆施	30
十四. 銀圓旋動	28		
<b>(三) 身體平衡的玩意兒</b>		<b>31</b>	
一. 仰踢匣	31	四. 點火難	33
二. 俯推匣	32	五. 舉足難	33
三. 踞推匣	32	六. 拾物難	34
<b>(四) 沙的平衡</b>		<b>35</b>	
一. 圓錐沙堆	35	三. 壓紙不破	37
二. 擊蛋不碎	36	四. 洋鐵罐的試驗	37
<b>(五) 力和動</b>		<b>38</b>	
一. 洋燭蹺蹺板	38	三. 離心力的玩意兒	39
二. 反動力	39	四. 萬有引力	41
<b>(六) 分子力的玩意兒</b>		<b>42</b>	
一. 表面張力	42	七. 布條灌花	46
二. 水面浮針	43	八. 隙間水壁	46
三. 肥皂動力	43	九. 浮木圍聚	47
四. 肥皂推進機	44	十. 浸指不濕	47
五. 液質蔓延	44	十一. 凹升凸降	48
六. 布塊浸沉	45	十二. 一引一斤	49
<b>第三章 熱學遊戲</b>		<b>50</b>	
一. 受熱膨脹	50	七. 銀幣活躍	53
二. 豎針推斜	50	八. 取出瓶塞	53
三. 直棒變曲	51	九. 受熱收縮	54
四. 膨脹蹺蹺板	51	十. 傳熱比賽	54
五. 喇嗒鐵	52	十一. 傳熱比賽的又一法	55
六. 玻璃杯自走	52	十二. 炭火燒不焦的手帕	55

十三. 水不導熱	56	二十. 銅板上印圖	59
十四. 紙杯煮水	56	二十一. 人造霧	60
十五. 吸熱	57	二十二. 人造露	60
十六. 金屬拒熱	57	二十三. 人造霜	61
十七. 壓縮生熱	58	二十四. 物質不滅	61
十八. 截冰不斷	58	二十五. 能的轉變	62
十九. 紙蛇跳舞	59	二十六. 熱的來源	62
<b>第四章 磁電遊戲</b>	<b>64</b>		
一. 神秘圖案	64	十七. 電流的奇怪來源	74
二. 試管磁化	65	皮膚電池——錢幣電	
三. 浮針布陣	66	池——舌頭電池——	
四. 黨同伐異	67	橘子電池——牛乳電	
五. 磁針傾斜	67	池	
六. 熱能驅磁	68	十八. 檸檬電池	76
<b>靜電的玩意兒</b>		十九. 電磁互生	77
七. 杯吸鷄毛	69	二十. 磁鐵斥陀螺	78
八. 筆管弄蝶	69	二十一. 磁鐵斥線卷	79
九. 浪蝶離合	70	二十二. 電鞦韆	79
十. 盤邊出火	71	二十三. 載沉載浮	80
十一. 茶匙發電	71	二十四. 「無錄」電話	82
十二. 鑰匙發火	72	二十五. 看交流電交流	83
十三. 誘蝶飛集	72	二十六. 交流變直流	83
十四. 鐵皮發電	73	二十七. 鐵滅燈火	84
十五. 荷電得「能」	73	二十八. 刺激視神經	85
十六. 紙錐跳舞	74	二十九. 控制肌肉	85
<b>電流的玩意兒</b>		三十. 水的電解	87
<b>第五章 聲學遊戲</b>	<b>89</b>		
一. 彈杯發聲	89	四. 振動生波	90
二. 振動發聲	89	五. 聲的圖案	91
三. 細線奏樂	90	六. 波節	93

七. 用手撥聲	94	十二. 汽車喇叭	97
八. 捕集聲音	94	十三. 聲的反射	97
九. 固體傳聲	95	十四. 簡單的微音器	98
十. 繩子送聲	95	十五. 聲的共振	98
十一. 玩具電話	96		

### 第六章 光學遊戲 100

一. 光走直線	100	十三. 視覺暫留	110
二. 壁上奇影	100	十四. 隔掌看物	111
三. 木物人影	102	十五. 猛虎進柙	112
四. 水中燃燭	102	十六. 小鳥入籠	112
五. 隔牆看戲	103	十七. 光點倒動	113
六. 黑球發銀光	104	十八. 不轉而轉	114
七. 用鏡燒紙	105	十九. 車輪倒轉	114
八. 光的屈折	106	二十. 反旋輪影	115
九. 光柱彎折	106	二十一. 忽現忽滅	116
十. 海市蜃樓	107	二十二. 七色合成白色	118
十一. 樹膠顯微鏡	109	二十三. 眼睛受騙	119
十二. 兩眼合作	110		

### 物理遊戲雜組九種 123

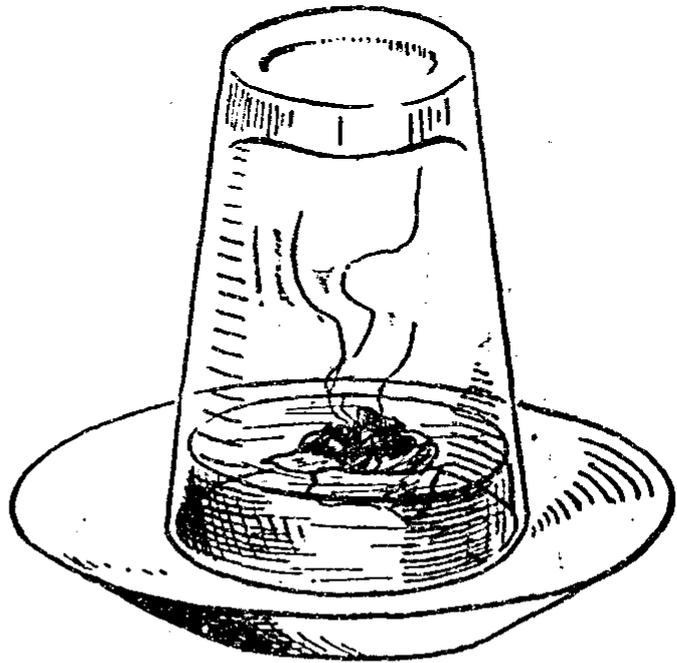
一. 烟圈	123	六. 永動機	125
二. 茶匙奏樂	123	七. 吹不走的卡片	125
三. 神秘虹吸	123	八. 脈動議	125
四. 火鏡開砲	123	九. 釘針入錢	126
五. 錢翻勛斗	124		

# 物理遊戲

## 第一章 空氣和水的遊戲

### 一. 玻璃杯吸水

在一隻小的紙片盤內盛約半盤的水。把一個燃着小紙團，放在水面上。然後立即取一只玻璃杯倒立於盤中，把紙團罩在杯內。一會兒，即見紙團熄滅，而盤裏的水完全被「吸」到玻璃杯內。這時你如果把玻璃杯拿起，小盤亦可被「吸」於杯口上不落。(圖一)



圖一 水在杯內升起

原理很簡單：當紙團在杯口下燃燒時，杯內空氣受熱膨脹而排出一部份；及至杯口蓋着水面，火焰漸熄，杯內空氣溫度降低，壓力即減小，因而杯外較大的大氣壓力便把水壓入杯內，且盤下的大氣壓力可把盤壓附於杯口上。

我國世俗醫病用的火罐，能放在額上吸住皮肉而不跌落，也是這個道理。

## 二. 玻璃瓶吞蛋

依據這個原理，你還可以做一個驚人的表演。取一個大號



無殼的卵慢慢的鑽入細口瓶

■二 去殼的熟雞蛋慢慢地鑽入細口瓶  
性的蛋慢慢塞入瓶  
中所致。(圖二)

玻璃燒瓶，和一個去殼熟雞蛋  
放在桌上。燃着一條紙，投入  
瓶中，從容地把雞蛋塞在瓶口，  
蛋的較小的一端向下。這蛋會  
慢慢地自己收縮而埋下，鑽過  
瓶頸，終於落入瓶內，看去好  
像那瓶是一個活貨，張口把雞  
蛋一步一步地吞下一般。其實  
是因為瓶內的空氣壓力業已減

小，瓶外的大氣壓力乃把有彈



## 三. 瓶中取蛋

上面已經說過，要將熟蛋放入細口  
瓶中，先剝去其殼，取紙點火後放入瓶  
中，把蛋塞於瓶口，於是蛋即被外面的  
大氣壓力壓入瓶中。若欲將蛋取出，可



■三 將蛋從瓶中吸出

將瓶倒置，把瓶口罩着嘴唇，如圖三所示，用力吹氣入瓶，空氣壓力即可使蛋跑出。

#### 四. 玻璃管吸唇

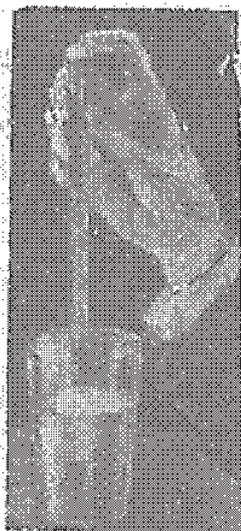
這裏還有一個試驗說明空氣壓力。這一個試驗大約我們都常常做過的。一個管子或一個空筆套，下端閉塞，把牠放在口內一吸，然後移到上嘴唇上。這樣管子或筆套的上端口就能把唇上的皮肉吸進，而管不落下(圖四)。因為管內的空氣被吸走了，圍着管外的大氣於是把管子托着。



圖四 一端閉口的管懸在嘴唇上

#### 五. 玻璃管汲水

還有一個說明空氣壓力的試驗，見圖五。把一根玻璃管放在一杯水內，讓牠裏面裝滿了水，用指頭按住玻璃管的上端。拿起來之後，讓牠的下端開着。假使你的指頭按住不放，管內的水永遠不會掉下來。這是因為管底下大氣的壓力把水托着的



圖五 玻璃管汲水原故。

## 六. 氣 壓 助 吸

在一杯橘水裏插入麥稈一根，用口吮吸(圖六)，因為稈管中空氣被吮吸而抽除，所以杯中液質就被液面上空氣壓力擠入稈



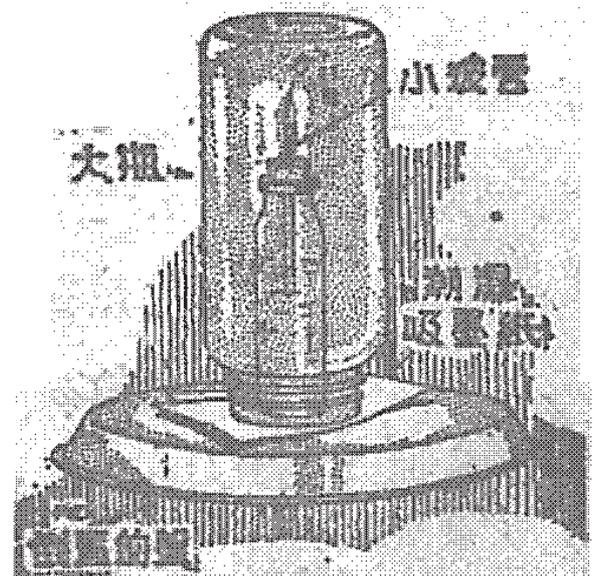
圖六 用麥稈吮吸橘汁時，大氣壓力把橘汁送入口內。

管，一直送到口裏。設使杯子裏有一粒橘核碰到麥稈的底口，再用力吸，杯子裏的橘汁溶液就不能再升到稈裏了，因為大氣壓

力先把種子塞住稈口，就不能把橘液送進去。

## 七. 玩 具 噴 泉

拿一只小玻璃瓶，盛滿着水，塞上一個一孔軟木塞，孔中穿着一段尖嘴細玻璃管，尖口向上。把這個瓶立在幾層的潮濕吸墨水紙上。而後拿一只大玻璃瓶到置于火焰上烘熱，立刻把牠罩在小玻璃瓶的外面，大瓶的口和吸墨紙之間不可漏氣。等到大玻璃瓶冷卻時，



圖七 噴泉

就可看到小瓶內的水由玻璃管中噴出了(圖七)。這是因為此時大瓶內的氣壓減小的緣故

## 八. 氣球翻身

在細頸瓶內盛一些水,把牠放在火上煮沸。當沸騰到半分鐘之後,就把瓶離開火焰,隨即將一個玩具氣球的口套緊在瓶口上,則見氣球向瓶內縮進。這是因為瓶外的空氣



圖八 左;氣球縮入瓶內 右;脹出瓶外。

壓力大於瓶內的緣故。現在若把這瓶再放到火上煮沸,則瓶內空氣體膨脹而復把氣球推出(圖八)。



圖九 空杯烘暖後覆在紙或布上面,杯子冷了之後能把布吸入。

## 九. 膠布進杯

另一試驗空氣壓力的方法,可取一隻空玻璃杯烘暖後,覆在一方光滑而不透氣的紙或膠布上面。這時候杯裏稀

薄的空氣漸冷而凝縮，杯裏造成一部分的真空，外面的大氣壓力就自然的把布壓入杯內。

## 十. 蘿 藤 吸 盤

取一只蘿藤，橫剖為二，將有尾的一半壓在一只洋鐵或磁瑯盤中心上如圖十。而後你就可拿住蘿藤的尾而把盤提起



圖十 用蘿藤把盤吸起。

了。這時因為大氣壓力把盤壓着蘿藤，故不會脫落。

## 十一. 皮 吸 石 塊。

關於大氣壓力，我們還可以用一塊小的皮吸盤來實驗。取一塊圓盤形的皮，在中心地方繫一條粗繩，次將皮在水中浸濕，使它柔軟，并用



圖十一 用一塊圓盤狀橡皮，在中心點繫着一繩，用水將橡皮潤溼以後，壓到一塊平的石頭上，可以把石頭提起來

脚將它踏平，使附着在一塊石頭的面上。這時若用手拉繩，非有巨大的力，不能把皮從石上分開。這時因為皮和石的中間，沒有空氣，皮的外面，有每平方吋 1.47 磅的大氣壓力壓着，故不易將皮從石上分離開來。

## 十二. 蠟燭抽水機

在左邊的一個玻璃杯內置少量的水和一支燃着的燭。杯口上塗一層豬油，再用一片穿有一根橡皮管的紙板蓋沒。橡皮管的另一端浸入



圖十二 蠟燭抽水

右邊另一玻璃杯內的水中。這樣裝置後，右杯中的水會由皮管流入

左杯中。這是因為左杯中的氣壓已小於大氣壓，右杯水面上的大氣壓乃得把水推過橡皮管而流入左杯。



圖十三

## 十三. 火柴入水不濕

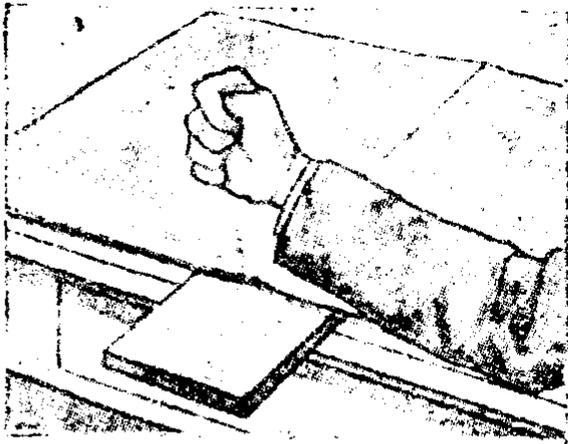
浮一個軟木塞在筒內的水面上，軟木上放

一根未擦過的火柴。用一玻璃杯罩在木塞和火柴上，徐徐把杯壓下，達到桶底。而後將玻璃杯提出，則見木塞上火柴仍乾燥如初，一擦即着。這是因為杯內的空氣壓力已把水從軟木塞周圍排出之故。

#### 十四. 甯斷不覆

又一有趣的試驗，表示空氣的壓力。拿一條一米長，約15厘米闊的木板置於桌上，伸出桌外約十餘厘米。然後拿一張報紙，張開覆在上面。

用手臂壓緊報紙後，將木板伸出的一端急力向下推移。吾們初意木板必然顛覆墜於地上，結果木板情願斷裂而不顛覆。



圖十四 空氣壓力阻止木塊顛落於地上

這是因為空氣在報紙上每平方米有一千仟克的壓力。當吾們把這木板急力推移時，空氣無暇衝入報紙與木板之間，結果板的另一端欲向上抬起，而報紙上甚重的大氣壓力堅令

牠向下。當然，推移時必須急速，否則此試驗即不能成功。設吾們推移遲緩，並力壓木板的時候，空氣就乘機進入紙下。報紙上下兩面的空氣壓力均等，木板就要顛覆了。

## 十五. 欲離反合

小朋友，你或許認為把一縷空氣吹入懸掛的兩個檯球中間，它們必然被吹氣所推開的。其實因氣流在兩球間急速衝過，造成局部真空，兩球反而互相親近起來呢，豈不是一個很好的玩藝兒！

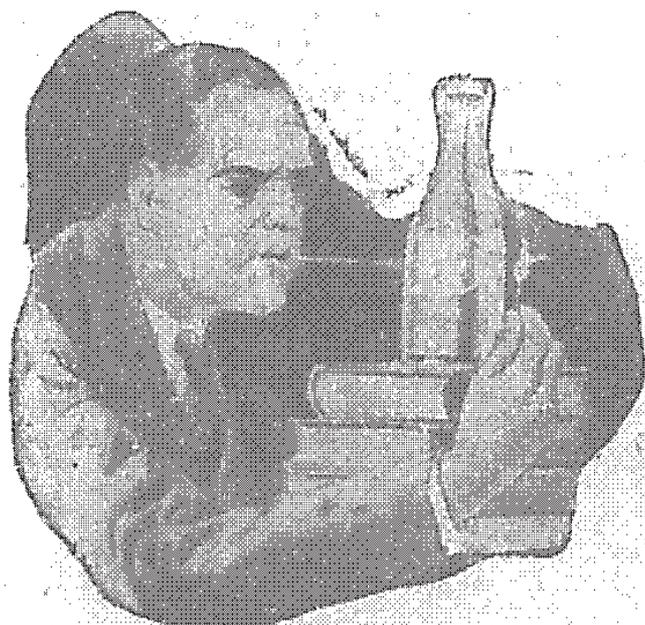


圖十五 兩球間的真空使它們合攏

## 十六. 隔瓶滅火

取一玻璃瓶，前面置一擦着的火柴，如圖十六所示。倘由瓶後方用力對瓶吹氣，則火柴會被吹熄，好像所吹的氣能透過瓶子一樣。這是

一種渦流作用。

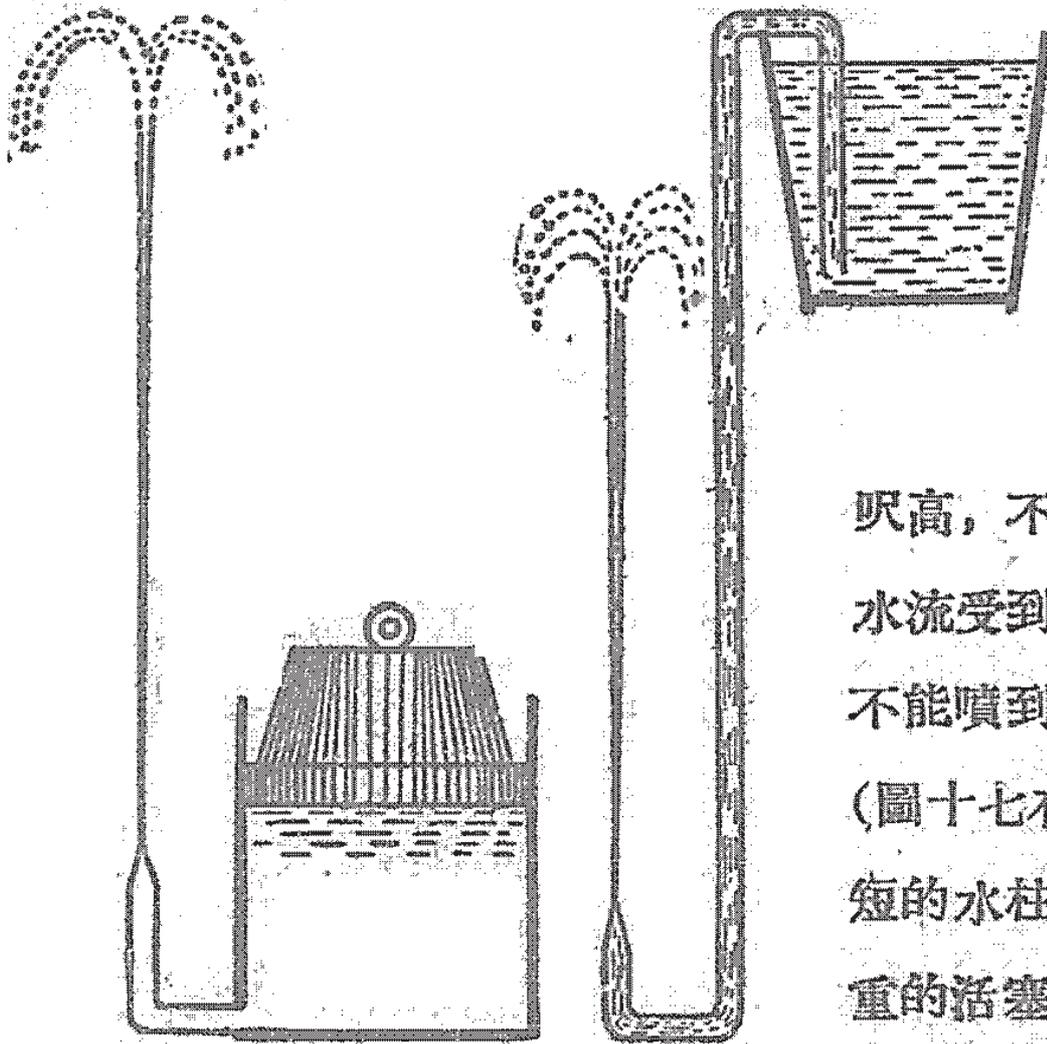


圖十六

## 十七. 水壓噴泉

一根水柱內每一層水把它的重力傳到它下面各層，所以水柱底上每一方吋面積上所受的重，等於水柱的高乘水的密度。假使這根水柱高34呎，那麼

底上「每一方吋所受到的重」，即壓力，大約是十五磅。倘使在這



圖十七

水柱底上連  
通一根短管  
，就有一股  
水從管口噴  
出，達到34

呎高，不過在實際上因  
水流受到管壁的摩擦，  
不能噴到像水柱一樣高  
(圖十七右)。若在一個  
短的水柱頂上壓着一個  
重的活塞(圖十七左)，  
和水管密切而不被水漏

過，這活塞的重量也能在水柱底上發生同樣的壓力，而使連通的  
短管中噴出一股水。活  
塞越重，噴水越高。

### 十八. 覆杯盛水

用一只玻璃杯盛滿  
着水，在杯口上蓋着一  
張硬紙，紙和水之間不



圖十八

可留有氣泡。然後用右手拿杯，左手托紙，迅速地把杯倒轉，再把左手從紙拿開，即見水仍留在杯中不落，好像被紙托住一般。這是向上作用於紙的大氣壓力，大於向下作用於水的重力的緣故。

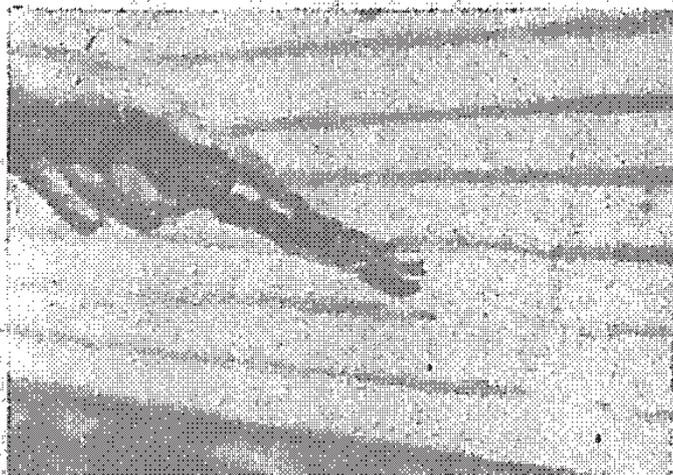
## 十九. 虹吸管

這裏有一個試驗，是用虹吸的方法說明大氣的壓力。用一根長橡皮管把牠浸在臉盆水內，讓水灌滿橡皮管。把有水臉盆放在一個較高的地方，再在下面放一個空臉盆。橡皮管的一端放在有水的臉盆內，另一端用手夾緊不要讓水流出來，等到這一端靠近空臉盆時，再把手指放開。於是上



圖十九

面臉盆的水，由橡皮管內源源不絕地流到下面臉盆中，直到流完為止。虹吸管的彎頭雖高出上盆水面數尺，水流亦不停止，更可使觀衆驚奇。



圖二十 似乎矛盾的壓力現象。

## 二十. 衝石不落

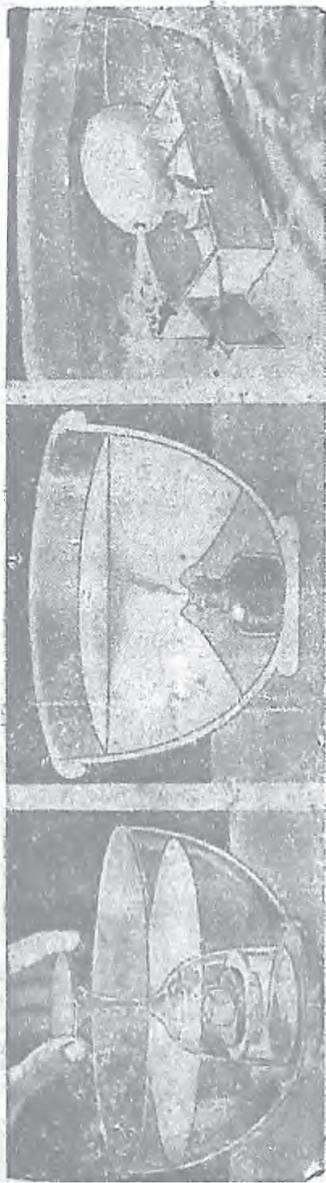
如果你在噴水皮管的管口放一個普通的石彈（圖二十），石彈可以不被水流衝落。這不

是和壓力相矛盾嗎？不，因為噴口水流速率增大，壓力減小，外面的大氣壓力在推住石彈。

## 幾個用水的玩意兒

### 二十一. 浸糖不濕

此處所述幾種試驗，祇須用日常用的清水，和簡單的器具，便可做出極有趣味的科學試驗。如圖廿一，用玻璃碗盛着八分滿的清水，取一玻璃酒杯覆入水內，即見酒杯內水面低於碗內水面，此因酒杯覆入時貯有空氣之故。應用此項原理，可取糖一塊置於軟木片上浮在水碗內，乃將玻璃杯覆上，此時可見浮着的糖塊雖低於碗內水面而仍不被浸濕，取出玻璃杯則糖塊仍乾燥如前。



圖廿一 糖塊在水面之下面仍乾燥。圖廿二 一個水底火山。圖廿三 有蛋壳汽鍋的模型汽船。

### 二十二. 水底火山

另一有趣的試驗，可於玻璃碗內製出一雛型火山如圖廿二。其法在小瓶內貯紅色輕質酒精，用軟木塞蓋緊並。

於塞頂垂直鑽一小孔，置在碗底，用黏土將小瓶塗成山狀，僅於山頂（塞孔處）留一缺口。乃將玻璃碗滿盛清水，略行震盪，即見土山噴火口處噴出紅色酒精，狀如火山的煙火光焰。蓋因水的比重大於酒精，故將酒精自下擠上。

### 二十三. 蛋殼汽船

圖廿三，用硬紙製成船型一具，再取蛋殼二枚，可製成自動的小汽油船。紙船接合處須用火漆封嵌完密，使不漏水。在船尾上用小針繫一舵板。用細鐵絲二段，腹部彎曲，攔於船緣，以爲空蛋殼之支架。蛋殼僅在尖端鑽有一小孔。貯半蛋殼清水於其內，使蛋殼橫置鐵絲支架上時，水面適與蛋孔齊平。該項蛋殼即爲汽船之鍋爐。

蛋殼放在鐵絲架上，其尾端細孔適對向船尾，較船緣面略高一些。再於蛋殼底下另用剖開蛋殼半個，襯以軟木圈，膠於船底上面。此剖開的蛋殼即爲燃燒汽鍋的火盆，灌火酒於內。用火燃點火酒後，即以此紙船置於盛水的浴缸內。上面蛋殼內的水受熱沸騰，蒸汽自殼尾射出，船身即因蒸汽反動力關係向前駛行。

### 二十四. 金魚浮沉

蛋殼與水，更可做成一有趣的試驗，如圖廿四。取雞蛋一枚，在尖頭鑿一小孔，吸出其蛋質，於一端繪二魚目。更用紅布製成

魚身形狀，套於蛋壳，膠牢，即成一人造金魚。蛋壳內貯水半滿，並加入鐵砂少許，使蛋壳能直立而浮於水中。蛋壳小孔向下，置

於水瓶之內，使適能浮定，隨以橡皮蒙於瓶口，緊緊紮住。用手掌壓緊或放鬆瓶口之橡皮，則瓶內金魚將隨之浮沉作游泳之狀。此因手掌壓下時，瓶內空氣壓力增高，能令少許水量流入蛋壳，故重量增加而下沉；迨壓掌鬆却，瓶內空氣壓力減小，水自蛋壳流出，於是金魚復浮起。現代潛水艦之能浮沉，亦因此理。



圖廿四 用蛋壳製的活動魚。

圖廿五 離心力試驗。

## 二十五. 舞水不濺

圖廿五，拿水半杯，手臂伸直，用力旋舞之，雖將水杯傾側，而水不外濺。此蓋因水在旋轉的時候，其離心力勝過地心引力，故水不下墮。

## 二十六. 木球拋空

圖廿六，用玻璃瓶一個，具有緊密的軟木塞，軟塞中間穿孔，使能插入漏斗的頸管。先將漏斗插入軟木塞孔中，於接合處設法膠固，使不漏氣。乃貯水半瓶，水中注入鹽酸數滴，並加入一小包噴騰劑。急將瓶塞連漏斗塞住瓶口，復於漏斗內置入二三個軟木小球。這時瓶內加入之蘇打，重碳酸鹽和鹽酸即起化學作用，同時洩放二氧化碳氣。當二氧化碳氣自漏斗頸管噴出時，將軟木球向空拋起，繼續不墜，頗為奇觀。



圖二十七

## 二十七. 不觸而動

這與第二十四節的試驗不相同。先把水灌滿一個玻璃瓶使溢，再把一個納有小重物的封閉膠管置在水中（圖廿七右下角，膠管即醫生用來裝藥粉以便病人吞服的管）。管內所裝重物在使管的全部比同體積的水略重，但

超出的重量愈小愈妙，重物應裝多少即以此為標準。把軟木塞塞入瓶頸，然後用手壓下。當水受壓迫時，密度略大，於是這個膠管便緩緩地上昇，當你把壓力解放時，它又復沉下。



圖二十八

## 二十八. 使沉者浮

取一個實心橡皮球，以能夠沉到水底為度。將球沉入一玻璃杯中，另外把鹽漸漸加入水內。鹽溶液的密度漸漸濃厚，至超過球的密度時球即浮起。從這個試驗可以知道溶液密度愈大，浮力也愈大。

## 二十九. 不上不下

這是一個比重的試驗。取一只高玻璃瓶，盛着約半瓶清水，放入一只雞蛋，蛋即下沉，因為雞蛋重于等容積的清水；用物理學的名詞說，就是蛋的比重大于水。現在取一只濾斗，在濾斗管上接着一根適宜長短



圖三 雞蛋懸浮於水中。

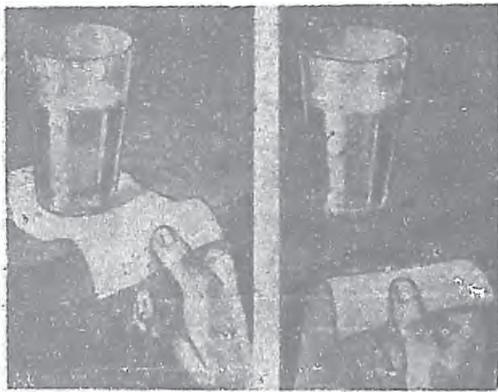
橡皮管，使濾斗插入瓶口時，橡皮管的下端恰達到瓶底。而後用極濃厚的鹽水徐徐從濾斗中注下，把瓶填滿。因為鹽水的比重大于清水，鹽水會留于瓶底，而清水即浮到鹽水的頂上。這時你就看到奇怪現象了：因為雞蛋比清水重，不會浮起，比鹽水輕，不會沉下，所以只好懸浮於清水和鹽水交界的地方。

## 第二章 力學遊戲

### 一 慣性遊戲

#### (一) 抽杯不動

有許多極有趣的簡便試驗可以用來證明物體的慣性。取一玻璃杯，盛水至四分之三高，置於光滑的檯上。杯和檯面間襯一



圖一 假使這張紙抽得很快，可以離開玻璃杯。

白紙片如圖一。先捏牢紙緣向前一鬆，使紙片變曲，於是驟然一抽。假使抽來很迅速的話，紙片脫離了玻璃杯而玻璃杯仍兀立在檯上沒動，其中水也不曾失去一滴。因為玻璃杯有靜的慣性，未嘗受到紙片極快地運動的影響。換言，

之，紙片的運動還來不及傳達到玻璃杯呢。

#### (二) 擊圓離堆

疊二十個銅元於桌上，使其中之一，例如末第六個，凸出在外(圖二)。另取一銅元豎立緊靠在凸出者之旁邊。以中指及大拇

指用力彈着這豎立銅元的邊上，於是凸出的銅元會向反對方向凸出，而在其上下的銅元還很齊整地放着。其理也不外乎靜的慣性，因為極快的一擊，其運動還不能從凸出的一銅元傳佈到其他銅元的身上。



圖二 用手指彈着兀立的銅元，會使凸出的銅元移向那一邊凸出，而這一堆銅元，並沒有倒下。

### (三) 擊 棋 離 堆

同樣的試驗，疊一堆棋子於桌上(圖三)。取一支尺，很迅速地擊去其中的一個。那末在其上面的許多便跌落在其下面的許多棋子上，仍舊齊整一堆，沒有絲毫變動牠的地位。



圖三 極敏捷一擊，能使其中的一枚棋子，脫離牠的一羣。

### (四) 抓住落物

圖四中的試驗可為集會中比賽之用。玩者將手臂向前平曲着，於接近肘

處疊五六枚銅元如圖，於是用力地將臂向下一宕，會抓住銅元，

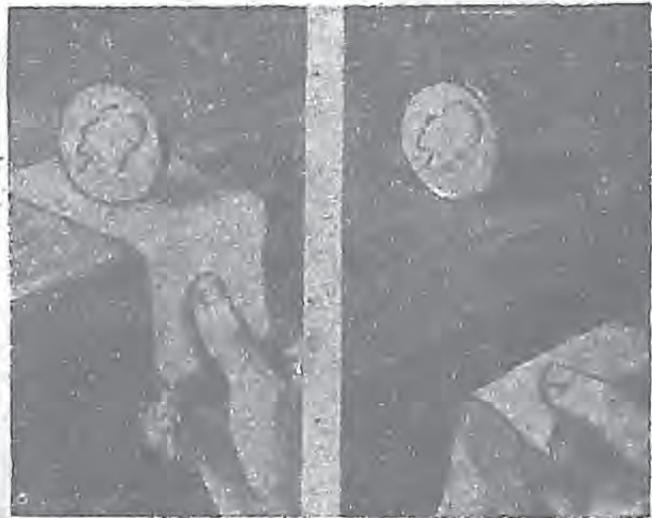


圖四 將手臂很迅速地向下一撤，吾們仍舊能夠抓住銅元，不致落地。

不致落地。這也是慣性作用。因銅元的慣性保持着靜的狀態，在一霎那的時間內，銅元不致即刻落下地去。這試驗的必要條件，必須運動迅速，才能達到目的。

### (五) 抽圓不滾

在第一試驗中，可以銀元代替玻璃杯，立銀元於紙上如圖五。於是極快地將紙抽去，則此銀元仍留在桌上。假



圖五 極快地把紙抽出，銀元仍兀立着。

使很當心地做，銀元非特留在桌上，且不變其位置。



圖六 軟木塞被刀擊去後，其上之豆即落於瓶內。

### (六) 豆粒入瓶

又一試驗；其儀器為瓶，軟木塞，和一粒豆。軟木塞倒置於瓶口，豆又置於軟木塞上，直對瓶口（圖六）。於是

刀或尺很急地擊去木塞，豆即落在瓶裏，毫未受到其他運動之影響。

### (七) 空中劈果

用刀切開蘋果一半，令刀夾在切縫內。然後一手握刀柄，另一手握拳疾擊刀頭如圖七，蘋果就在空中被刀完全剖開。這是因為蘋果有慣性，不肯離開它的老地位，拳擊刀頭，刀頭迅疾向下，而蘋果不肯向下，所以給刀劈開。



圖七

### (八) 拉書不落

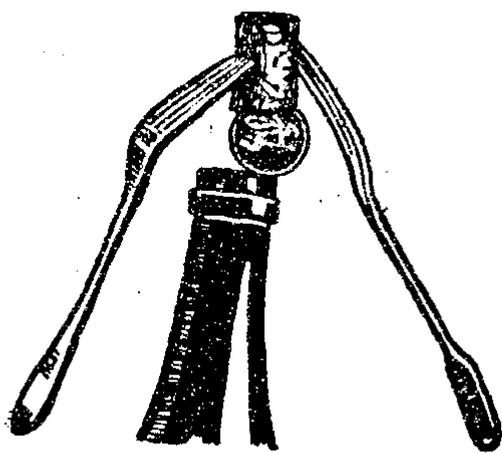
用一根線懸起一本書，在書下再繫着一根線。你拿着下面的線用力急拉，則下面的線就被拉斷，但書却因慣性的關係（原來靜止）而保持原位。



圖八 慣性的證明。

## 二. 平衡的玩意兒

我們知道,要平衡很穩定,必須使重心在物體的下部,愈低愈穩,否則容易顛覆。



圖一 瓶口上立銀幣

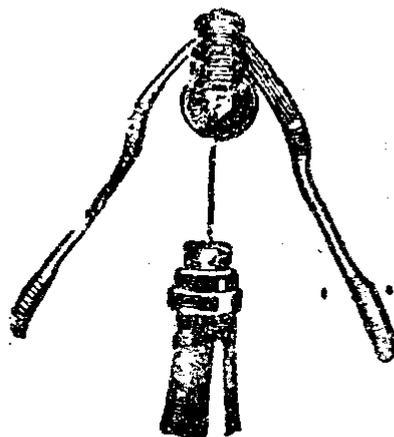
### (一) 瓶口立圓

用一個普通的酒瓶,內貯清水。另用一軟木塞,在底面上鑿一狹槽,嵌一銀幣。再在近木塞上端的兩旁,相對着插入兩個叉,成三十度的角度,這樣全體的重心已

移到銀幣的下面(圖一)。於是將嵌在木塞下的銀幣豎立在瓶口的邊上,就可以很穩定的站立。在這樣平衡狀態下,將瓶徐徐傾斜。瓶內的水瀉入玻璃杯中而銀幣在瓶頸上仍能保持平衡的狀態。

### (二) 針尖立圓

這樣的平衡試驗,略為改變一下,又成一種試驗。在瓶口木塞上豎立一根細針。再用上述試驗中所配製的銀幣等,將銀幣的邊緣豎立在針尖上(圖二)。銀幣也能很穩定的站立在針尖上,並且能夠

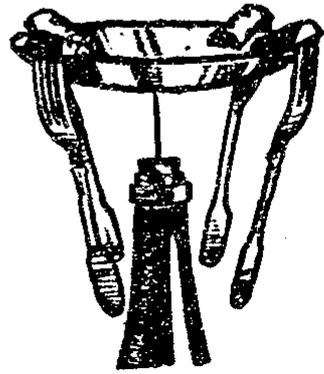


圖二 針尖上立銀幣

旋轉自如。

### (三) 針尖頂碟

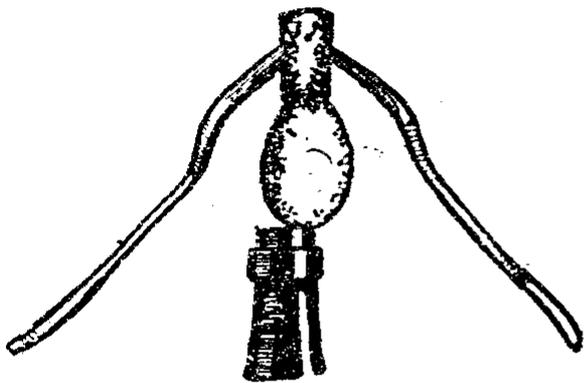
用一有塞的瓶子，在軟木塞上插一根針。再用兩個同樣大的木塞，各切成二半。每小塊的平坦面上，都截入一個叉的頭。於是將叉很均勻的懸掛在碟邊。然後仔細的把碟子平放在針尖上使達平衡的地位。碟子達平衡地位時並能旋轉，不失其平衡狀態(圖三)。



圖三 針尖上頂碟子

### (四) 瓶口立蛋

這試驗所用的材料仍然是玻瓶，木塞，叉以及蛋一只。先將

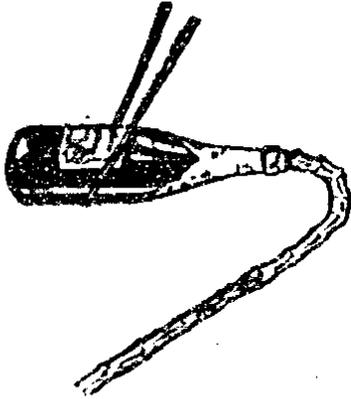


圖四 瓶口上立雞蛋

木塞的一面鑿一圓窩，使木塞能套在蛋的一端上為度，再在木塞上相對的地位截入兩把叉。於是將蛋豎立在瓶塞上，再將附着叉的木塞加在蛋上。這樣蛋就能直立在

木塞上(圖四)。

### (五) 橫掛酒瓶

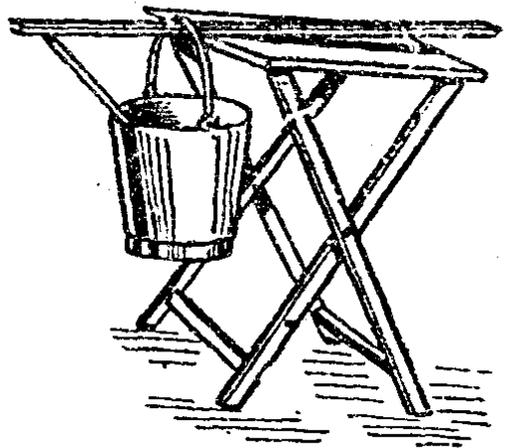


圖五 繩上橫掛酒瓶

這是一個很有趣的平衡試驗。我們只須備有一個普通的玻璃瓶和一支手杖或傘柄，和一根繩索就可完成這試驗。試驗的手續也甚簡單，只要將手杖彎曲的一端，插入瓶口內，瓶就可以很平衡的橫臥在繩索上(圖五)。

### (六) 棒端掛桶

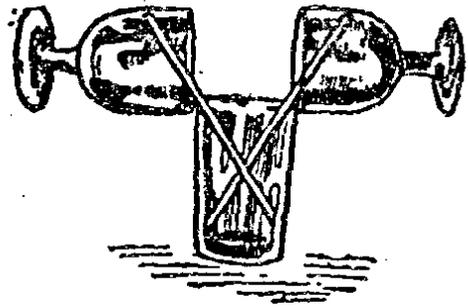
這個試驗看起來似乎很不穩當，其實試驗時如果仔細一點，並沒有什麼危險。所需的用具為一個普通的桌子，一只水桶，一根三四尺長的平面棒和一根較短的棒。先將長棒平放在桌上，使它長的三分之一伸在桌邊之外，然後將水桶懸掛在棒上，靠近桌邊。再將短棒一端插入桶底靠近桌面的一邊，另一端使它支撐着長棒伸出的一端上。這棒一端的下面有一槽，可將短棒嵌入，以免滑脫。而後在桶內盛着一部分水，水桶仍可保持牠的平衡(圖六)。



圖六 棒端上掛水桶

## (七) 棒端持杯

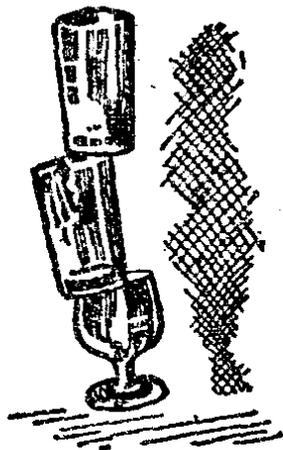
這個試驗並非完全是平衡的現象，它的主要部份是靠佈置適宜而能支持兩杯的兩根棒。這對棒可用細長的筆桿或筷子，先將它的末端修剪到適宜長度，然後交叉插在一玻璃杯中。棒的下端必須和杯底接觸，然後在上端各支撐一酒杯，如圖七所示。要它平衡，須將兩桿移動到適宜位置。



圖七 棒端上掛玻璃杯

## (八) 杯邊疊杯

幾位朋友會聚的時候，可利用吃汽水的玻璃杯來做一個平衡的試驗，以測驗各人的技巧。其法將三只玻璃杯累疊起來，上面的杯底豎立在下面的杯口上。這樣的試驗平衡，如果用兩只杯子那是很容易的，若用三只就要看各人累疊時的巧妙了。

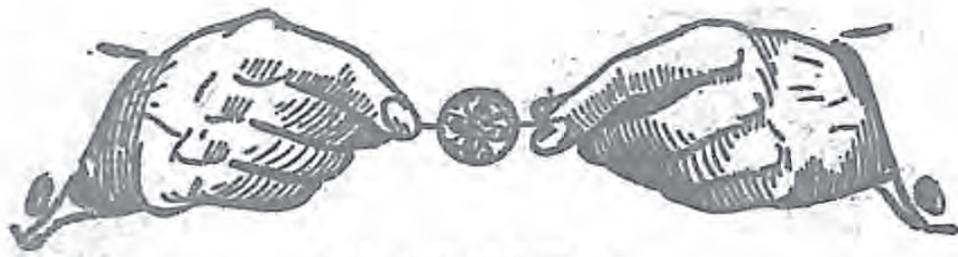


圖八 玻璃杯上疊玻璃杯

## (九) 針尖轉圓

只須備有兩只別針和一個銀幣，我們隨時可用來作一個平衡的試驗。我們兩只手中，各握着一根針。兩針尖戳在銀幣兩對

邊，提起時能保持平衡狀態。然後向銀幣的一面吹氣，於是銀幣



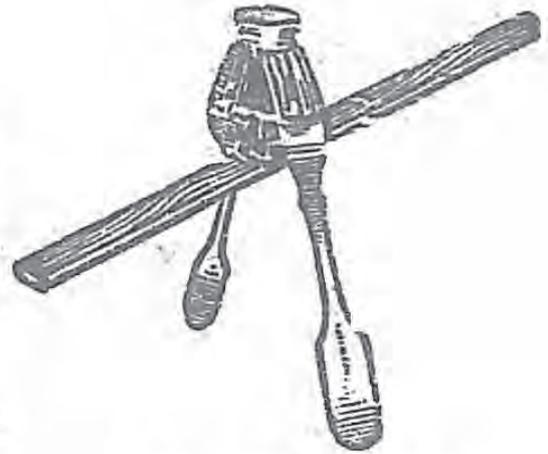
圖九 針尖上轉銀幣

就在兩針尖間，迅速旋轉，並不落下。如果用有凸邊的

銀幣來做這試驗，結果尤佳(圖九)。

## (十) 斜面上走叉

取一木塞，在其兩邊相對處抽入兩個叉，並使成適宜的角度。在木塞底面的中央，插着兩個圓頭釘，作為木塞的兩條腿。裝置後，將它放在一塊傾斜着的滑板的上端。於是它即



圖十 斜面上走菜叉

徐徐向下移動，而不失它平衡直立狀態(圖十)。待它移到板的下端，將板端的高下位置互調，它又能移動而回去了。



圖十一 怎樣把一只碗放在三把刀片上，但刀柄須擱在三只杯上。

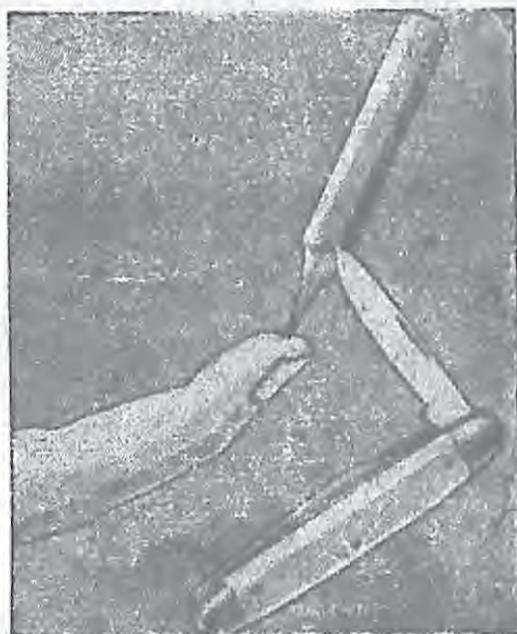
## (十一) 刀片托碗

有一個平衡的試驗，是要把一碗水放在三把西餐刀的刀片上，但這些刀的柄要分別擱在三

只玻璃杯上如圖十一。這目的不難達到，只須把刀片交叉着，即將每個刀片放在第二刀片的下面和第三刀片的上面即得。

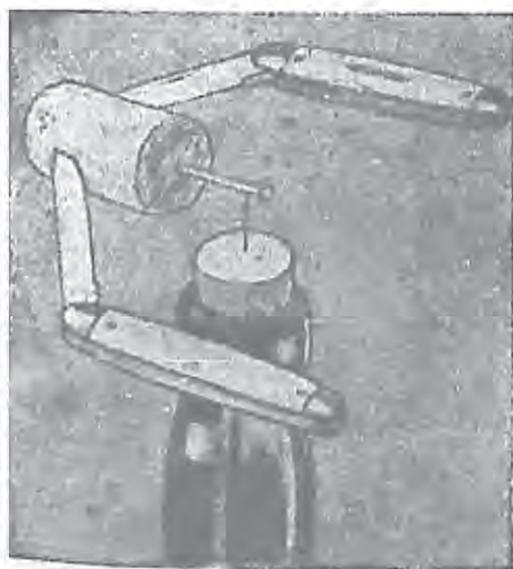
## (十二) 指上豎筆

拿一枝有尖頭的鉛筆，我們可以將牠的尖頭豎在我們手指頭上，而使牠平衡。但我們最好用一把裁紙的刀，如圖十二的情形，將刀展開一部分，使刀口戳入鉛筆，刀和鉛筆即會成一件東西，牠的重心在重的刀柄上，所以鉛筆可以很容易的平衡在手指上了。



圖十二 鉛筆豎在食指上

## (十三) 雙刀旋舞



圖十三 雙刀在針尖上旋舞

一個比較難些的試驗：拿一個普通的酒瓶塞子(軟木)，在牠頂面的中心點，戳一根針。當心這根針必須十分的垂直。於是將塞子塞在瓶口上。再拿一個相似的塞子，插一個粗釘或別針在牠的底面中心點。在這個塞子兩邊，將兩把同樣重的刀的刀口戳入。

倘使我們要將釘支在針尖上，我們可以將刀身和刀柄間角度放大些或小些，便能夠使釘在針尖上支持得很平衡（圖十三）。

我們吹動有釘和刀支持着的塞子，能使牠依着針尖旋轉。倘使針的質料比較釘要硬一些，可以將釘鑽成一個小孔。



圖十四 銀元平衡在針尖上

元便可以支定在針尖上，如圖所示。若將環吹動，可使全部在針尖上轉動，這根針若是尖銳的，可以將銀元鑽出一個小孔。

## （十四） 銀圓旋動

另一個很好的試驗是旋轉一個托在針尖上的銀元。我們將一根鐵絲，或一根電線，彎曲如圖十三的樣子。將平彎的一端，放置在銀元上，另一端的鉤子上，掛一個重環。倘若這組東西是平衡的，銀



圖十五 有水的杯子作燭臺

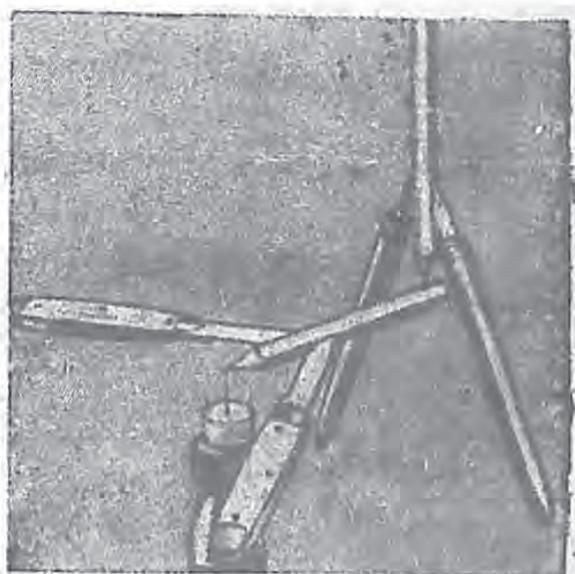
## （十五） 杯水燭臺

若我們手頭沒有燭臺，而要使點着的燭安全，可以用一個法子如圖十五。要燭能發亮光，必須豎浮在水面之上，但是重心不在

底部，是不穩定的。插一根釘在燭的底面中心。便同壓艙物一樣，牠的重心就移到底部了。

## (十六) 複雜平衡

有許多平衡試驗，我們自己可以發現。圖十六顯示另一個有趣味的試驗。我們截兩個同樣重的裁紙刀在鉛筆上，使牠平衡在截入木塞的針尖上。當全部位置確定後，可以平衡另一枝鉛筆，豎立在這一枝的它端。更可用兩枝有筆桿的鋼筆頭，對截在這豎立的鉛筆上，於是使全組的重心更降低，就十分容易使牠平衡。



圖十六 複雜的平衡試手

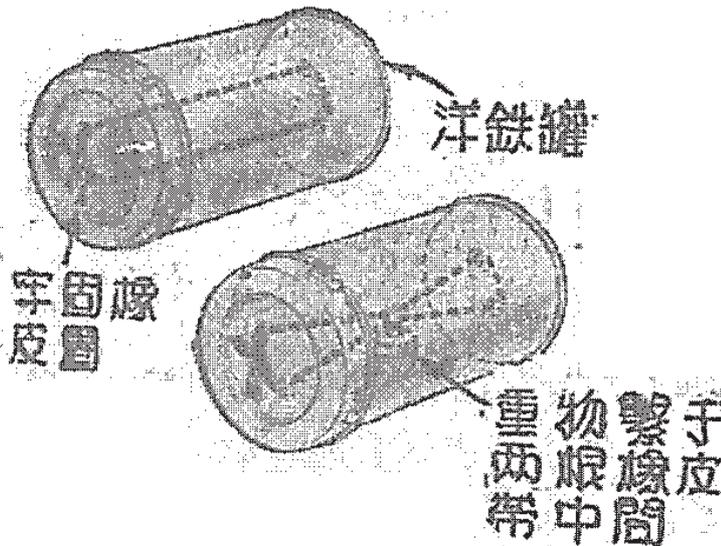
## (十七) 不倒翁



圖十七 不倒翁

拿硬紙片卷成小筒，兩頭用紙糊成半球形，並在一頭內膠粘圓鉛一小片，把筒身畫成人形的樣子，就成功了一個不倒翁的玩具(圖十七)。因為下

面粘了鉛片，全身重心很低下，所以常能整立，以達其平衡狀態。下面的鉛片必須粘牢在底下中間，不然重心地位不準，推倒之後也許自己不會再站起來。這類的玩具可以畫成各式各樣的人形或做成一隊兵的樣子，更有意思。



圖十八

### (十八) 滾筒自回

在圓形洋鐵罐蓋的中心附近鑽兩個小孔，相距約一寸，在罐底相似的地位也鑽兩個小孔。取一牢固的橡皮帶穿過這四孔，將兩端打結。在

罐內橡皮帶的中間繫一重物。現在將此罐在地板上向前滾去，能自動地會滾回來。

### (十九) 倒行逆施

一個小鐵環，置在一個斜坡上，則地心引力必定把牠從高處滾到低處。但如果

在鐵環的內面焊上一個小鐵塊，而後把牠



圖十九

放在斜坡上如圖十九——鐵塊在鐵環的重心的上方而靠近斜坡頂的一面——則該鐵環就由低處往高處滾去了。這是因為環和鐵塊的合重心要降到最低的緣故。

聰明的讀者們，知道了各種平衡的試驗後，自己可以發現許多新的試驗。

還有許多有趣味的試驗。如將矮槌的腿，木槌或火棒，豎立我在們手指上，使牠平衡。做這種試驗，須常常很快的移動手指，去保持重心在槌腿或棒的下端，以免有墮落的傾向。我們還可以在手指上或身體的其他部分支着長的東西，如鷄毛帚之類，經過很久的時間。一根重的手杖比較輕的容易支起。

### 三. 身體平衡的玩意兒

#### (一) 仰 踢 匣

有一個有趣的試驗，可以做遊戲的比賽。方法是這樣的，把一個火柴盒豎放在地板上，我們要把牠踢倒，同時要不失去我們身體的平衡狀態，就是不可跌倒(圖一)。先在地上畫一條線，或用地毯的邊作界限，依此線向外量，長度相當於我們各人腳長的三倍。在這一點上，將火柴盒豎起。踢者站立在界線上，使脚尖和界線相齊。於是舉腳試把火柴盒踢出，惟須立即收回，不得同地面接觸，而回復原來的位。動作時身體不得移動。



圖一 踢開火柴盒而還原立正的位置

若這種動作成功，便把火柴盒前移少許，我們再繼續照上面的方法踢去，一直到我們的腳不能踢到為止。這種成功的秘訣，當然是須要人體向後傾，保持人體重心在站立的那只腳上。

## (二) 俯推匣

又一個試驗是脚尖齊線，身體向前彎，用左手撐在地面，支持身體，用右手將火柴盒推動(圖二)，到手不能再向前推為止。推的時候不可用彈力，當推盒時，脚尖不得提起。到不能推動後，他將身體恢復立正的位置，兩腳不得移動。要回復身體到立正的位置，第一件事要注意的是不可使身體移動得太快。



圖二 推火柴盒至離身最遠之點，而不失身體的平衡

## (三) 踞推匣

還有一個取火柴盒作平衡的試驗如第三圖，脚尖齊線立定，將一只手放在背後，身子蹲下，將另一只手從腿彎裏向前伸出界線，把火柴盒向前推動，到手不能再向前推為止。如前面的試驗

一樣，須從容的推動火柴盒，不可彈出去。到不能推動的時候，須回復身體直立的位置而手不可觸地。

⊗ 在這個試驗中，在背後的手愈向後伸愈好，因此可以保持重心向後。當推動火柴時手可著地，但推到極點之後，與在回復立正的位置之前，必須將手起提。



圖三 另一推動火柴盒的方法，而不失身體的平衡

#### (四) 點火難



圖四 這樣坐在一只瓶上時，很難以用燭火把另一洋燭點着。

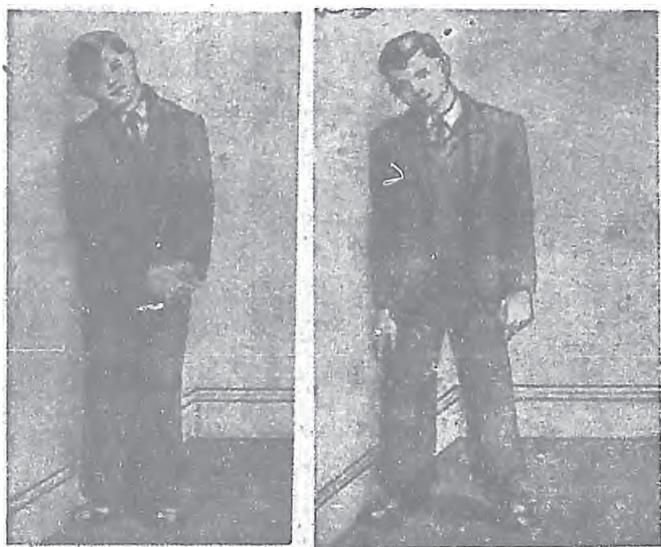
容易滾動的緣故。

如果你把兩只腳交叉着，而坐在一只大瓶上時，要用一只手裏的燭火去點着另一只手裏的洋燭，如圖四，你一定不容易辦到的。這是因為你的身體係在不穩定平衡中，且瓶子

#### (五) 舉足難

這個試驗更有趣而簡單的，是叫一個人靠牆壁而立者，且

使他的頭，一個肩和一只脚要接觸着牆壁(圖五)。現在你請他舉



圖五 靠牆立着如左圖時，若要舉起外面的脚而身體不離開牆壁(如右圖)，是不可能的。

起另一脚，但頭和肩不得離開牆壁，他一定做不到的。因為這只脚一經舉起時，他的重心即向外移，結果身體不得不從牆壁離開。

## (六) 拾物難

最後，我們再做一個類似的試驗。叫一個人把背靠牆立着，他的兩脚踵要接觸着牆壁。然後在他的脚前放着一只火柴盒，叫他把這盒拾起，但不許脚動(圖六)。結果他也不能做到的。但是，這並不是絕對不可能的事；如果他不把身體向前俯，却向左或向右俯下(脚不許動)，就可拾到火柴盒了。這是什麼道理呢？

任何物體，若要平面上保持不動，則從它的重心所作的懸直線，必須落在它的基底內才行。所謂基底，即一物體和平面接觸的各點連接而成的多邊形。當我們把踵部靠着牆壁，而讓上半

身向前俯下拾火柴盒時，因為牆壁不容許我們的下半身向後傾，我們就不能把此種懸直線調整到基底之內，所以身體即向前跌。但是，把上半身向左或向右俯下時，因為下半身可自由在相反方向傾斜，使懸直線落在基底之內，故身體不會跌倒而能拾到火柴盒。



圖六 把體靠着牆而要拾起腳前的東西，用左邊的方我法為不可能，但用右法則可能。

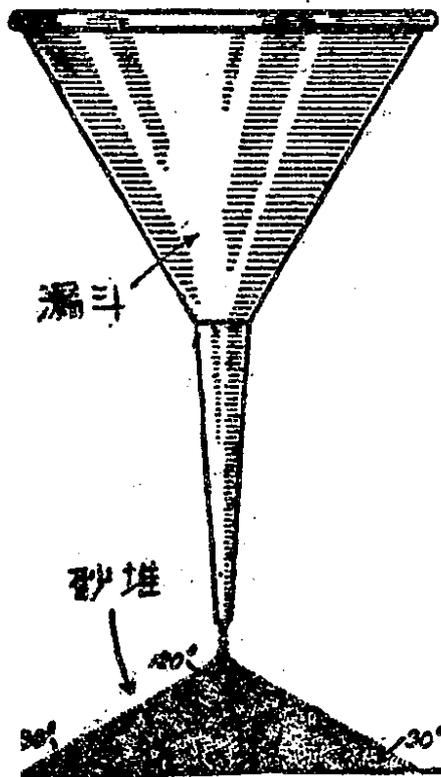
## 四。沙的平衡

欲得下面幾個實驗的結果滿意，最緊要的條件是砂需極乾。砂如果潮濕，則砂粒黏合而結果不能達到目的，所以在實驗之前，先把砂澈底洗滌，務使一切鹽質完全洗去。然後散布在一個盤中，置在爐上烘乾。乾後再用細篩篩過，把粗粒完全摒去。

### (一) 圓錐沙堆

取一個普通漏斗，用一指按閉底孔，然後把砂注入斗中。其

次把漏斗移過，下面鋪一張紙，然後放開按孔的指，任砂瀉下。砂



圖一 用漏斗的試驗

瀉下時快慢極勻，聚在紙上成一圓錐形，斜面和底面必成一 $30^\circ$ 的角，如第一圖所示。

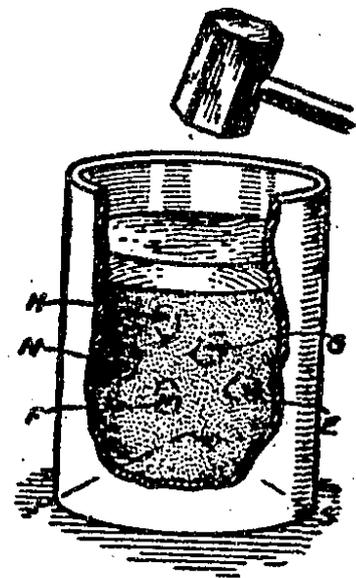
這個角度是砂的臨界角，此時砂能保持其平衡位置，再大就要向兩邊瀉去。

## (二) 擊蛋不碎

根據上述砂堆成圓錐形的原理，我們便知道，在第二圖中，祇有在 P-S 圓錐內的砂實施垂直向下的

壓力，其餘部分的砂所施的壓力差不多完全向側面的。所以罐內砂所施的壓力大部分是向側面而不是垂直向下的。我們可做一實驗如下：

取一個質料堅固的圓筒，如圖二，把蛋 (E, F, G, H 和 N) 和砂裝在筒內。而後在砂面上置一塊圓木板。用錘猛擊木板一次。再將木板和砂取出，而蛋仍完好如初。



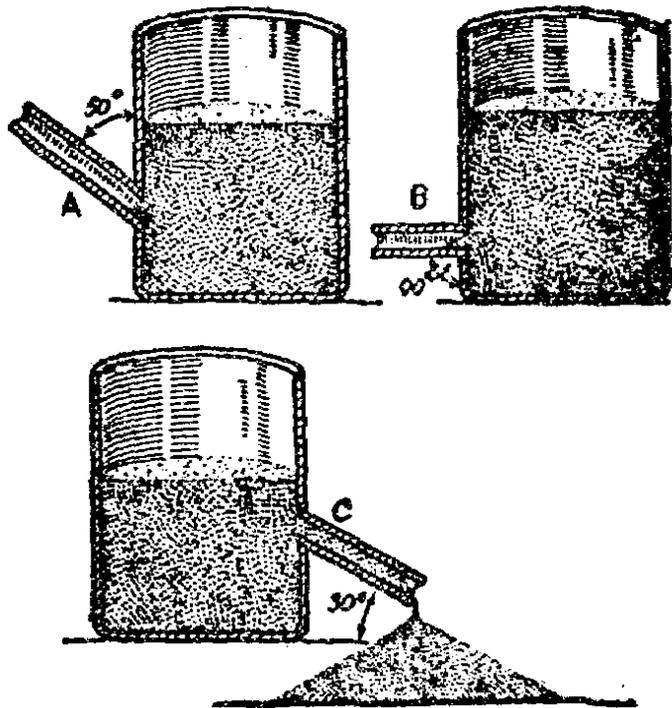
圖二 蛋埋在砂中，砂頂置一圓板。用錘猛擊，蛋不破裂。

### (三) 壓紙不破

在木箱底中鑿一巨孔，糊一張薄紙，把孔遮滿。再把砂注入箱中至滿。如果把箱提起，紙不致被砂壓破。

### (四) 洋鐵罐的試驗

做三個洋鐵罐，如圖三所示，A、B 和 C 是三個嘴管，銲接在洋鐵罐上，管徑以大為宜，假定為一吋。管不用圓形而用長方形亦可。做畢，用軟木或塞子把管口塞沒。然後把砂注入罐內至滿或近乎滿。將塞子拔去後，祇有一個罐內的砂從管瀉出——這是一個向下傾斜和地面成 $30^\circ$ 臨界的管。砂雖能從這管瀉出，但是一到罐內的砂成一圓錐，而其錐底和管內口的最低一點同高時，則砂即停止瀉出。同時請注意瀉出砂所堆成的圓錐形。



圖三 做試驗用的三個洋鐵罐。

此一事實，即砂在平衡位置時，總是堆成一個不變的圓錐形，有許多實用的價值，其最重要者，要算在開鑿（例如開蘇彝士

運河)或築堤方面, 土工的斜坡決不可超過這個角度。凡是開鑿砂土, 如果兩邊超過這個角度, 就不免崩瀉而把中間塞滿。

## 五. 力和動

### 一. 洋燭蹺蹺板

拿一枝洋蠟燭, 把下端截去一些, 再留出一個燭心。用一根長針, 燒熱, 從洋蠟的中點穿過, 和蠟燭互成直角(圖一)。

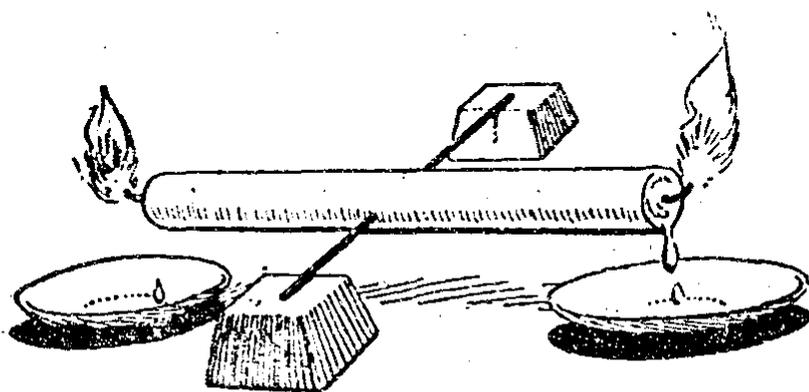


圖 一

把針的兩頭擱在兩個一樣高的木塊或杯底上, 在洋蠟的兩端之下各放一個盤。然後把洋蠟

的兩端都點着, 不久洋蠟就一上一下地動着, 和蹺蹺板一般。

道理很簡單。當洋蠟燭一頭的蠟熔解而落下(到盤中)的時候, 他端就變重而下墜。然後下墜一頭的蠟落下, 就變輕又被對端拉起來了。

這是一個秤的道理。要一個秤平衡, 就是不移動而且不轉動, 除力的平衡外, 還須具備一個條件, 就是秤的短臂, 乘上這短臂上所加的重, 必須等於秤的長臂, 乘上長臂上所加的重。

## 二. 反動力

一隻漏斗下套一根橡皮管，管下端再插一個玻璃曲管嘴(圖二)。把水傾入漏斗中即經橡皮管而從曲管嘴射出。當水射出時，橡皮管必向後略彎曲。這是因為橡皮管內的水柱把底下的水向前壓出管嘴，於是那向前射出的水流把未出管嘴的水和管嘴向後推，因為橡皮管沒有東西抵住，所以向後略彎曲。水柱射水是動力，射水反推水柱是反動力。

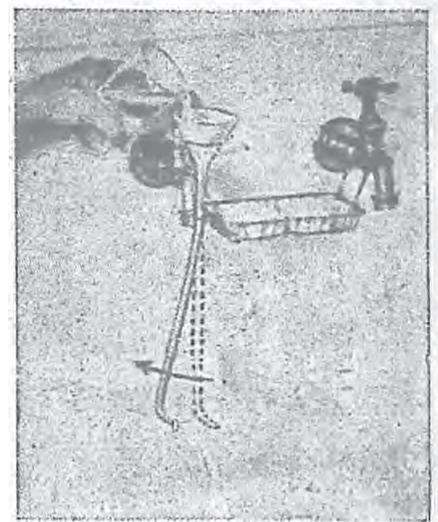


圖 二

依據上述原理，我們可以自製一個簡單的水機輪。其製法可用竹管或厚卡紙做成一個管，下端用軟木塞塞緊以為底。在管兩邊近底處順向鑽兩個斜孔。再用繩把管懸起。現在把管盛滿水，使由兩孔射出，則所射之水的反動力，就把管旋轉了。用這試驗來證明奈端第三定律——主動力必有相等而相反的反動力——不是再好沒有嗎！

## 三. 離心力的玩意兒

大凡一個物體在轉動的時候，物體上安放的不固定東西常

常向旋轉圓圈的切線方向飛擲出去。這一個飛擲的原因就是離心力。

下面是一個玩具。要解決牠的難題，需要應用離心力的原理。



圖 三

一個半圓柱形的框，上面及兩側用玻璃蓋沒。中間置彈子兩枚。彈子在框內可以四面流走。框底有凸起的木條將兩枚彈子隔開（見圖三上圖）。底板與玻璃面相接處兩邊各有一個凹孔，大小適能容一粒彈子。這個玩具的問題就是要將兩粒彈子安放在兩個凹孔內。

倘使我們不明瞭這個玩具的用法，驟然問嘗試起來，免不了將玩具傾向一邊，先將一粒彈子放入凹孔內（如中圖）。然後再傾向另一邊，豫備將另一粒放入另一凹孔內。可是結果第二粒尚未安放好，第一粒已經傾瀉出來了。這樣的反覆試驗，不能成功。

倘使我們知道離心力的原理，就不是這樣試驗。祇要將玩具旋轉（如下圖），彈子受離心力的影響，向兩邊飛升。旋轉愈急，飛升愈高。結果兩枚可以同時歸入兩孔內。

圖四中兩幅圖畫，是試驗離心力的一個方法。我們取一隻圓形的搪磁碗，照左面圖中所示的方法，用三根細繩提起。碗裏滿盛着清水。再把水碗順着一個方向輕輕地扭旋；等到三根細繩絞合成一根粗繩的時候，就把水碗放手，讓絞起來的繩子自己鬆回頭。這時候水碗必定旋轉很快，碗裏的水就從碗邊四週沿着切線方向濺出來。這就是離心力的作用。物體如果發生離心力作用而不受着其他外力影響的時候，必定是沿着切線方向作均速和直線的前進運動。



圖四 離心力的實例



圖五 萬有引力作用令試管內清水下沉而油質上升。

#### 四. 萬有引力

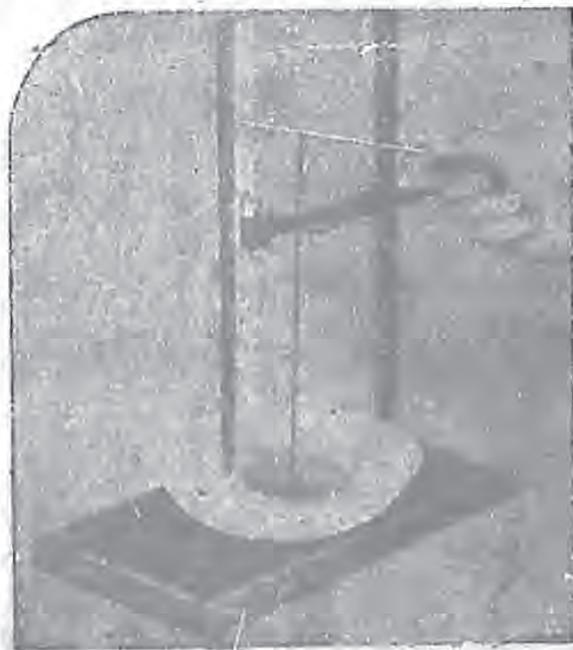
宇宙間的一切物體，不論天體和地上物體都在互相吸引着。物體間的引力叫做萬有引力。我們要試驗萬有引力的現象，可用兩根玻璃試管。在一根試管裏倒滿了石蠟油，略加碘酒合成紅色；在另一根試管裏就裝滿了清水，

並且染一點青藍色。再取一硬紙片蓋在裝水的玻璃管上，用指頭壓緊，並且把玻璃管倒轉，闔在裝油試管上面(圖五)。這時候要叫上下兩管口能確切吻合，然後叫別人把硬紙片慢慢的抽出，抽出硬紙片的時候要非常當心，不要讓油或清水濺流出來。等到紙片完全取出，就把兩管接緊，輕輕搖動，就看見上下兩管裏的液體互換地位，因為是水比油重，受着萬有引力影響而下沉，就把較輕的油質擠升到上面的試管裏去了。

## 六. 分子力的玩意兒

### 一. 表面張力

把一隻弓拉開，弓弦和弓背上所生的力叫做張力，靠這個張力把箭射出。把一個有彈性的物體拉長或展開，像拉長一條橡皮，或展開一層鼓膜，橡皮條或鼓膜都因內部分子力的作用而發生張力。水或其他液體的表部上，因分子力關係，也有張力，雖然我們平時是不注意到的。



圖一

圖一中將手握的針提起時，拉動橡皮帶，至洋鐵圓片脫離液體表面為止。這時候針指在一根

圖一中將手握的針提起時，拉動橡皮帶，至洋鐵圓片脫離液體表面為止。這時候針指在一根

直立的刻度尺上，從尺上的度數知道表面張力的大小。用這方法可以比較各種不同液體的表面張力。

液體的表面，因表面張力，乃有收縮到最小的傾向。要表演這個張力，只須用一條細橡皮圈浮在水面上，圈內加上一滴油，則水面張力就把橡皮圈推作正圓形。

## 二. 水面浮針

『材料』縫衣針一枚或數枚，薄紙一張，清水一碗。

『演法』先把薄紙輕輕的放在水面上，再把縫衣針放置紙上，然後用箸或鉛筆等，慢慢的把薄紙向水中壓下，縫衣針就會留浮水面。

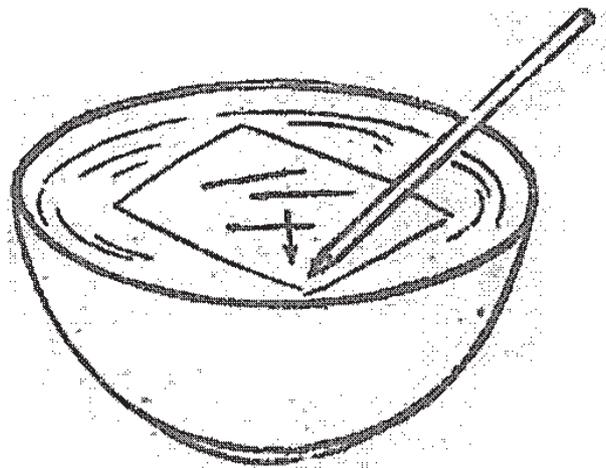


圖 二

『理由』水的表面所有的張力好像是一層綑緊的薄橡皮，所以縫衣針的重度雖比水大，但不能克敵水面張力，所以能浮而不沈下。



圖 三

## 三. 肥皂動力

把一卷螺旋線（凡是金屬

之線均稱錄)浮在一盆水面上(圖三)。如果你把一塊肥皂的角尖觸着錄中央的水面,錄即暫時旋動。這個旋動是因為肥皂水的表面張力比周圍水的表面張力較大之故。

#### 四. 肥皂推進機

雞蛋殼做成的船,或松香質的玩具,在水中能浮而不能行

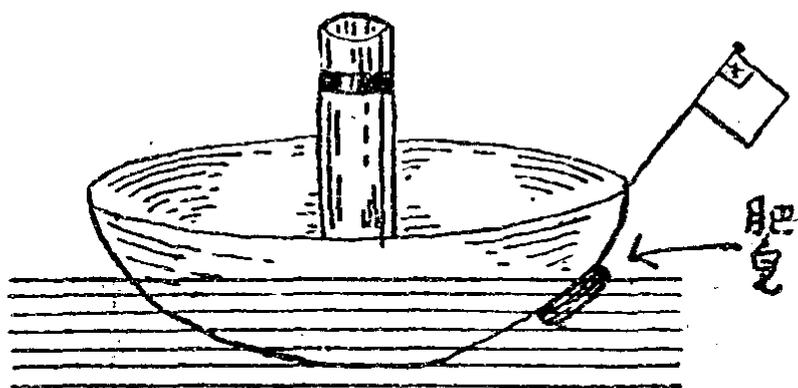


圖 四

動。若用肥皂一小塊,照圖四五粘於水面下,則就能前進了。因肥皂溶解時,使周圍的水增加

表面張力,而他端之水的表面張力仍保持常態。因這張力作用的不同,乃將船推進。

#### 五. 液質蔓延

海棉何以能吸水? 吸墨紙何以能吸收墨水? 油何以能從燈心中上升? 這些液質的活動,都由於一

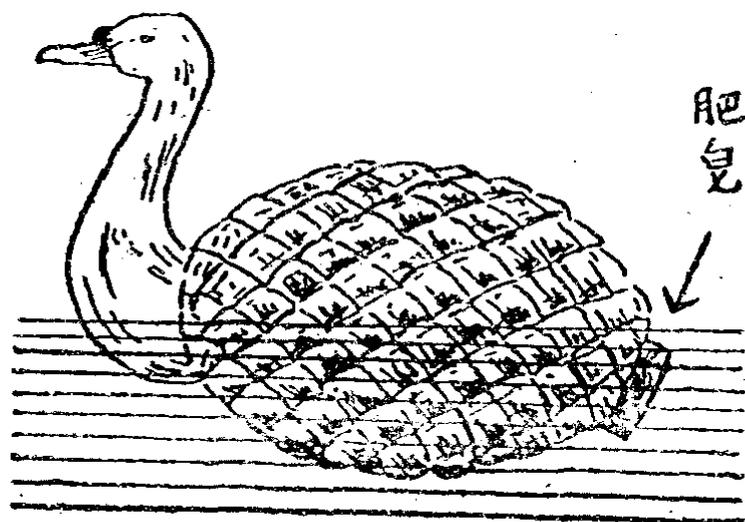


圖 五

種分子力，叫做毛細引力。這個力所以這樣叫的，是因為牠在像毛樣細的管中很顯著。

我們若用一根細管插到水中，則水必因毛細作用而在管中上升；且管徑愈小，水上升愈高。海棉或吸墨紙的孔，像許多毛細管，所以浸到水中，水也就在其中上升了。



圖六 液體因毛細引力在紙上蔓延。

我們在家庭中，可做許多簡單的試驗，來解釋毛細作用，最簡便的一個，只須用兩三滴墨水落到白色吸墨紙上，則墨水就因毛細引力而逐漸向外擴張，直到蔓延到很大的面積而止。如果我們用硫酸銅溶液來代替墨水，就可得到一個奇怪的結果。就是當這溶液向四周蔓延時，其最外的部分並沒有顏色。這是因為溶液在擴散時被紙濾清的緣故。



圖七，浮在水面的布塊，受毛細作用而下沉。

## 六. 布塊浸沉

表演毛細現象最平常而簡便的方法，可用布塊或毛巾一小

方放在水盆裏(圖七)。最初布塊必定浮在水面，不久就因毛細作

用使水質吸入布的孔隙之內。布塊受濕加重，因為本身比水重，所以就沉到盆底了。

## 七. 布條澆花

用毛細引力來澆花，是一個很有趣的方法，用一盆水放在花

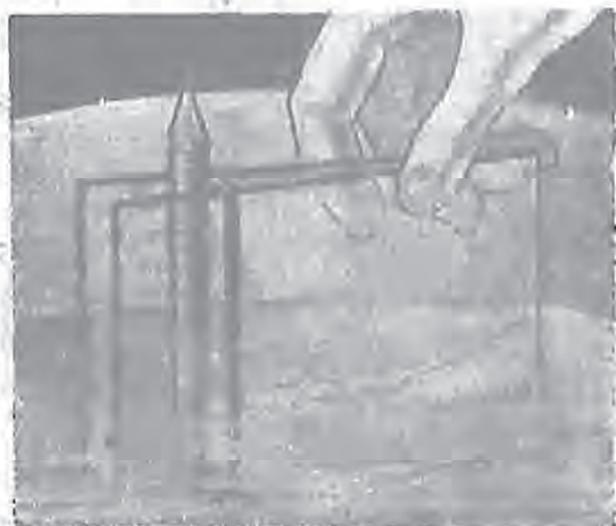


圖八 用毛細引力澆花。

盆旁邊，再用一布條從水盆內掛到花盆邊上如圖八。因為毛細引力，水盆內的水就從布條中上升，而後被引到花盆裏去。

利用這個方法，我們可以把一盆污水濾清，只須用一束

棉紗，把一端浸在污水中，把另一端掛在盆邊上。再用一個清潔的盆，放在這一端的下方，來收集清水。一面污泥就剩在原盆中了。



圖九 水因毛細引力在兩玻璃片間上升。

## 八. 隙間水壁

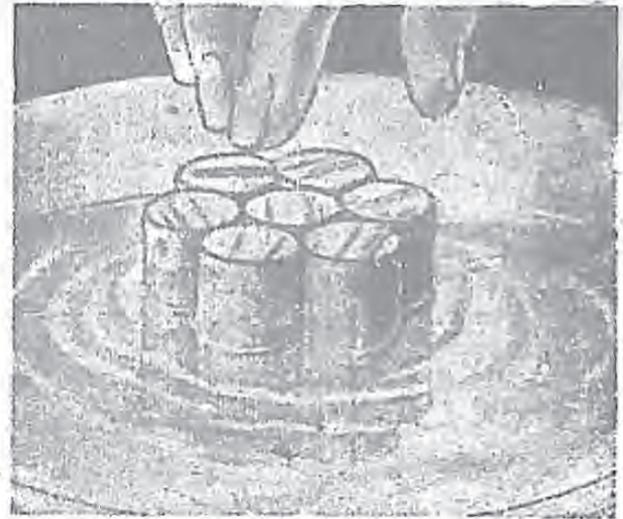
若我們用兩塊玻璃片，把一枝鉛筆夾在玻片的一端，再

套上一個橡皮圈，把兩片繫住。而後用手夾住玻片的另一端，把牠們放到一盆水裏如圖，就看到水在兩玻片內合攏的一端上升

頗高。做幾個毛細引力的試驗時，若預先把水着色，那就更加有趣味了。

## 九. 浮木團聚

圖十中表示另一個毛細引力的試驗。若我們用七個平常的軟木塞，放到水盆裏去，牠們自然爲顛覆而橫浮起來。但是我們可以使牠們直立地浮着。用什麼方法呢？好，在放這些軟木塞入水以前，我們先用一個木塞立在桌上，把另外六個放在牠的四周，而後用手把牠們握緊



圖十 木塞因毛細引力直立地浮在水中，且不散。

一起都浸到水面之下。此時還不要釋手，仍把牠們帶到水面上來，而後放鬆。現在這些木塞就一起直立地浮着，且不散。這個道理是水因毛細引力而鑽入木塞之間，又因水的內聚力把木塞黏在一起。



圖十一 入水取錢，手指不濕。

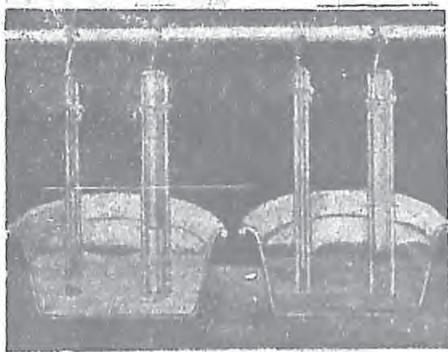
## 十. 浸指不濕

取一銅元，投入一杯水中，

再用手把牠從水底取出，而手指並不濡濕（圖十一）。這在一般人想起來，或許以為是一件不可能的事吧。可是，這個並不難辦到。只須取少許石松粉，塗在食指上，然後將此指伸入水中，把銅元沿杯壁移出，則手指就仍乾燥了。這是因為石松粉和水的分子之間沒有附着力的緣故。

## 十一. 凹升凸降

拿兩根乾潔的玻璃管，一粗一細。豎直地掛在水盆裏。因為毛細引力，兩管中的水都上升，但細管中的水較高。且細看一下，



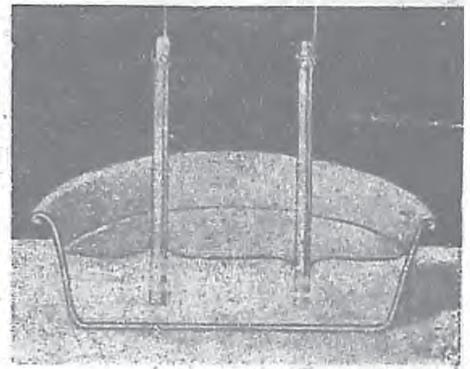
圖十二 用玻璃管放在水和水銀中，來說明毛細引力。

管中的水面都成凹形（圖十二左）。現在我們若用相似的兩玻璃管放到一盆水銀裏去（圖十二右），就看到相反的結果了。管中的水銀面低於管外，細管中更低，且管中的水銀面係成凸形這是因為水的內聚力比水對於玻璃的附着力小，而水銀的內聚力比牠對於玻璃的附着力大，

所以細玻璃管能提起水面而生毛細引力現象，一方面壓抑水銀面而生毛細斥力現象。

## 十二。一 引 一 斥

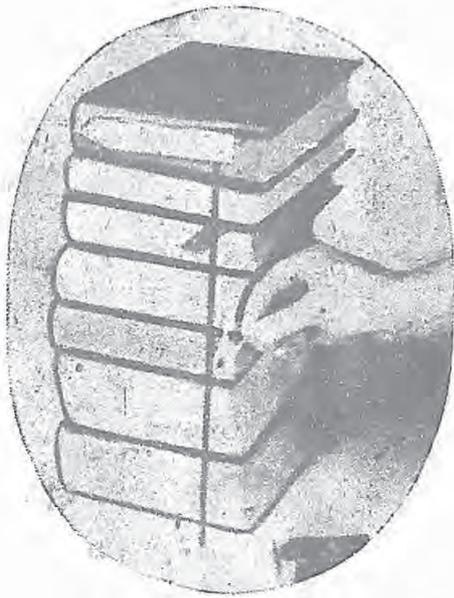
若我們拿兩根一樣粗的玻棒，將一根塗着油，把另一根揩乾潔了。而後用繩把牠們吊起，將下端浸入水盆中，就有一個稀奇的現象給我們看了。接觸到乾棒周圍的水面是凸起的如圖十三左邊所示，但在塗油棒四周的水面是凹下的如圖右。這個差別，是因為乾棒被水所濕，而起毛細引力，塗油棒則不被水所濕，而起毛細斥力的緣故。



圖十三 用兩棒說明毛細引力。

## 第三章 熱學遊戲

### 一. 受熱膨脹



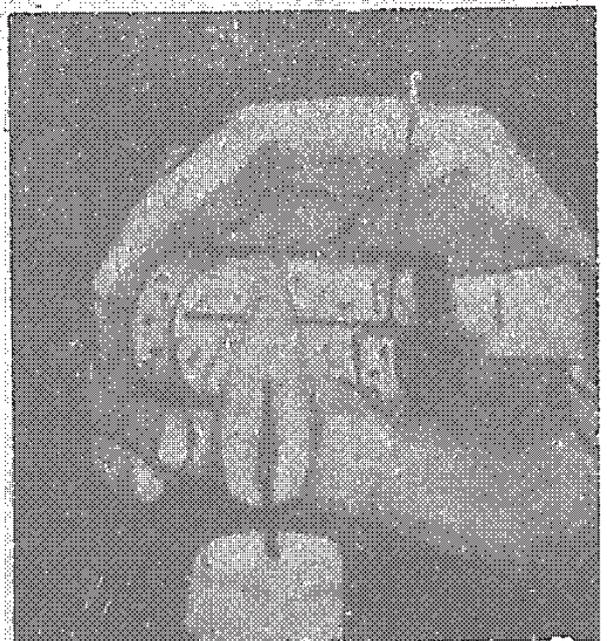
圖一 顯示金屬的膨脹。

金屬是熱脹冷縮的，不錯，但是若沒有精密的儀器，就不容易看到牠的脹縮度。現在有一個簡便的方法，可以看出牠的膨脹。取書若干本，疊到相當的高度，用最上一本書夾着一張卡紙，用當指針。取一根金屬棒，樹立如圖一，棒的上端頂住卡紙。現在用火柴或燭火把棒灼熱，你就看到棒在膨脹了，

因為指針在向上舉起。

### 二. 豎針推斜

把軟木塞削成如圖二中的形狀，先橫插一針，再把第二根針的尖端，穿過第一根針的尾孔，豎插入木塞缺口，使兩針成直角形。若

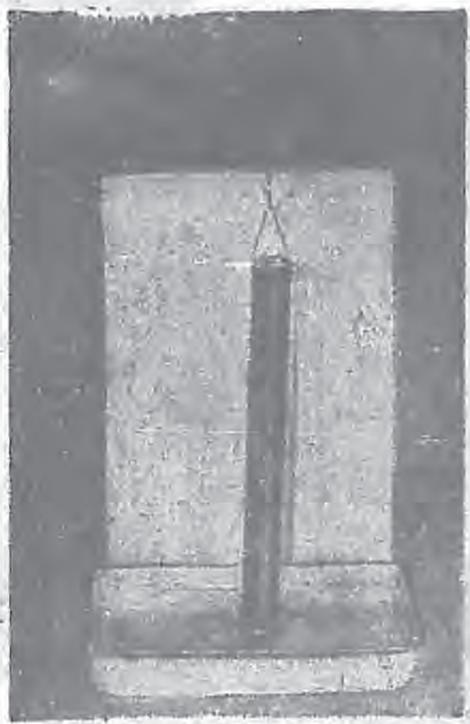


圖二 物質加熱後膨脹的實驗。

把平置的針放在燭焰上烘着，牠就膨脹而把垂直的針推斜成別的角度，這是證明物質加熱就會膨脹的一個實驗。

### 三. 直棒變曲

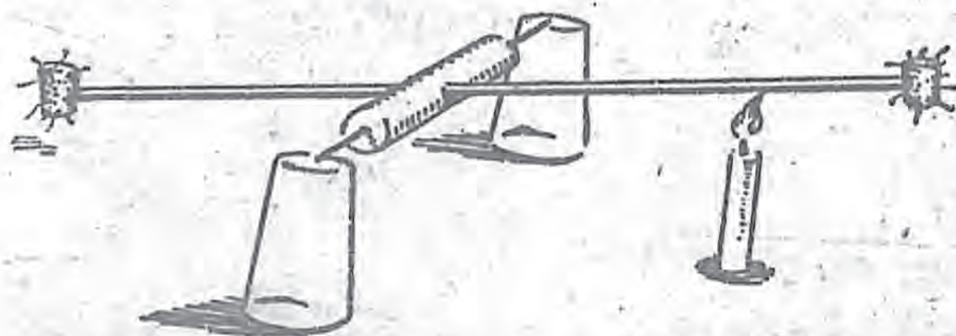
金屬熱脹冷縮的事實，人人都知道，不過不同的金屬，其膨脹的程度也不相同。例如用等大的鐵片和銅片各一，用釘釘合在一起，置火上加熱，則該釘合的銅鐵片必變彎曲，這是因為銅和鐵的脹度不等的緣故，銅的脹度大於鐵。



圖三 因膨脹不同彎曲

### 四. 膨脹蹺蹺板

拿一根長而粗的鐵線，在中間穿上一個長木塞，和鐵線成直角。在木塞的兩頭各插着一根針，以便把全部裝置擱在兩個杯底上。



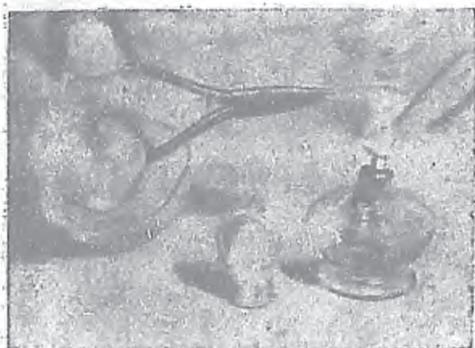
在鐵線的兩頭各插上一個小木塞，塞上各插幾根小

針，用小針的多少就可以把鐵線的兩頭調整到平衡。

現在用燭火在鐵錄的右臂(或左臂)加熱，那末這臂的錄就膨脹而加長了，於是漸漸下墜。把蠟燭火拿開，錄就收縮而逐漸回復平衡。如果當右臂在收縮的時候把火移到左臂去加熱，右臂就會繼續舉上。這樣把燭火左右交番加熱，鐵錄就和蹺蹺板一樣地上下動着了。

## 五. 啲 嗒 鐵

把一塊金屬圓片，例如洋鐵皮，錘成一隻淺碟形，用鉗子鉗



圖五 啲嗒鐵

住放在酒精燈上加熱。鐵片受熱達到某一溫度時，碟底會突然翻出，即原來的裏面變為外面，同時發一響聲。如是可使人知道已達預限的溫度。這個作用的發見已應用於啲嗒熨斗，

可使熨斗維持於某一溫度而不

發生過熱的危險。據說那啲嗒鐵是一個燒汽鍋的火夫在無意中發明的，他已發了大財。

## 六. 玻 杯 自 走

氣體的膨脹要比固體的膨脹顯著得多，我們可利用來做許多遊戲。

取一只玻璃杯，用水把杯口的邊緣潤濕，而後把杯倒立在一塊略為傾斜的大理石或玻璃板上，但要立在較高的一邊（圖六）。立定後，用燭火在杯的上部燻烘，則玻璃杯就立刻向低處滑下了。這是什麼道理呢？因為杯內的空氣，受熱而膨脹，但杯口上的水阻止其逃散，於是把杯稍為頂起，使杯支持在杯口的水層上。這樣杯子就開始滑下了。



圖六 玻璃杯自動行走。

## 七. 銀幣活躍

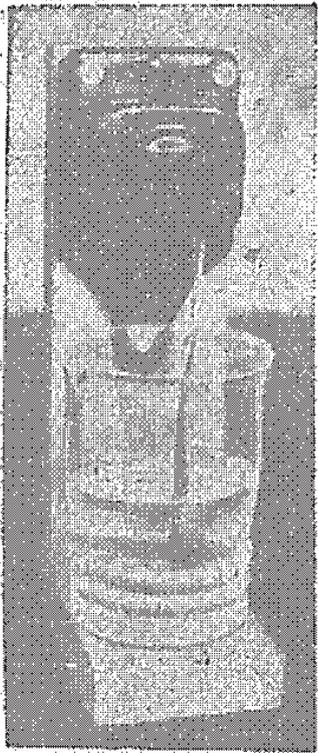
把油塗在一個瓶口上，再把一枚五分銀幣掩蓋瓶口，使瓶密封。如果你把你的兩手加暖，然後緊捧瓶身，如圖七所示，手的熱能使瓶中空氣的溫度增高而體積膨脹，結果使銀幣跳起，脫離瓶口。



圖七 銀幣躍起

## 八. 取出瓶塞

軟木塞有時落在瓶內，很不容易取出。現在有一個法子：先



塗油於瓶頸內面，再用打絨線的鋼針將瓶塞導至瓶頸處，然後置瓶於一盆熱水內。瓶內空氣受熱膨脹，幾分鐘瓶塞就被空氣擠出。

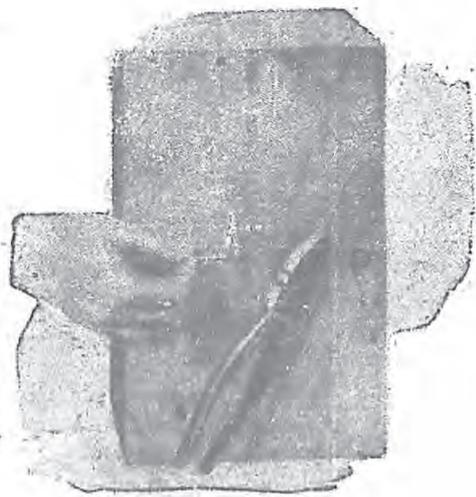
## 九. 受熱收縮

普通的物質都是熱脹冷縮的，但是橡皮遇熱反縮。試用橡皮帶懸起一把鉗子，再用火柴或

圖八 瓶塞取出法。燭火在橡皮帶旁加熱，則鉗子就慢慢向上移動（圖九），足見橡皮帶受熱而縮短。

## 十. 傳熱比賽

各種金屬傳熱的本領各不相同。現在拿四個一樣大小的金屬條，如鐵，銅，黃銅或是別的金屬，用一個大螺釘和二個螺帽夾住如圖九。在每個金屬條的端上放一小塊的蠟。然後用燭火燒螺釘，同時看好那一塊蠟先熔解。

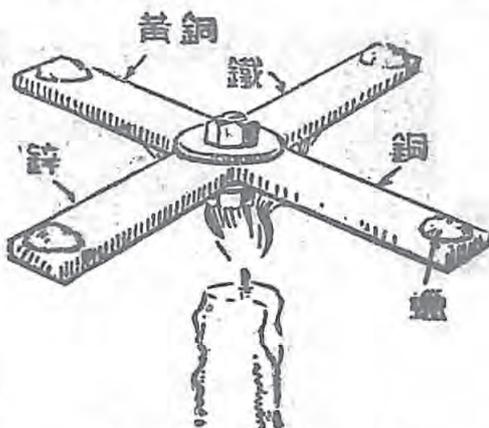


圖九 橡皮遇熱收縮。

據試驗，銅上的蠟先熔解，然後黃銅上的，鐵上的蠟最後熔解。足見銅對於熱的傳導本領最大；其次是黃銅，再次是鐵。

你如果用別各種金屬照這樣試驗，就可曉得種種金屬傳熱本領的大小。如果你用火柴頭代替蠟來放在金屬條上，結果就更顯著了。

木材，棉布等的傳熱本領很小，但也不能說是完全



圖十 金屬傳熱的本領不相同

沒有。所以熨斗，煮杓等的柄都用木頭做，可以防着燙手。拿熱菜鍋，提開水壺，都要用布襯手，也是這個道理。

### 十一. 傳熱比賽的又一法



圖十一 熱由銅條之傳到蠟塊

取一條銅線和一條鐵線，把它們並放在一塊石蠟上如圖十一。用酒精燈同時加熱於兩線端。銅線下的石蠟先熔解，因為銅傳熱比鐵快些。湯杓，剷刀為什麼要用木柄呢？

### 十二. 炭火燒不焦的手帕

這個表演，說來很希奇，請



圖十二 炭火不能灼焦手帕。

者也許要不相信。取一個金屬球，如門上的捏手，用舊的麻紗手

帕把牠裹緊。然後取一塊燒紅的炭，放在頂上如圖十二，結果手帕並不會燒毀。這是因炭的熱已全被金屬球傳去的緣故。



圖十三 熱的絕緣。

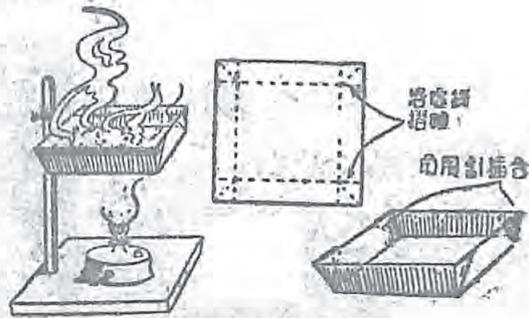
### 十三. 水不導熱

水是不良的導熱體，所以照圖十三用少許汽油在漏斗內水面上燃燒着，水面下藥用滴管的橡膠球內的空氣並不發生顯明的膨脹，因為如果膨脹很大，會使滴管內

的一部分空氣逃出，經過下面大瓶內的水中而發泡上升了。

### 十四. 紙杯煮水

將紙摺成盤，摺法照圖十四，四角用針插合。在此盤中盛水，放於火焰上，則看到水能煮沸，而紙並不燃燒。(水吸收熱)



圖十四 煮水紙鍋

這是因為火焰所發的熱全被水所吸收，不會停留於紙質中，故紙不被燒。

### 十五. 吸 熱

取玻璃杯一只，在其下部漆黑白相間的條格，如圖十五，另備與條格同數之蠟丸及小針。將蠟丸粘於各條格之中部，插小針於蠟丸上。在玻璃杯中燃一蠟燭。燭火有熱輻射而出，蠟丸為熱所溶，小針自會倒了。此時即有奇異的現象，因黑色容易吸熱，故黑條上之小針，數分鐘即倒下，而白條上則需約六倍之時間，始發生同樣情形。這是為什麼夏天大家穿白色衣的道理。



圖十五 黑色比白色容易吸收熱

### 十六. 金屬拒熱

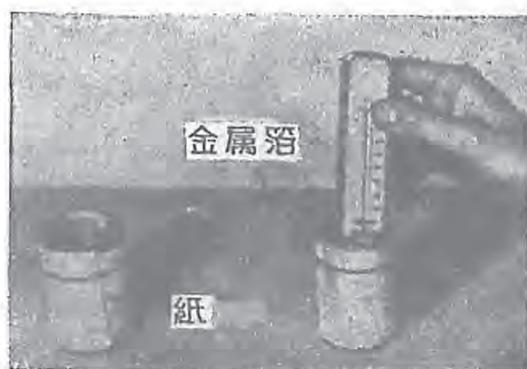


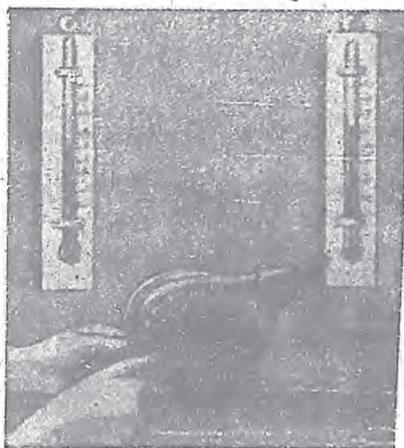
圖 十 六

金屬物比紙容易傳熱，這是大家都知道的事，但是這裏有一個試驗，暗示金屬物可用為熱的較強絕緣物質。取一個玻璃

杯用紙包圍，另一個用包糖果的鋁箔包圍圖十六。將沸水傾入這兩玻璃杯中，數分鐘後測量水的溫度，則知鋁箔包圍的杯內，水溫較高。這是因為明耀的內壁能反射熱波而減低輻射所致。真空保溫瓶的壁內要塗銀箔，也是這個道理。

## 十七. 壓縮生熱

這個試驗只須二隻溫度計和一隻手風箱，如圖十七。



圖十七 手風箱的風，可以把溫度計的溫度提高，水銀上升。  
緣故，溫度就不會增加了。

在平時，試把手風箱的風吹上人身，就會感到一點涼意。照這樣推想，那末若把手風箱的風吹在溫度計上，一定能使溫度減低，水銀降下；可是事實却適得其反，水銀反上升，增加數度。這是因為風箱中的空氣被壓縮而溫度提高的緣故。但溫度計必須乾燥，若是濕的，那末因水分蒸發的

## 十八. 截冰不斷

一根鉛絲截過一塊冰，仍不能截冰為兩段——任何載重的一根金屬線繞掛在一塊冰上，可以漸漸地截下去，但是截過後，冰塊隨截隨結(圖十八)。結果鉛絲從冰塊中間經過，冰塊仍舊不

會分開。因為增加壓力果然可以降低冰點，把凍解開，但是冰上壓力移去的地方，冰點復舊，所以仍舊結成冰。

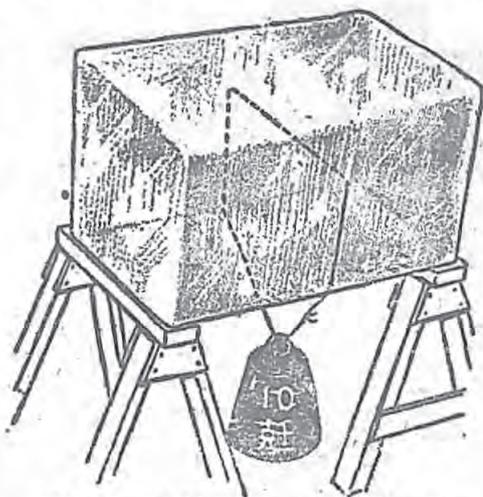
### 十九. 紙蛇跳舞

取馬糞紙一塊，上畫蛇盤形，然後依螺旋線剪開，支



圖十九 熱空氣能把蛇盤形向上推動。

把一張銅片擦亮，再把一個銀輔幣置在銅片上。然後將銅片移到火焰上，使銅片和銀幣澈底受熱，再把它們移開火焰，使略為冷卻。如果這時候你把銀幣拋去，而



圖十八 鉛絲經過冰塊而冰不截斷。

其尾於長針的尖頭上，那末蛇盤即下降如圖十九所示。若放在火爐蓋上烘着，蛇形就自行躍起，這是因為熱空氣向上推進的緣故，及至高處，又因自身的重而降下，如此上下跳舞，很是可觀。

### 二十. 銅板上印圖



圖二十

向置銀幣的地位噓一口氣，銅片上即顯出一個銀幣的形狀。這是由於銀幣周圍已有空氣「吸留」，而銀幣底下則否之故。

## 二十一 人造霧

取一只玻璃瓶，放入數滴清水。在瓶塞的中央鑽一孔，穿着一段短玻璃管，管上接着一根橡皮管（圖二十一）。你現在用口吸去瓶中的空氣。用電筒在瓶側照耀一下，就看到瓶內作烟霧狀。這是因為瓶內的空氣壓力減小，於是水汽增多，這些水汽因膨脹時的冷卻作用便凝結成霧。



圖二十一 人造霧

## 二十二 人造露

取一只平常的玻璃瓶，盛滿着很冷的水，放到一間溫暖的室中。如果這間室裏有許多人在呼吸着，室內空氣中必含很多的水汽。這些水汽接觸到冷玻璃面，會立刻凝結成小點的露。這就是花園或田內的露的成因。夜間花草樹葉的冷表面等於室內盛冰水的玻璃瓶。平常人說露和雨一樣是從天上落下來的，實在是錯誤。

## 二十三. 人造霜

這個試驗的方法和人造露一樣，不過不用冷水盛在玻璃瓶內，却盛着雪（或冰的粉末）和食鹽的混合物。這種混合物叫做冷劑，因為能產生很低的溫度。我們若把這個瓶放到有許多人的室中，空氣中的水蒸汽就先在瓶面上凝結成露，但是因為瓶面極冷，



圖二十三 盛雪和鹽的瓶上生着霜。

所以這個露又馬上凍結成霜。古人說露結為霜，這話很對。

## 二十四. 物質不滅

在一個緊塞的燒瓶內，從一根線上繫着幾根火柴，令火柴的頭觸着瓶玻璃。把燒瓶懸在

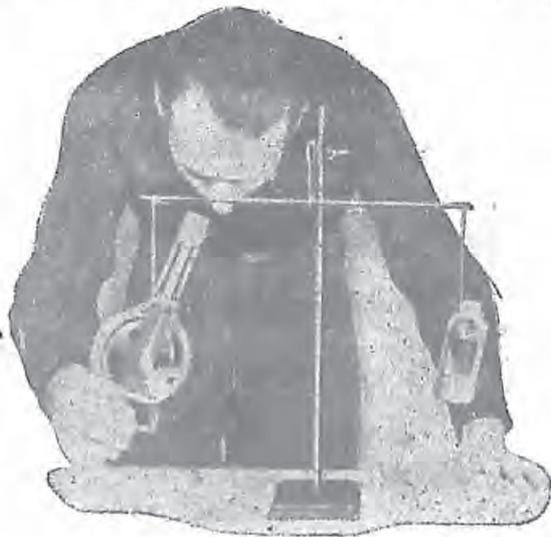


圖 二 十 四

一個臨時天平的一端，另用平衡重物懸在另一端（如圖二十四）。把玻璃緩緩灼熱，使火柴燃燒，這個天平乃舊成水平，並不因此

而傾側。這表示因燃燒而產生的氣體和灰質，其重量恰和原有的火柴相等。物質並未因變化而失掉。

## 二十五. 能的轉變

宇宙間祇有二種東西，就是物質和「能」。物質可以轉變而質



量不能增減。「能」也是如此，可以轉變而能量不能增減。熱是一種能。例如我們若要證明機械能可變為熱能，只須用玻璃盛滿冷水，請另一人把瓶壓緊于桌上，而後用粗布繞瓶迅速來去抽動，抽時布宜拉緊(圖二十五。)這樣布對於玻璃的摩擦(即機械能)會產生大量的熱，

圖二十五 用摩擦能使水變熱。

立即把瓶內水的溫度增高。

## 二十六. 熱的來源

太陽光是一切熱的來源，這是很容易證明的。先預備一隻有軟木塞的瓶子，一隻指戒(鈕子之類亦可)和一根細紗線，裝置如圖二十六；然後再取雙凸透鏡(擴大鏡)一架，放在日光下，以適

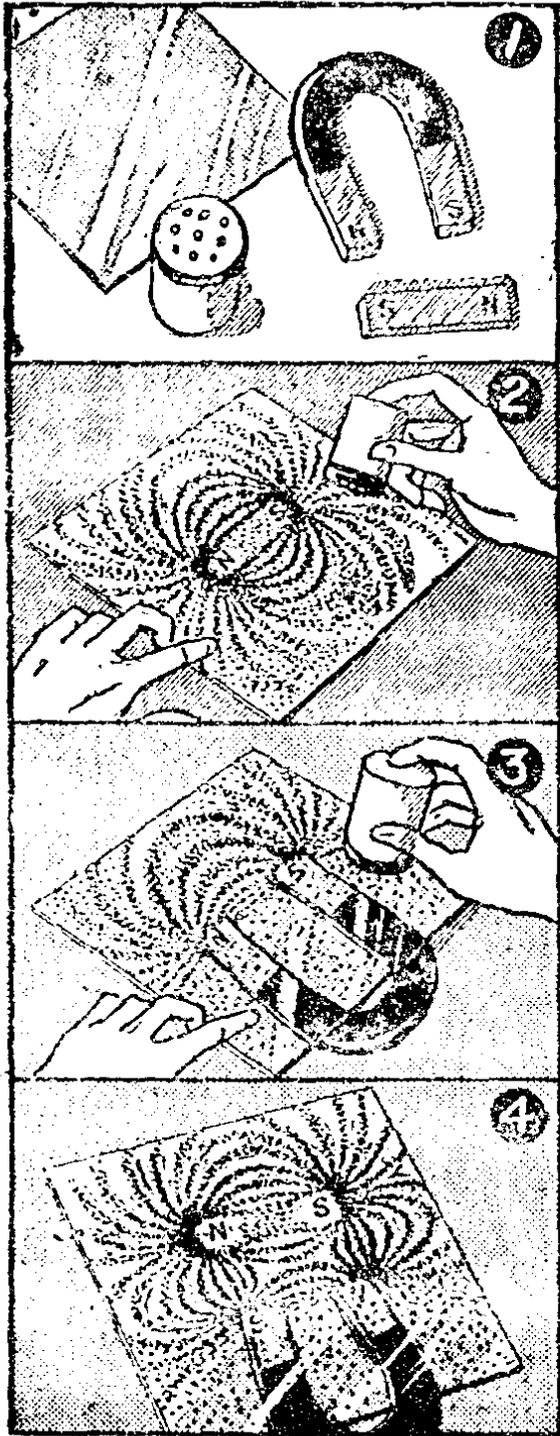
當的距離向瓶內的垂紗線照射。不一刻，無需我們碰動瓶子或指戒，瓶內的線會自行灼斷，指戒跌下瓶底。這是因為擴大鏡把太陽光焦集於垂紗線的一點，達於發火點而燃，終於把線灼斷。不過須在烈日當空的時候。同例還可把火柴等物如法燃着。



圖二十六 擴大鏡把陽光焦集於線的一點，可以把線灼斷。

## 第四章 磁電遊戲

### 一. 神祕圖案



圖一 表演磁力圖案之步驟

1. 置備一片玻璃，一條磁鐵，一個馬蹄形磁鐵，一瓶鐵屑，瓶蓋上穿許多小孔。

2. 把一條磁鐵放在玻璃下，灑鐵屑於玻璃上面。同時用手指輕擊玻璃，鐵屑會自己排成曲線如圖。

3. 換用馬蹄形磁鐵置在玻璃下，灑鐵屑如前，鐵屑會排成另一花樣。

4. 把二磁鐵同置於玻璃下，鐵屑的花樣又變。

一個羅盤針會指向南北而停止，一個磁鐵會吸引鐵質，這是自古以來認為一件神祕的事。其中必有一種力在作用着，但是什麼樣的一種力是我們所看不見的。

現在我們知道，每一塊磁鐵的周圍，有不可見的磁力線存在，若用鐵屑來散布於磁鐵的周圍，鐵屑便依磁力線的強度和方向而排列。在磁力強的地方，力線密些，弱的地方，力線稀些。力線從 N 極發出而進入 S 極。曲線上任何一點的正切線，便是在這一點的磁力的方向。

磁力線有二種性質。第一種好像是一條拉長的橡皮，異極相引，便是由於這一作用。第二種好像是二個互推的弓背，同極相斥便是由於這一作用。

第一圖便是一個用鐵屑來顯示磁力線的幾種實驗。

## 二. 試管磁化

取一個試管，盛滿鐵屑，用磁鐵在試管上沿同一方向摩擦數下，則試管就能吸引一根羅盤針(圖二)。但如果把這試管搖盪一下，則試管就失去磁性，再不能吸引了。這是因為試管被摩擦之後，管中的鐵屑——每個都是一個磁鐵——都排列得非常整齊。所有鐵屑的南極，都對着同一方向，它們的北極都對着相反的方向。換句話說，就是全管中的鐵屑，已成為整個的磁鐵，故能吸引磁針。反之，鐵屑被搖亂以後，所有各個小磁鐵



圖 二

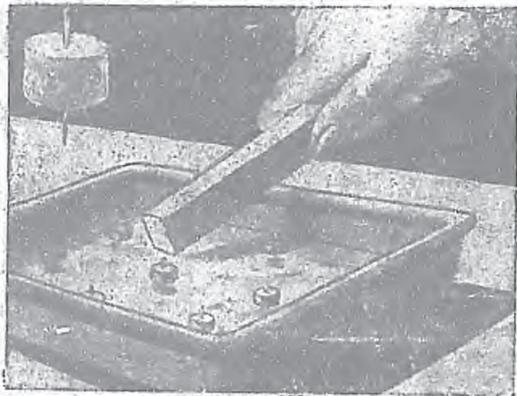
鐵屑——的磁

力，都和原來一樣用於互相吸引之中，故試管不呈磁性。

由這個試驗，我們可以想像一塊鐵之所以能成爲一個磁體，就是因爲它內部的鐵分子——每個分子是一個磁鐵——排列得整齊之故。這個理論在物理學上稱爲磁鐵的分子說。

### 三。浮針布陣

取幾根一樣長的縫衣針，用條形磁鐵的南極沿針的粗頭向尖頭的方向擦數下；這樣針在磁化後，它的粗頭就成爲南極。然



圖三 浮動磁鐵的奇怪行爲。

後拿每針各穿過一個小軟木塞，使木塞能直立地浮在水面上而針的粗頭向上。

要是起頭先把這些木塞聚浮在一盆水的中央，一放手它們就開始分散。

向盆邊移去。這是因爲磁針的相同極靠近，而互相推拒的緣故。

如果現在取一個條形磁鐵，把它的北極放到水盆的當中，就看到這些磁針又作另一種排列法。它們的南極要互相推拒。但同時條形磁鐵的北極又要吸引它們。所以它們開始移動，直到兩種力量剛剛相抵的距離，這就達到一種平衡的狀態了。

如果針的根數爲奇數，則其中必有一根針被吸引在磁鐵的

北極上，其餘的針必繞這根針排成環形(圖三)。如果針數不同，它們的排列法亦就不同。讀者可用四根到二十四根磁針來仿做這試驗，一定可以得到很有意思的花樣出來。

#### 四. 黨同伐異

取一根縫衣針，吸在一個條形磁鐵的一端的下面。然後在這個磁鐵上重疊着一條等大而等強的磁鐵。如果是同極相疊(圖四 a, S極疊在 S極上, N極疊在 N極上), 那個針會繼續吸在磁鐵上, 因為此種疊法, 二磁鐵能互相增強磁性。但是如果拿不同的極相疊(圖四 b), 那個針就會掉下來, 因為一個磁鐵的南極和第二個磁鐵的北極互相中和的緣故。



圖四a 兩磁鐵的同極相疊, 磁力就加大。

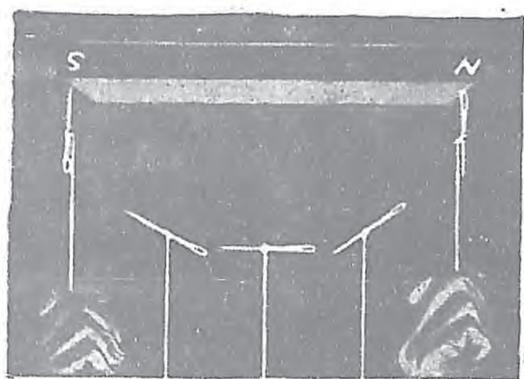


圖四b 兩磁鐵的異極相疊, 就互相中和。

#### 五. 磁針傾斜

取一根磁針, 用一條細線繫住針的中間, 把針掛平起來, 而移到一個依南北方向躺着的條形磁鐵的上方。如果針的位置恰條磁鐵的中點的上方, 針就仍舊保留水平的位置, 它的南極指着

在形磁鐵的北極，它的北極指着磁鐵的南極。如果把這個磁針向磁鐵的一頭移近，針就望下斜了，換言之，就是針的一頭被磁鐵



圖五 磁針在磁鐵的上方傾斜。

的一極拉向下，如果把針向磁鐵的另一頭移近，那末針的那一頭也被拉向下。如果把磁針移到磁鐵一頭的正上方，針就被拉成直立的位置(圖五)。

這個試驗，可說明羅盤上的磁針通常所以望下斜的道理。凡羅盤所在的位置離地球的磁南極或磁北極愈近，針的傾斜度就愈大。又可說明磁針所在處的磁力線是一條曲線。

## 六. 熱能驅磁

把一支鋼針繫在一條棉紗線或細銅絲上，懸在空中，使它能向一個馬蹄磁鐵擺盪(圖六)。磁鐵下置一個酒精燈火焰。針未被熱時，被磁鐵吸住，既熱後即脫離磁鐵而盪開，但是冷卻後即又被吸住。可見熱能夠暫時擾亂磁鐵分子的整齊排列。



圖六 熱可使磁性停止

## 靜電的玩意兒

凡荷着陽電的東西接近到荷着陽電的東西，或荷着陰電的東西接近到荷着陰電的東西，就互相推斥；但荷着陽電的東西接近到荷着陰電的東西，就互相吸引，我們利用此種電的引力和斥力，可以做許多有趣的小實驗。現在首先讓我們利用摩擦來產生電。

### 七. 杯吸鷄毛

取一只玻璃杯，把牠烘煖，再用一塊乾燥的真絲手帕把牠摩擦，約二三十下。擦後雖看不到有什麼變化，但事實上則不然。如果我們取一根雞毛置近玻璃杯，則見雞毛被玻璃杯吸引，如圖七。這是玻璃杯經絲摩擦之後已荷着電的緣故，這種電我們把牠叫做陽電。

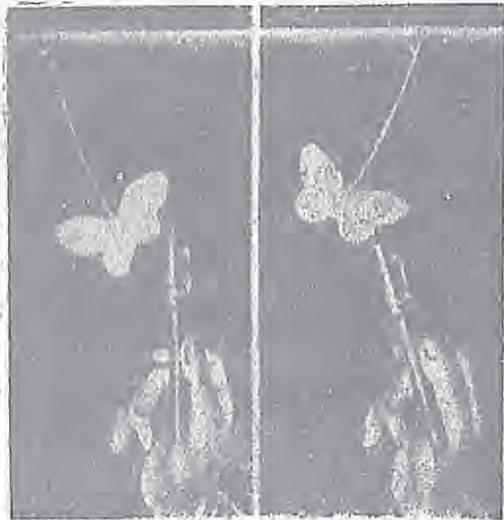


圖七 雞毛被吸在經絲擦過的玻璃杯上。

### 八. 筆管弄蝶

現在我們用薄紙剪兩個蝴蝶，各用絲線掛在一根玻璃棒上，如圖二。再拿一根硬橡皮棒或自來墨水筆管，用呢絨把牠摩擦。

那麼筆管(必須烘乾)因為被摩擦就荷着陰電。而後我們若把筆管移近一個紙蝴蝶，則蝴蝶就立刻被牠吸引(圖八左)。但一霎



圖八左：用毛織物擦過的自來墨水筆，吸引紙蝴蝶。

右：紙蝶和筆接觸後，隨即和筆脫離。把筆迎上去，紙蝶退讓。

時後，蝴蝶又從筆管離開。我們將筆管趕上去時，則蝴蝶就向後退讓(圖八右)。這是什麼道理呢？因為最初紙蝴蝶被荷電筆管吸住時，管上的陰電就有一部分傳到紙蝶上去，而後筆管和紙蝶都荷着陰電，於是互相推斥了。

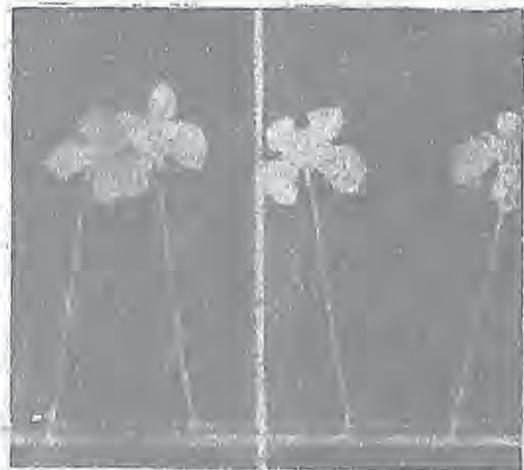
現在我們再做一個同樣的試

驗，但不用毛織品擦筆管，而却用絲擦一根玻璃棒，使玻璃棒荷着陽電。開始試驗時，我們先用自來墨水筆管使紙蝶荷電，而後立刻把這玻璃棒置近紙蝶，那麼荷着陽電的玻璃棒就立刻把荷着陰電的蝴蝶吸住了。

## 九. 浪蝶離合

這裏再來一個相似的試驗。

剪兩個紙蝴蝶用線掛在一根玻璃棒上，相距約一吋。而後若用玻璃棒使兩個蝴蝶都荷着陽電，牠們就飛了離開。若用自來墨水筆管使



圖九左：荷同樣電的紙蝴蝶互相推拒。

右：荷不同電的紙蝴蝶互相吸引。

兩個蝴蝶都荷着陰電，也得到相同的結果(圖九左)。但是如果用玻棒使一個蝴蝶荷着陽電，而用自來墨水筆管使另一蝴蝶荷着陰電，那麼牠們就互相吸引了(圖九右)。

## 十. 盤邊出火

現在我們做一個較有精彩的試驗。找一個約一呎長的漆盤，再剪一張褐色厚紙，其大小恰好放在盤內。在紙的兩端各黏着一小紙條，當作柄。現在把盤擱在兩個玻璃杯上，以防傳電，圖十。把褐色紙烘乾，攤在木桌上，用衣刷或毛織品擦之。而後提着紙條把褐色紙放到盤內。待一二分鐘後，把褐色紙提出，請另一人把手指



圖十 茶盤邊上出火花。

置近盤角，那麼我們就可看到一個電花，從荷着電的盤飛到手指上，好像電閃從一片雲飛到另一片雲，或從雲飛到地面上一樣。



圖十一，自製起電盤：玻璃杯內鉛彈中插着一把茶匙。

## 十一. 茶匙發電

取一只乾燥的玻璃杯，盛着四分之三的鉛彈。將一把銀茶匙

插入杯內如圖十一，而後將匙柄接觸到上節中的漆盤，一霎時後把杯拿開托在手中。將手指移近匙柄，則手指和匙柄之間也發生花（電花），且聽到小爆裂聲。可漆盤上的電曾被茶匙收集到杯中來了。



圖十二 紙上的鑰匙出火花。

後拿住兩紙角把紙提起，叫另一人用手指接觸鑰匙，則鑰匙和手指之間也發生光亮的電花。

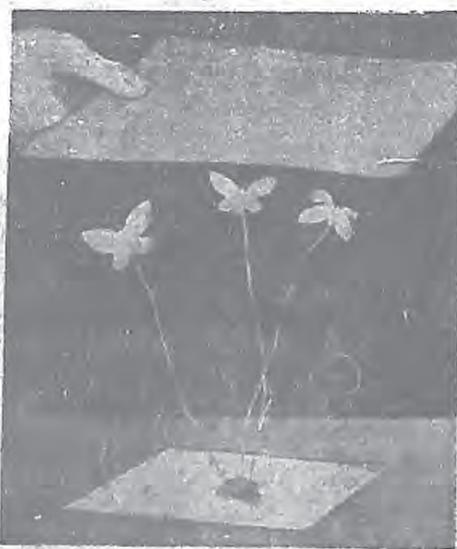
以上諸試驗，宜在天氣乾燥時行之，若空氣中水汽太多，就難以達到目的。又，用來試驗的各種材料，也應當十分乾燥。

### 十三. 誘蝶飛集

用薄紙剪幾個小蝴蝶，各用一根絨絲繫住，絲的末端總繫在一個小重物上，或將這些絲端總附于一張卡紙的封蠟上，留

## 十二. 鑰匙發火

再來一個有趣的試驗。拿一張乾燥的畫圖紙或褐色紙，放到木桌上，用衣刷或毛織品擦之。隨即將一束鑰匙放到紙的當中。而



圖十三 荷電紙吸引紙蝴蝶。

爲他日試驗之用。另取一張厚紙，烘乾，放在木桌上，用毛刷或毛織物在紙上沿同一方向劇烈摩擦。這樣就使厚紙荷電。如果你把這紙平放到蝴蝶的上方，蝴蝶會立即向紙上飛附(圖十三)。

#### 十四. 鐵皮發電

圖十四所示的裝置，可用來發生足以發光亮火花的靜電。用一根小釘在一只洋鐵罐蓋上裝着一個木柄，成爲一個起電盤。再用法蘭絨



圖十四 起電盤

摩擦一根火漆棒，而後使棒和罐蓋接觸一下。現在用一個指尖去

接觸罐蓋，就發生電花了。

(注意各物必須十分乾燥)

#### 十五. 荷電得「能」

用絲線把一只有光滑邊的罐蓋懸於一個細螺簧上，把這蓋降到一個被毛織物摩擦而荷着電的火漆面起電盤上。然後把蓋提起，但不先用手指觸蓋使

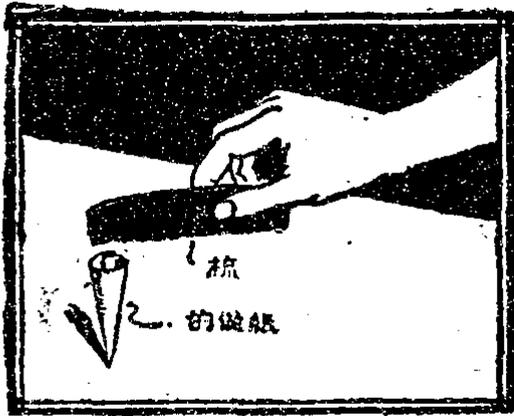


圖十五 螺簧的伸張(右圖)顯示罐蓋荷電後，需要較多的功來提起它。

荷電，即見螺簧並不伸張。現在再把蓋降到盤上，用手指觸蓋使荷電，然後提蓋，即見螺簧伸張頗大。這證明提蓋所作的功，是由於給予罐蓋之電(能)所作的功，而不是由於摩擦起電盤時所作的功。

## 十六. 紙 錐 跳 舞

剪下一塊薄紙，將牠製成一個小小的圓錐體(如圖十六)，放



圖十六 硬橡膠梳子吸引紙圓錐

在棹上，另取硬橡皮製的梳子一把，約幾個小朋友來試驗。試驗時要求他們用此梳，不碰及紙圓錐，而能令牠豎起來，並且要牠能隨意跳舞。許多不知道此中奧妙的人，一定是失敗的。讀者可暗將此

梳在毛織衣服上摩擦幾下，或有意無意地在頭髮上多刮幾刮，再拿去試驗，包管成功。此中的神秘，就是硬橡皮的梳子，經過幾度的摩擦後，就會發生一種靜電，能吸引輕微物之故。

## 電 流 的 玩 意 兒

### 十七. 電流的奇怪來源

做以下各種試驗時，須用一只電流計，最好用一只毫安培

計，一毫安培等於一千份之一安培)。

### A. 皮膚電池

人類汗液中的微小的酸度，足以產生很多的電流，只須用兩個小電極(例如銅和鋅)放在手臂的潮濕部分上，接通電線，即有



電流發生。乾燥的皮膚不會產生電流，因為兩極之間沒有化學藥品。

### B. 錢幣電池

拿一小片平常吸墨紙，用唾液把牠潤濕，夾在一個銀幣和一



個銅幣之間，會產生多少電流，(依所用材料的大小而定)。你如果把銀極和銅極接到一隻毫安培計來試驗，可以看到度數。

### C. 舌頭電池

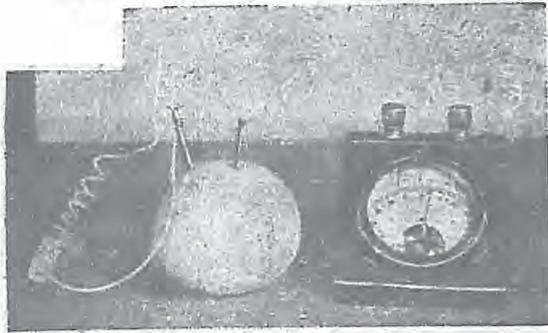
這裏有一個試驗，證明人類的舌頭可以用做一個電池的有作用部分，試驗時，只須用二個不同金



屬的電極放在舌上，就有細微電流發生。

### D. 橘子電池

用一個銅電極和一個鐵電極插入一只橘子裏，會產生很大



的電流。一只蘋果也可用來產生大量的電流，比橘子的電流大一倍。我們如果用許多水果電池串接起來，就可得到

很強的電力。

### E. 牛乳電池

牛乳也可用作電源。

這是多數電學家平常所未想到的奇事。



## 十八. 檸檬電池

對切檸檬一只，使成半球形。取鋅片一狹條（可由舊乾電池上剪下）與粗銅絲一條，和鋅片同樣長短，并插入檸檬中如圖十八所示，相離約一寸。此電池製畢，即可作一有趣試驗，用舌尖輕觸二金屬片之上端，電流即成一循環，舌尖覺得靈銳之刺戟，一若觸電然。惟此種電池，不能作實際之應用。

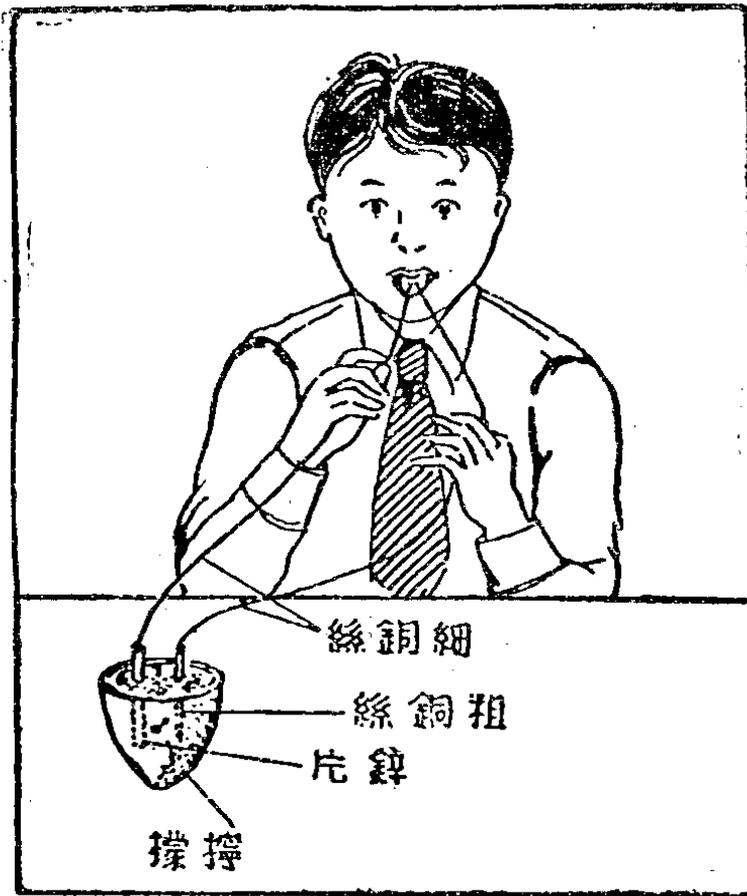
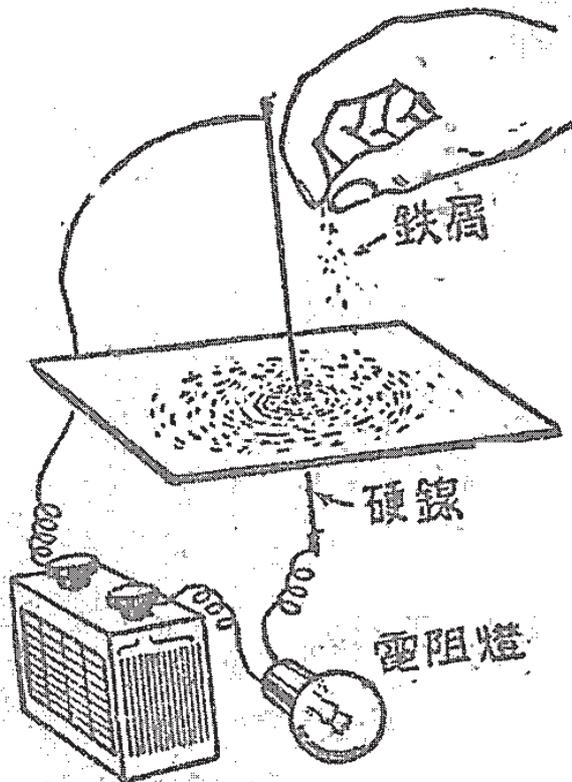


圖 十 八

## 十九. 電磁互生

大家都知道電流沿着一根導線或其他導體流動時，能在這線或導體的周圍造成磁場。如果另用一根導線移快速動於這磁場內，則此第二線內會產生電流；或者，若把這第二導線置近於第一導線，而把第一導線內的電流一斷一續，則此第二導線內必跟着發生一斷一續的暫時電流；在此種情形下，第二導線是靜止的，但磁場却在變動，係跟着第一導線內電流的斷續而收縮和膨脹。這兩個發電方法，就是電磁感應的兩個簡單例子。凡是磁場和導體相對運動時，都發生感應作用。無論磁場運動或導體運

動，結果都是一樣。例如在第一例中，導線運動而截割磁場，在第二例中，磁場運動而被導線截割，都發生應電流。



圖十九 這試驗證明導體的周圍有磁場存在。

這裏有一個很簡單的試驗，可用來證明導線的周圍有磁場存在。其法把一根導線穿過一張卡紙而直立如圖十九，在這線上串接着一只蓄電池和一個低電阻，如一卷線或一盞瓦特數相當高的電燈，而在線內通以強電流。現在用鐵屑撒在卡紙上，即見它們排列成圖中所示的圖形，表示線的周圍有磁力線存在。

這裏有一個很簡單的試驗，可用來證明導線的周圍有磁場存在。其法把一根導線穿過一張卡紙而直立如圖十九，在這線上串接着一只蓄電池和一個低電阻，如一卷線或一盞瓦特數相當高的電燈，而在線內通以強電流。現在用鐵屑撒在卡紙上，即見它們排列成圖中所示的圖形，表示線的周圍有磁力線存在。

在卡紙上，即見它們排列成圖中所示的圖形，表示線的周圍有磁力線存在。

## 二十. 磁鐵斥陀螺

用洋鐵罐蓋和一根尖頭的桿製成一個陀螺。當它轉動時，把一個磁鐵移近陀螺上面，陀螺即傾斜，顯示金屬被拒斥。這是因為陀螺的金屬圓片在磁場內迅速轉動時，發生電渦流而起磁極性，因此就被同性磁極所推斥。這表演

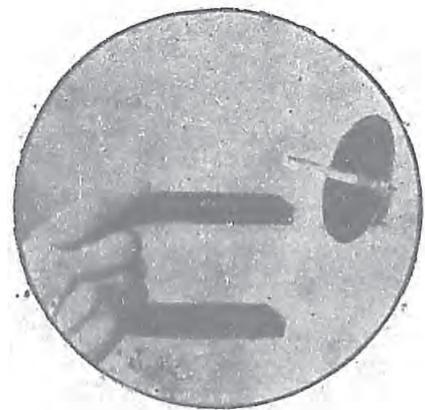
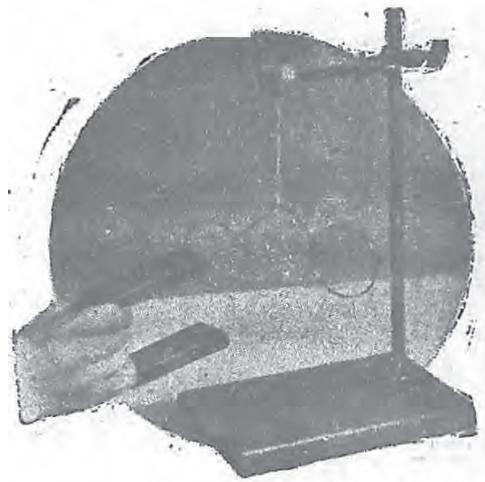


圖 二 十

足以說明如何磁生電流，同時電流又生磁的一例。

## 二十一 磁鐵斥錄卷

取一個像眼鏡框的錄卷(捲繞的金屬線)，用一根線懸在架上。另取一個磁鐵的 N 極急快衝進錄卷(圖二十一)。這時錄卷內發生一些電流，就是所謂感應電流。因這電流乃生出磁力線，貫穿過這錄卷，於是錄卷變成一個磁鐵，它的前面是 N 極而和磁鐵的 N 極相排斥。因此發生磁鐵排斥錄卷的現象。



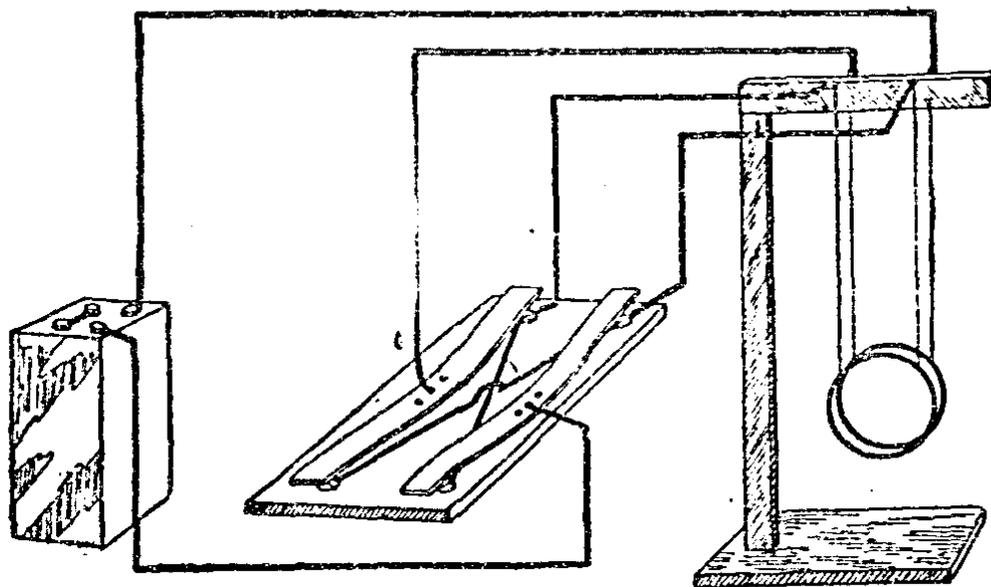
圖二十一

## 二十二. 電鞦韆

在一塊軟木板上畫一個圓圈，直徑約三吋，繞圓周緊插着許多針，用絲包細銅線在這些針上繞兩個相同的錄卷，每個錄卷約繞十二匝錄。用絲線將這十二匝錄紮合(每隔若干遠紮一次)，而後把錄卷從針上移下，再塗以假漆。每個錄卷的兩錄端各接一根繡金錄，把這兩個錄卷用繡金錄分掛於一根橫木棒的兩對面，相隔半吋，並用銅錄與電池連通，其接錄法如圖二十二。

現在如果從一個四伏特的蓄電池通電流於錄卷，就可看到

兩線卷擺動,或相合,或分開,依電流在相同或相反方向內流動而定。欲使線卷擺動,只須用兩條彈簧片製成一個換向電鍵即得。



圖二十二 電力鞦韆的接線法。(左)四伏特蓄電池,(中)換向電鍵,(右)一對掛起的線卷。

這兩個懸掛的線卷通有電流之時就變成兩個磁鐵。電流方向相反時,線卷互相推斥,電流方向相同,則互相吸引。

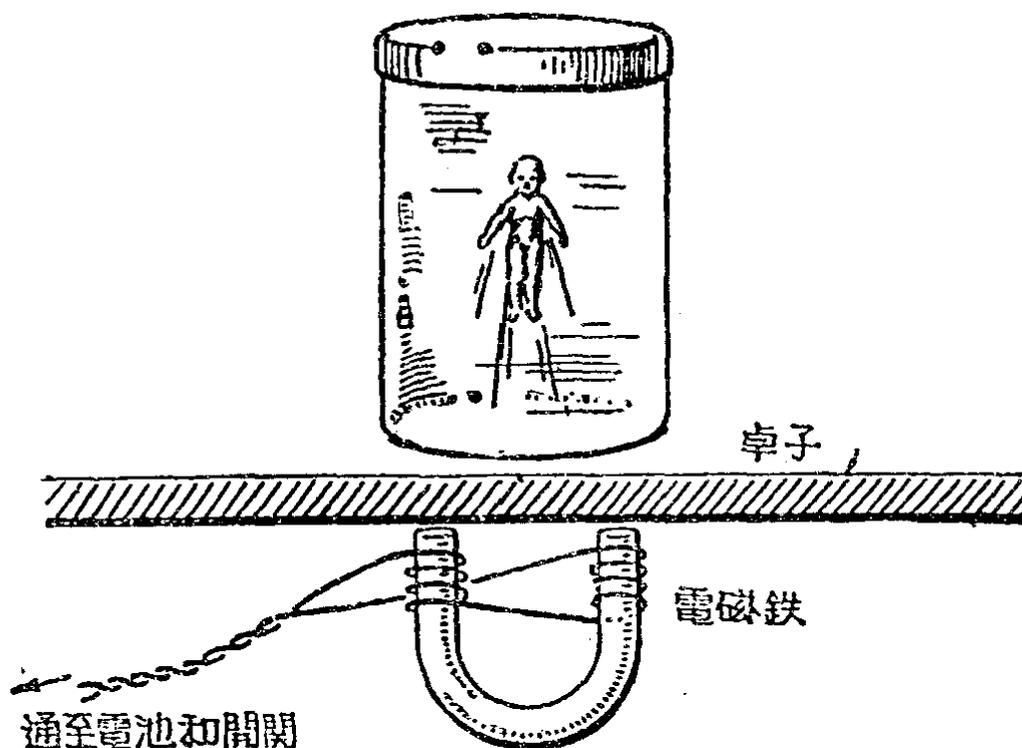
### 二十三. 載沉載浮

普通的浮沉子是根據阿基米得原理和波義耳定律而製的,已見本書第一章第廿四圖。這裏一種浮沉子却是根據磁作用而製造的,玩起來更加玄妙。

製造這樣一個浮沉子,祇要一個賽璐珞的小囡,一個電磁鐵,一個電池,和一個開關,小囡的匙內裝着重量適度的鐵屑,使它在水中恰好浮在水面之下。

取一個裝果醬等的舊玻璃瓶，瓶內盛滿着水，使賽璐珞小因浮定在水中。然後把瓶用蓋蓋沒，表示它和外界絕無關係，沒有東西和它接觸。

另在桌面下裝置一個電磁鐵，離開桌背不滿半吋。接於電磁鐵線卷上的電線沿桌腳向下，接到一個電池上。控制電流的開關裝在地板上，最好用叩鍵式的，裝在桌邊最易用足觸着的地位。



圖二十三 磁力浮沉子

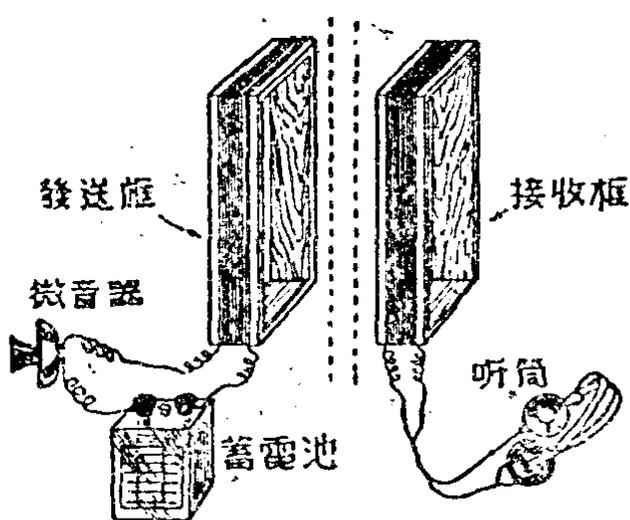
各件製成後，把瓶置在桌上，準對桌下的電磁鐵。表演時，只要說上升，下降等命令，它能奉令唯謹，毫不敢違拗。

這個秘密很容易明瞭。因為命它下降時，同時把足暗暗地觸着開關的叩鍵，使電流通。電流通後，電磁鐵就起磁性作用，吸引小因足底裏的鐵屑而使之下降。當命它上升時，同時把足離開

開關的叩鍵，使電流中斷，電磁失去磁性，小因因浮力作用仍舊上升。因為這個秘密，所以能呼喚如意。若把開關連續地忽開忽關，可使小因跳舞不已，煞是好看。

## 二十四. 「無線」電話

我們可以用兩卷絕緣銅線，一個微音器(即話筒)，一組電池和一對聽筒，做一個很神秘的感應試驗，即是裝置一種無線電話從一室傳到另一室。線卷應依框式無線電天線的繞法繞在木框上，此線宜用 28 號左右的棉裹銅線。木框各 18 吋到 2 呎見方。一個框上繞着三十匝左右的線；另一框繞一百或一百餘匝。繞三十



圖二十四 「無線」電話的裝置法。

十匝的框用作發送器，和一個微音器及一組乾電池或一只小蓄電池相串接。另一框和聽筒連接(看圖二十四)。

把一個框放在一間室內，靠着牆壁。把另一框放在隔壁的一間室

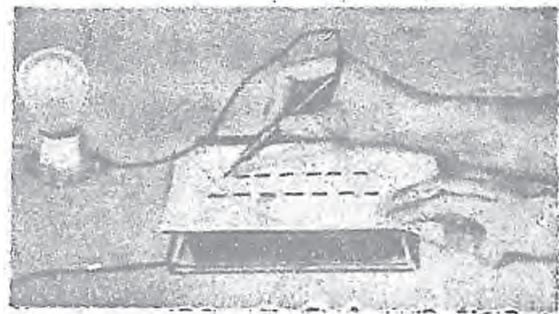
內，而位於第一框的對面。現在你對着微音器說話，則另一人就可在隔壁的聽筒內聽到。原理是這樣的：微音器能依說話聲音的高低，使經過發送框的電流發生漲落，於是此框周圍的磁場亦發

生漲落。此種漲落的磁場，因感應作用，便使接收框內發生電流。所發生的電流遂被聽筒變做聲音。

如果高興，接收框可以不接在一對聽筒上，而接在無線電收音機的拾音器電端上，則所發的話即可被收音機放大。在此種情形下，如果需要，這兩個框可以離開數尺，而收音仍屬可能。

## 二十五. 看交流電交流

欲使交流電的脈動成爲可見，可用一張紙放在澱粉和碘化鉀的混合物液中浸濕，然後攤在一塊金屬板上。把 110 伏特交流電源的一根線連於此板。在另一線中串接一盞電燈。在這線的裸端上裝一絕緣把柄。用這裸線端做筆，以各種速



率在處理過的紙上畫線。結果能畫出一條點線，把交流電的每個反向都記錄下來，很是清楚(圖二十五)。

圖二十五 「電筆」在紙上畫出點線。

## 二十六. 交流變直流

要把交流電變爲直流電可自製一個簡單的整流器如圖二十六。取一個鋁片及一個鉛片插在硼砂溶液中，與一只電燈串接起

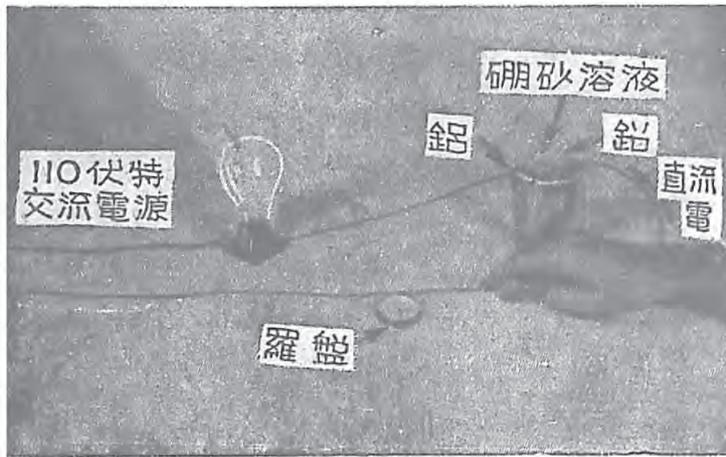


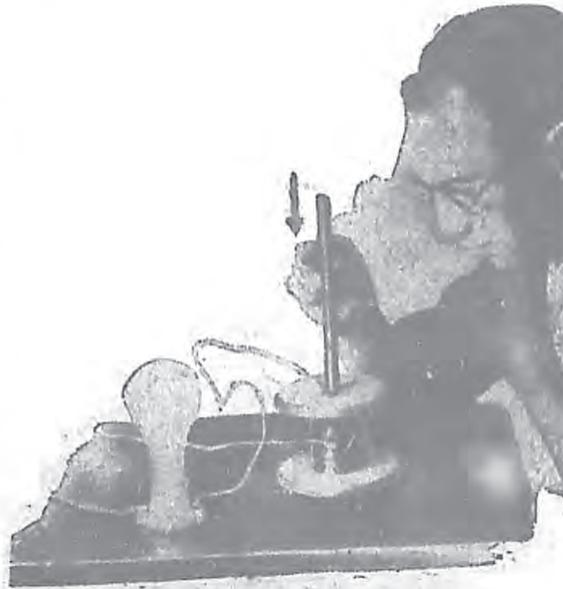
圖 二 十 六

來，而後接於交流電路上如圖，則線路中的電流，已成直流現在用羅盤置近於這線路的一根

線，即見指針偏轉。若為交流電，指針必不動。

## 二十七. 鐵 減 燈 光

把一個線卷和一只通交流電的電燈串接着，對於電燈不起影響，仍舊明亮。但是如果用一根鐵棒插入線卷中，電燈就變為幽暗了，這是因為線卷的「自感」產生了一種電流來對抗燈用幹電流的緣故。

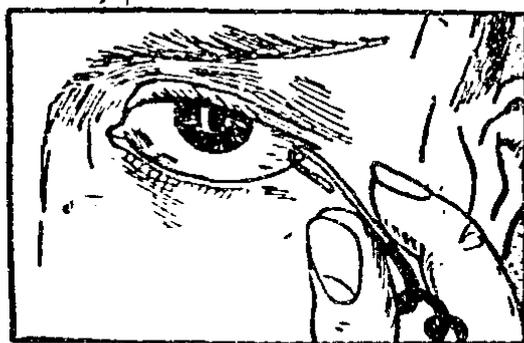


圖二十七 電燈因鐵棒而減光

「自感」是變流電路的一種性質。線卷自身裏的電流在急速漲落，因而產生磁場，這磁場轉在這線卷本身中感生電流，故曰自感。有鐵棒插入時，磁場強度增強，故自感現象顯著。

## 二十八. 刺激視神經

首先取一只1½伏特手電筒用或無錄電用的乾電池。在一個電極上接着一根錄。把這錄的自由端放在你的口中。在電池的另一極上接着另一根錄；此錄的自由端應擦淨而彎成一個小圈，以便輕輕地放在眼角內如圖二十八。當錄圈一經觸到潮濕的眼球而完成電路時，你就可看到一道



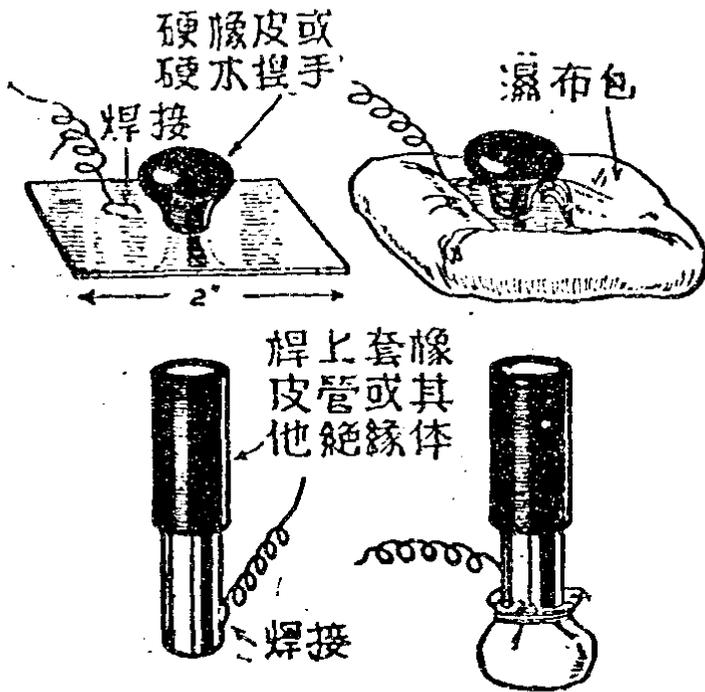
圖二十八 用電流刺激視神經。

閃光；而且錄圈和眼球每接觸一次，都發生一道閃光。這是電流刺激視神經，而發生閃光之幻覺的緣故。這個試驗沒有危險，不過切勿用有稜角的錄，以免損傷眼睛。電壓太高的電池也不可用，但用1½伏特到4½伏特的電池可保安全。

## 二十九. 控制肌肉

如果你有一個醫用的小型感應錄卷，就可用來做幾個更驚奇的試驗。其法把錄卷上的二個握柄除去，換接上兩個電極。一個電極為小金屬板，另一個為金屬桿，各用濕布包以潮濕的棉花

如圖二十九。把板極放在手腕下面(圖三十)。在錄卷內通以電流;再把桿極觸着前臂上的近肘處,則電流即從一個電極經過手

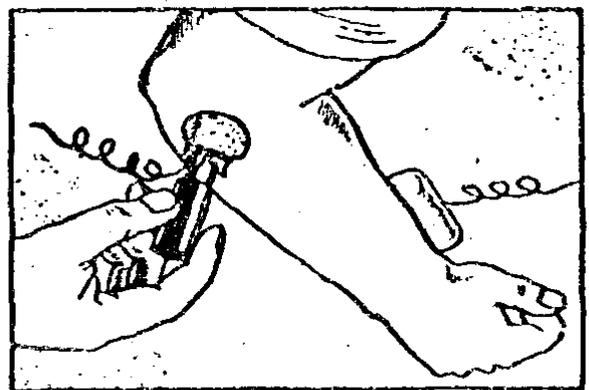


圖二十九 控制肌肉所用電極的詳細構造。

臂而流到另一電極。這樣便影響到那些控制前臂和腕內若干肌肉的神經,而使手臂扭振,或使手腕屈曲。當然,被刺激的是那一條或那幾條肌肉,要看兩個電極的位置而定。我們若把這兩個電極移到手的各部分,就可發生許多有趣的

的效應。例如,假使把板極放在一個手掌中,而把桿極觸着手腕,前臂或手背各都分,就可使手腕上下屈曲,或使任一手指獨立地活動,而不牽動其他手指等。

在通上電流時,你當然感到些許電震,但所用的電流不必太強,以免發生不愉快的電震。欲減少錄卷之震顛鈍的速率,而減低電壓,可用一小塊鉛



圖三十 用電流控制手臂的肌肉。

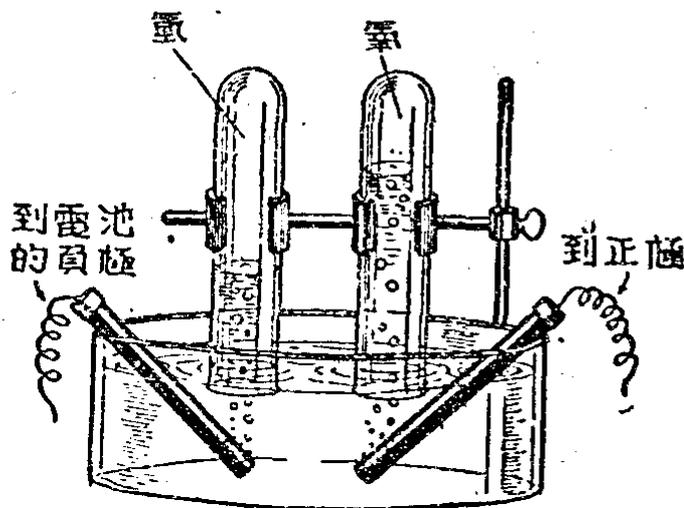
附着於鏈端,以增加其重量。為便利起見,錄卷宜用有可移鐵心

的，這樣把鐵心的位置加以調整，就可控制電壓。

### 三十. 水的電解

電的平常應用，如生熱，發光和供給動力等等，是大家所看慣的，但它亦可用來發生化學變化，如把水分解成氫和氧，恐怕不是任何人都知道的。我們要試驗水的電解，只須用簡單的器具。此種電解作用，和電池裏所發生的作用正相反。在電池裏，係由化學變化發生電流；至於電解，則係由電流發生化學的分解。

水之電解器的裝置法示於圖三十一。從廢舊乾電池挖取兩根碳棒，把它們接在一隻蓄電池上，而浸在一碗水中。此水內應預先加少量硫酸，使水成為導電體。另



圖三十一 用電解法把水分解。

用兩個玻璃試管盛滿着碗裏的水，倒立於碗中，而分別位於兩根碳棒的上方。現在通上電流，即見兩個電極——即碳棒——上各發生氣泡而上升，分別收集於試管內。

一霎時後，你會看到一個試管內的集氣速率有另一試管內的兩倍快。這個試管內的氣體是氫氣，另一試管內為氧氣。氫和氧是水的二個成分，其體積的比為二份氫和一份氧，故一管內充

氣的速率爲另一管的二倍。要檢驗氧氣的存在，只須用拇指入水，塞住先充滿氣體的試管口，把此管從水中取出，然後除去拇指，用擦着的火柴置近管口，即見此氣發藍色火焰而燃燒，就是氫氣的證據。要檢驗氧氣的存在，只須用留有火種的小木片插入另一試管中，不久木片復又發火，表示有氧存在。假使取一根細鐵線，把一端燒紅，而迅速插入這試管的氧氣中，竟會發生燃燒。燃時發生白熱而亮的火星，好像烟火一般，最後鐵線完全燒完。

如果我們用一個粗玻璃管代替二根試管，把兩根碳棒相接近而置於粗玻璃管口的下方，使兩碳棒上所發生的氫氣泡和氧氣泡都升集於這管內，即可得到一種劇烈爆炸性的混合物——二體積氫和一體積氧，即是水的成分。如果用擦着的火柴置於此管中，會發生可怕的爆炸，結果不產生烟而只生成水蒸氣。因爲此種爆炸極猛烈，故不可用玻璃管來集氣。爲安全起見，可用銅管來替代，在管外再裹着數層布，然後燃點混合氣。

## 第五章 聲學遊戲

### 一. 彈杯發聲

取一隻高脚玻璃杯，穩放在檯子上(圖一)。手指在牠的邊緣上急彈一下，就會聽到一種宛如鐘鳴的聲音。這是因為盃子邊緣經指甲的襲擊，我們已使牠發生極快的振動。這種振動把空氣激成波浪而衝擊到我們耳中的鼓膜。鼓膜起同樣的振動，由聽神經傳達到腦子；這樣的一種感覺，我們就叫牠聲音。



圖一 杯的振動是發聲的原因。

### 二. 振動發聲

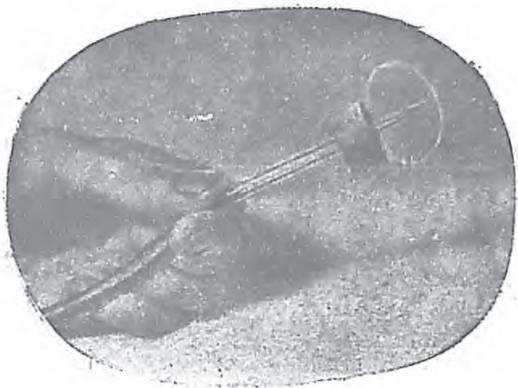
現在我們拿一支音叉，把牠輕輕敲一下，然後把叉柄和嘴唇接觸(圖二)，則我們就覺到振動，幾和觸電一般。這是證明聲音乃由振動而起。凡物不起振動，斷不會發聲。



圖二 音叉被敲後觸於唇邊就覺到它在振動

### 三. 細 線 奏 樂

在軟木塞中鑿穿一孔，然後把一個滴藥水的滴管插入。另用細線（金屬之線，如鋼線銅線）製一不完全的環，把線的兩端插入



圖三 風吹細線，振動發音

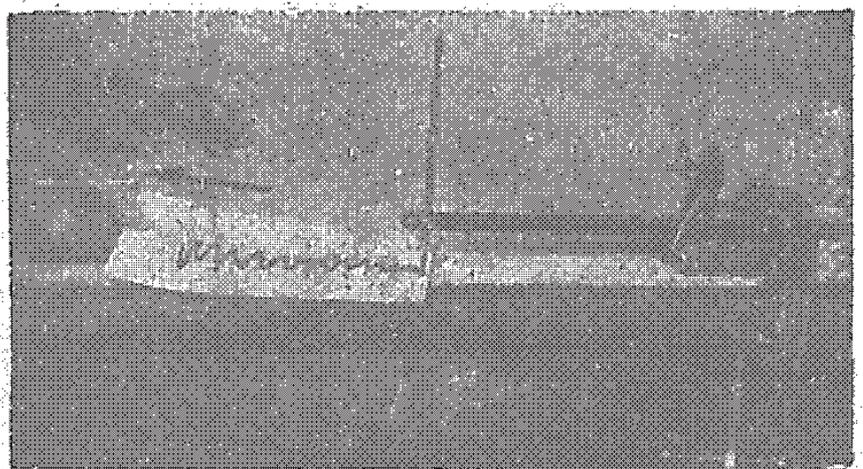
軟木塞內，使環的一部恰巧跨過滴管的尖端。管的另一端接一條橡皮管（圖三。如果你把這個器具置在風中而把皮管的一端塞入耳內，你可聽到一種幽雅的音乐。理由是風吹細

線，線起振動。風的速率時時變更，線的振幅和振動頻率隨着變更，乃發出高低強弱不同之音，由滴管導入耳鼓。

### 四. 振 動 生 波

聲音是一種波動。在空氣中，物體的振動傳於空氣，空氣以質點疎密相間的一種波傳達於耳膜。

要看出物體的振

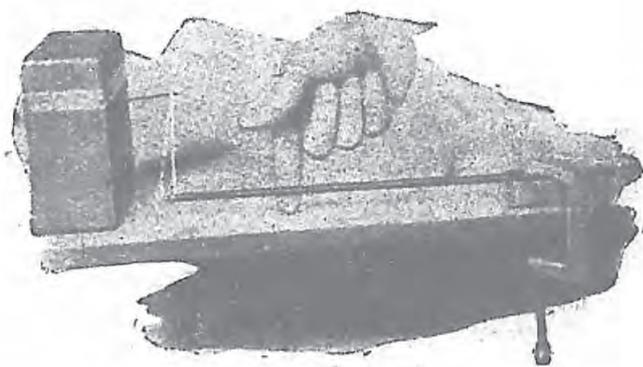


圖四 A 橫 振 動

動是波動，可做下列二個試驗：

**A 橫波** 圖四 A 中鋸條的一端用老虎鉗固定於桌邊上，他端上縛着一支蘸着墨水的毛筆。用手指使鋸條振動，隨即用一張紙接觸筆頭而向左移去，就看到紙上繪着連續不斷的波紋。

**B 縱振動** 一根橫振動的棒同時也縱振動。要證明這個現象，可懸起一個小鉛球，和棒端接觸。這樣用手指使棒橫振動時，鉛球動盪，就看到棒的縱振動了。



圖四 B 縱振動

## 五. 聲的圖案

因物體振動的不同，於是發生種種不同聲音。要看見物體振動如何變化，我們可做下列一個表演。

取幾片薄板，形狀不論方，圓或三角，材料不論極光的木板，金屬板或玻璃均可。把它平放在一個柱上，固定其中央或近邊緣處。板面需塗黑。把極細的白砂極勻淨的滿布在板上。另取一隻拉琴的弓，弦上用松脂擦透。然後把弓弦正交地攔在板緣，輕快地拉動。由板的振動，砂即活動，最後排列成種種有規則的形狀，

如華美的星形，同心圓，同心半圓等。如果用一塊方板（圖五），可使砂排成的各式線條，或和板邊平行或和對角線平行，或縱橫交錯，如棋盤格。這種花樣變化無窮，全視振動發生點的地位，一指或數指按定的地點，以及板的形狀，厚薄和密度而異；其中以弓



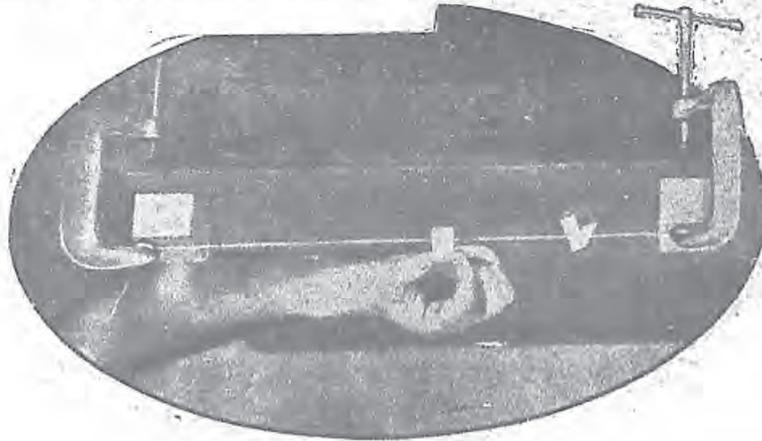
圖五 把細砂置在板上，用弓弦在板緣拉動，砂即排成各式花紋。

和指的相關位置尤為重要。這種試驗也可在鼓面上，或者在一張緊綑在架上的光滑紙上施行。因為這種實驗是由德國克拉尼 (Ernst Chladni) 首先演出，所以這一類的花紋叫做克拉尼圖形。

做這個試驗，不用砂而用血石髓也行。如果用血石髓，所得的圖形可以另用一張潮濕紙覆在圖上，把它翻印和保存。固定板的方法最好用螺釘，更用軟木襯墊，使板上釘着的地點不起振動。

## 六. 波 節

一根弦線或錄在振動時，不一定全部多動。讀者可以用這裏一個方法來試驗。把一根錄拉緊，用馬蹄夾子夾住如圖六。用幾個對摺的狹紙片騎在這錄上。而後在全錄的四分之一，或六分之



圖六 波節表演

一地位，用指扣彈，紙片大半因錄振動而落下，只有少數停留在原位上。這些不落下的紙片多是騎在錄上不受振動的各點，叫做波節。波節的位置也可以豫測。例如手指彈在錄的四分之一的地位，波節當在錄的二分之一的地位。如彈在六分之一的地位，波節當在錄的三分之一和三分之二的地位。

在空氣波中，有半個波空氣擠得密，半個波空氣散得疏，這兩個半波之間，空氣質點不動，就是波節。

## 七. 用手擴聲

欲和遠距離的朋友講話時，我們常常把兩手分放在嘴的兩



圖七 用手做擴音器

旁(圖七)。這固屬習慣使然，是常見的事。殊不知這正是一個科學的動作。我們把兩手放成漏斗形時，無形中就是阻止聲波向兩邊逸散而浪費，把我們的聲音傳到較遠的地方去。所以，在這時候的兩手，實已構成一種「擴音器」。

## 八. 捕集聲音

找一隻大牡蠣殼，把口置近我們的耳孔(圖八)，則我們就聽到轟轟的響音，和海潮的咆哮一般。這並非是因為牡蠣是海中的產物，所以我們聽到殼中海潮的聲音，是因為我們身體的四周，時時都是包圍着各種聲浪，不過這些聲浪，非常微弱，所以平常都聽不出。剛才把牡蠣殼置近耳孔，則牡蠣殼就把這些微弱的聲

浪，收集在一個小空隙中，不使牠們擴散，所以我們能夠聽到。反之，若我們的四周沒有聲浪存在，那麼就是把牡蠣殼置近我們的耳邊，我們也就聽不到什麼聲音了。又我們要收集此種微弱的聲音，不必定專用牡蠣殼，其他和牡蠣殼形狀相仿的都可用來「聽潮」。最便當的只須把手腕隆起，用手掌加在耳殼外就行了。



圖八 用牡蠣殼收集空中微弱的聲音

## 九. 固體傳聲

聲波的傳達，不僅以空氣為媒介。就是固體也能傳聲，並且能傳達極快。此種事實，只須用一把調羹和一根繩就可證明。把



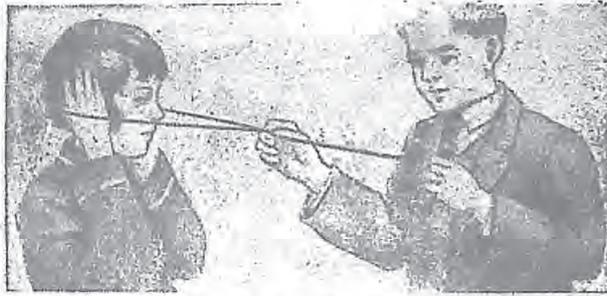
圖九 調羹撞着桌邊，聲浪由繩傳於耳。

而聽得格外響亮。

調羹的柄，繫在繩的中間（如圖九），然後把繩的兩端放進耳孔。現在把繩蕩動，使調羹撞着桌邊（或其他硬物）。則我們聽到調羹碰撞的聲音，非常響亮，比在空氣中所聽到的聲音還要大。這是因為聲波在空氣中必須向外擴散，於是牠們的力量減小。剛才聲波由固體的繩來傳達，所以力量不會減少

## 十. 繩子送聲

這裏又有一個實驗。我們把兩手掩着耳，教另一人用一根繩



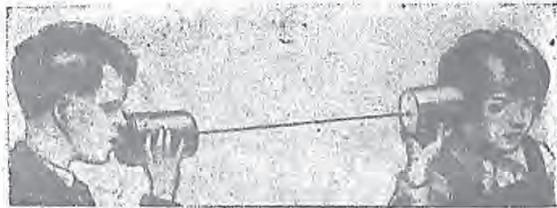
圖十 用繩繞着她的頭和手，把繩拉緊，再用指括繩，則括聲傳到她的耳。

繞着我們的頭和手（如圖十），再教他們用一隻手握著繩的兩端，把繩拉緊，而用另一手的手指輕輕地在繩上括來括去。那麼

我們聽到一種滾動聲音，嚮亮和雷一般。這也是因為固體——繩和手——保持聲波不散的緣故。

## 十一. 玩具電話

圖十一中所示的簡單電話機，可用來說明固體傳聲的情形。此種電話機，想有的小朋友也做過的，玩過的。找兩個粗的竹筒（把洋鐵香烟罐的底挖去也行），筒的一端蒙着油紙（或薄的皮），紙的中心穿着一根長線，線的兩端各打一個結，以免線滑出。現在兩人各取一筒，把線拉緊。一人就筒口說話，則另



圖十一 玩具電話機。繩長可三四丈，但必須拉緊。

一人在他的筒口就聽得非常清楚。此種電話機的「電線」長可三丈，但「打電話」時必須將線拉緊。

## 十二. 汽車喇叭

這裏有一個有趣的試驗，用着一個小朋友們都能自造的小小器具。取一個圓筒形的洋鐵罐，去其底，罐口上糊着一層羊皮紙或防油紙，用繩沿着罐邊扎牢。紙的中心，穿着一根線，在罐內的一端，打一個結，以免線端滑出(圖十二)。

這樣預備好之後，我們把塗着松香的手指，沿線拉擦。即刻就聽到一種奇怪的響聲，宛如汽車喇叭的鳴聲。因為粘着松香的手指，沿在線上拉擦，發生許多小小顫動，因此震動了羊皮紙，而鐵罐則作用如一個共鳴器。



圖十二 發聲如小型的汽車喇叭

至於手指上所以要塗松香，原因是在增加手指和線中間的摩擦力。假使不塗，那末手指就容易在繩上滑過，而不發生多少振動了。

## 十三. 聲的反射

為證明聲和光一樣能反射起見，置一個鏡在瓶內。瓶橫臥，

口向外。另取二張紙片握在手中如圖十三的位置。這樣錶走動的聲音就可以聽見了。

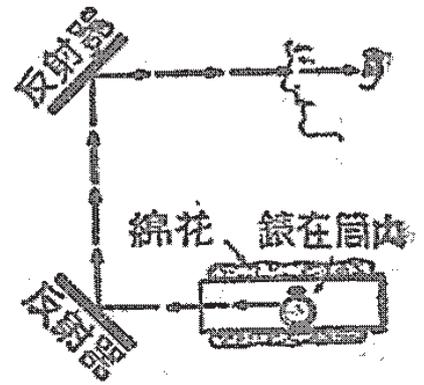


圖 十 三

#### 十四. 簡單的微音器

把電話聽筒的線連於一根釘和一只乾電池的金屬殼。用一枝鉛筆的筆心擱在釘和乾電池的中央柱上(圖十四)。而後把聽筒戴上你的頭,就聽到一只錶的滴滴聲,響亮得和打雷一般。



圖十四 簡單的微音器。

#### 十五. 聲的共振

用二隻同樣的玻璃盃,盃內各注水約至盃之四分之

一深，用指甲把牠們急擊一下，使其發音。倘使兩盃發音不同，就得把一盃中的水，酌量增加，使兩音高低相同。

兩音調和之後，我們在一隻盃口上橫置一條兩端彎曲的細線（圖十三）。現在，若我們用手指急彈那隻沒有架線的盃子，或用濕指沿盃邊磨擦，就因振動而發出一個樂音。尤其奇怪的是，擺在另一隻盃口上的線，已在開始上下跳舞了。



圖十三 聲波使線條跳動

跳動的原因是這樣的，因為兩隻盃子是彼此調諧的，所以把一隻振動了，他一隻就相應而共振。這玻璃盃的振動，就是促成杯口上線條跳動的主因。

## 第六章 光學遊戲

### 一. 光走直線

這個實驗可證明光的直線進行。找一張卡紙，用縫衣針在紙的中央鑽一小孔。而後把牠直立在一個電燈泡前，後面再直立着



圖一

一張卡紙如圖一，則這卡紙上就映着電燈的倒像，非常清晰。這是因為燈泡上每一點所發出的光線，經過那針孔，只能依一直線射到「幕」上的一點。如

果光線不依直線進行，斷無此種現象。

### 二. 壁上奇影

在電影尚未發明之前，在千百年前的中國就有所謂灑州影戲；在希臘上古時代亦有所謂壁上活動像生奇影；故壁上活動像生影，亦可以說得是盛行於今日之電影的老祖宗。只要來得活動像生，不但可以哄騙孩童的歡喜，就是大年紀的人，有時亦覺得非常的有興趣。若有良好藍本做模範（圖二），只要用兩只手做姿態，亦可以弄出許多新奇花樣出來。光線是直線進行的。如果光



圖二 活動像生黑影的範本

在牠的行程中，有一部分遇着一種不透光的物質，那部分就會被牠阻斷；其不受阻的光，仍繼續前進；若再遇一塊不透明物時，牠

的光線遂又停頓在此物上；其一部份曾在中途遇阻的光線，不能同來，遂成了一個「黑影」。又倘若此第一的不透物與第二的不透物相距極近時，黑影是來得特別清楚。再加以兩手的活動，種種像生的形狀就顯示出來了。

### 三. 木物人影



利用光線與視覺，更可以自製有趣味的東西。讀者倘有刀一柄，木頭一段，就可以將木頭刻成各種花式，使牠在光線中的影子成爲各種面相。圖三是表示一個樣子，刻得非常巧妙，在光線下映在壁上是一個外國人。讀者如有崇拜的偉人，不妨也製一個來自己玩玩。這種小品的東西可以藏在篋袋內，也可以裝在手杖的柄上，這是要看作者的意思了。

圖三 木的影子是一個外國人

### 四. 水中燃燭

有一支燭立在一瓶水內燒，不免使人驚奇，其實不過是一個幻覺。照圖四所顯示的佈置，把燃燒的燭隱在書背後，不爲視察者所見。燭和水瓶間置一張玻璃版隔開。這個幻覺的發生，因爲玻璃不但能透光，且把光反射，所以視察者能見反射光線所構成的燭像，直立於一瓶水中。這個原則在舞台佈景中應用甚廣。

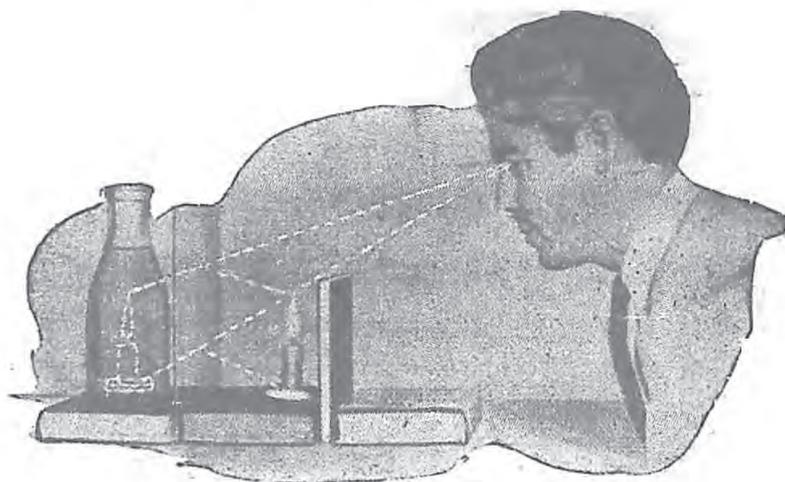
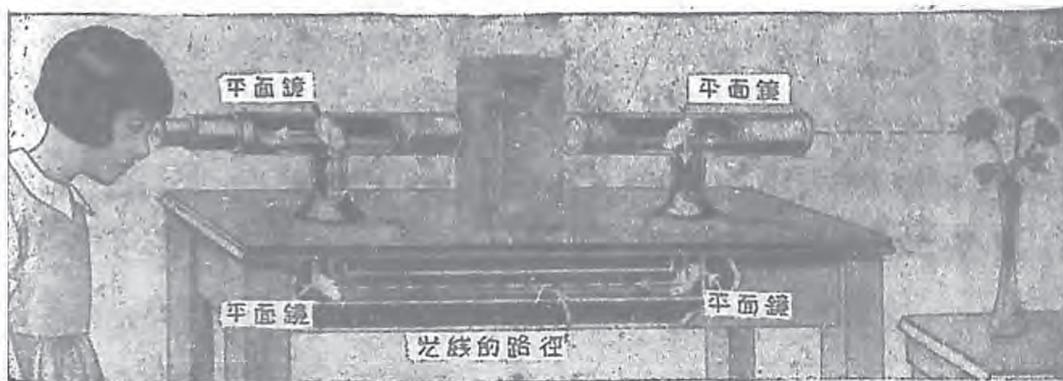


圖 四

### 五. 隔牆看戲

我們可以聽隔牆話，但決不能看隔牆戲，因為磚頭可以傳聲而却是不透明的。可是科學家真會玩把戲。他們偏要打破這隔牆不能看戲的老話，想出方法來看看。如果你不相信，當場可以試驗，方法也簡單得很。



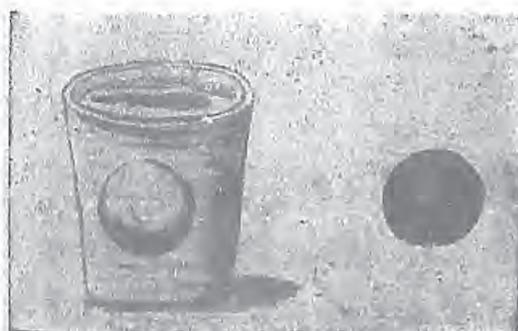
圖五 隔牆看戲的方法

圖五中的桌子上，裝着兩支望遠鏡狀的筒，一支筒上配着目鏡，用以對光；另一支筒則僅於對物的筒端開口而已。兩筒放在一直線上，由一個U形管從桌面下伸出兩股，把兩筒接通。每筒裏面，在和U形管的接口處，各裝一面平面鏡，與水平線成四十五度角。U管的裏面，在二個轉彎角上也各裝一面平面鏡，各與上邊筒內的平面鏡對照而平行。從物體，如花瓶，來的光線從右筒射入，在管內經過四個平面鏡的更迭反射，如白虛線所示，曲折而達到左筒的目鏡。所以左邊的女孩兒就可隔着磚頭，看到右邊的花瓶。倘使你要隔牆看戲，有何難哉？

## 六. 黑球發銀光

這是一個很有趣的實驗。將一個漆黑一團的球放到水裏去，立刻變成一個光輝耀眼而像銀一般的東西。

找一個球形的東西(最好是要比水重，易於放到水面下的材



六左 水中塗燈煤烟的黑球現銀色  
右 未入水塗燈煤烟的黑球

料做成的)，放到煤油燈的火焰上面，讓燈上的烟將牠薰黑，直到全個球都鋪上一層煤烟而止。要烟發生得快，可將燈罩取開。候球冷了，將牠放到盛在玻璃杯的水裏。當這個球一

到水中，牠的光澤顏色都大大的改變了，顏色由黑轉成白的，光澤由暗淡轉到光亮。一個沒有見到牠未入水的情形的人，會以為是一個磨光的銀球，但將牠拿出水面，依然又是漆黑一團東西。

這個實驗所生的變化雖有些奇怪，但其原因則由於初級物理學書上所提到的「全反射」作用。煤烟是善於吸收氣體的一種炭質，所以當球入到水裏時，油煙的外面還包圍着一層很薄的空氣。由杯外經水裏的光線與這薄空氣層所成的角，因為這層成為球形，都大過四十九度（水的臨界角），故這些光線射到薄空氣層的表面時，都全被反射出來。因此看起來又白又亮。

## 七. 用鏡燒紙

用鏡燒紙，是阿基米得首先發明的，我們也可嘗試一下。把電熱器（亦稱電暖爐）上的發熱部分卸下，單用它的反射器來把

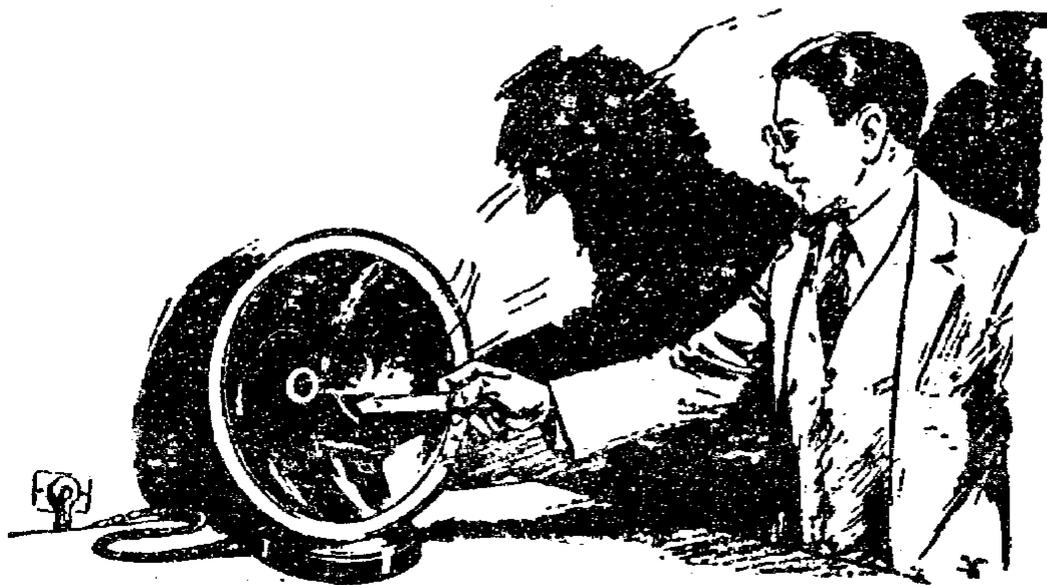


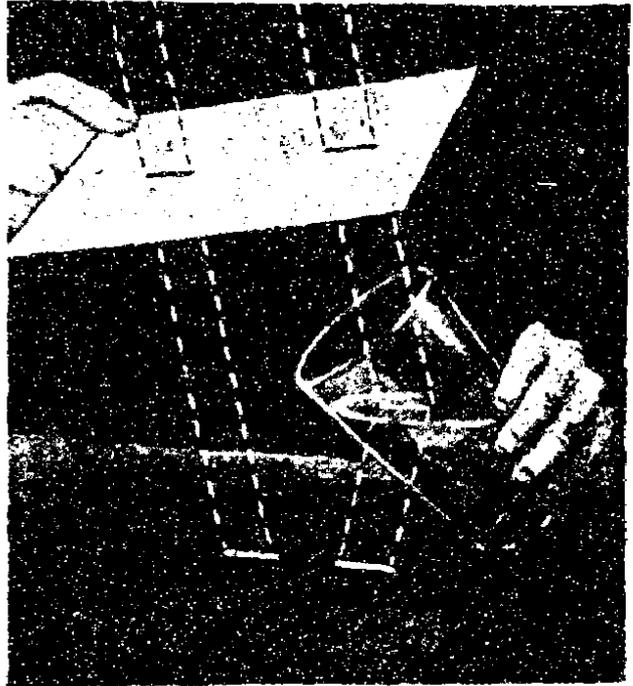
圖 七

太陽集焦於一張紙上，紙會着火。

這種反射器是一個拋物線體；平行的太陽光線入射於器面上，反射光線即集中於一點，叫做焦點，光度極強，故能把紙燒着。

## 八. 光的屈折

這裏有一個實驗，表示光線經過密度不同的媒介物後必被屈折，如從空氣經過水或從水經過空氣，光線必然屈折。取一張卡片，片上剪成兩個長隙。使光線由隙中



圖八 證明光線從空氣入水而屈折

通過射於黑檯面上，檯上即露光兩條。再將一玻璃杯水移到其中一條光線，使光線由水中經過如圖八，這道光線就屈折，因此射

到檯上時的位置也就改動。



圖九 光的折射。

## 九. 光柱彎折

我們再做一個試驗，可以表演光線的屈折更為明顯。用手電筒的光穿過一張卡紙上的一條狹縫，而射入水和滑石粉

(Talcum powder)的混合物中,就看到光柱在液面處發生屈折(圖九)。這是因為空氣和水的折射率不同的緣故。

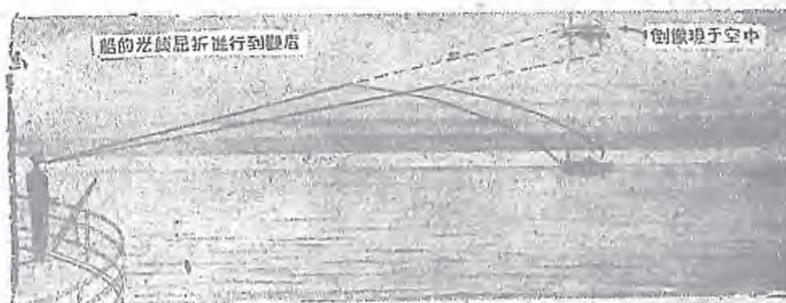
## 十. 海市蜃樓

海市蜃樓是一種奇怪的幻像,在熱而乾燥的沙漠區域常可看見,但北極和多山城區有時亦能發見。

沙漠地方所現的海市蜃樓,和圖所示的類似。疲倦和口渴的

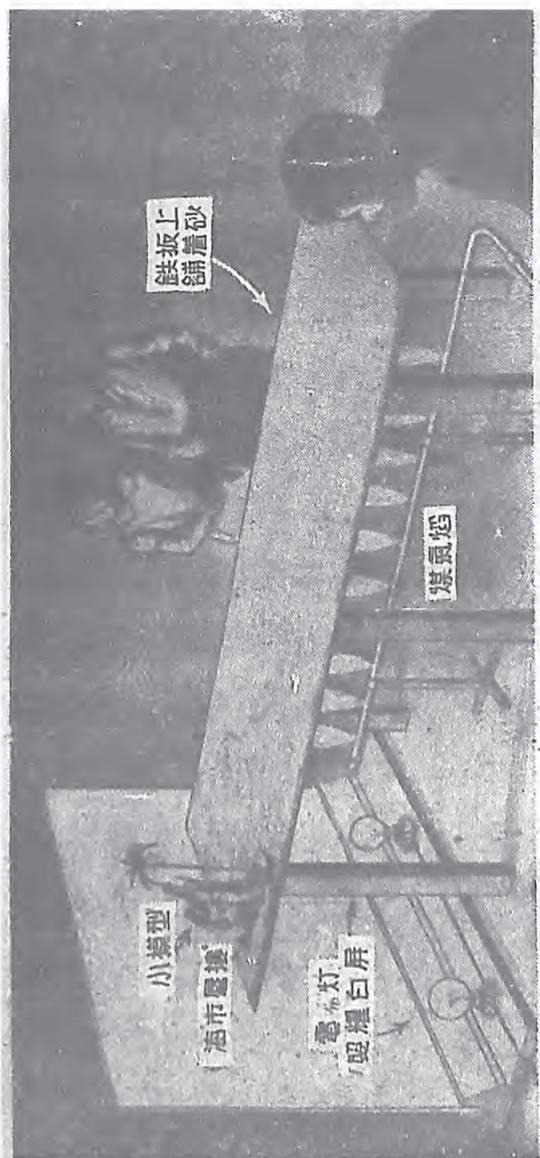


圖十a 沙漠中海市蜃樓的成因。棕樹是真有的,不過在很遠處。因為從遠處的棕樹而來的光線,經過不同密度的空氣層,就屈折而使樹的像變近。這些光線又自相交錯,旅客以為樹的像是從虛線的方向而來。結果好像看到樹和顛倒於水中的樹像。



圖十b 航海者所看到的海市蜃樓: 顛倒的船像現於空中。因為和水接觸的空氣層比上層空氣的溫度小而密度大,光線屈折的方向和上圖中的相反。

旅客忽然看到棕樹成林，清水一片，離開他們並不遠，當然飛奔而去。豈知他們向前行時，水和樹好像也向後退。



圖十c 實驗室中表演人造海市蜃樓的方法：當鐵板上鋪着的砂被火烘燥時，用眼睛放在鐵板的一頭對着另一頭看去，就看到白色屏前面的模型駱駝和棕樹的下面好像有水，模型的像顛倒着在水裏。

這種海市蜃樓的解釋是這樣的：沙漠中的沙被太陽晒熱，就把和沙接觸的一層空氣烘煖，於是這層空氣的密度變成比上層的空氣小了。沙漠上常會有幾層不同密度的空氣層，因此從遠處一所棕樹林而來的光線就被屈折，而使樹林看起來好像比真正所在的地點更近。

因為從棕樹上不同部分而來的光線又互相交錯，所

以旅客看到棕樹是顛倒的，也就以為是水裏的棕樹影子了。

航海的在海裏有時候也看見海市蜃樓。這種海市蜃樓通常是顛倒的船像，現於海上的半空中(圖十b)。原理和上述的一樣，所不同的是接觸海水的空氣比上層空氣較冷而密度亦較大，所以從其他船隻而來的光線，其屈折的方向和在沙漠中不同。

但無論光線是像圖十a中的一樣向下彎折再向上，或是像圖十a中的一樣向上彎折再向下，我們的眼睛老是把屈折光線的近眼睛那一段的方向認為光線所自來的方向的。

我們在實驗室中可以做一個人造海市蜃樓，如圖十c所示。在一塊鐵板上鋪着薄層的砂，板下點着煤氣或幾個酒精燈，把鐵和砂烘熱。在鐵板的一頭立着一個白色的屏，屏下裝兩盞電燈，以便把白屏照亮。用幾個物體的模型放在砂面上近屏處。然後你用眼睛從鐵板的這一頭沿砂向那一頭看去，就看到模型的像好像顛倒在水裏似的，其實砂上並沒有水。

## 十一. 樹膠顯微鏡

用一隻針在一片洋鐵皮上打穿一個洞。焯一些加拿大樹膠(Canada balsam, 可向西藥鋪購得), 放一滴在洞上, 等到樹膠結硬, 你已做成了一個顯微鏡(圖十一), 它的放大率比



圖十一

一個玻璃透鏡還要大。

加拿大樹膠大都為濃厚油狀，氣味芳香，常用作香料或止痛藥等，折射率極強，故可用作顯微鏡。



圖十二 兩眼合作的重要。

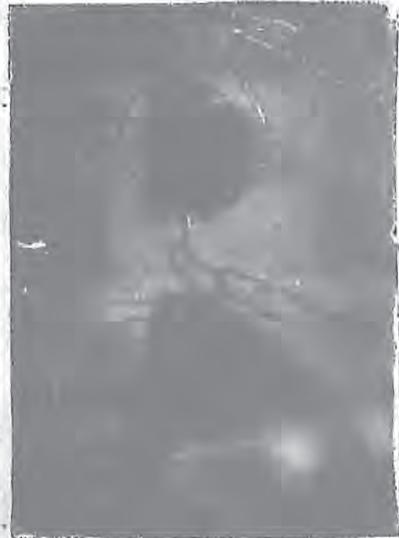
## 十二. 兩眼合作

取一根線，懸起一只小環，如戒指。用手拿着一根草稈或其他細棒，離開小環若干遠，把草稈端由戒指中穿過。這當然是一件很容易的事。但是你如果把一只眼睛閉起，或用手帕把牠掩着(圖十二)，那未要把

草稈端穿過小環就沒有那樣容易了。若單用另一只眼睛來試驗，也是一樣的不容易。由此可知人有兩只眼睛的重要了。

## 十三 視覺暫留

用鐵線彎成圖十三所示的形狀，把牠夾在兩手掌間搓轉不息，你就看到鐵線變為圖上面所示的整個



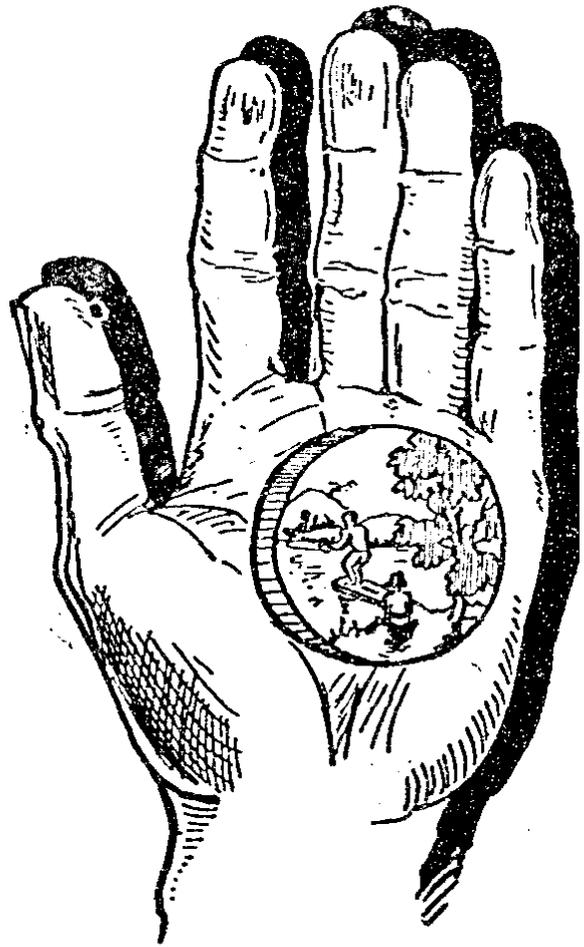
圖十三 因視覺的暫留把轉線看做一個轉圈

的形狀了。這種幻覺和電影的原理相同。我們知道當眼睛看到物體後，物像能在眼內的網膜上暫留一些時間。你所看到鐵線作整個的形狀的，就是由於這種視覺暫留性。

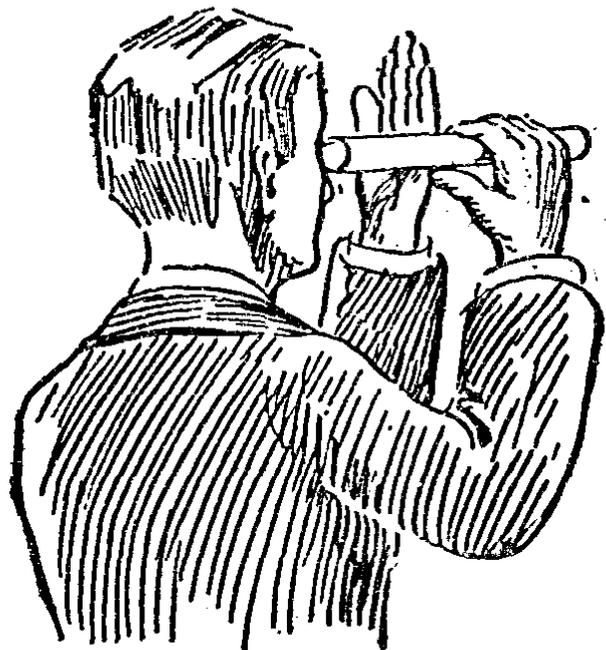
#### 十四. 隔掌看物

我們能從玻璃窗中看到窗外的東西，因為玻璃是透明體。但是我們若把手掌掩住眼睛，就看不到一切東西了，因為手掌是不透明體。

可是，這裏有一個方法，竟能使我們隔掌看物。其法用硬紙捲成一個六七寸長的管，用右手拿着，把一端對着右眼，使右眼能從管中看出。然後把左手掌豎起，靠着紙管的中部，而擋住左眼的向



圖十四 a



圖十四 b

前視線(圖十四b)。

現在把兩只眼睛都張開,用右眼從管中窺出,就看到左手掌中有一個圓洞,而從這洞中可看到外面的東西(圖十四a),

當然,這手掌中是沒有洞的。我們所看到的洞,却是一種幻像。這個玩意兒證明我們的眼睛會得欺騙我們!

## 十五. 猛虎進柙

在一張卡片的左面繪一個籠,距籠右面半寸許繪一只虎(圖



圖十五 虎入柙內

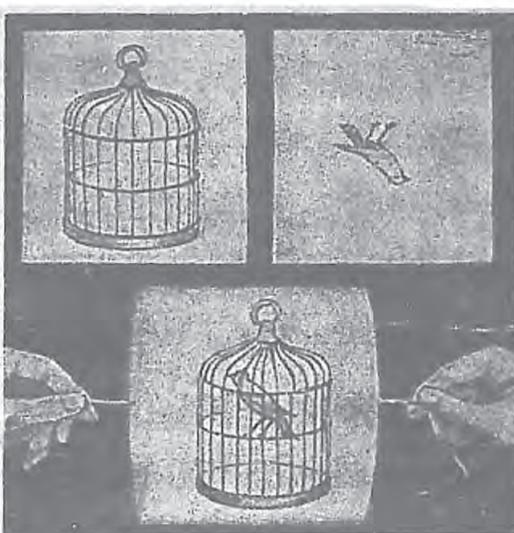
十五)。另用一張卡片置於籠虎之間,並與繪圖的卡片垂直。然後將他們移近面部如圖,使左眼祇能看見籠,右眼只見虎。注視數秒鐘後,老虎好像向前行,漸入籠內。這是因為兩個在外界隔離的東西,他們的影像經過眼睛,到了腦神經內視覺部分并合起

來的緣過。

## 十六. 小鳥入籠

取一張小卡片,約二寸闊,三寸長。卡片的前面繪一個籠,背

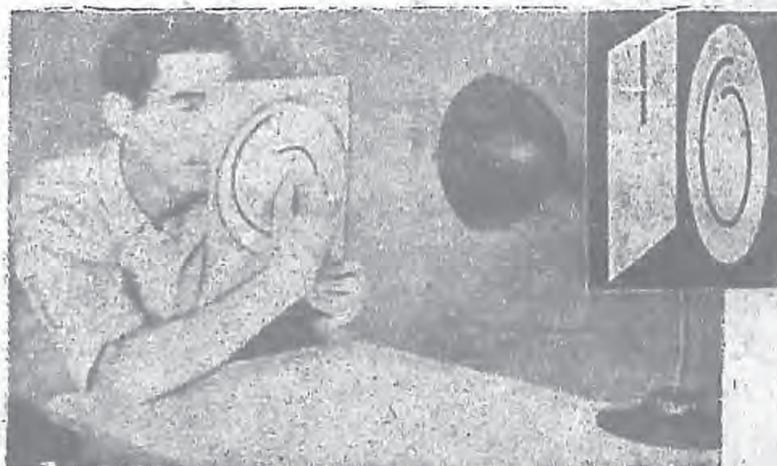
面繪一個顛倒的鳥，如圖十六：卡片兩對邊的中間各繫一根細線。將線向前向後搓捻時，卡片即往來旋轉，背後一只鳥就好像在籠中。這是因為籠的影像及鳥的影像聯續不斷的印在眼球內的網膜上，兩者疊併起來，就好像鳥在籠中了。



圖十六 鳥入籠中

### 十七. 光點倒動

在一張卡紙裏開一條直縫，在另一張卡紙裏開一條螺旋形縫（圖十七）。把第二張卡紙在第一張的後面旋轉於順時針的方



圖十七 圓形卡紙停止旋轉時，光點好像仍在移動。

向內，同時由縫中窺視燈光，即見一個光點在縫中反復地由下而上移動。注視此點歷十五秒鐘，然後突然使卡紙停止旋動，則光點雖然實在已經靜止，但好像是在由上而下移動着。同樣的情形，在汽車或火車停止後數秒鐘內，車外的景物好像仍在移動，而你好像在向後退。

### 十八. 不轉而轉

這是一個很有趣的錯視。你拿住這頁書的兩邊，很快的使一邊向上，那一邊向下，來回的搖動，你就看到圖十八中腳踏車的兩個輪子旋轉不歇。你把書動得愈快，車輪也轉得愈快，不過車

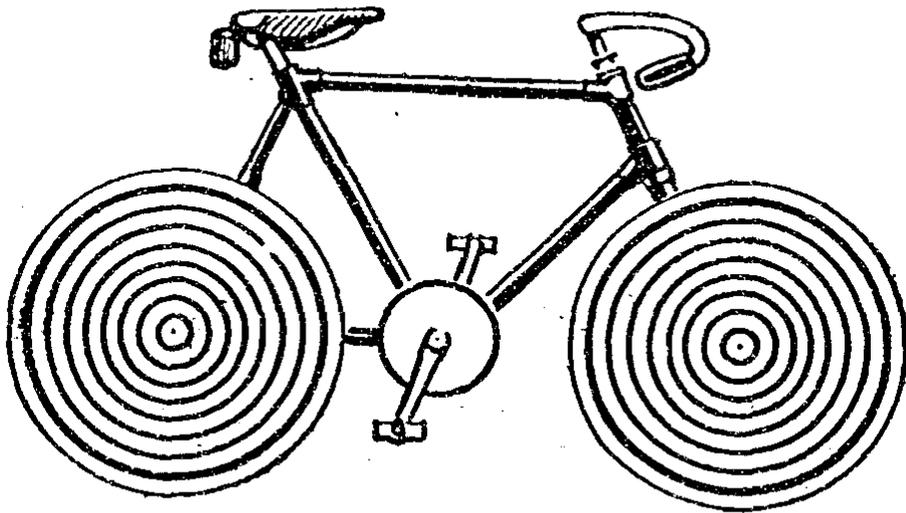


圖 十 八

輪旋轉的方向是一正一反的。如果你不直接看住車輪，效驗就更明顯。

### 十九. 車輪倒轉

你曾經注意到影戲裏的汽車輪是倒轉的嗎？活動照相機的光開關是造成此種奇怪的印象的原因。割取兩塊圓形硬紙板。沿近一塊板的邊緣鑽着一圈窺視孔，在另一塊板上繪着輪輻，把兩塊板裝在一個軸上如圖十九而急速旋轉，就可看到這個奇怪的印象了。



圖 十 九

## 二十. 反旋輪影

從硬紙板剪一個直徑約有八吋的齒輪，用一根針穿過輪的中心，而把針釘在一根棒端上(圖二十)。齒輪要能繞針或軸自由旋轉。

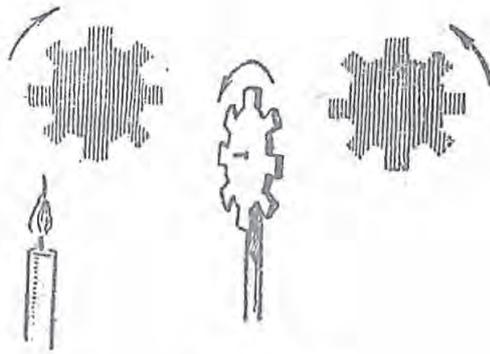


圖 二 十

假使你把這齒輪持於一間暗室中，將輪面和牆壁平行，再在輪前方的左右二邊各立着一枝洋燭，則將齒輪旋轉時，就看到牆壁上有兩個輪形，依相同的方向旋轉着。

但是，假使你把齒輪置於和牆壁垂直的位置，

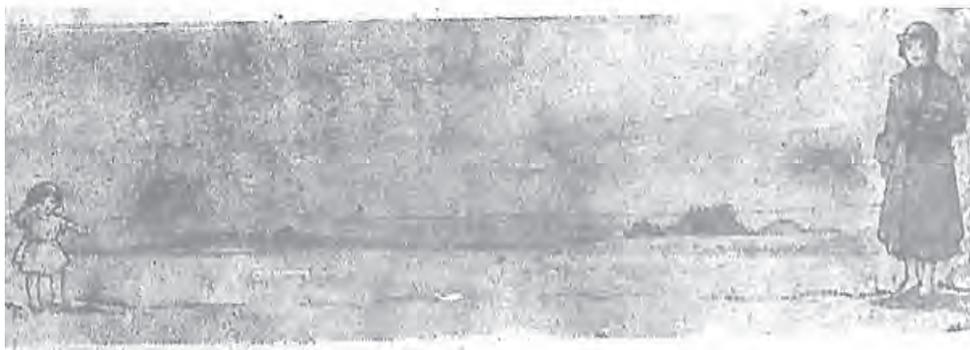
則兩個輪影就依相反的方向旋轉了。

這個玩意兒是很有趣的，但齒輪和洋燭的相關位置，必須調整得適宜，始生效力。

## 二十一. 忽現忽滅

圖二十一表示一個婦人和她的孩子立了一個空曠的地方。我們利用這個圖可以做一個有趣的試驗。你把你的左眼閉起來，拿圖離開你的面孔約二呎，這時你當然能看到圖中兩個人。

但是你如果始終把左眼閉起，用右眼始終注視着圖中的小孩子，同時把圖徐徐移近你的面孔，那末移近到一個相當距離時，就發覺圖中的人婦不見了，但記好右眼宜始終注視着小孩。



圖二十一 把你的左眼閉起 用右眼注視圖中的小孩，將圖由二呎外徐徐向面孔移近。移近到一個相當的距離時，圖中的婦人就看不見了。

而後你繼續徐徐把圖移近面孔，圖中的婦人不多時又復出現。現在你把右眼遮起，用左眼始終注視着圖中的婦人，則把圖移近到相當距離時，那小孩子也會不見，結果和第一試驗相同。

這是什麼道理呢？理由是因為人們的每只眼睛內總有一點，叫做「盲點」。當我們在看一個物體，而物體的光線射到盲點上時，應為盲點不能把消息傳到腦的司視部分，結果我們不會看到那個物體。

盲點位於眼後面的網膜和視神經連續的部分內。如果用一柱纖細的光射於這盲點上，眼睛並不能看到這個光，因為視神經本身沒有光的感覺。

現在我們可以曉得以上試驗中那婦人(或孩子)所以會忽然不見的，就是因為從她而來的光線恰好射在你眼睛的盲點上。

但是我們平時並不感到每只眼內有一個盲點。這是因為從物體而來的光線射到一只眼睛內的盲點時，另一只眼睛仍能記錄物像，所以我們不能感到我們眼睛內的這個缺點。

剛才說視神經本身沒有感光的本能，那末眼睛內能感光之刺激的到底是那一部分呢？科學家相信眼睛內能感光的部分，是網膜的外層細胞。這些細胞把光的感覺從視神經傳送到腦，於是我們看到物體。

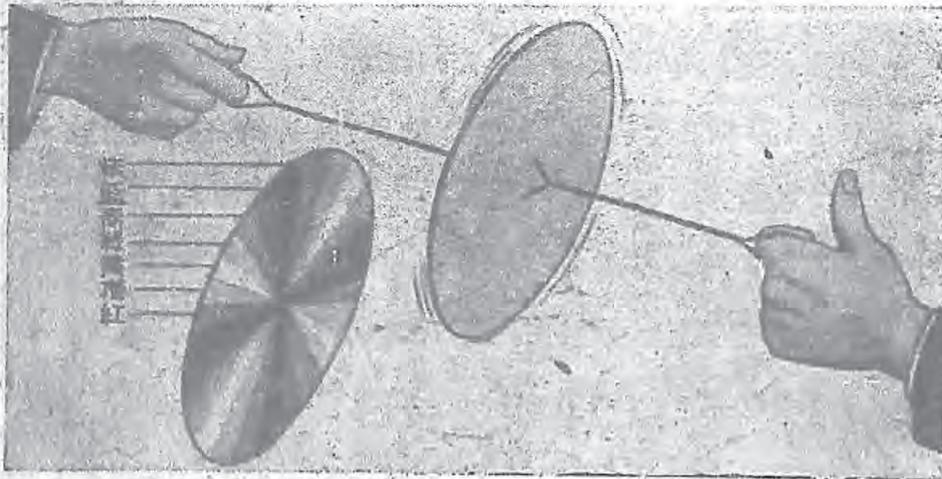
我們的眼睛還有一個奇怪的性質，就是網膜上所留的光的印象，比光本身的存在時間來得長久。例如電閃一發即沒，但是我們眼睛約在八分之一秒鐘內仍能看到這個電閃。此種性質叫做視覺暫留，電影就是依賴這個性質而獲得成功的。

## 二十二. 七色合成白色

當太陽光經過三稜鏡的時候，或在鏡子斜邊的地方，我們可以看見太陽光是紅，橙，黃，綠，青，藍，紫七色所組成。

假使把這七種顏色依了牠們在光譜裏的次序，就是紫、藍、青、綠、黃、橙、紅，尖角式地塗在圓紙版上(如圖二十二)，那末把這紙版旋轉得很快的時候，這七色會合成而變了白色。

科學家利用特製的儀器，來證明這件事；但是我們現在可不必那樣麻煩。我們的儀器是很簡單的，祇要在一塊圓紙版的中央，鑽兩個小孔，用一條線穿過它們，把兩頭連結起來就好了。



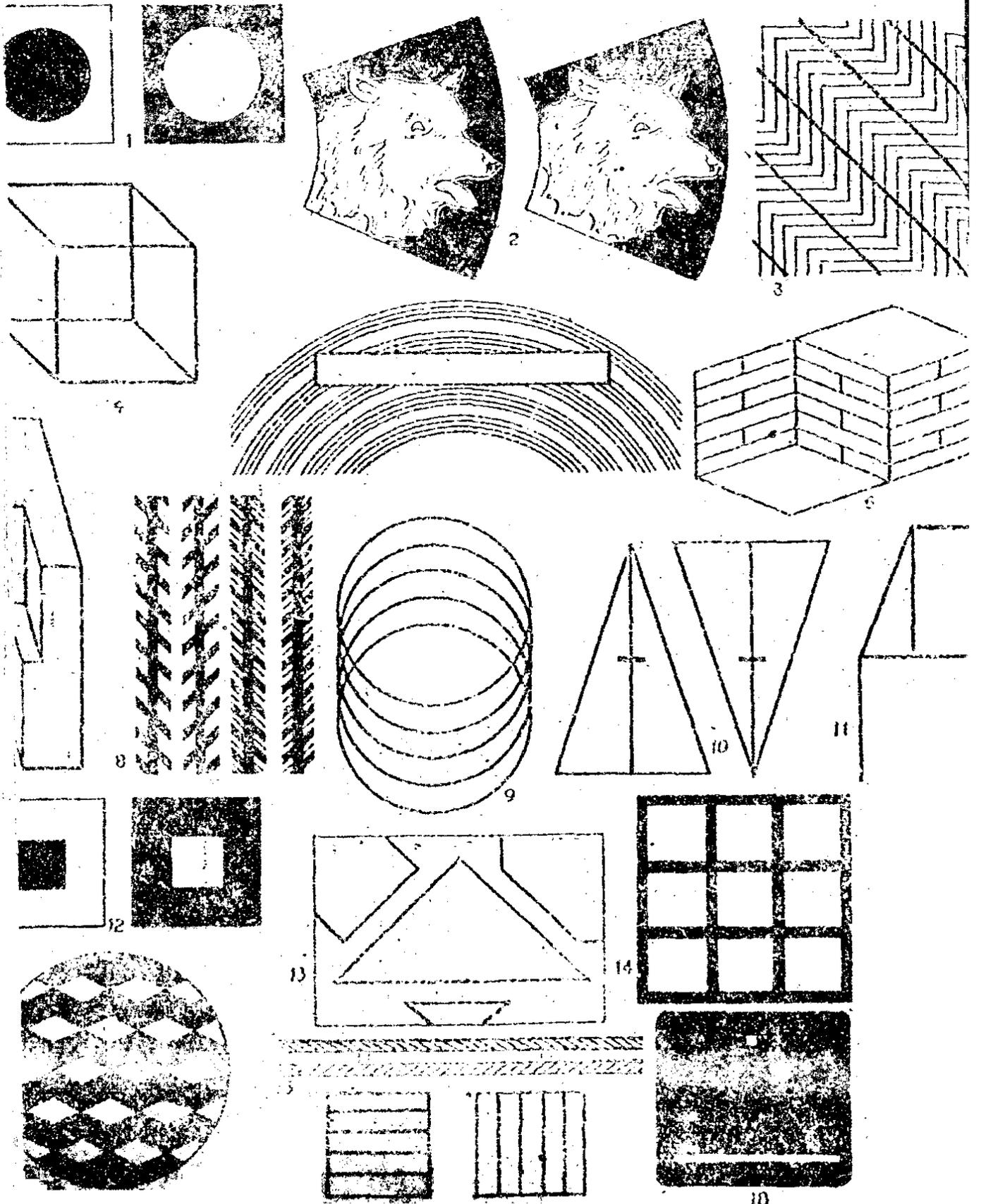
圖二十二 顏色版的塗法和旋轉的形式

運用的方法也並不難，開始轉動圓紙版，使兩旁的線，互扭而絞緊，這樣，這條線就發生了彈性；於是雙手拉緊線的兩端，左右移動着使這條線忽而緊忽而鬆，那就會叫紙版不斷地轉動，同時使這根線兩方向的絞繞着。

這是一個很有趣的實驗，不費金錢，誰都做得來。最好用質地堅硬些的紙版，七種顏色也要塗得互相接近，要和在三稜鏡裏及鏡子斜邊的地方所看見的光譜一樣，就可以得到更好的結果。

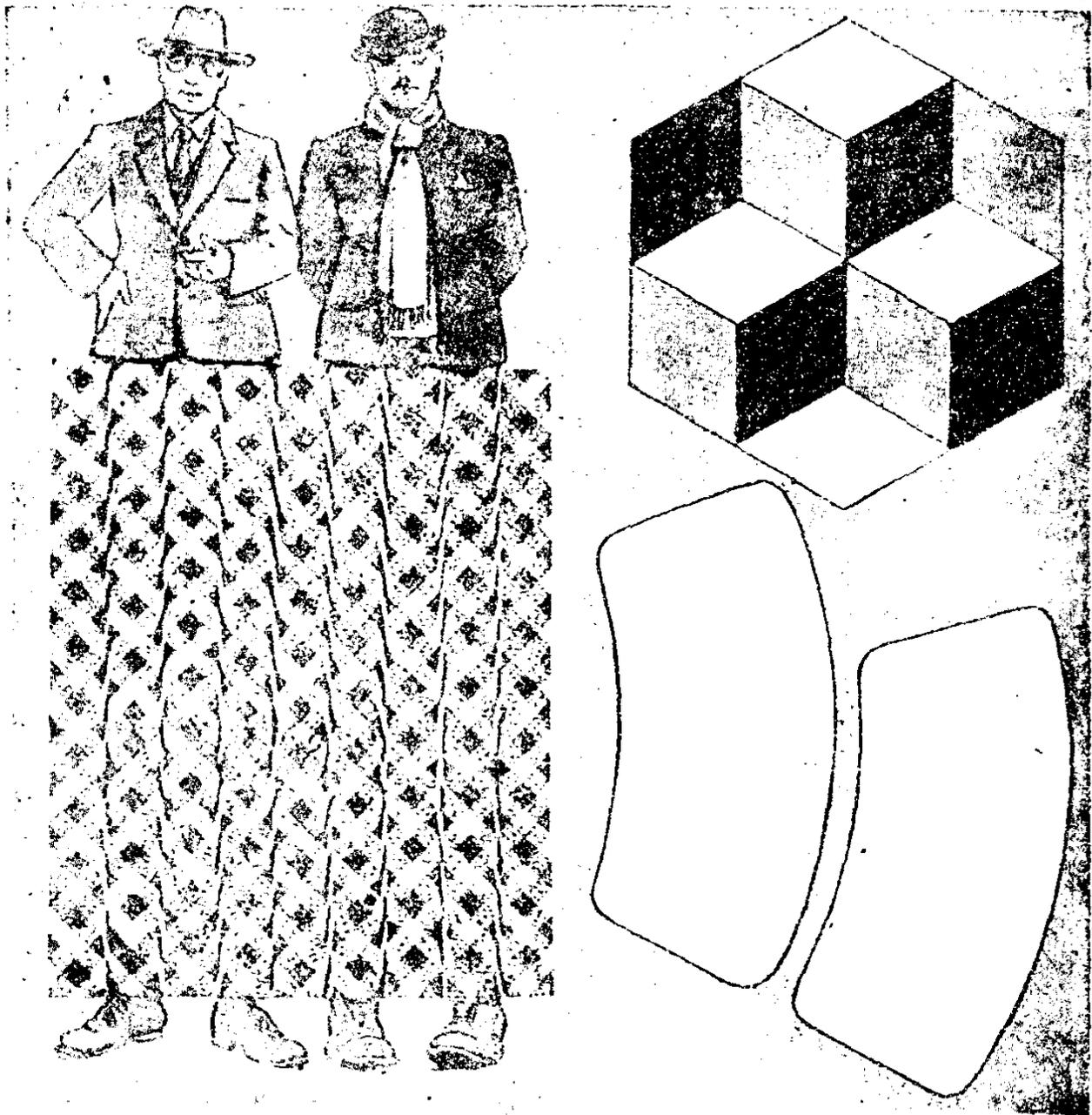
### 二十三. 眼睛受騙

圖二十四裏幾張有趣的幻畫，一看之下，會使我們發生錯覺。所以目見未必就是確實的。圖 1 和圖 12 裏白的好像比黑的大，其實兩塊是一樣大。圖 2 右面的圖好像比左面的小，但是兩個圖是一樣大小的。在 3, 8, 16, 三圖裏幾根平行線，被曲折的線襯托得好似彎的。4, 6, 7, 9, 11 和 15 幾圖裏，我們可以看見兩種畫形。圖 4 裏的立方體的前面，有時候在右下方，有時候在左上方。圖 6 有時候好像在一堆磚下面看上去，又好似上面看下去。圖 7 看起來好像是一塊立方形切去一塊小的立方形，却又像多出一塊小的連在大的上面一樣。圖 9 的圓柱好像在我們下面，又好像在我們上面。圖 11 也是差不多，我們所見的桌子好像桌面向我們，但又像桌子在我們頭上面。從圖 15，我們看見許多立方體的頂，又是許多立方體的底。圖 10 橫截三角形中線的粗線是和頂點同底邊等距的，但是我們總覺得線近頂點一些。圖 13 對着三角形的三線是一樣長的，但是看上去好像很不一樣。圖 14 若是對着久看，就覺得黑線交叉的地方有白點。圖 17 是兩個一樣大小的正方形，但是看起來好像一個瘦長一點，一個矮胖一點。



圖二十三 你的眼睛受欺騙了嗎?

在圖 18 中，若是對着白點凝視，下面的白線就漸漸模糊而不見了。圖 5 的矩形好像兩頭向上彎，這都是因曲線的背景所致。

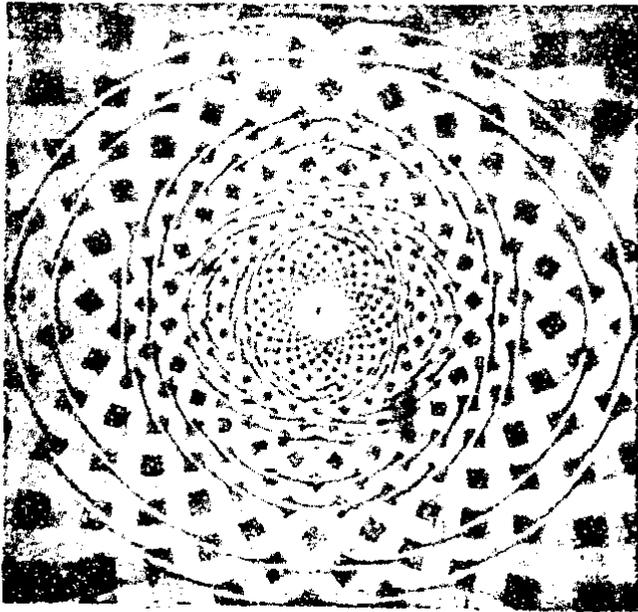


圖二十四 褲脚是曲的嗎？

(上) 圖二十五 三塊立體是怎樣放的呢？

(下) 圖二十六 兩塊扇形大小不同嗎？

圖二十四，兩個人的褲脚管，看去是不直的，但實在並不如此。你只須把書放平，從書的下端水平看去，就知道這兩個人的



圖二十七 圓子圓不圓呢？

形，誰會想到牠們是一般大小？但牠們確是一般大小，這是由於牠們的位置欺騙了我們的眼。

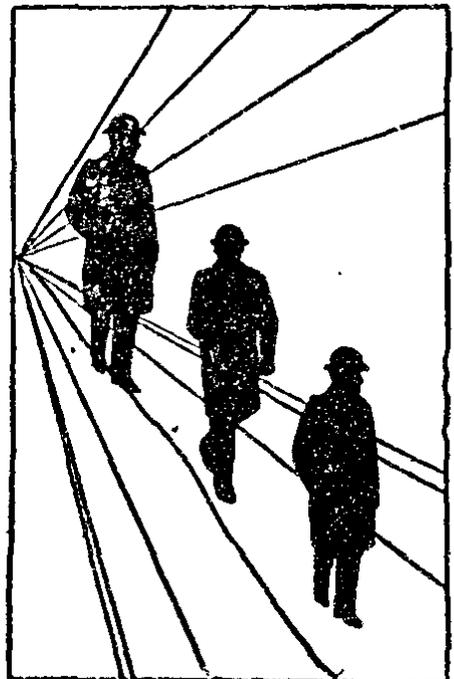
圖二十七中的許多圓圈，看去略帶橢圓形，實在都是真正的圓，你可以用兩脚規去試驗就知。這種錯覺之所以發生，係由於格子布作的怪。

請猜猜圖二十八中的三個人誰長誰短。倘然不用尺量，驟視之必定以為前短而後長，其實三人的長短相同。這是由於他們背後有了幾根配景線，所以使我們想像差誤。第三個人距第一個很遠，我們當然以為他是最高的。

腿都是直的。

圖二十五的三塊立方體，初看去似乎是從上向下看的樣子，但若你注視了兩三分鐘，忽然又覺得是從下向上看的，其結果和前一次看的完全相反。

又圖二十六的兩塊扇

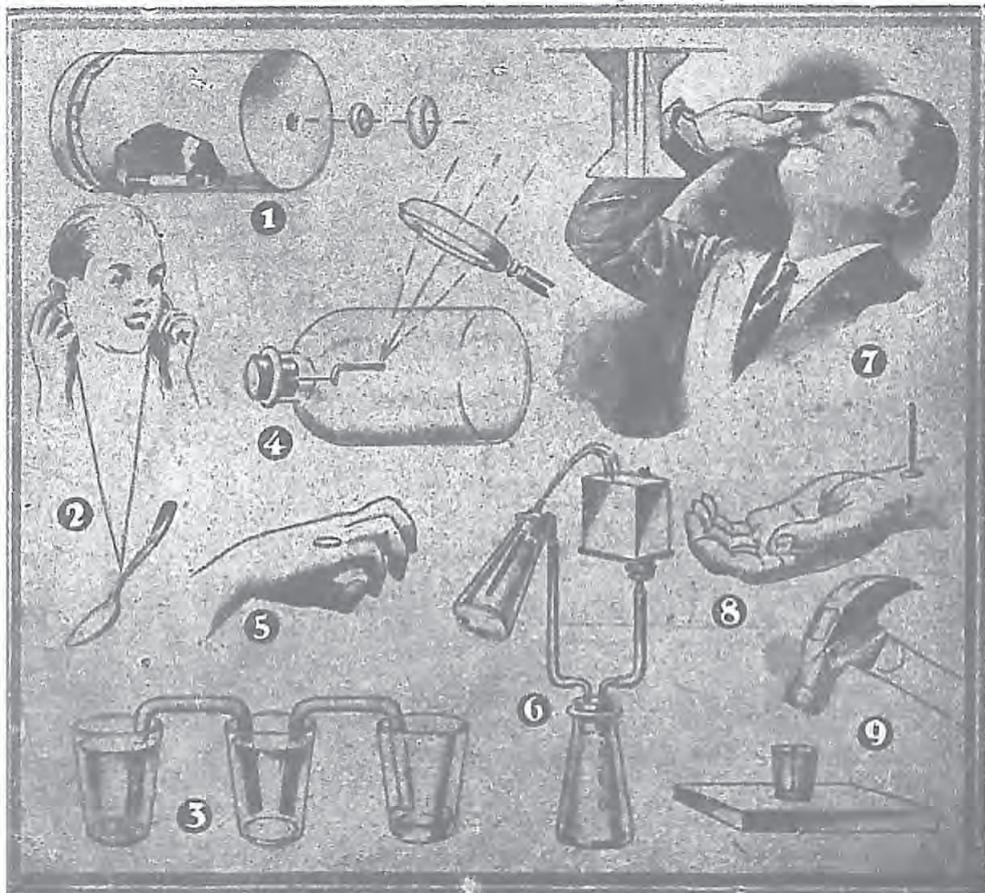


圖二十八 這三個人中那一個最高，請你猜後，再用尺來量。

# 物理遊戲雜組九種

## 一、煙圈

找一只洋鐵罐(可用香烟罐)，在罐底的中央開一個半寸直徑的孔，在罐口上綁着一張牢固的紙用線紮緊(圖1)。而後取一枝香烟，點着，從孔中投入罐內。等到罐內充滿烟時，用手輕輕把紙拍擊一下，就有一個很圓的煙圈從孔中出來了。



## 二、茶匙奏樂

取一根長繩，在其中間繫着一把茶匙，在兩端各結着一個小圈，套在你的食指上。而後把二指伸入耳孔中(圖2)，再把茶匙盪動使觸到桌邊或其他硬物，你就聽到很悅耳的音樂聲了。

## 三、神祕虹吸

取玻璃杯三只，各盛着半杯的水。再找二根橡皮管，都充滿着水。用手指閉住管的兩端，把管放入水杯中如圖3，這樣就成爲三個虹吸。現在我們如果把任一只杯子提高，就看到其中的水向另外二杯中流去，直到三只杯中的水面都在一水平線上而止。

## 四、火鏡開炮

用一根針在一個瓶塞的細端上附着兩三根火柴如圖4。而後把木塞塞在一隻乾燥玻璃瓶中。把瓶橫置，用擴大鏡集中陽光將火柴頭照着，就看到木塞砰然一聲脫瓶口而飛去了。這是瓶內的空氣受熱而膨脹的緣故。這個遊戲，當然宜在太陽光中進行，以使用火鏡點火。

## 五、錢翻筋斗

取一個二毫銀幣，放在手腕上，其位置應在小指和第四指兩

指根處的關節上如圖 5。現在將小指端放在大指指甲之下而把大指彈出,就看到銀幣翻一個筋斗而仍落在手腕上;如果最初這銀幣是正面向上,這時就翻成反面了。你如果教你的朋友來試一下,他一定會失敗的,因為他老是把大指端放在小指端之下。

## 六、“永動機”

用瓶,木塞,玻管,金屬管,和洋鐵箱等,裝成圖 6 中所示的裝置,左邊的傾斜瓶內須盛滿着水。現在用一些水倒入右邊的開口箱中,則水就向下流到下面的瓶內,把下瓶內的空氣壓到上面的傾斜瓶內。於是這瓶內的水就從玻管中噴出,落到箱中。而後這水又從箱中流下,把下瓶中的空氣壓下去,如此繼續進行,就像永動機一般。

## 七、吹不走的卡片

在一張卡片的中央穿着一根針,而後把針穿到一個線軸的孔中,如圖 7 中的左上角圖所示。你現在用嘴從線軸下端向上吹氣,無論你用多大的力,都不能把卡片吹去。這是在吹氣時線軸孔內的氣壓小於卡片外面的氣壓的緣故。

## 八、脈動儀

通常手腕上脈的跳動,是不大看得清楚的。這裏有一個放大

脈動的方法：用一根火柴，插立在一個圖釘的尖端上，而後把圖釘放到手腕上覺到脈跳的部分(圖8)。這樣當你的脈每跳一次，就看到火柴頭很尊嚴地鞠着一個躬。

## 九、釘針入錢

這裏給你一把鐵槌，教你把一根針穿一個銀幣或銅元，你一定感到很困難的。但是你如果先把針從一個軟木塞的中央穿出，直到針頭和木塞上面齊平而止，再用剪子把突出於木塞外面的針端切去，而後把銅元墊在木板上，再把這個木塞放在銅元上，用力將槌向木塞釘一下，那末針就刺穿銅元了(圖9)。

中國科學社科學畫報叢書

物 理 游 戲

中華民國三十五年六月初版  
中華民國三十八年三月三版

版權所有 翻印必究

編 輯 者 楊 孝 述

發 行 人 楊 孝 述

發 行 所 中國科學圖書儀器公司  
上海 中正 中路 507 號

分 公 司 中國科學圖書儀器公司  
南京 廣州 重慶 漢口 北平

5-38  
5-23

(PS)  
差價