

===== 新課程標準世界中學教本 =====

初級中學學生用

朱 氏

初中物理學

編著者 朱吳飛

Mu Ruan Fei

Mu Ruan Fei

===== 世界書局印行 =====

敘 言

這本初中物理學教科書，是我初次按照理想計劃編輯的，牠的內容教材，大致不逸出教育部頒布的初中物理學要目；不過本書編輯的方法，卻很有些斟酌的地方，現時流行的初中理化教科書，仍然未脫從前舊制中學理化教科書的習慣；牠們的立場並不着眼在初中學生，不以兒童常識為中心，便引起他們對於研究理化學上的興趣；牠們無非以理化本身要目為前提，雖刪繁就簡，也有很費苦心的，但總未能融化大學用的物理學和化學的形神；在名目上雖號稱為初中教科書，若細察牠的內容，祇能認為在大學教科書中也不失為「具體而微」的啦！就因為初中理化教科書上，有了這一點的特性，不但初中學生感受教科書的枯燥無味，就是教師也十分感受着施教的困難。例如在某一要目底下，原來大學教科書上，說明得很詳細，很清楚，大學生很可以不甚費勁的去了解這要

目的大意，大學教授也不必旁證博引，就可使學生懂得很明白的；但是這一要目在高中教科書上，牠底下的說明和解釋，就有些不大清楚了，而在初中教科書上，更覺糊塗了；因為初中書上的要目，仍然和大學相差有限，編書的就不得不如此塞責，否則頁數增多，大家就要認為不合格了！你想拿到這樣的一本教科書，想去教會了初中學生，這問題真談何容易！

我說：在中國欲編輯一本很適用的初中理化教科書，比在世界任何先進國內，都要感受困難些，但是牠的需要，卻比在世界任何先進國內，都要急迫些！中國家庭社會間，自然科學的常識，非常欠缺，學校中對於自然科學的設備，又非常簡陋，有了第一層的缺點，故理化教學時，宜引起學生對於研究自然現象的興趣；因此教科書中，宜帶有情的要素；就是說，如欲介紹某一要目，不僅只限於詳細明白，而且特別要親切些，最好就以接近學生日常生活的事物為出發點，一步一步的，由已知推及未知，由淺近進於高深；書中說話，宜完全為學生着想，千萬不可專為科學本身而着想，在本書中，每一個標題，均顧到這一層，說明務求其詳，事實現象務取和學生日常經驗接近者，凡關於定律原

理原則等理論的處所，多用歸納法，把牠們看做研究自然現象的一種結論，教學生祇要了解現象或事物間的重要關係，便可認識那些原理定律。我國學校方面，對於理化的教學法，幾乎和教國文一樣，有許多學校，理化設備，毫不注意，教師把理化看成「洋八股」，祇要在文義上解釋得過去，那些觀察，實驗等工作，卻均置之不理呢！他們的卸責，也無非託辭學校經費困難就是了。還有些經費充裕的學校，雖也能購到許多儀器，但儀器自儀器，教材自教材，兩者不相聯絡的。有時往往弄巧成拙，爲得說明儀器，卻把物理學的正文丟開了！本書爲矯這弊，很願到簡單儀器的創造，假使某初中裏，完全沒有儀器，若採用本書，祇要教師努力些，學校肯花些零碎錢，也就東拉西湊，對於由觀察和實驗爲出發點的教學法，最低限度也可得到百分之五十的效果！然而就使理化設備完善的初中，若採用本書，做教師的，也要努力到實驗室裏，設法自己去布置新裝置，因爲無論碰到那種教材，必須先把教材分解爲好幾步，由淺而入深，由簡而進繁，由舊觀念去融洽新觀念。若欲使教學方面合於這心理的要素，那末學校就使有些繁複的儀器，也不該冒然拿出來，對着

初中學生，希望他們充分的了解熱誠的教師，關於這些處所，就應該慎重考慮，務必設法先把這儀器內容最重要的機關，用很簡單的手工製造品來表明牠，等學生懂了，再提出儀器。我很相信，用這樣分解方法，對於初中學生，是十二分有效的！在本書中，這些事實，應用得很廣，希望採用本書的教師們，特別注意到這一點。

我國自學制改革以後，雖確定劃分前後期小學，初高級中學，專門和大學等階段，但各階段中所用的理化教科書，彼此多各自爲政，毫無聯絡關照的地方，別的不要說了，單就初高中理化教科書而論，同一書局出版的，初中既不爲高中留餘地，高中也不以初中爲基礎，這些缺點，高中教師們都很知道的，我這本書很想聯絡前後二階段，一方面以小學自然教科書（前後期計十二冊）爲常識和理解的基礎，他一方面，又爲高中理化發展的基礎，我自己正要再編一冊高中物理學和化學教科書，我還希望採用這本書的教師們，於沒有開始教授前，應先看看小學裏用的自然教科書，務必把相同的要目摘錄出來，當實際教授時，即可認這些材料爲常識的基礎，做爲舊有觀念，設法利

用牠，使融洽新觀念，就是學生方面也不妨教他們，再仔細的把小學裏已經學過的材料，再溫習一次。這不但於我們教授上是很有利的，而於學生領受的興味上，也很可以增高。

本書共分為八十七段，若每星期教授兩點鐘或三點鐘，一學年內可以授畢，每段內字數雖覺多些，但內容卻甚顯明，初中學生可以自己閱看。

末了，我還要說幾句關於編輯這本書的動機和實現的機會。在民國十一年以前，我正在天津女子師範學校裏做理化教員，時常覺得國內中等理化教科書，學生方面是感覺到非常枯燥無味，很難引起他們對於理化研究的興趣；教師方面也感覺到要目太多，從詳從略，均甚為難，當時就很想編輯一套較為適用的理化教科書，旋因遊學歐陸之便，對於英法德奧荷蘭瑞士丹麥等邦中學理化教科書和實際教授法，得以借鏡觀摩。民國十五年科學教員暑假研究會在北平清華園舉行，矚審查國內現行中等理化教科書，當時很受北平師範大學附屬中學化學教師王仲超先生的感化和指導，編成一冊審查報告，在這報告中，卻已把初中理化編輯的具體方案，已完全編好，很想就此

編成教科書，祇以南北奔走，幾已東之高閣！民國十六年我任教武昌前國立第二中山大學，三鎮同志，時囑麟演中學理化教學法，故舊稿得以慎承增修，民國十八年科學教員暑期研究會又適在杭州浙江大學舉行，我恰在這大學裏教書，又適逢其盛，於是舊稿子又整理了一回，舊觀念又深刻了，活動了許多，去年浙江大學和浙江教育廳又合辦中小學教員暑期講習會，又囑主講中等理化教授法，就很有繼續編書的興致，世界書局編輯所朱少卿先生又適以這事情相託，我就勉爲其難，許爲承乏，繼於暑假後着手屬稿，恰值暴日侵擾上海，中間又延擱了好些時日，今幸事畢，敬就正於海內同好！

民國二十二年五月二十二日

朱吳飛書於浙江大學

目次

小引

1. 物理學講些什麼……………1
2. 怎樣去研究物理學呢……………2

第一章 空氣

3. 空氣是有重量的實體……………5
4. 空氣由重量而生壓力……………7
5. 物理學上所用的度量衡……………10
6. 測定空氣壓力的器械——氣壓表……………14
7. 壓縮空氣的器械——壓氣機……………16
8. 排除空氣的器械——抽氣機……………17

第二章 水

9. 水由重量而生壓力……………23
10. 水面爲甚麼常成爲平面呢——連通管,虹吸
作用……………25
11. 物體在水內的重量——亞基米德原理……………29

12. 亞基米德原理的應用——比重32
13. 木塊爲甚麼要浮在水面呢34
14. 水受壓力時所生的現象——巴司開原理,水
壓機38
15. 把抽氣機改作抽水機——抽水機,壓上機,吸
上機,空氣室(壓縮空氣的彈力),救火機41
16. 鐵針能浮於水面的緣故——表面張力46
17. 燈心吸油的原理——毛細管現象48
- ### 第三章 稱
18. 中國稱在物理學上屬於那一種器械呢——
槓桿53
19. 槓桿的分類55
20. 槓桿的變形——滑車,輪軸57
21. 槓桿以外還有別的省力器械嗎——斜面62
22. 斜面的變形——螺旋,刀,斧64
23. 物體在地球表面上所有的重量——重力,萬
有引力67
24. 甚麼叫做力呢69
25. 力可以分也可以合的——合力,分力,平行力 70
26. 物體各部位上作用的重力都是平行的——重

- 心73
27. 不平行力的合成和分解——平行四邊形定
律75
28. 用平行四邊形定律可以解釋紙鳶飛機上
昇的原因77
29. 在舟車上所感覺到的情形——慣性, 慣性定
律(牛頓運動第一律)81
30. 用力作用於物體上的情形——運動量, 牛頓
運動第二律85
31. 跳高跳遠時所感覺到的情形——反動力定
律(牛頓運動第三律)87
32. 簡單器械對於工作上的利益到底怎樣——
工率, 工率單位(馬力), 工作原則91

第四章 胡琴

33. 考察胡琴發音時絃線上的情形——振動 ...07
34. 琴音怎樣有高低強弱的區別呢——波長, 振
幅, 振動數, 高低, 強弱100
35. 琴音怎樣的傳到我們耳鼓裏——音波, 高低
波, 疏密波108
36. 空氣傳音的速度是怎樣109

37. 胡琴下端爲甚麼要帶有蛇皮鼓呢——共鳴 112

38. 胡琴的聲音爲甚麼不和別的樂音相同呢

——原音,倍音,音色 115

39. 回音的說明 116

40. 耳和留聲機 118

第五章 太陽(上)——太陽和熱

41. 太陽是光熱的淵源 123

42. 太陽的熱是怎樣發出來的——運動分子說 124

43. 熱是甚麼東西——能力,位置能力,運動能力,
熱能力,能力不滅的定律 126

44. 怎樣可以表示熱的程度呢——溫度,溫度表,
攝氏表,華氏表,熱級 130

45. 熱對於物體體積上的影響是怎樣呢——膨
脹,體脹係數 135

46. 熱對於物體狀態的影響是怎樣呢——融點,
凝點,融解點,蒸發,氣化熱,沸點 138

47. 熱的傳播法是怎樣——傳導,導體,不導體,對
流,輻射,由以太傳熱波 145

48. 利用熱力發動的器械——熱機關,蒸汽機,氣
燃機,坦克車 150

第六章 太陽(下)——太陽和光

49. 光和輻射熱相似取直線方向而進行的——
光線,影,本影,半影,日月蝕……………157
50. 太陽光和燈光的比較——光的強弱,光度,燭
光……………160
51. 燭光的測定法——光度表……………163
52. 太陽光線的反射情形——投射線,投射角,反
射線,反射角,反射定律,亂反射……………164
53. 平面鏡由反射成像的實驗和作圖——實像,
虛像……………167
54. 球面鏡反射成像的實驗和作圖——凸面鏡,
凹面鏡,焦點……………169
55. 光線投入水內的情形——屈折,屈折角,屈折
定律……………173
56. 玻璃屈折性的利用——透鏡,凸透鏡,凹透鏡176
57. 透鏡成像的實驗和作圖……………178
58. 透鏡的應用——放大鏡,顯微鏡,望遠鏡……………180
59. 照相器和眼球——照相器,眼球,近視眼,遠視
眼……………185
60. 光覺和電影機——跳動筒,電影機……………188

61. 日光通過三稜鏡後的現象——光的分散, 光帶, 熱線, 紫外線……………190
62. 熱線和光線的性質怎樣的呢……………191
63. 日光投射於小水點上的情形——虹, 正虹, 副虹……………194
64. 物體的色澤和光線有甚麼關係呢……………196
- 第七章 雷電**
65. 空中雷電現象的解釋——風鳶實驗……………199
66. 電氣是怎樣生成的——摩擦生電, 陰電, 陽電……………201
67. 物體不由摩擦也可發生電的——感應生電, 自由電, 束縛電……………203
68. 電在帶電體上是怎樣分配呢……………206
69. 利用感應生電的器械——威氏感應起電機……………209
70. 電和水的比較——電流, 電位, 電位差, 電流和磁性……………211
71. 摩擦感應以外的生電法——弗打電池……………213
72. 實用上電池的種類——重力電池, 但尼爾電池, 雷克蘭希電池, 乾電池……………216
73. 電流經過能使物質起變化——化學能力, 電能力, 安培單位, 歐姆單位, 弗打單位, 歐姆

- 定律.....219
74. 電流經過能生成磁性——電流方向和磁極 224
75. 電流爲甚麼發生磁性呢——磁能力, 磁的感應, 磁力線, 分子磁石說 220
76. 利用電磁性以驗電流的器械——安培表, 弗打表 220
77. 利用電磁性可使器械擊鈴發音——電磁石, 電鈴 231
78. 利用電磁性可使器械畫出符號——電報 233
79. 由磁性變化可以生成電流——盧可富感應圈, 正絡圈, 副絡圈 236
80. 利用磁性變化所生的感應電流可以作傳話的器械——電話 239
81. 利用磁性變化所生的電流可以創造發電機——交流發電機, 整流器, 直流發電機, 電動機, 電能力, 熱能力, 電燈 241
82. 交流和直流電流——鉛板蓄電池, 變壓器 246
83. 電波和無線電報——電波, 電振動, 電的共振, 無線電報, 檢波器, 三極真空管 240
84. 無線電話——擴大器, 擴音器 253

第八章 物理學上自然現象的分類

85. 我們爲甚麼研究物理學呢.....257

86. 以上各章的回顧.....259

87. 普通物理學上自然現象的分類262

小 引

1. 物理學講些什麼 我們在小學裏所讀的自然教科書——自初級至高級，合共十二冊——內中所講的東西，差不多有三分之一，是屬於物理學 *Physics* 範圍的；還有三分之一，是屬於生物學及生理衛生學的；其餘的都可以歸到化學裏頭去了。小學自然教科書裏所論到的如同：風雲雨露的變化，月亮地球的運行，抽氣機抽水機的功用，電報機電話機的構造，溫度表能表示氣溫的冷暖，時辰鐘能指示時刻的轉移，飛機火車為現代的交通利器，留聲機電影機為人生娛樂的良伴，諸如此類，在小學裏就列在自然科內；在中學裏，卻要把牠放大範圍，另立門戶，叫做物理學，討論就比較詳細些，組織就比較精密些，原來學問是隨着年齡而長進的，所以同樣的題目，現在講述的，決不能和在人幼時代完全相同了；好像將來高中及大學所學的物理學，比我們現在所講的，材料也來得多，程度



也來得深了。

2. 怎樣去研究物理學呢 照上段所陳述的事實，物理學討論的範圍，總結起來，可劃分作兩大部分：一部分是自然界供給我們的資料，如同空氣和水的壓力，物體遇熱而膨漲，光線的反射和屈折，聲音雷電的生成和性質等……，都是自然界所起的現象，統叫作自然現象 Natural phenomenon；一部分是論到人類應用的器械 Machine，如同秤，天平，輪軸，滑車，望遠鏡，顯微鏡，羅盤針，電鈴，電報等……，都是由於人類研究自然現象的結果而產生的，一方面可以促進人類的文明，一方面可以表示人類的創造能力。那末，我們研究物理學，應該抱甚麼態度呢？自然現象雖時時刻刻發現於我們的面前，假使我們不靜心專意，精細耐煩去考察牠，也是視而不見，聽而不聞，得不到什麼結果的，人類所應用的器械，都是人類能利用自然的證據，人類越能把自然現象觀察得透澈，原理法則懂得清楚，越發能造出卓絕精妙的器械，所以粗心的，不着實的，無毅力的，無秩序的，決難望其於人類文明利器上，有所創造。

因此我們學物理學，第一要觀察精密，思想周到，勤

勞而能專心，毅勇而守秩序；還有學物理學，切不可抱讀死書的態度，這書中所講的材料，多是描寫實事實物的情況，或推論現象間因果的關係，可算是一本學者實地研究的筆記。我們應先多多體察自然現象和器械，再去參閱筆記，纔能獲益。所以研究物理學應該注重觀察 Observation 和實驗 Experiment 呢。倘若祇知讀死書，不管活材料，也可算是學物理學，那真是大笑話啦！

習 題

1. 小學自然教科書十二冊中，那些材料是屬於物理學範圍的？請把要日記在筆記本上。有疑問的，可以提出，請問教師。

2. 生物學也算是研究自然現象的科學嗎？牠研究的方法是怎樣？

3. 有人說：『假使兒童喜歡自己製造玩具的，長大起來就會富有創造性，有發明家的希望。』這話有無理由？

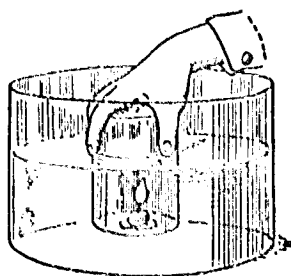
4. 科學家往往這樣說：『科學的訓練，可以陶冶人類的氣質，養成優美的德性，如同勤勞習慣，精密觀察，創造能力，毅力，公正，敏捷，有方法，有秩序，判斷

合理,服從真理,有犧牲和爲社會服務的精神。』你們在高級小學中,已經學過一點自然科學了,究竟覺得上述那些德性,那樣比較的有展進? 那樣比較的難展進?

第一章 空氣

3. 空氣是有重疊的實體 地球表面圍着空氣,物體有孔隙的處所,也充滿着空氣,空氣流動,就成爲風,物質燃燒也要有空氣的援助,人們和動物的呼吸,也是需要空氣,這些事實,我們在小學裏,已經知道得很清楚了,總之,空氣是一樣實在的東西,牠和木塊,石子,鐵球等具有相似的性質,也佔有一定的空間Space,這空間既爲空氣佔了,同時就不能容納別的東西,猶之已經放木塊的地方,同時再不能放入鐵塊了,現在我們要實驗這種性質:

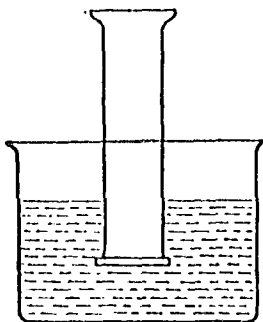
實驗一 如第1圖,將點着的小蠟燭,黏在小木板上,放置水面,試取一玻璃筒蓋住蠟燭及木板,用力壓入水底,水決不能進入筒內,蠟燭依舊在筒內空



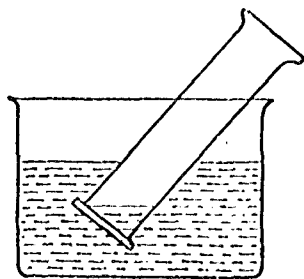
第 1 圖

氣中燒燒。

實驗二 如第 2 圖，把玻璃筒直立倒插入水內，



第 2 圖



第 3 圖

水不能進入筒中，若如第 3 圖，把玻璃筒側倒一些，讓空氣放泡出去，水就升入筒內，再細心試驗，就能知道：水進入的量，是和空氣排出的容積相等。

不過空氣是氣體 Gas，牠某容積的重量 Weight，若和鐵、石、木等固體 Solid 同體積的重量相比，那真差得多了。然而也有相當的重量，不能說牠是沒有的：

實驗三 把足球或籃球內的球袋取出，放置臺稱上，稱出牠的重量（如第 4 圖。）次用壓氣筒，把空氣打入球袋內，縛緊袋口，再稱出牠的重量，兩者相比，就可以知道空氣也有重量了。

學者由精密實驗的結果，測知平常空氣一公升

Liter, 重 1.2 公分

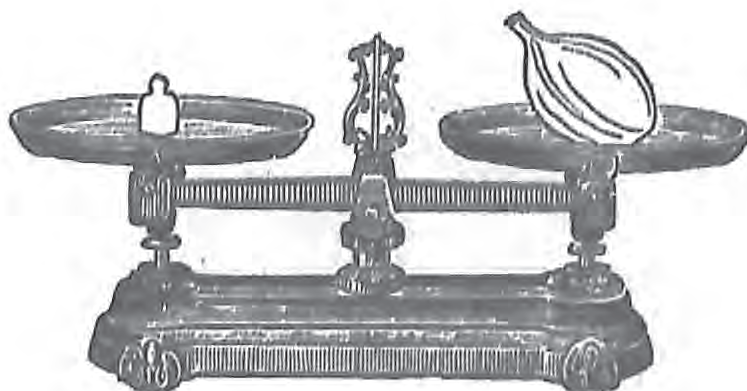
Gram, 水一公升,

重 1000 公分, 所

以水比空氣約

重八百三十三

倍。



第 4 圖

4. 空氣由重量而生壓力 空氣包圍地球, 離地面二百里的高處, 也還有空氣存在, 不過下層來得密, 上層越高越稀。據飛行家測算: 離地面高至十里——三英里 Miles —— 空氣就比地面上稀薄一半; 離地面五十里——十五英里——稀薄三十分之一; 若高至一百里——三十五英里——那就稀薄至三萬分之一了。如果在離地面一百里的高處, 稱一公升空氣的重量, 就祇有 0.00004 公分了。然而在我們的頭頂上, 積疊了這樣高的空氣層, 若計算牠的重量, 也就很可怕了。爲甚麼我們倒一點不覺得受牠的迫壓呢? 這因爲身體上下四方, 內外各處, 都接觸着空氣, 牠的壓力, 恰相平均的緣故。倘若令一方的空氣壓力失了均衡, 那就表示出功用來了。

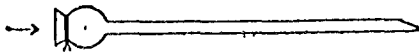
實驗四 拿一個小玻璃管 (或小玻璃瓶), 用嘴唇



第 5 圖

將管內的空氣吸出，這管子就能掛在下唇的外緣上，如第 5 圖。這時候若把管內的空氣吸出愈多，唇肉進入管口也會很多，甚至能把唇肉吸癢，或至出血呢。這樣變戲法，你們小時想都玩過的，請詳細說明牠的理由。

實驗五 取長柄漏斗一個，以豬尿胞膜（或足



第 6 圖

球內破
球袋的
橡皮膜)

封住漏斗口，如第 6 圖的裝置，試用嘴將空氣自柄端吸出，即見胞膜凹入漏斗內，若用力將空氣吸出，或可使胞膜壓破。

實驗六 取口徑約半公分的長玻管一條，用兩條亦好，以橡皮管一段連結成一條。吸水滿管，用小木塞塞住 A 端，將 B 端插入盛水玻璃杯內，（管內及杯中的水，最好染成紅色，以便觀察。）如第 7 圖的樣子。這時候管內的紅水，決不會流入杯中；這是甚麼緣



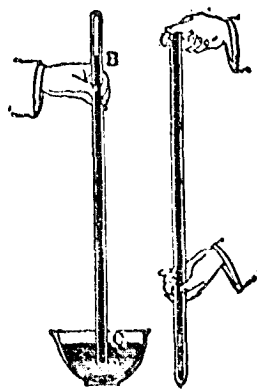
第 7 圖

故呢？倘將 A 端的小木塞拔去，立見管內紅水，流入杯內；這又是甚麼緣故呢？

由上面幾個實驗的結果，空氣具有相當的壓力，我們已毫無疑惑了。究竟空氣有多大的壓力呢？這在物理學上，很值得研究的問題。照實驗六第 7 圖的辦法，若把 A B 管接得很長，要等到 A B 內由水重所生的壓力，超過當時空氣的壓力；這時候 A 端的水面，纔往下落些，落到 A B 內的壓力，等於空氣壓力而止。倘若我們真欲這樣試驗，這管子裏的水柱要長到三十二尺（合十公尺 Motor 零些），差不多從平地起，可以頂到二層樓了。

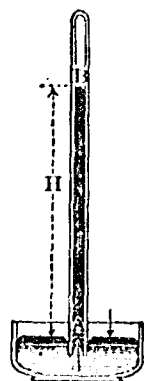
不過這試驗，很覺得不大方便，我們不妨改良一下，用水銀來代水，水銀比水重 13.6 倍，那末 A B 管內水銀柱的高，也不到水柱高的十三分之一了。

實驗七 取長約三尺（合一公尺）一端密閉的玻管一根，盛滿水銀，用指按住管口，倒插入水銀槽中，然後放指，如第 8 圖的樣子，這時管內水銀落



第 8 圖

至一定的高度而止，若用尺測量槽內水銀面至管內水銀面的距離，總在72公分 Centimeter or cm. 至70公分的中間，因為空氣的壓力，是隨時變化的，故水銀柱的高度，也就不能確定了，但我們實驗時候的空氣壓力，如第9圖，也就可以當時水銀柱的高度表示牠。



第9圖

由上實驗，不但能證明空氣有壓力，還可以測定牠壓力的大小。

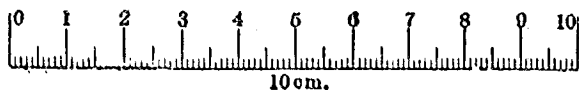
物理學家定水銀柱高76公分的空氣壓力，為壓力的標準，叫做標準壓力 Standard pressure，或稱為一氣壓 One atmospheric pressure。

5. 物理學上所用的度量衡 上述各段中所應用的長度，容量，重量的制度，似覺太雜亂些，容易使我們發生疑慮，所以在這裏再簡要的申明一下，關於我國和各國實用上各種度量衡的制度，和彼此改算的方法，想你們在算術書內，已經多學過了，自己可以去參考，這裏不再多說，新近我國度量衡定有標準制及市用制兩種，標準制很有科學化的精神；長度以公尺

Meter 爲標準尺, 容量以一公升 Liter 爲標準升, 重量以一公斤 Kilogramme 爲標準斤, 市用制近來也逐漸推行了, 所以舊式斤升尺的老制度, 不久就可以完全廢止. 現在把這三種制度, 表列如下, 以便比較:

權 度	制 別	標 準 制	市 用 制	舊 制
	等 數			
長 度		1 公尺	3 市尺	3.125 尺
		$\frac{1}{3}$ 公尺	1 市尺	$1\frac{1}{24}$ 尺
		0.32 公尺	0.96 市尺	1 尺
容 量		1 公升	1 市升	0.966 升
		1.0352 公升	1.0352 市升	1 升
重 量		1 公斤	2 市斤	1.676 斤
		$\frac{1}{2}$ 公斤	1 市斤	0.838 斤
		0.5965 公斤	1.193 市斤	1 斤

在物理學上, 要選定公分 Centimeter 爲長度的單位, 可簡寫作 cm, 是一公尺 Meter 的百分之一, 如第 10 圖乃 10 cm 的實長, 第 11 圖乃一平方公分 (1 cm²) 的



第 10 圖



第 11 圖

實在面積。

本書內所引用的長度如下表所列：

中名	西名	略號	改算
公里	Kilometer	Km.	1000 m.
公尺	Meter	m.	100 cm.
公分	Centimeter	cm.	$\frac{1}{100}$ m.
公釐	Millimeter	mm.	$\frac{1}{10}$ cm.

容量單位，可由長度單位上推算出來，在物理學上常用的一公升 Liter，就等於1000立方公分 Cubic Centimeter，或簡寫作 1000 c.c.

重量的單位，物理學上以一公分 Gram 為標準的，可簡寫作 g. 或 gm. 即等於攝氏溫度表四度(4°C)的蒸餾水一立方公分 (1c.c.) 的重。本書中所引用的重量，不外下列幾種：

中名	西名	略號	改算
公斤	Kilogram	Kg.	1000 gm.
公分	Gram	g. or gm.	$\frac{1}{1000}$ Kg.
公絲	Milligram	mg.	$\frac{1}{1000}$ gm.

市上流通的中山開國紀念幣,如第12圖,一圓重七錢二分,即等於 26.59 gm.

還有時間的單位,物理學上以一秒 Second 爲標準,即把平均太陽日 Mean solar day,分爲二十四時,一時分爲六十分,一分分爲六十秒。



第 12 圖

長度重量時間的單位,是物理學上各種權衡的基礎,故叫作基本單位 Fundamental units,物理學上取公分 Gram, 公分 Centimeter 和秒 Second 爲基本單位的標準,叫作 C. G. S. 制 C. G. S. System, 所以本書以後所引用的基本單位,也要採用 C. G. S. 制了。

習 題

1. 請用公分 cm. 和公斤 Kg. 做單位,記本人的體高和體重。
2. 水一公升(1 liter = 1000 c. c.) 計重多少斤(平常實用的正十六兩稱)?
3. 若測空氣壓力的玻管,底面積等於一平方公分 (1cm^2),水銀柱的高爲七十六公分 (76cm),水銀

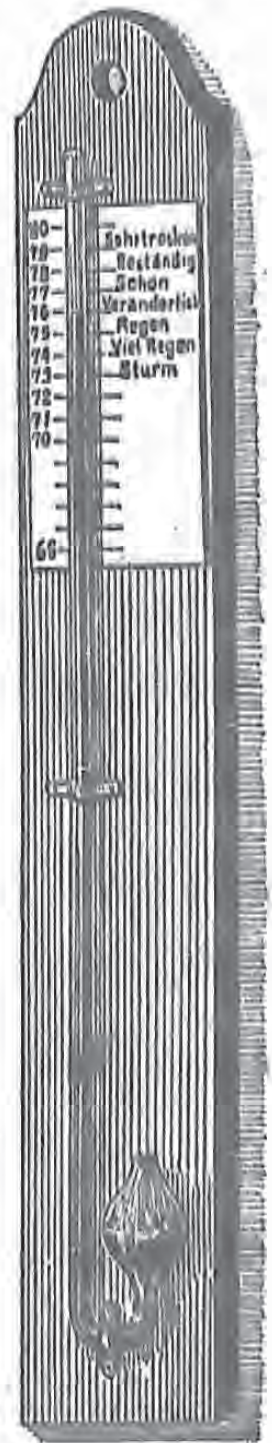
一立方公分 (1cm^3) 重 13.6 公分 (13.6gm.) 問此時一平方公分面積上,空氣壓力重多少公分?

4. 上題每一平方公分,面積上空氣壓力重若干斤 (正十六兩稱)?

5. 人體的表面積約合 1.25 平方公尺 (1.25m^2), 問空氣所加的全壓力,重若干斤 (正十六兩稱)?

6. 問二角和一角的銀輔幣,各重多少公分?

6. 測定空氣壓力的器械 空氣因散佈圍範極廣大,故有時叫做大氣 Atmosphere,牠的壓力叫作大氣壓力 Atmospheric pressure, 或簡稱爲氣壓,氣壓的變化,和天時很有關係;潮濕的空氣常輕於乾燥的,將雨和下雨的天氣,空氣中含有多量水蒸氣,氣壓減小;天氣晴朗,氣壓增高,所以同一地方,氣壓大時,就是天晴的預兆,氣壓小時,就是天雨的報告.還有熱的空氣也輕於冷的空氣,一日間溫度不同,也能使氣壓發生變化.風即起於空氣的



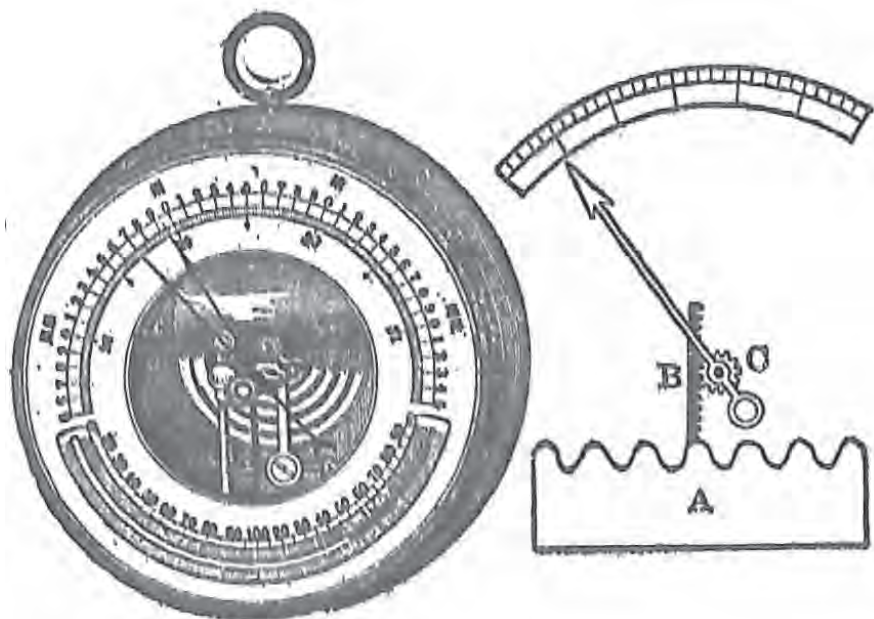
第 19 圖

流動,空氣每自氣壓高處,吹到低處,所以測知各處的氣壓,也可以預知風向和風力

我們應用上述第 4 段中第九圖的裝置,已能測知氣壓的變化,但學者更求實用便利,即按此原理,製成如第 13 圖所示的器械,叫做氣壓表 Barometer. 亦有以此器能預測風雨,叫牠晴雨表,這器械的構造如第 13 圖所示,一端為封閉的長玻璃管,一端為膨大的開口玻璃球,內盛水銀,安置於木板上,長管上段貼有畫度表,可以表示氣壓升降的程度,和天時變化的情形.還有根據實驗五第 6 圖變化的原理,製一金屬空盒,抽出牠內部的空氣,盒面即因空氣的壓力而凹入.氣壓如有變化,凹度也即隨着而變化.更由槓桿及輪軸的作用,把表面變化

擴大,用指針以標出度數,如第 14 圖.通常就叫做空盒氣壓表

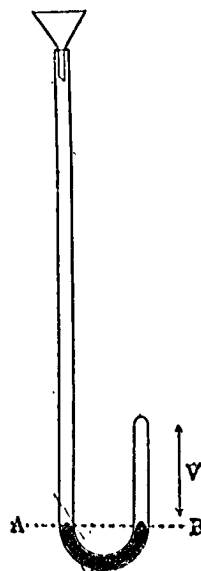
Aneroid barometer.



第 14 圖

7. 壓縮空氣的器械 『空氣是一種可以壓縮的東西』,這事實我們是常見的,如同足球,籃球內的空氣,當我們運動之前,往往用壓氣機 Compression pump —— 學生們多叫他做打氣筒 —— 壓入,使生成彈性,若住在都市的人們,也常看見自動車人力車的車輪胎內,要打入空氣,空氣的可以壓縮性,能用實驗來證明的:

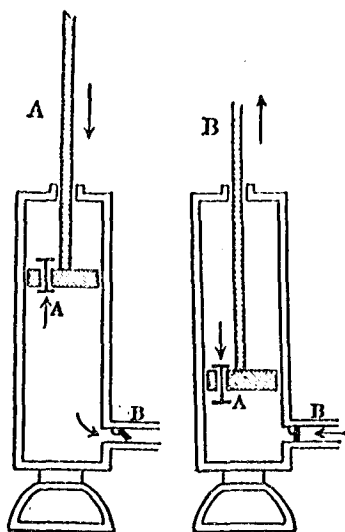
實驗八 如第15圖,把長玻璃管密閉端彎曲之,由漏斗內注入水銀,先令 A B 兩邊水銀面相平,這時 B 端空氣的容積為 V , —— 如實驗時 V 容積為 16cm^3 , —— V 所受的壓力恰等於一氣壓,若由漏斗內慢慢注入水銀,令 A 端高出 B 端 5cm , 這時 V 所受的壓力大於一氣壓 (即等於一氣壓,加上 5cm 高水銀柱的重,) 故 V 容積決不到十六立方公分,如此繼續實驗,可以證知空氣受壓愈大而容積愈小,壓縮性亦為氣體的公性,壓氣機即利用



第 15 圖

這公性,壓入氣體於一定容積內,使顯出強烈的彈性,以供實用。

如第16圖,即係一足球或車輪打氣筒的剖面,筒內有A,B二活門;A門只能向下開,B門只能向外開,如圖A部,當活塞壓下時,筒內空氣即由B門壓出,(B門的管口,即以橡皮管連於打氣的球類或

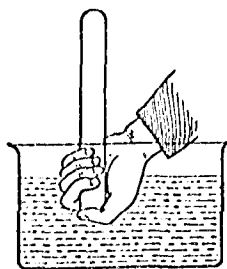


第 16 圖

車輪上。)如圖B部,若將活塞提起時,筒外的空氣即由A門流入筒內,同時B門即自能緊閉,如是繼續上下活塞,空氣即不斷的由B門壓入。

8. 排除空氣的器械 空氣不但可以壓縮(即將一定容積內的空氣量增多),也可以稀薄(即將一定容積內的空氣量減少),除排一部分空氣的絕妙器械,即為人類的口腔,人類倘無口腔凸凹的妙用,恐怕只能吃,而不能喝了。

實驗九 取口徑一公分(1cm.)的小試管一條,



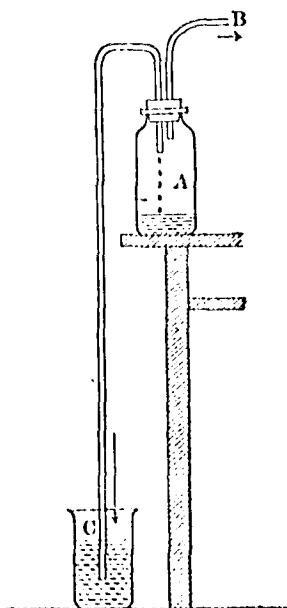
第 17 圖

用大拇指蓋着管口,放在嘴唇上,用力將管內空氣吸出,即見拇指肉部吸入管口內,這時管內的空氣,已經給嘴唇吸得很稀薄了,如第 17 圖,若將拇指連管口一起插入杯中的紅色水內,放開拇指,即見紅水升入管

中,達到二分之一以上。

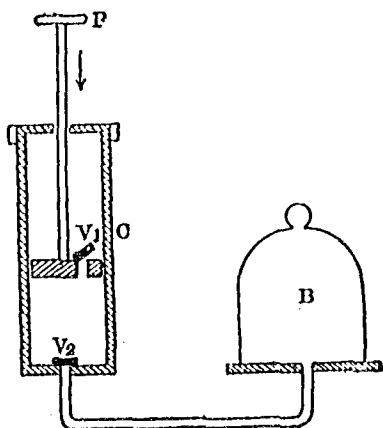
實驗一〇 如第 18 圖的裝置,取一雙口瓶 A 放置桌邊,用一彎曲玻璃管,通到放置地面上的紅水杯 C 內。若我們用嘴由 B 管吸出 A 瓶內的空氣,立見 C 杯內的紅水由彎曲管升入 A 瓶中,我們若要測算口腔一次能排除的空氣量,就可以每次 A 瓶內流入的水量代表之。

學校內實驗用的抽氣機 Air-pump, 構造上和口腔不同,我

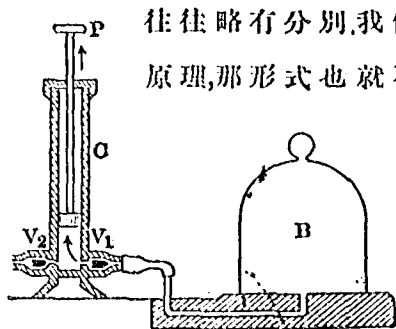


第 18 圖

們在小學裏已經學過用過的了，請大家參閱自然教科書，再仔細推究牠的構造，若把牠拿來和壓氣機比較，就知道構造很相似，作用卻很相反了。我們要知道，無論那一種器械，功用相同的，形式或構造上，



第 19 圖



第 20 圖

往往略有分別，我們只要懂得牠構造上的原理，那形式也就不必奇怪了。氣壓表如此，

壓氣機如此，抽氣機也如此；現在把兩種形式和構造不同的抽氣機，圖示於此，請大家各按圖說明作用，我們校裏

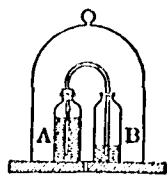
的抽氣機，合於第 19 圖，或合於第 20 圖呢？

習 題

1. 氣壓表在海平面上，據實測的結果，水銀柱平均高度為 76 cm。若地面高出海面（地理學上叫

做海拔)十一公尺(11m),水銀柱約降低一公釐(1mm=0.1cm)。某高山上的氣壓只有62cm,問這山高出海面多少公里?

2.取一小玻璃瓶A,中滿盛水,配以木塞,並插入彎曲玻管,塞緊瓶口,不令漏氣,曲管他端,放一小玻璃瓶,如21圖的裝置,一併放入抽氣機的玻璃鐘



第21圖

內,若排去鐘內的空氣,立見A瓶的水,流入B瓶,試說明這實驗的原理。

3.德國人古里看 Guorioko (1602—1686) 是抽氣機的發明家,在麥葛德堡的地方,創造一可分做兩半的金屬大球,抽出空氣,用十六匹馬左右分拉,也不能拉開。若放入空氣,球即自行分裂,當時公開實驗,觀衆贊美不已,如第22圖,即實驗室中所用的小



第22圖

球,因紀念發明家的功績,大家就叫牠麥葛德堡半球 Magdeburg hemispheres. 今有一麥葛德堡半球,球外面的直徑為15cm,若把球內空氣完全排淨,問球面所受的全壓力合多少斤?

4.足球籃球或車輪內,越將空氣壓

緊，越發富彈性，這是甚麼道理？

5. 用抽氣機排除空氣，能否把牠排盡？請各說明理由，倘若是排不盡的，那末排到甚麼程度爲止也請大家推算這情形。

6. 風箱——打鐵店和打小鐵用的——是屬於那一種器械呢？請各於筆記本上，繪一圖，並說明牠的作用

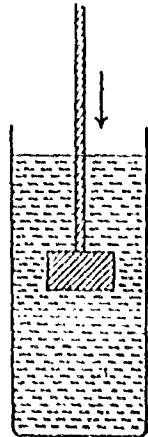
第二章 水

9. 水由重量而生壓力 水比空氣重八百三十三倍,空氣既然有壓力,那水的壓力當然比空氣還要來得顯著,高山上的瀑布,溪河裏的急流,這多屬於動的方面,勢力自然是很凶猛的,就是靜的方面,如杯裂則茶出,瓶破而酒奔,也覺得像很有力量的樣子,如果我們捧住水銀杯——水銀比水重 13.6 倍呢!——那更要戰戰兢兢了,究竟水壓力是怎樣性質?

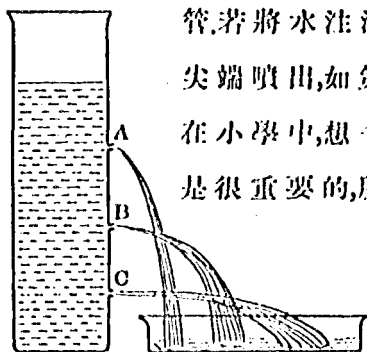
我們可以設法實驗的:

實驗一一 取木板一小塊,連以木柄或竹柄,用手將這木板壓入盛水的長玻璃筒內,如第 23 圖,當試驗時,我們就覺得入水愈深,用力愈大,這是水內壓力和深度成正比例的表示,

實驗一二 取一鉛鐵製長筒,旁邊開有 A, B, C 三口,各插有帶尖嘴的玻



第 23 圖



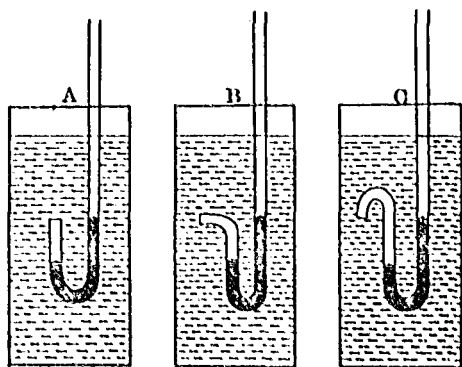
第 24 圖

管若將水注滿筒內，水即向 A, B, C 三尖端噴出，如第 24 圖的情形，這種實驗在小學中，想多已看過的，不過這原理是很重要的，所以還要大家再細心來考察牠。

實驗一三 取細玻璃管三條，彎成如第 25 圖的 A, B, C 樣子，曲部各

盛水銀。在空氣中 A, B, C 三管內二邊水銀面均當相平。若將 A, B, C 三管的水銀面排齊，同時插入水中，不絕的向左右及上下移動，即見長臂水銀面比短臂各升高，且升高的程度各管相等，這又與實驗一一的結果相同，即入水愈深，壓力愈大。

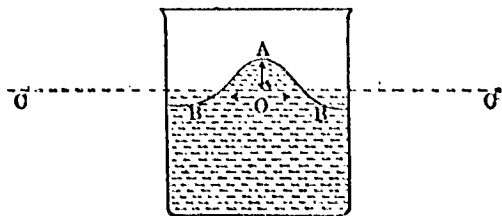
由上述各實驗的結果，我們知道：水由重量所生的壓力，可



第 25 圖

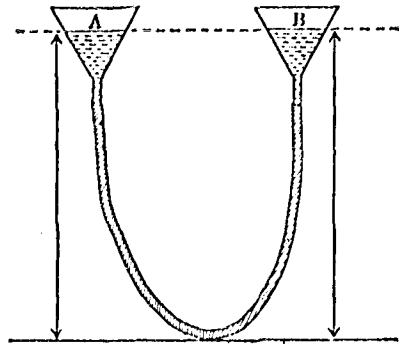
分爲上下側三種，牠的大小，均和水的深度成正比例，還有這三種壓力，在水內同一深度的各點上，又各相等。

10. 水面爲甚麼常成平面呢 據前段推論的結果，我們知道：水內同一深度上各點的壓力，必定相等，倘若不能相等，你看又怎樣呢？這是很明白的事實：壓力大的水面，必定要向壓力小的水面那邊流去，空氣成風，是這個緣故，河水成流，也是這個緣故，假定玻璃杯中盛着水，水面中央 A 處，特別比周圍 B 處來得高些，我們應用幾何的方法，通過 B 處各點，作一水平面，如第 26 圖的 O O C 點線，這也是很明顯的：O 點的壓力比周圍 B 點上都大些，所以 O 處的水，定要流向 B 處，流到壓力相等爲止，可是杯中的水面實在是靜止的，所以靜止的水面非成一平面不可，還有奇怪的現象呢，不但在一杯中的水面要成一平面，你就把水分成兩三處，只要底下相通，那兩三處的水面，也要非同成一平面不可：



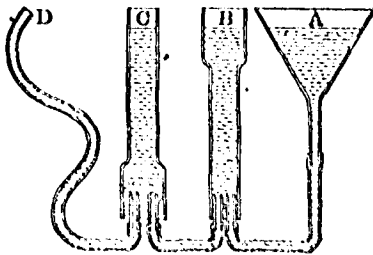
第 26 圖

實驗一四 取兩個漏斗，用長橡皮管連結牠的柄端，如第27圖。注水A漏斗內，水即流向B漏斗。在水未靜止之前，A，B兩水面不絕移動，忽而A高於B，忽而B高於A。等到水靜止了，那A面就要和B面，同成爲一平面呢。



第27圖

實驗一五 取如第28圖的儀器——這器叫做



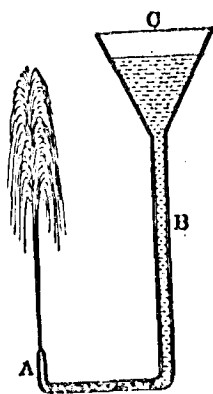
第28圖

連通管 Communicating vessel，我們在小學中，想當然是已有看見過的。——用水注入A管中，即可流入B，C，D三管內，無論A，B，C，D四

管的形狀怎樣不同，這四管中的水面，總是同高的，若連接之，即可成爲一平面。

實驗一六 取橡皮管B一條，一端連於漏斗C，

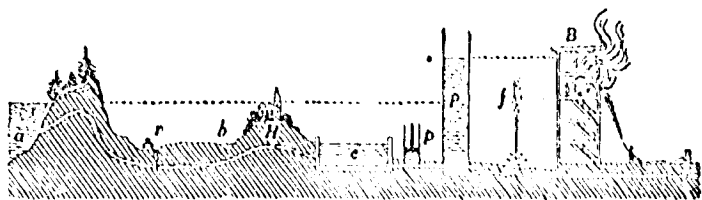
一端接於尖口玻璃管 A,如第29圖的裝置,試注水於 C 漏斗,水即由 A 尖口噴出,無論將漏斗提高降低,或移遠推近,而 A 口噴水的高度,總要和 C 漏斗內的水平面相齊。



第 29 圖

都市中即利用連通管的道理,在地面下安置水管,用機器將水送到高塔上,水即自管內分流於各處,通俗叫做自來水,自來水裝置的大概情形,如第30圖所示,牠的原理,卻和第28圖第29圖相似。

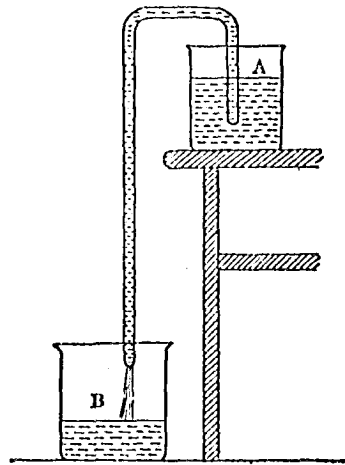
水因求壓力的平衡,所以牠的表面總成爲平面,若把放在高低兩處的水,無論怎樣連成一起,高處的水



第 30 圖 a. 爲水源 r. 爲馬路 b. 爲溪流
H. 爲小山 c. 爲貯水池 P. 爲壓水機 P. 爲蓄水塔
f. 爲噴水裝置 B. 爲自來水救火的情形

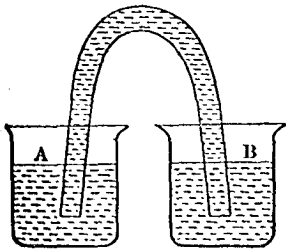
總要向低處流,流到兩水面同在一平面上為止。

實驗一七 取兩臂不等長的彎玻璃管一枚,將短臂 A 插入放置高處的水杯內,用嘴自長臂 B 吸水滿管,即放入低處杯內,如第 31 圖的情形,這時即見 A 杯的水,統要流入 B 杯。



第 31 圖

實驗一八 取兩臂等長的彎玻璃管一枚,將 A 臂插入盛水的 A 杯內,用嘴自 B 臂吸水滿管,即放入盛水的 B 杯內,如第 32 圖。這時若 A 面高於 B 面,水即自 A 向 B 流,反之 B 高於 A,水即自 B 向 A 流,我們可以將 A B 兩杯自由



第 32 圖

升降,詳察水面移動的情形。上述實驗的現象,在物理學上叫做虹吸作用 Siphonage。如酒鋪和藥房中,欲將大缸內的酒,酸或蒸餾水傾出,每應用此理,如第 33 圖所示,所用的吸管,

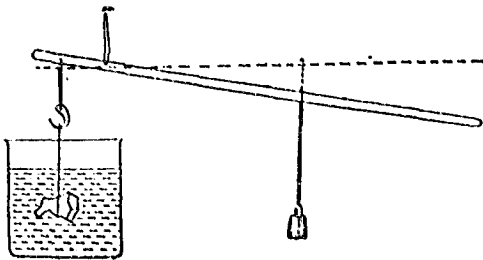
兩臂板一長一短,叫作虹吸管
Siphon.

11. 物體在水內的重量

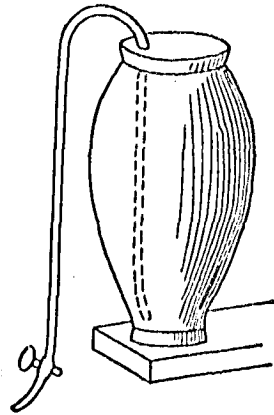
我們在洗澡的時候,將身體伸入水中,每覺體重減輕些,又如將下腿在水裏搖動,似覺比在空氣中容易些,又試以石塊托在手中,估量輕重後,將手連石沈在水內,再估量輕重,又似覺

石在水中比較輕些,這等日常的經驗,誰也有的,不過誰也不大清楚,我們欲知物體在水內,究竟於重量上,有何影響,最好用實驗來證明,不可全憑經驗.

實驗一九 試取石塊,鐵塊或他種金屬塊以細線絡之,掛於稱鈎上,移動稱錘,令稱桿成一水平線,



第 31 圖



第 33 圖

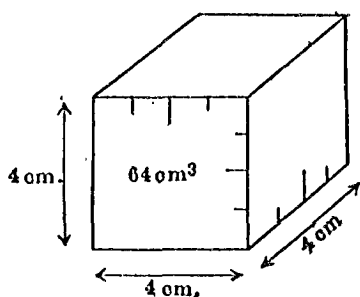
並記出牠的重量,再如第34圖,將石塊沈於水中,即見稱桿的尖端下垂,可知石塊的重量,入

水要減少些，再移動稱錘，求出重量，前後二重量的差數，即為這石塊入水時所減輕的重量。

究竟這減少的重量，和石塊本身有甚麼關係呢？

這問題也可用實驗來解決的。

實驗二〇 用銅或錫製一每邊長四公分(4cm)

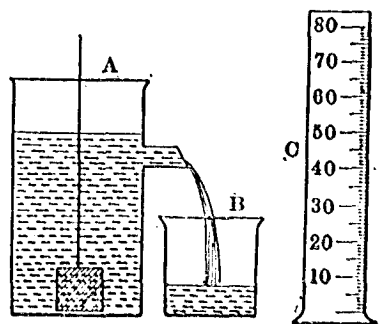


第 35 圖

的立方體，如第 35 圖，這立方體的體積合六十四立方公分，(64cm³ or 64c.c.). 照實驗一九的方法，測定這立方體在水內減輕的重量，再用鉛鐵製一圓筒，大約容

水 300c.c. 筒邊附有尖嘴，如第 36 圖的 A. 實驗時，先

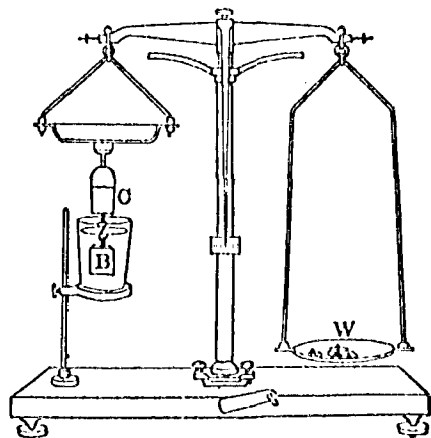
慢慢地注水筒中，水過滿後，即由尖嘴內溢出，等到水面靜止，尖嘴不再滴水時，即將立方體慢慢地放入水中，水再由尖嘴流出，用 B 杯接受，若



第 36 圖

秤量 B 杯內溢水的重量，正與立方體在水內所減輕的相等。若用 C 量筒量溢水的體積，恰合 64 c.c.，正與立方體的體積相等。

實驗二一 如第 37 圖，於天秤的一端，掛一銅製圓柱 B，和一容積與圓柱相同的圓筒 C。天平他端放入砝碼 W，令左右相平。再將圓柱放入水中，即見天平傾側。試將水注 C 圓筒內，天秤又成水秤。——假使學校裏沒有這儀器，我想就自製實驗二（C）中的器械，也很够證明了。



第 37 圖

由上述實驗的結果，可知物體在水中所減輕的重量，即等於和這物體同體積水量的重。

這個結論，在物理學上，叫做亞基米德原理Archimedes' principle。我們現在費了老大的勁，纔把牠推究出來，誰知道在二千多年前，希臘哲學家亞基米德Archimedes

medes 287—212 B. C. 就早已知道了。關於他的發明史，也很有趣。他是在洗澡的時候，發見這條原理。他這樣細心體察，確是很可欽佩的。

12. 亞基米德原理的應用 原理偏於理論的，應用是屬於實際的，二者調和而科學的功効，更要顯著。平常我們論到物質的輕重，多這樣說：金子比銀子重，銀子比鐵重，鐵比玻璃重，玻璃比水重，水比木頭重……等等。然而一大塊木頭，究竟比小塊金子還要重些呢！所以我們若



第 38 圖

說甲物質比乙物質重，必定要甲乙體積相同纔好。例如一立方寸的松木，比一立方寸的鐵塊，那輕重就很明白了。物理學上就是這樣辦，以水為標準，物質的重和同體積水重的比，叫做物質的比重 Specific gravity，就是：

$$\text{物質的比重} = \frac{\text{物質的重量}}{\text{與物質同積的水量}}$$

由亞基米德原理上看出，『與物質同積的水重』

就等於『物質在水內所減輕的重』,所以比重是很容易測定了。

實驗二二 取一金戒指,以細線掛於天平或稱上,(學校裏若沒有天平,就用中國藥舖裏的小稱也可),秤得重多少,再將戒指洗入水中(該用蒸餾水,何故?)秤得重量,那末這戒指的比重,可以這樣計算:

$$\text{戒指的比重} = \frac{\text{戒指的重}}{(\text{戒指的重} - \text{戒指在水中的重}) = \text{與戒指同體積的水重}}$$

物理學上就根據上列實驗的算式,推得一很普通的公式,以表明物質(專指比水重的)比重的計算法:

$$\text{某物質的比重} = \frac{\text{某物質在空氣中的重}}{\text{某物質在空氣中的重} - \text{同物質在水中的重}}$$

若某物質是液體的,如同酒精,煤油,菜油之類,又該怎樣定牠們的比重呢?



第 39 圖

這問題是很簡單的,我們取一如第 39 圖的玻瓶,——叫做比重瓶 Specific gravity flask ——瓶的容積和重量,預先都知道的,先盛蒸餾水,測牠的重量,次盛某種液體,再測牠的重量,就可以求出遺

液體對於水的比重了。(實驗時水和液體的溫度要相同的,何故? 平常均以 15°C 爲標準。)現在把幾種重要物質的比重列表如下:

金	19.0	錫	7.30	冰	0.92
水 銀	13.6	玻 璃	2.60	植 物 油	0.85
銀	10.5	黏 土	1.90	煤 油	0.80
銅	8.9	人 體	1.07	酒 精	0.79
鐵	7.8	海 水	1.03	杉 木	0.50

表內比重以蒸餾水 4°C 爲標準: 水 = 1.00.

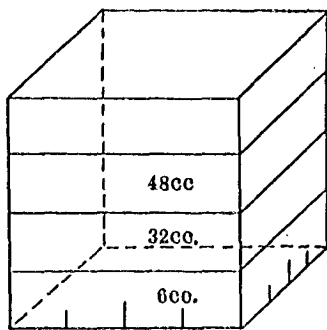
13. 木塊爲甚麼要浮在水面呢 將木塊用力投入水中,木塊仍然浮在水面,冰塊也如此,菜油煤油常浮在水面,可是水銀,就要沈入水底了.

細觀上表所列各物質的比重,就可以得到一條定理:凡比重大於水的,入水就沈;小於水的,入水能浮.木船不必說,就用鋼板造的輪船,也能在海面上浮遊無忌,這又是甚麼緣故呢?

鋼鐵雖重,而輪船的全體積卻是很大,以這重量分配於全體積,那輪船比重,反不及水了,所以船身要浮出水面實在和木塊冰塊浮在水面,是同一理由的.

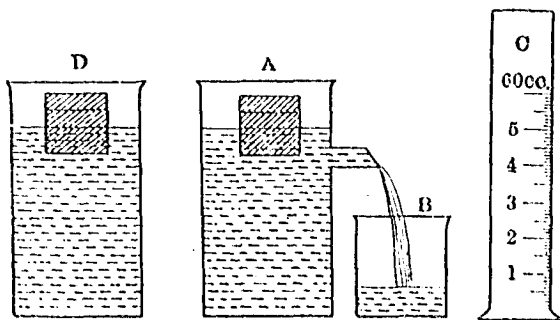
我們現在要細察物體浮在水面的情形，並要發現『這情形和物體重量有甚麼關係？』：

實驗二三 用鉛、鐵或錫片造一每邊長四公分 (4 cm) 的方盒，於盒邊每隔一公分，劃一水平線，如第40圖，又如第41圖的D。將方盒浮於盛水玻璃杯中，並於盒內逐漸加入砝碼，令方盒沈一部分於水內，並令水面與盒邊一畫線相齊，例如盒邊第二線與水面相齊，即知這方盒入水部分的體積等於32立方公分 (32c.c.)，如欲確實證明，可取前第36圖的儀器，將方



第40圖

盒連同砝碼放入A筒內，再測量流入B杯內的水量，



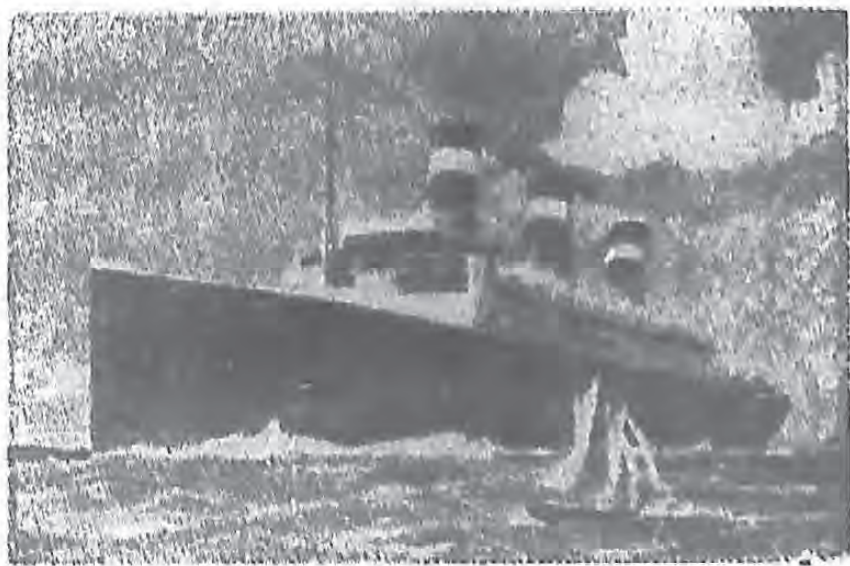
第41圖

盒連同
砝碼放
入A筒
內，再測
量流入
B杯內
的水量，

恰也等於32c.c.水32c.c.計重32公分(gm),這是已知道的.方盒的重量和砝碼的重量,也可以計算的.由這實驗上知道方盒和砝碼的總重,就等於32公分.若再加入砝碼試驗之,也得到相同的結果,就是:浮體的重量,和牠所排開水量的重量相等.

由上實驗得的結論:『浮體的重量,等於由浮體所排開水量的重』,也可認為浮體的定理了,所以輪船

載重的量數,是很容易計算的.輪船載量以噸 Ton 為單位.由輪船入水的深淺,就可以測算噸數,所以運貨



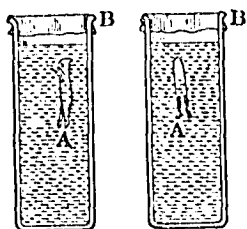
第 42 圖

輪船的旁邊和船尾,往往畫有記號,以便觀測.如第42圖。

習 題

1. 人體的表面積約合 1.25 平方公尺 m^2 . 有一個游泳家,能沒入深 50 公尺 m 的海中,問他身上所受的全壓力,合多少公斤 kg ? (海水比重為 1.03).

2. 取小玻管一個, (或用玻管在酒精燈上封閉一端) 以封蠟或白蠟塞入管中, 封住閉端, 並留一通氣小孔. 先把這管放入玻璃杯中, 使能直立, 並增



第 43 圖

減蠟量, 令管重成爲將沈未沈的程度, 如第 43 圖的 A. 再把管放入盛水玻璃筒 B 內, B 上蓋以橡皮膜 (或破球袋), 用掌心在皮膜上輕輕壓之, 卽見管子下降, 將手心提起, 管子又復上

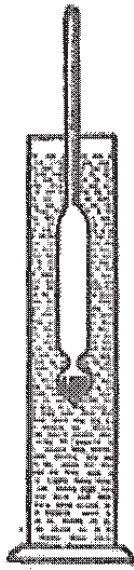
升. 這種管子, 儀器公司也有把牠做成人形的, 叫作浮沈子 Cartosian diver. 請你們說明浮沈子升降的理由. 又魚類和潛水艇, 何以也像浮沈子樣的能在水中浮沈? 請你們也說明理由和作用. 倘若不大明白的, 可以看看參考書, 問問教師.

3. 人在海水上游泳, 比在淡水上容易些, 這是甚麼緣故?

4. 雞卵在淡水則沈, 在濃鹽水則浮; 若把鹽水和淡水配得很適當, 能教雞卵不浮不沈, 停留在水的中部, 請你們說明理由.

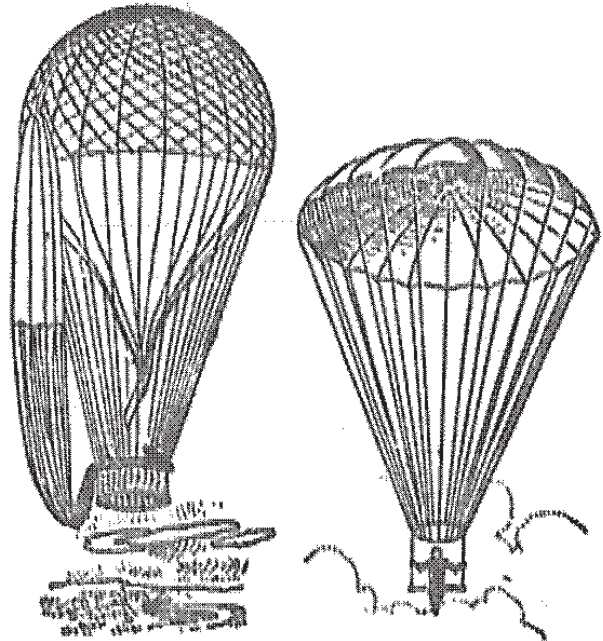
5. 有一種簡便器械, 叫做浮稱 Hydrometer, 牠可

以測定各種液體的比重,如果學校裏有這種儀器,如第44圖,請你們說明牠的構造,作用和原理.



第44圖

6. 物體由真空中,移到空氣裏,在重量上是否起變化? 能否應用亞基米德原理?



第45圖

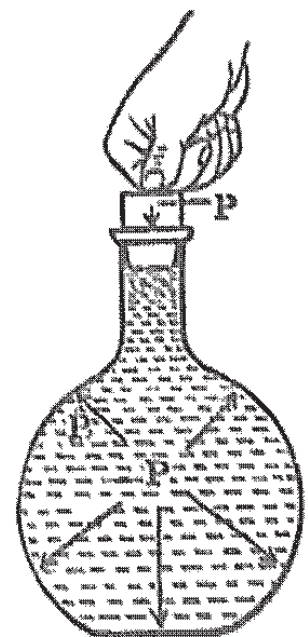
7. 輕氣球,燈鳶,飛艇,何以能飛騰空中? 牠們飛騰的高度,有一定的限制嗎?



第46圖

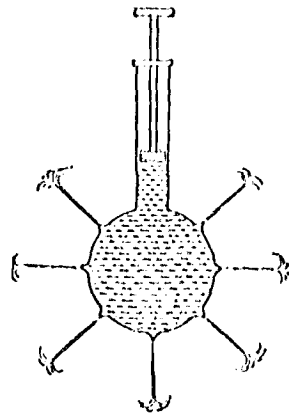
飛行家如果飛得很高,其肺部往往破裂,這是甚麼緣故?

14. 水受壓力時所生的現象 水不像空氣地易受壓縮,故在密閉器上加水以壓力,這壓力就立即傳佈於全



第47圖

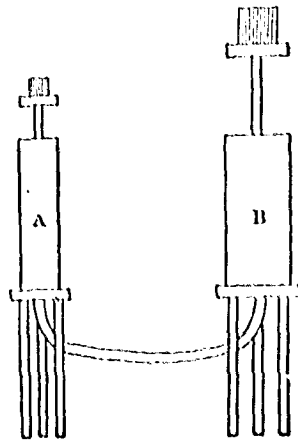
體例如於滿盛水的玻璃瓶塞上，加以壓力，如第47圖，此壓力立即傳佈於各部，倘玻璃瓶上各處均開有小孔，水即藉此壓力，向小孔噴出。



第 48 圖

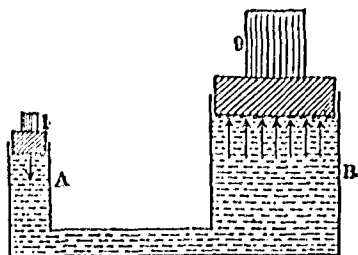
實驗二四 如第48圖，取一銅製圓球，球面開多數小孔，並附有圓筒，筒內配有活塞，先注水滿球和筒，即用力將活塞壓下，水即由各小孔噴出，上下四方，噴射力均相等。

實驗二五 取如第49圖的儀器，A、B為底部連通的大小兩圓筒，兩圓筒圓面積的大小若1:9，兩圓筒內各有活塞，兩活塞的輕重也若1:9，試將水注入A、B內，各滿半筒，再放上兩活塞，這時左右得保持平衡，活塞既無分高低，也不再移動，今試於A方加以一公分(1gm)的重量，即見B方大活塞，慢



第 49 圖

侵浮起，非於大活塞上，加以九公分的重量，決不能令其左右相齊，如第50圖的剖面情形，如A方加二公分，B方非加十八公分不可；A方加三分，B方非加二十七公分不可。



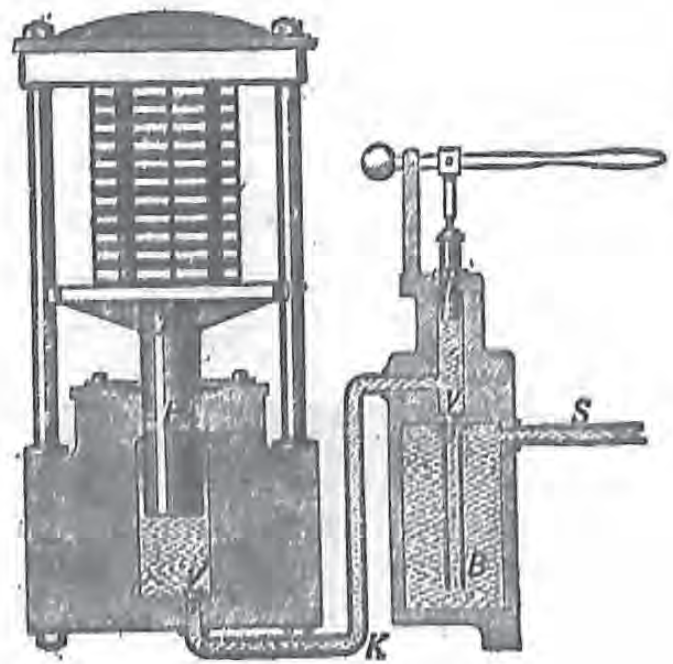
第50圖

據上列實驗二五的結果：壓力由水的A方傳到B方，似乎由小增大，反之由B方傳到A方，似乎由大減小，這觀念是錯誤的，因為我們對於壓力 *Pressuro* 的定義，尚未清楚，所以會生出這樣的錯誤。物理學上所謂壓力，不是指着氣體或液體的全體重量，或及於某面積上全體重量。物理學上所謂壓力，乃指單位面積上（一平方公分 1cm^2 ）所有重量而言。例如第50圖，B上所加的重量，雖比A大九倍，但B的面積也比A面積大九倍。若A面積適為一單位面積，A上的壓力適為一公分（ 1gm ），則B面積可分為九個單位面積，B上的全壓力共有九公分。若是論到B的單位面積上的壓力，乃也只是一公分。

因此我們可以下一結論：於密閉液體上，加以壓力

(單位面積上的重量),
這壓力即傳佈於全液
體而大小不變.

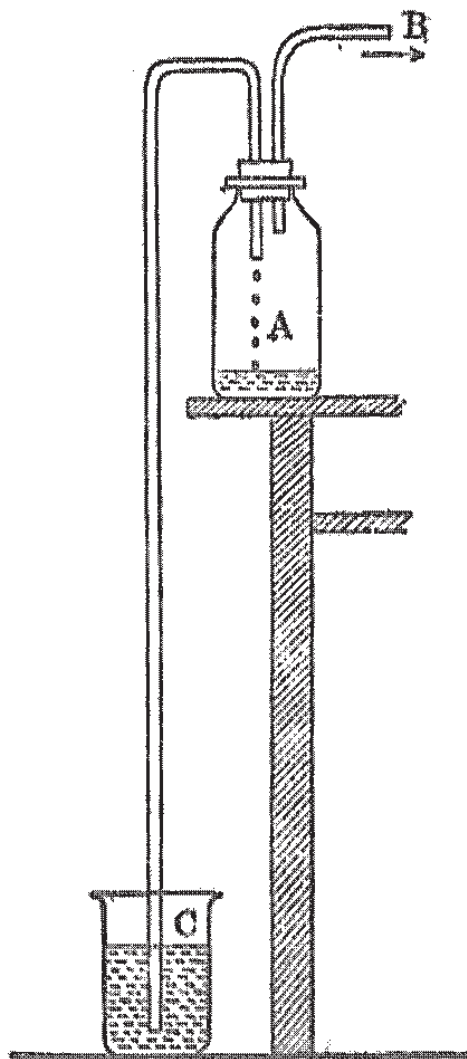
上述結論,物理學上
 叫做巴司開原理 Pascal's principle. 應用此原
 理,可以製造水力器械.
水壓機 Hydraulic press,



第 51 圖

如第 51 圖,即依照此理而造成。
 請各就圖和實物模型,解釋牠
 的構造和功用。又實用水壓機
 內,往往以油代水,因為比較的
 靈活些。

15. 把抽氣機改作抽水機
 人類口腔為排除空氣的絕
 妙器機,功用與抽氣機相等。在
 前第八段中,實驗一〇第 18 圖
 的裝置,也可以表明口腔的妙
 用,不僅是抽氣機,更可做抽水
 機,如第 52 圖,若用橡皮管,將 A

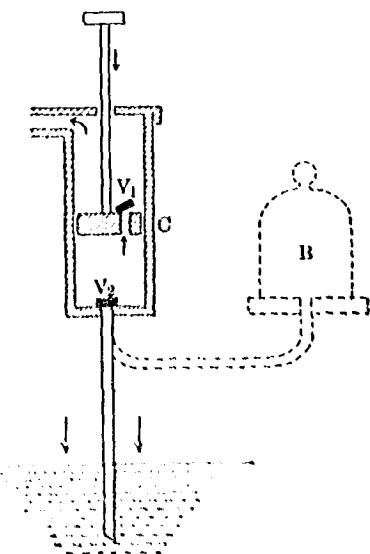


第 5 圖

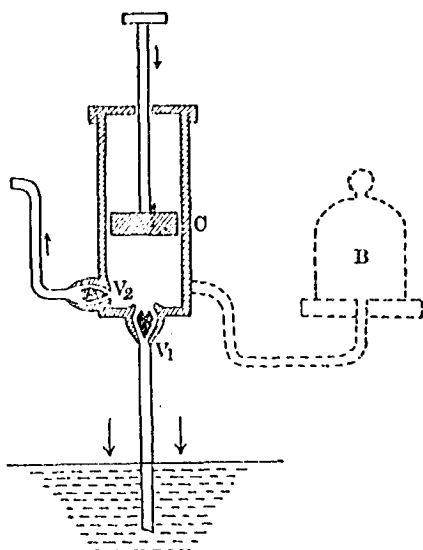
瓶的 B 管口，連於抽氣機上，排去 A 內的空氣，而 C 杯中的紅水，亦即伸入 A 瓶中，這種實驗，也是表明抽氣機能兼有抽水機的功用了。

現在我們要問：C 杯的水，爲甚麼要流到 A 瓶裏來呢？答案是很簡單的：因爲 A 瓶內受口腔或抽氣機的作用，空氣稀薄了，氣壓減少了，而 C 杯的水面仍爲一大氣壓力，所以水即由大氣的壓力，自 C 杯推入 A 瓶了。總之，利用大氣的壓力，可以設法將低處的水，壓到高處，因此若把抽氣機的構造，略加修正，也就可做

成抽水機的用途了。照第 53 圖，第 54 圖，請和前第八段中第 19 圖，第 20 圖，相比較，那異同的處所，自然明白了。這種器械總稱爲抽水機 Water pump。如第 53 圖所示的，叫做吸水機 Suction pump，水由中央活塞吸上，如第 54 圖所示的，叫做壓水機 Force pump，水由中央活塞壓上，抽水



53 圖



第 54 圖

機一架，立在水槽上，仔細加以實驗，常見活塞提上時，水由上邊管口噴出，活塞壓下，水流即止。

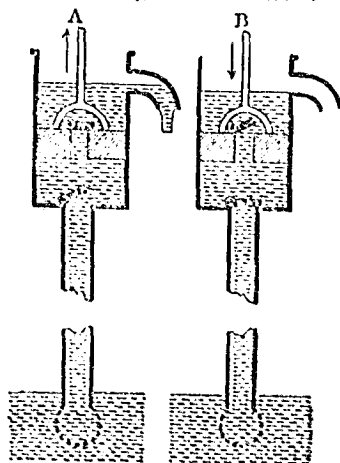
實驗二七 如第 56 圖，取玻璃瓶一個，用橡皮塞配好 A, B 二管，緊插入瓶口，以全體密閉為度，用橡皮管將此瓶的 A 管，連接於

機的一切說明，我們可以參考小學自然教科書，或他種參考書，這裏不再細說了。

用普通簡單抽水機吸水時，水流噴出，不能聯續，故學者利用壓縮空氣的彈性，使水流得聯續噴出。

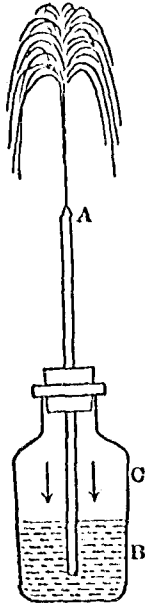
實驗二六 取

如第 55 圖的抽水



第 55 圖

抽水機的噴水管上,再上下活塞,即見水流不絕地

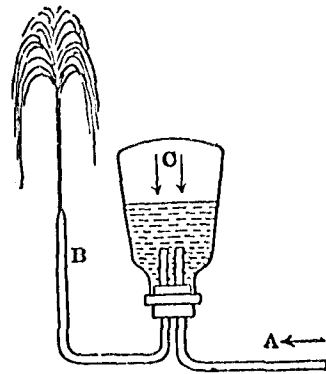


第 57 圖

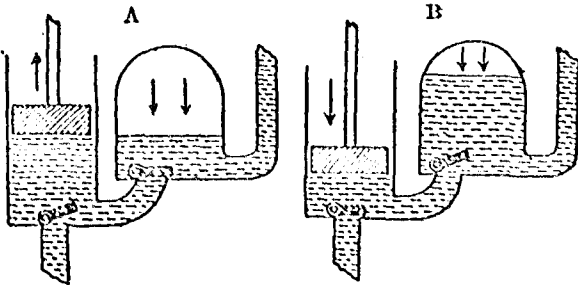
空氣,使空氣壓在 C 部,這時若將嘴離開,瓶內

由 B 管噴出,因為當活塞提上時,水固由吸上的壓力噴出,但當活塞壓下時,水也因 C 部壓縮空氣的壓力而噴出,若欲證明壓縮空氣所表示的壓力,請再行下述實驗:

實驗二八 如第 57 圖,取玻璃瓶一個,以配有尖口玻璃管的橡皮塞,緊塞瓶口,瓶中盛水過半,先用嘴自 A 尖口,吹入

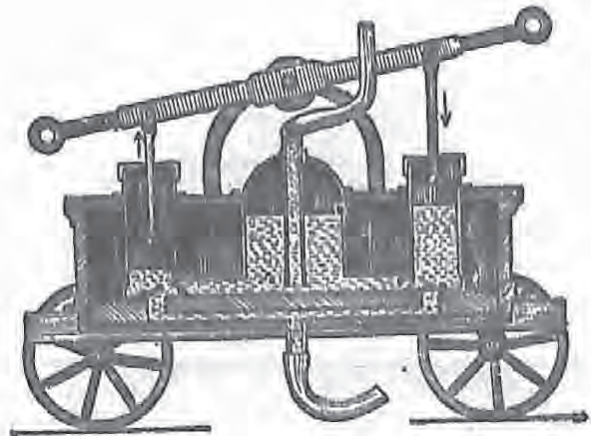


第 56 圖



第 58 圖

B 部的水,因受 C 部壓力的作用,即自 A 尖口噴出,和噴水泉一樣。



第 59 圖

因此如第 58 圖的壓上抽水機,每附有空氣室,使水流得聯續噴出。又救火機 Fire pump 由兩個壓水機,和一個公共空氣室組織而成,如第 59 圖所示。

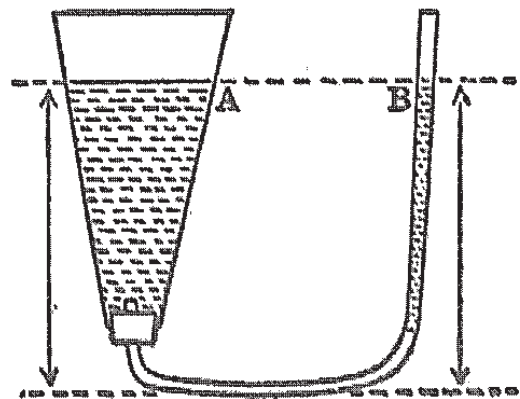
習 題

1 巴司開原理能否適用於氣體? 請各說明理由。

2. 請辨明壓力和全壓力的意義。

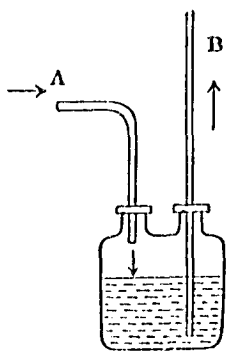
3. 如第 60 圖, A 筒內的水量比 B 管內多二十倍,也就是 A 筒內的重量比 B 管內重二十倍,然而 A, B 兩水面為甚麼同高?

請說明牠的理由。



第 60 圖

4 抽水機下面吸水管的長度,如第 53 或 54 圖,能伸長到多少尺為止? 請各仔細計算,並說明理由。



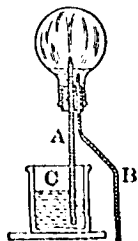
第 61 圖

5. 如第 61 圖, 取一雙口瓶, 一口上插有 A 曲管, 一口上插有 B 直管, 用壓氣機 (或足球籃球用的打氣筒) 連於 A 管, 用力壓入空氣於瓶內, 這時瓶內的水, 即向 B 管噴出, 若用長橡皮管連於 B 口, 引至高處, 再由 A 管壓入空氣, 問這時 B 管可延長至多少高? 這

高度和壓氣機上所加的壓力有何關係? 和當時大氣的壓力有無影響? 請各詳細解釋。

6. 有水塔高一百尺, 問用甚麼方法, 能將水量由平地送至塔頂?

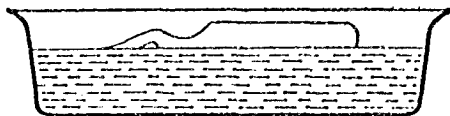
7. 取一圓底燒瓶, 中盛水滿三分之一, 瓶口配有橡皮塞, 插入 A, B 二管, 倒立於盛水的 C 杯中, 如第 62 圖的裝置, 當瓶倒立時, 瓶內的水即由 B 管流出, C 杯的水即由 A 管噴上, 問這樣裝置屬於那類的器械? 並說明噴水的原由。



16. 鐵針能浮於水面的緣故 盛水於玻盤中, 水面恆成一平面, 前第 10 段中, 第 62 圖

已詳細說明理由。

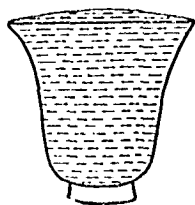
今試取一細鐵針，慢慢地放置水面，鐵針即浮於水



第 63 圖

面。若用鋼筆頭代鐵針，鋼筆頭也能浮於水面，如第 63 圖，原來鐵比水重，針和鋼筆頭應沈入水底，爲甚麼能浮在水面呢？這是因爲液體的表面，常具有向四方張開的力量，在物理學上就叫做表面張力 Surface tension。放在水面上物體的重量，若不勝過水的表面張力，這物體就可浮在水面。

又如將酒杯（或茶杯）搽乾，把水慢慢地注入杯中，論理杯中的水面，應成爲平面，且與杯口相齊，但實際上，這水面可高出杯口，且又成爲凸面，這也是由於表面張力的緣故，由天空落下的雨點和葉上的露珠，常成球形，正和杯上水面成高出的凸形同一理由。

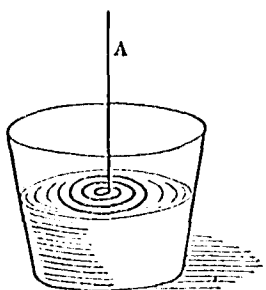


第 61 圖

實驗二九 取細針兩枚放在磁鐵旁，使各成爲磁針，將一針放置水面，以他一針引之，或拒或吸，針在水面運動，極爲自由，習慣上叫做雌雄針。

實驗三〇 用水銀少許滴在玻盤上,水銀即成爲小球形,又將水噴於樹葉上,水點在葉面上也成爲小珠。

實驗三一 取玻杯一個,中滿盛水,將油類(菜油,煤油等)滴在水面,此油點即以牠的表面張力,向四方擴散,成爲極薄的油層。



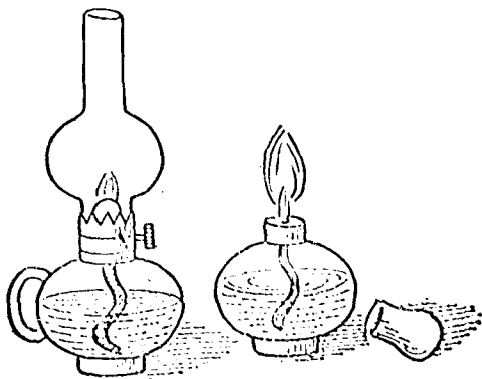
第 65 圖

實驗三二 將細銅絲盤成一扁平螺旋形,如第 65 圖的 A。即取這螺旋形插入水面下,慢慢地提起,常見水面隨着螺旋

形而高起,這也是表面張力的緣故。

17. 燈心吸油

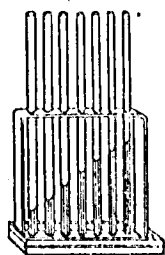
的原理 我們平常日用的煤油燈,如第 66 圖,多以棉帶爲燈心,棉帶能將煤油繼續吸上,以供燃燒,又如第 67 圖的酒精燈,也



第 66 圖

第 67 圖

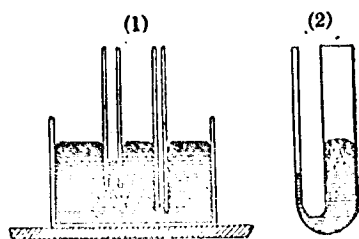
和煤油燈相似，棉紗編成的燈心，能將酒精自下部吸上，以供燃點。液體因為壓力的關係，常自高處流向低處，為甚麼燈心反能將低處的液體吸到高處呢？若要解答這問題，我們先要明瞭燈心的組織情形，燈心用的棉紗，是由棉花的纖維束組織而成的，我們可當牠由多數細管合併而成的，若把細管插入水或油中，管徑愈小，吸上液體的力量愈大，這種現象在物理學上，叫做毛細管現象 Capillary phenomenon.



第 68 圖

實驗三三 取細管數條，依內口徑的大小，自 2mm—1mm 排列成行，如第 68 圖所示，若注水於管下盛器內，水即由各管的毛細管作用，升上管中，高度與內口徑適成反比例，再以酒精，油類試驗之，結果也均相同。

實驗三四 取內口徑大小不同的細管，插入水銀盤中，如第 69 圖所示，毛細管現象恰與水，酒精和油類相反，即內口徑愈小，管內水銀



第 69 圖

而愈低。

由上述實驗觀察的結果，得下一結論：液體能沾附管壁的，毛細管作用係上升，管內外液面成凹形；否則下降，管內外液面成凸形；管內液體的升降度，均和管的內口徑成反比例。

上述結論，也可叫做毛細管定律，毛細管現象也由液體表面張力而起，在自然界和日常生活裏，均極重要，例如樹木花草的吸收水分，毛筆的吸墨，吸水紙的吸收墨水等，均係毛細管作用。

習 題

1. 水面上常見有一種長足昆蟲，自在爬行，如第70圖所示，這是甚麼緣故？



2. 鍍，鋼筆頭或薄鐵片，若十分乾燥，放在水上，甚易浮着，若

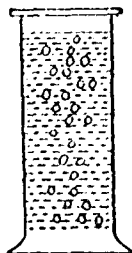
第70圖

略帶潤濕，立即下沉，這是甚麼緣故？

3. 取一玻棒，折成兩段，任取帶有稜角的一端，插入酒精燈上燒紅，常見這稜角慢慢地收縮，末了玻棒的斷面，終成爲圓球形，這是甚麼緣故？

4. 取一長玻璃筒，中盛清水，滴茶油數點於水面，以手蓋住筒口，用力搖盪這筒，使油水互相混合，若將

這筒靜置於桌上,常見菜油由小珠結成大珠,遊浮水內,終至成爲較大的球形,浮出水面,張成薄層。請說明這種現象的主因。(如第71圖)

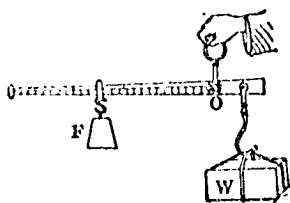


5. 自然界中有什麼現象,可以引做毛細管作用的例證,請各向多方面收拾些材料來報告。

第 71 圖

第三章 稱

18. 中國稱在物理學上屬於那一種器械呢 我們在小學裏已經學過稱,天平,槓桿,滑車和輪軸,這些東西在物理學上,統叫做簡單器械 Simple machine. 器械的功用在於能省力,能以小力制勝大重,於人類文明貢獻極大,中國稱呢,就可認為簡單器械的模範,倘若

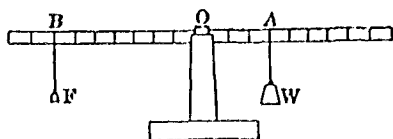


第 72 圖

我們能明瞭中國稱上各種關係的處所,那末別的簡單器械,也就不成問題了,如第 72 圖,以稱稱物,也是以小力勝大重的表示,稱錘 F 的重量是一定的,物體 W 的重量是時常變化的,普通大稱,能稱數斤至數百斤,中國藥鋪的小稱,能稱數分至數兩,總之稱桿的長度是一定的,稱錘的重量也是一定的,怎樣能應付重量不同的物體呢?

欲發現這中的關係,可細察下述實驗:

實驗三五 如第
73圖,取有刻度的木
條,將其中點 O,支持
於架上,木條兩端的



第 73 圖

刻度處,任意掛 F, W 砝碼 (或小鉛球), 據多次實
驗的結果,若欲令 A B 兩臂保持水平的狀態,非先
令 O A, O B 的距離和 F, W 的重量,發生如下的關
係不可:

$$OA \times W = OB \times F \dots \dots \dots (1)$$

例如

$\left\{ \begin{array}{l} OA = 1 \text{ 寸} \\ W = 4 \text{ 兩} \end{array} \right.$	則	$\left\{ \begin{array}{l} OB = 4 \text{ 寸} \\ F = 1 \text{ 兩} \end{array} \right.$	或	$\left\{ \begin{array}{l} OB = 2 \text{ 寸} \\ F = 2 \text{ 兩} \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} OA = 2 \text{ 寸} \\ W = 3 \text{ 兩} \end{array} \right.$	則	$\left\{ \begin{array}{l} OB = 3 \text{ 寸} \\ F = 2 \text{ 兩} \end{array} \right.$	或	$\left\{ \begin{array}{l} OB = 6 \text{ 寸} \\ F = 1 \text{ 兩} \end{array} \right.$

上述實驗中所發現的公式(1),若把牠應用到稱上,
就可改作:

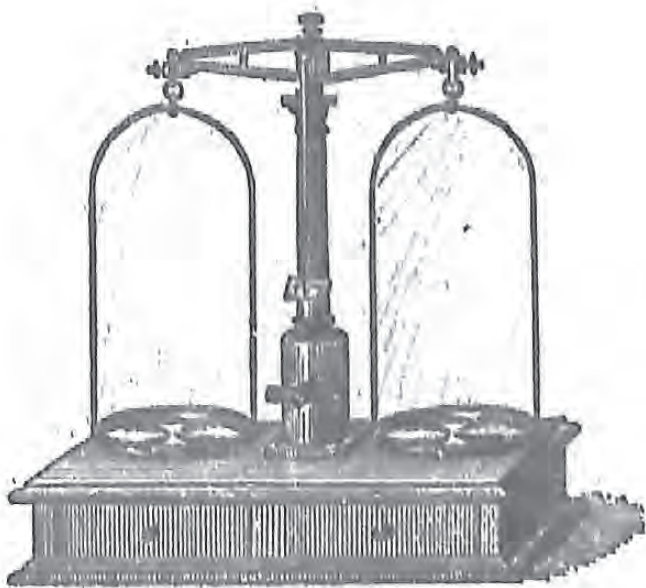
$$\begin{aligned} & \text{稱紐至稱鈎的距離} \times \text{物體重} \\ & = \text{稱紐至稱錘的距離} \times \text{稱錘重} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

因為稱上,『稱紐至稱鈎的距離』是固定的,而且
很短的,所以碰到重大的物體,祇要把『稱紐至稱錘
的距離』放長一些,就可由小量的稱錘,來保持稱桿

的平衡了。

物理學上把合於(1)式關係的器械,叫做槓桿Lever。支持槓桿處叫做支點 Fulcrum, 如第72,73圖中的O點;加重處叫做重點 Weight, 如同圖的A點;用力處叫做力點 Force, 如同圖的B點。因此槓桿上重和力的關係如下:

$$\text{重支距} \times \text{重} = \text{力支距} \times \text{力} \dots\dots\dots(3)$$



第 74 圖

若以言詞表示(3)式裏的關係,可說是:『槓桿上力和力支距的相乘積,等於重和重支距的相乘積。』這套話,物理學上,就叫做槓桿定律 Law of lever.

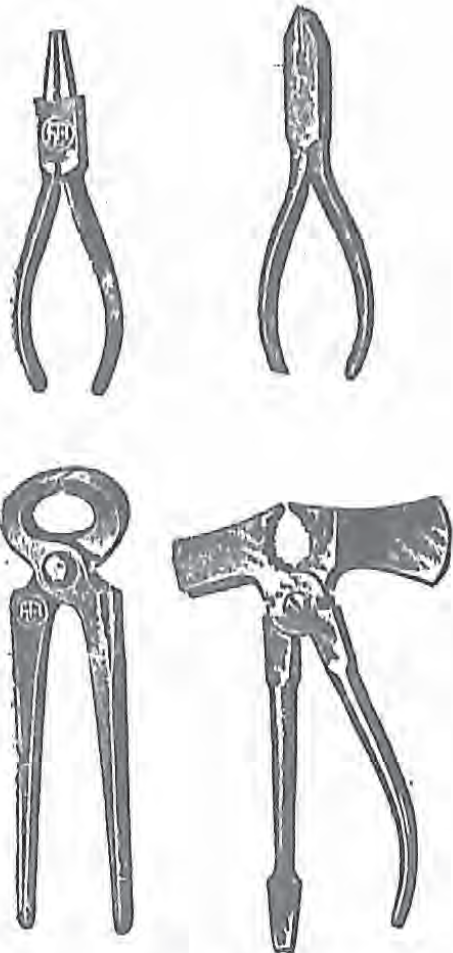
19. 槓桿的分類

槓桿上具有力,支,重三要點。但因這三要點位置不同,可以把槓桿分成三類。如中國稱及天平(見第



第 75 圖

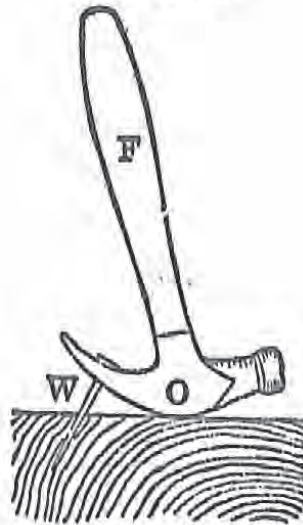
74和75圖)乃槓桿的正宗,支點在力點重點的中間。別的器機就和牠不同了,所以槓桿分爲三類:



第 76 圖



第 77 圖



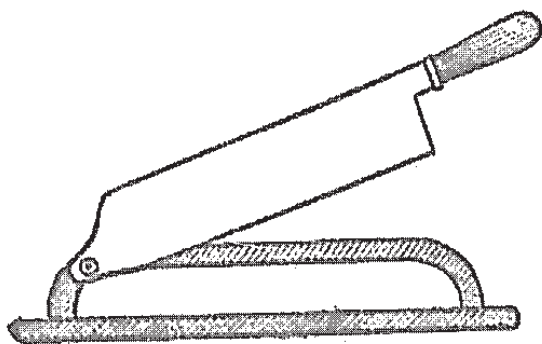
第 78 圖



第 79 圖

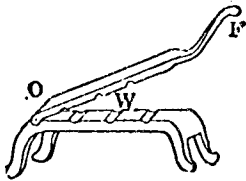
第一類
支點在
重點力點
的中間,除
天平,秤外,
還有鐵鉗
(第 76 圖)
剪刀 (第
77 圖) 釘
拔 (第 78
圖) 和如
第 79 圖用

棍棒起重物等,統屬於第一類槓桿作用。

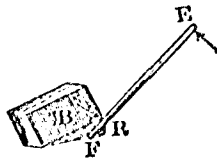


第 80 圖

第二類 重點在力點支
點的中間,如切草刀 (第 80
圖) 木塞壓榨器 (第 81 圖)
和如第 82 圖的用棍棒起重
物等,統屬於第二類槓桿作



第 81 圖



第 82 圖

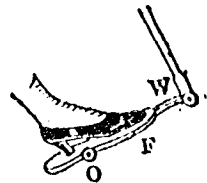
用。
第三類 力點
在重點支點的中
間,如鑷子,(第83
圖)風琴或機器

上的踏足板(第84圖)和用手持物(第85圖),用
筷取食(第86圖),統屬
於第三類槓桿作用。

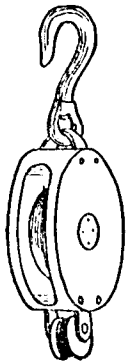
20. 槓桿的變形 直
棒形的槓桿,固然可以省
力,但用處是很有限的,我
們為實用便利起見,往往



第 83 圖



第 84 圖

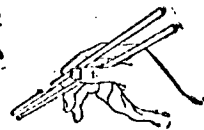


第 87 圖

變更槓桿的
形狀,而省力
的作用,仍然

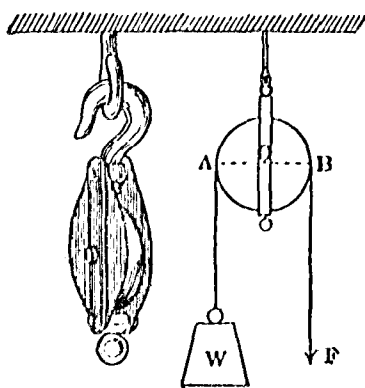


第 85 圖

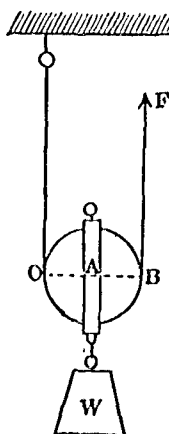


第 86 圖

和直棒形的槓桿相同,如滑車 Pulley, 即
槓桿變形的一種,係由一周邊刻有凹溝
的圓板,能繞中央軸而旋轉的,如第87圖
所示,滑車又以作用不同,分為二種,如第
88圖,位置固定的,叫做定滑車fixed Pulley.



第 88 圖



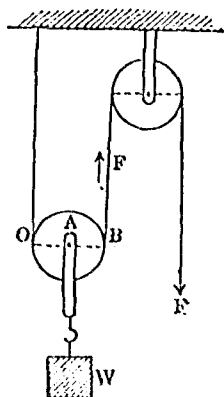
第 89 圖

牠雖不能省力,但可以通過繩索,能變更用力的方向呢,如第 89 圖,位置懸空,可隨繩索而上

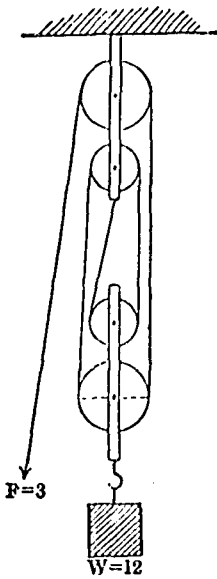
下的,叫做動滑車 Movable pulley, 用一個動滑車能省力二分之一,但不能變力的方向,所以在實用上,總要把動定兩種滑車聯合起來,既可省力,又可隨意變用力方向。

實驗三六 取滑車一個,如第 88 圖的裝置, A 點加重, B 點加力, 如 W 為五公分, F 亦必為五公分, W 為十公分, F 亦必為十公分, 實驗結果, 知牠不能省力。

實驗三七 取滑車兩個, 如第 89 圖的裝置, 即一為定滑車, 一為



第 90 圖



第 91 圖

動滑車,一分用作定滑車,若物體的重量為十二斤,即可用三斤的力以保持平衡,倘用力略加,即可令物體上升,又如取第92圖的合併滑車,即可用二斤力保持十二斤物體重量的平衡,若力稍大於二斤,便可令物體上昇。

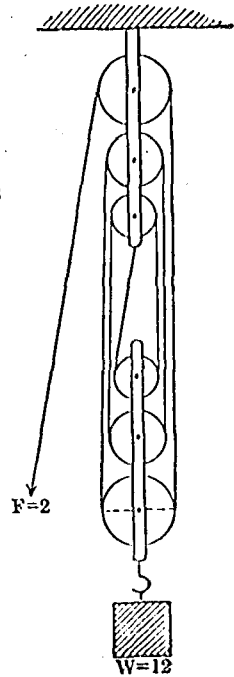
由上述實驗,得知用合併滑車起

動滑車,於動滑車上 A 點加重,於定滑車繩索上加力,由實驗結果,得知 F 僅及 W 的二分之一,如 W 重十公分, F 重為五公分; W 重二十公分, F 重為十公分,在這實驗中,也可以知道定滑車雖不能省力,卻可改變用力的方向。

實驗三八

取如第91圖所示的合併滑車
Combined Pulleys

兩分,一分用作



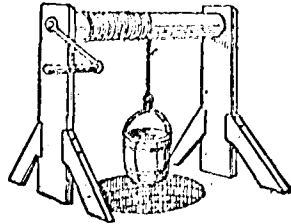
第 92 圖

物,其重和力的關係,可以下式表明:

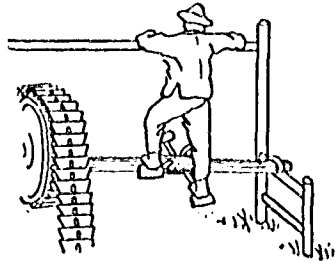
$$\text{力} = \frac{\text{物重}}{\text{滑車上繩索迴繞的次數}}$$

又如井水上用的轆轤, (如第93圖) 和農夫車水

用的水車踏足架 (如第94圖), 亦為槓桿變形的省力器械, 在物理學上統稱 輪軸 Wheel and axle. 輪軸省力的情形, 和槓桿相似, 可用下述實驗發明牠的關係:

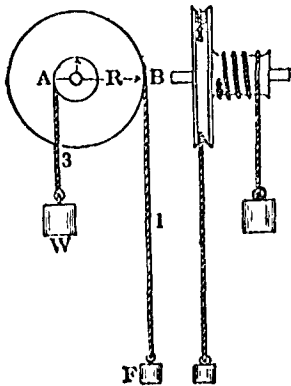


第93圖



第94圖

實驗三九 取木製小輪軸一, 如第95圖. 先量輪半徑 $O B$, 和軸半徑 $O A$ 的長



第95圖

度. 若

$O B$ 為三寸, 而 $O A$ 為一寸, 則 $O B : O A$ 等於 $3 : 1$, 次於繞軸的綫上懸以重三斤的物體, 而於繞輪的綫上, 必懸以重一斤的重錘, 方可保持靜止狀態. 再取一輪軸, 令輪半徑和軸半徑

的比爲 4:1,若軸上掛以重四斤的物體,輪上非掛一斤重的重錘,不能使輪軸靜止不動。

由上述實驗的結果,乃知輪軸省力的情形,和輪軸半徑成比例,即輪半徑愈長,軸半徑愈短,愈能省力,省力的關係式如下所列:

$$\text{輪半徑} \times \text{力} = \text{軸半徑} \times \text{重},$$

$$\text{力} = \frac{\text{重} \times \text{軸半徑}}{\text{輪半徑}}.$$

習 題

1. 有工人用六尺長的竹挑挑物,一端重六斤,他端重十八斤,問肩當放在竹挑那裏,方得將物體挑起?

2. 吃飯用的筷子,如拿得太高,難夾重物,是甚麼緣故?

3. 中國稱上常備有兩個或三個稱紐,是甚麼用意? 若稱紐只有一個,稱鈎稱錘有兩個或三個,問將生怎樣變化呢?

4. 有盛重物二千斤的木箱一隻,用長十一尺的木棍插入箱底,運移他處,若於棍端離地五寸的地方,墊一石塊,問工人應於棍的他端,加力多少,方能將這箱移動?

5. 有重物六百四十斤,若用兩個單滑車的合併滑車起到高處,問應加力多少? 若用三個單滑車的合併滑車起到高處,問應加力多少?

6. 又如用5題中的合併滑車,各起貨物於高處,若各用力十斤,問貨物的重量,各為多少斤?

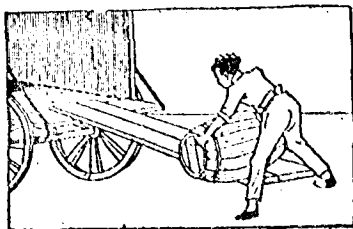
7. 輪軸上的輪半徑為四尺八寸,軸半徑為六寸,今欲起重物二百八十斤,問當用力多少?

8. 一輪軸能以十斤的力,起百斤的重,今知輪半徑長一尺,問軸半徑長多少?

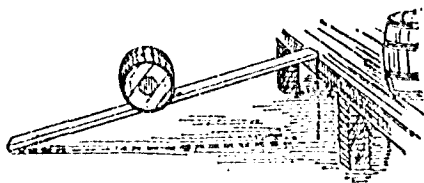
21. 槓桿以外還有別的省力器械嗎

以上所說的滑車

輪軸等省力器械,都是槓桿的變形,故都可以槓桿公式來包括牠,然而如貨棧中,常用長板運轉貨物於棧



第 97 圖

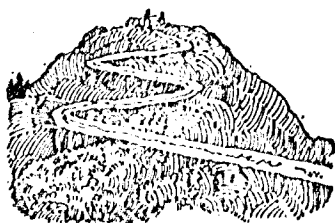


第 96 圖

內外,如第96圖,貨車上亦多用長板將貨物裝上,如第97圖,這種斜放的長板,在實用上很能省力,雖然性質和槓桿不同,但自屬

一種省力的方法。

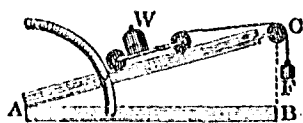
物理學上因牠表面傾斜的緣故，就叫牠爲斜面 Inclined plane。斜面省力的情形，在日常亦是常見的。



第 98 圖

如登高山必由斜坡而上，如登高樓，必由盤梯而上，如第 98 圖所示，山坡越傾斜，上山越發容易；山坡越凌削，上山越覺困難，樓梯亦是如此，那末斜面省力是和斜度大有關係了！究竟有甚麼關係？請用實驗來證明。

實驗四〇 取如第 99 圖的儀器一具，器上 A O 板可以自由移動，即作爲斜面的用處。板上放一有輪的小盤，盤中放有重錘 W，用繩連結小盤，經過靜



第 99 圖

滑車 C，加重錘 F，令小盤成爲將動而未動的狀態爲止，這時即細測 B O 的高度，例如爲四寸；A O 的長度，例如

爲十二寸；小盤連 W 錘的重量爲九兩，而 F 錘的重量必爲三兩。若變更 B O 的高度爲六寸，小盤連同 W 錘的重爲八兩，A O 的長度一定不變，而欲令小盤成爲平衡狀態，非加四兩的重錘 F 於綫上不可。

這兩次實驗的結果，都可這樣排成等式：

第一次 斜面長 $AC(12) \times$ 重錘 $F(3)$

$=$ 斜面高 $BC(4) \times$ 盤錘 $W(9)$

即 $12 \times 3 = 4 \times 9$ 。

第二次 斜面長 $AC(12) \times$ 重錘 $F(2)$

$=$ 斜面高 $BC(6) \times$ 盤錘 $W(4)$

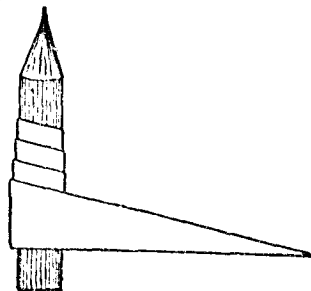
即 $12 \times 2 = 6 \times 4$ 。

由上實驗的結果，乃知斜面省力的情形，可以下式來表示牠：

斜長 \times 力 $=$ 斜高 \times 重……………(1)

或 力 $= \frac{\text{斜高} \times \text{重}}{\text{斜長}} \dots\dots\dots(2)$

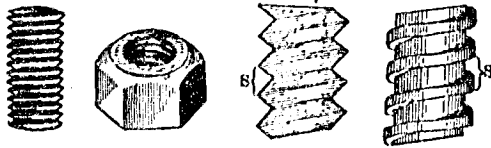
22. 斜面的變形 試取直角三角形的紙片一張，斜邊以墨塗成黑線，卷於鉛筆管上，如第 100 圖。常見筆管上由紙邊繞成螺旋形，和平常所用的螺旋釘無異。我們由經驗的結果，知道用平常的鐵釘打入木頭內，比較將螺旋釘轉入木頭內為吃力，這就因為螺旋是由斜面繞成的。螺旋省力的道理，完全和斜面相同。物理學



第 100 圖

上也叫這種由斜面變形的器械爲螺旋 Screw。

實際上應用的螺旋,分陰陽二種,如將儀器上的螺旋釘轉出,這轉出的螺旋釘上,螺紋高起稱爲陽螺旋,那儀器上的空隙,有凹入的螺紋,稱爲陰螺旋,如第101

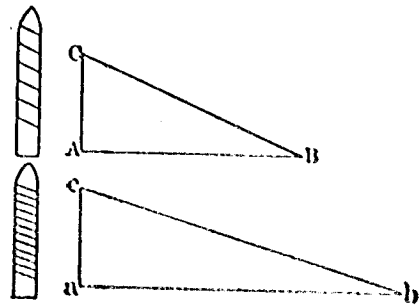


第 101 圖

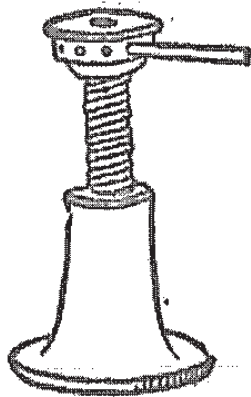
圖,乃各種螺旋的放大情形,螺旋上相鄰二螺紋間的距離,叫

做螺距 Pitch, 如圖中 S,螺旋上螺距越短,越能省力,這是甚麼緣故呢? 請看下列實驗:

實驗四一 試取直角三角形的紙片兩張,如第 102 圖,令 A C 斜高與 a c 相等,但 b c 斜長則比 B C 爲大,照上述斜面的公式, b c 必較 B C 爲省力,今把 A B C 和 a b c 都卷成螺旋形,常見斜面長者螺距短,斜面短者螺距長;也就是螺距短者省力多,螺距長者省力少。



第 102 圖



第 103 圖

器械上應用螺旋,除螺旋釘外,每多於用力處,附有柄或輪,以增加省力的程度,如第 103

圖的起重螺旋機 Jack screw,

第 104 圖螺旋壓榨機 Screw

press, 及

第 105

圖金工木工用的螺旋鉗 Vice 等,實合輪軸螺旋而成爲省力的器械呢。



第 105 圖

又如刀,斧,鑿,鉞,尖釘等,也多是斜面的變形,如第 106 圖,牠省力的情形,



第 106 圖

都是和斜面相同,所以刀斧

的鋒越快,就是斜面越長,越能容易斬斷物體;針和釘越細越尖,也越發容易進入物體內。

習 題

1. 你們平常看見的器械,不論全體或一部分,有屬於斜面螺旋的,請例舉牠的名稱,並詳細說明牠的情形。

2. 貨棧中用高三尺長九尺的斜面,將重四百斤的貨物,由棧外運至棧內,問工人應用力若干,方得將這件貨物,由斜面上推進?

3. 螺旋是斜面的變形,螺距就等於斜高,螺旋的周邊,就等於斜長,若螺旋的半徑為R,那周邊就等於 $2\pi R$,所以螺旋省力的情形,物理學上,往往以下式來表明:

$$\text{螺距} \times \text{力} = \text{螺周} \times \text{重}, (\text{物體的抵抗})$$

$$\text{螺距} \times \text{力} = 2\pi R \times \text{重},$$

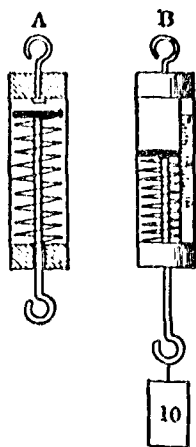
$$\text{力} = \frac{2\pi R \times \text{重}}{\text{螺距}};$$

$$\text{力} = \frac{2\pi \times \text{螺半徑} \times \text{重}}{\text{螺距}} \dots\dots(a)$$

請各繪圖,就實際上來證明這公式(a)。

23. 物體在地球表面上所有的重量 試取一精密彈簧稱,如第 107 圖,在平地上,測量一銅塊的重量,如為 320 公分,若將這銅塊用飛機帶到高處,再用這彈簧稱稱其重量,必不到320公分,在高山頂上,亦可發

現同樣的情形，若把這銅塊帶到深谷或深礦井內，再稱其重量，也是不到320公分，學者由多次實驗的結果，知道離地面越高或越低的處所，物體的重量越小，銅塊的大小既無變化，爲甚麼牠的重量，要隨着離地面高低的程度而變化呢？因爲物體在地球上，都要受着地球的引力 Gravitation，在物理學上也叫牠重力 Gravity，吾人所認爲



第 107 圖

重量 Weight，就由於重力吸引物質 Matter 而起，物質是實在的東西，如銅，鐵，水，空氣等物質多寡的量，物理學上叫做質量 Mass，質量是屬於物質本身的，不因重力而有變化的，如以天平或中國秤所稱得的量數，可以代表質量，如彈簧秤所得的，祇可以說是重量，天空及高山離地球較遠，故引力較小，所以由一定質量所生的重量也較小，深谷礦井因爲地面的凹處，離地球固較近，但因爲上邊地面也有引牠的重力，所以結果重量也會減小，又因爲地球是橢圓的，兩極平扁，赤道凸出，所以赤道上的重力較兩極爲小，若用彈簧秤稱一定質量的物質，在兩極必較在赤道爲重。

英人牛頓 Issac Newton 1642—1727 (第 108 圖) 在果園中, 看見蘋果墮地, 因發明引力作用, 這有趣的故事, 我們在小學裏已經知道了。但是牛頓繼續研究, 由近事推及遠物, 把這地球引力, 應用到天文學上的宇宙裏頭去。他說: 宇宙間所有的萬物, 都有彼此互相吸引的力量。這引力的大小, 是和質量成正比例, 和距離成反比例的。物理學上就稱這種引力為萬有引力 Universal gravitation。宇宙間日月星辰的運行, 都要受這力的牽制。



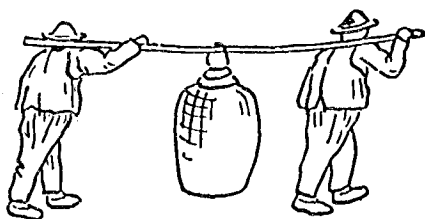
第 108 圖

21. 甚麼叫做力呢 物理學上所稱的力, 和尋常叫做力的一樣, 例如我們用力射標槍, 標槍就向空飛去; 用掌去接傳來的籃球, 籃球也就貼在手裏; 用腳踢對方過來的足球, 足球即向對方折回。用標槍球類運動時, 可以令靜的變為動, 動的變為靜, 速度方向也可隨力而變化的, 我們想已很清楚了。所以物理學上說: 『凡能使靜止的物體起運動, 運動的物體為靜止, 或

改變牠的運動速度和方向等作用,統叫做力 Force 。

重力呢,也是力的一種,高處的物體總要向低處落了,地上的物體,不能向空中拋得很高,這都是受了重力的影響,所以力的單位,就以重力單位 Gravitation unit 爲標準,例如一公斤的力,就是質量等於一公斤的物體所受的重力。

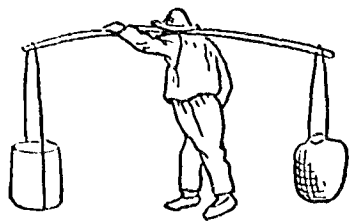
某人有三百斤的力,就是某人能制止質量三百斤上所有的重力。



第 109 圖

25. 力可以分也

可以合的 力和物質相似,可以分也可以合的,不過分合的情形,常循一定的規則就是了,二人擡物 (第 109 圖),是一力分成二力;一人挑物 (第 110 圖)



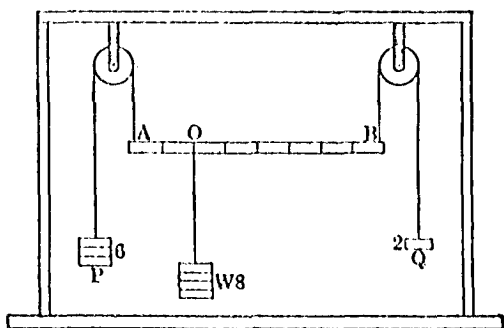
第 110 圖

是二力合成一力,究竟力的分合,循甚麼法則呢?

請看下述的實驗:

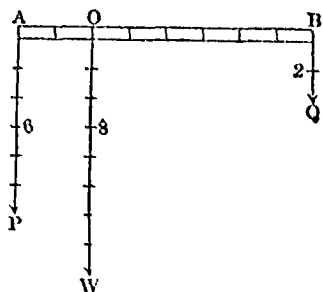
實驗四二 取八寸長的木棒一條,劃成八等分,兩端各以綫繞過

定滑車上,如第 111 圖的裝置,若於棒中間離 A 點兩寸的 O 點上,掛以八兩的重錘,則 A



第 111 圖

端非掛以六兩, B 端非掛以二兩的重錘不可,如是變更 O 點的位置和 W 的重量,照上法多次來試驗,知道合力 W 和分力 P, Q 的位置和大小,恰和槓桿定律相符 (第 112 圖), 即:



第 112 圖

$$AO \times P = BO \times Q,$$

而 $W = P + Q,$

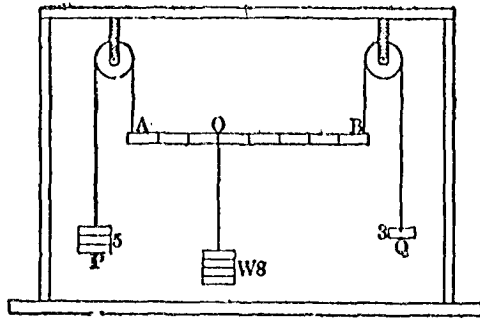
實驗四三 取上劃度木棒,於 O 點以綫繞過定滑車上,如第 113 圖,若於離 O 點三寸的 A 點,掛以五兩重錘,他端 B 點,掛以

三兩重錘,則 O 點上非掛以八兩重錘不可,如是變更 O 點的位置和 P, Q 二重量,照法多次實驗,也得

知合力分力
的大小位置，
恰也和槓桿
公式相符
(第 114 圖)，
即： $AO \times P$

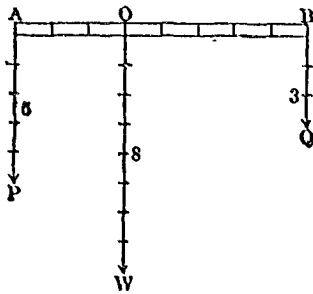
$$= BO \times Q,$$

$$\text{而 } W = P + Q.$$



第 113 圖

由上述實驗的結果，我們知道合力 Resultant of forces，
和分力 Component of a force，對於物體上的關係，原是



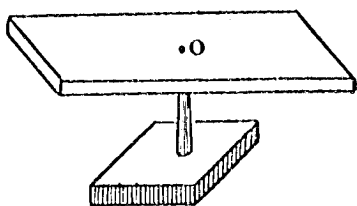
第 114 圖

相同的，即均各按槓桿定律，
而定其位置和大小呢。如上
述第 113 圖，第 114 圖，均以
直綫表示力的大小，箭頭方
向表示力的方向，箭尾附着
點，表示力作用的處所，物理
學上叫做着力點。所以力的

大小，力的方向和着力點，物理學上叫做力的三要素。
以上所述的 W, P, Q 等力，牠的方向相同，綫形平行，故
叫做平行力 Parallel forces，對於平行力的合力或分

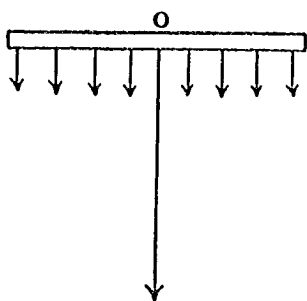
力,均可用槓桿關係式來
考求牠。

28. 物體各部上作用的
重力都是平行的 試
取錫製的正長方形一條,



第 115 圖

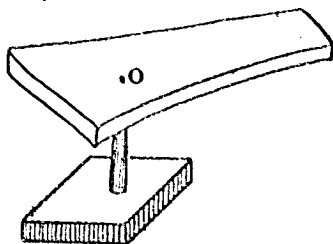
如第 115 圖,使立於直立的尖釘上,我們如細心移動
錫條,必能令錫條於一 O 點,得水平靜止於尖釘上,這



第 116 圖

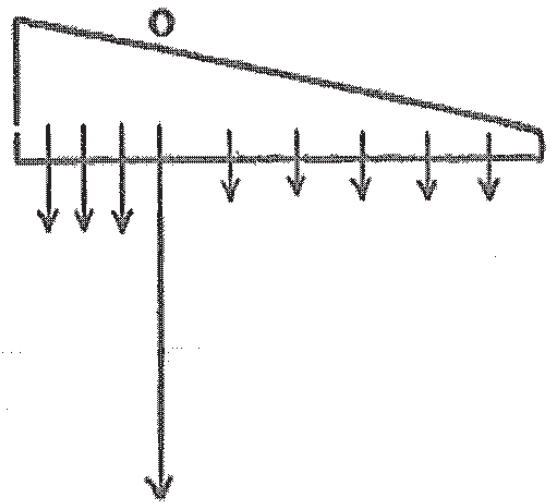
O 點必恰居錫條的中央,如
第 116 圖,可以說明這理由:
因為錫條是正長方形,故各
部質量的分配甚均勻,所以
各部重力的分配也很均勻,
重力都是平行的 (何以見
得?), 所以合力的着力點,

必居中央,又如將錫條打成不規則的形狀,如第 117
圖,再細心安置於尖釘上,
使取水平的位置,也能求
得合力的着力點 O,不過
這時 O 點不居於中心,偏
向質量多的一端了,如第



第 117 圖

118 圖,即解釋這偏轉的理由,你們也可以按槓桿的情形,求出這着力點。物理學上,稱這合力的着力點 O 爲重心 Center of gravity。無論甚麼物體,都有一個重心,我們祇要托住重心,別的部分,就



第 118 圖



第 119 圖

好像沒有重量似的。街坊上的小販,往往頭頂滿盤貨物,高聲闊步,沿門求買,如第 119 圖,也是懂得『制住重心』的緣故。

物體重心越在低處,越覺平穩,越在高處,越易翻倒。桌椅器皿,多是如此。

實驗四四 試取木製圓錐體一個,

將錐底放置木板上,如第 120 圖 A,即

使用力推牠,也不易翻倒。這時重心 O

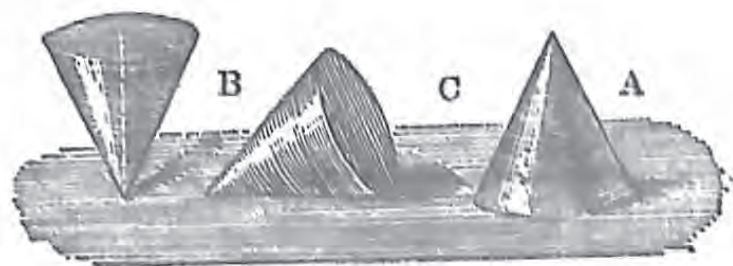
在最低部分,且位置又在底部以內,故甚安穩。若把

錐體反轉,將錐

尖立於板上,如

同圖 B,這時最

爲危險,因爲重

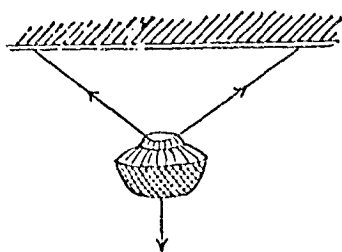


第 120 圖

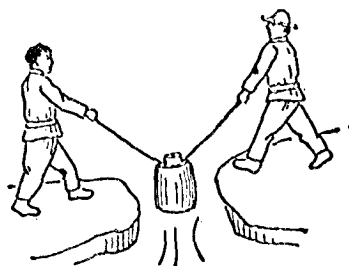
心既高，而底部又祇有一點，又如將錐體臥倒，如同圓 O ，這時重心雖低，而底部卻祇有一線，若用手推錐體，錐體得在板上旋轉不已。

上述實驗雖甚簡單，但是很可以表明物體的穩度 Stability。球類的活動，鐵餅的笨拙，不倒翁的安定，和做變戲法者鼻子上倒立的種種器具，也不外屬於上述實驗中三情形了。

27. 不平行力的合成和分解 不平行力的合成和分解，也是常見的事實，不過我們平時沒有留心觀察就是了，如家中把菜籃掛在繩上，像第 121 圖的情形，



第 121 圖



第 122 圖

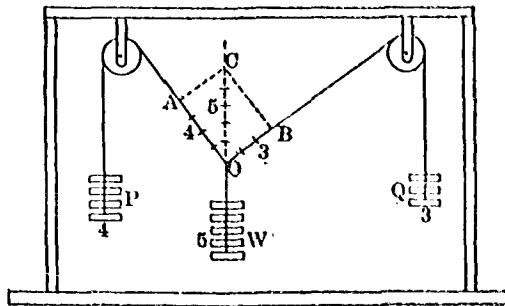
形，豈不是合力和分力的關係嗎？又如兩農人在河邊用木桶將河水撥到田裏，像第 122 圖的情形，豈不又是合力和分力的關係嗎？ W, P, Q 三種力，彼此是互相牽制，對於 O 點，好像是沒有力作用似的，如第 121

圖的掛菜籃於繩上，O 點恆取一定位置而靜止，凡一點上既有數力作用，而結果卻不向任何方向而運動，這種情形，在物理學上，叫做力的平衡 Equilibrium of forces.

上圖中 W, P, Q 三力成立平衡時，內中任何一力，均可視為餘二力的合力，然而合力和分力間，究有甚麼關係呢？按甚麼法則可以推求牠呢？欲解這問，請做下述實驗：

實驗四五 取線三條，於 O 點結成一起，一條懸空，掛重錘 W，兩條各繞過定滑車，分掛重錘 P, Q，如第 123 圖所示。若加減 W, P, Q, 三重量，令三力於 O 點成立平衡，如 W 為五兩重，P 為四兩重，Q 為三兩重；這三力並可以三條線來代表牠，O 為公共着力點，線的方向，

即可以表示力的方向，線的長短也自然可以表示力的大小了。試於線後放

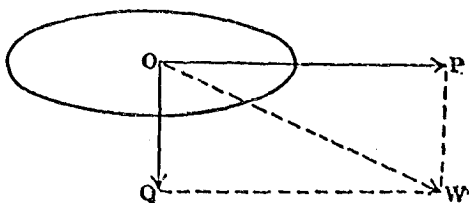


第 123 圖

圖畫紙一幅，用鉛筆將線形描在紙上，由 O 點起，沿 O P 方向截四寸長的 O A，即以表示 P 力的大小，再沿 O Q 方向，截取三寸長的 O B，即表示 Q 力的大小，將 O A，O B 補成一平行四邊形，如 O A C B，這四邊形的對角線 O C，恰在 O W 線的延長線上，牠的長度，也恰等於五寸，正與 W 力的大小相合，如是變化 W, P, Q 三重量，隨意來試驗，結果 W 力，均與 P, Q 二力所成平行四邊形的對角線，長度相等，方向相反。

上述實驗的結論，物理學上叫做力的平行四邊形定律 Law of parallelogram of force. 根據這定律，可以把作用於一物體上的二力合成一力，牠的大小和方向，也得確定，例如東

海上有一商輪，輪上發動機以 O P 方向和大小力前進，同時海風以

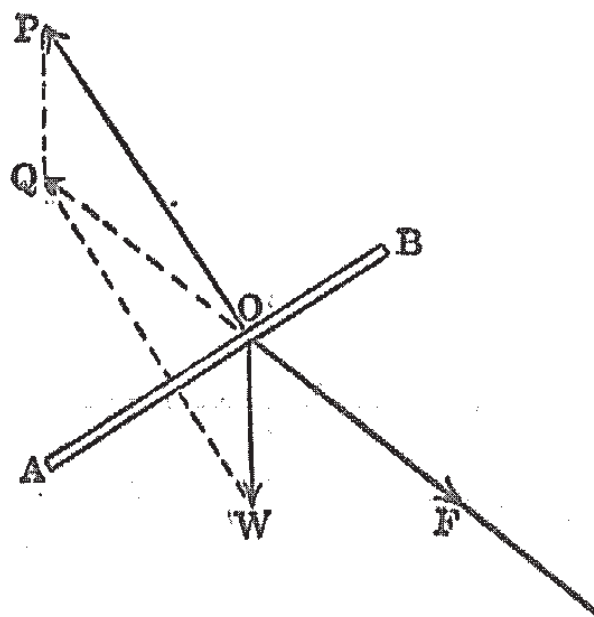


第 124 圖

O Q 方向和大小力橫吹，照平行四邊形定律，這商輪即取 O W 方向，以 O W 速力斜駛，如第 124 圖。

29. 用平行四邊形定律可以解釋紙鸞飛機上昇

的原因 每年三四月的時候,小孩子們多好放紙鳶。紙鳶是比空氣重些,何以能乘風飛到空際呢? 這個原由,粗看似很希奇,細想也很平常的。如第 125 圖,假定以 $A B$ 代紙鳶,當時



第 125 圖

風推紙鳶的壓力為 $O P$,紙鳶本身的重力為 $O W$, O 點上受 $O P$ 力的作用,應向 $O P$ 方向飛去,但同時有 $O W$ 力拉使下墮,結果紙鳶即循 $O P Q W$ 平行四邊形對角線 $O Q$ 的方向斜向上升。這時若兒童將線拉住(如 $O F$ 力),紙鳶遂得停留空際。

飛機航空的原理,和紙鳶相似,不過飛機上裝有螺旋推進器,以汽油內燃機發動,使生成極大的前進速

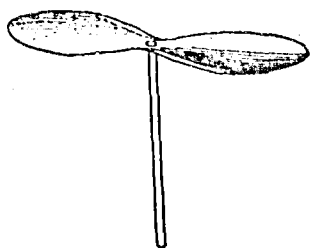


第 126 圖

度,就因為前進的速度很大,所以空氣抵抗機翼的壓力(就是風力)也很大,結果能勝過機重,使機身上騰,飛機為現代交通的利器,我們願意仔細來研究牠。

請看第 126 圖,係一種雙翼飛機,機身和各部的構造,姑且不去問牠,現在只要論牠的螺旋推進器和兩翼的功用。

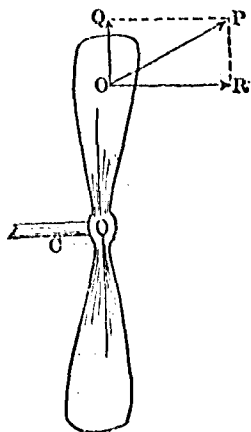
(一) 螺旋推進器為飛機主要的動力,牠的構



第 127 圖

形,和玩具中的竹蜻蜓(第 127 圖),或電扇的翼板相似,竹蜻蜓旋轉後,可以飛向空際,電扇轉動後,可以生成巨風,推進器也是如此。器的葉面,常作傾斜

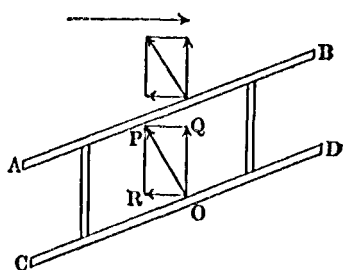
形,如第 128 圖,當葉面轉動時,遂生抵抗空氣的 P 力,好像螺旋釘進入木頭內的情形,這 P 力可分解為 Q , R 二分力, R 分力與 C 軸平行,即機身前進的主動力, Q 分力與 C 軸垂直,於



第 128 圖

飛機無益;但可使牠減小到極低度,令 P 分力增加到極高度,飛機就前進甚速了。

(二) 機翼的功用,就完全和紙鳶相同了。



第 120 圖

如第 120 圖, A B, C D 爲兩翼,當機身前進時,空氣對翼面,即生強大的抵抗力,以 O P 的大小和方向來表明牠,此力依平行四邊形定律,可分解爲 Q, R 二分力, R 爲水平分力,有礙於機身的進行,能減少飛機前進的速度, Q 爲垂直分力,恰好反抗飛機的重量,倘 Q 力大於飛機的重量,機身遂得上騰。

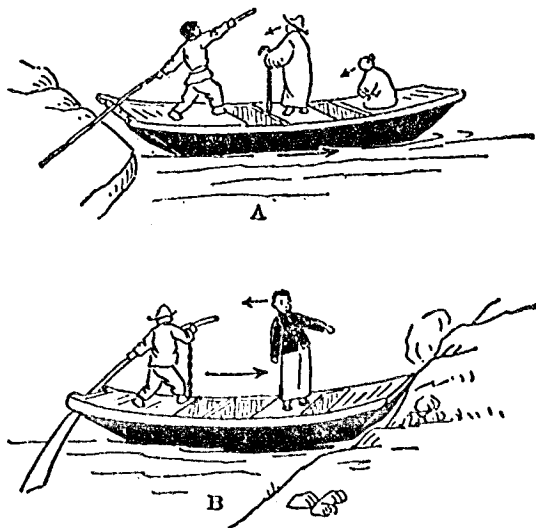
統上二項所述,可知飛機上昇,由於翼面空氣抵抗力的分力,這空氣抵抗力,由於螺旋推進器旋轉而發生的,所以飛行的速度越大,飛機越能高昇;速度減少,飛機亦下降,若停止前進,飛機因無空氣的抵抗,亦遂落下,因此飛機祇能於疾駛時在空際盤旋,不能像飛艇氣球等得靜止於天空中。

中華民國二十年九月十八日,日本帝國主義的軍閥,自瀋陽發難,專用飛機帶重磅炸彈,攻擊我城市,炸

毀我客車，終至佔領我東三省。二十一年一月二十八日，敵人復侵擾上海，派遣飛機，擾亂我京滬滬杭各都市，並炸擊我軍陣地，我國軍沈着應戰，敵人落膽，但終以空軍無可抵抗，戰事竟至擴大。回想我繁華的上海市，工廠住宅半為瓦礫，老幼人民，血肉橫飛，此皆敵機慘無人道行為表現的結果！

29. 在舟車上所感覺到的情形 我們當乘坐小舟的時候，總覺得小舟猛然離岸，乘客上身必向前俯，如第 130 圖的 A，又小舟猛然靠岸，乘客上身必向後仰，如同圖的

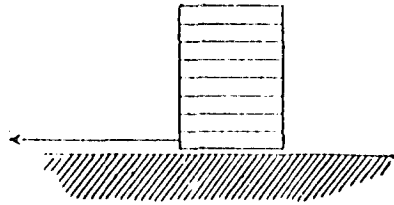
B，火車電車也有相似的情形，如司機人將車猛然開動，乘客常向後倒；猛然停止，乘客必向前傾，這等現象，多是我們日常所經



第 130 圖.

驗的,就是在課堂內,也可設法來實驗的:

實驗四六 取方木板八九塊,放置桌面上,疊成整齊的立



第 131 圖

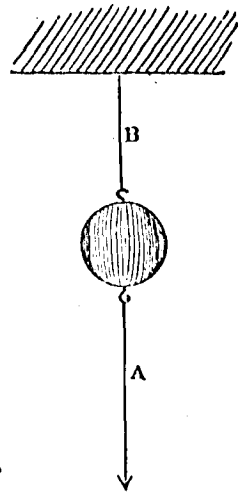
方塊,最下的木板上以線連結,如第 131 圖所示,若將線猛然的向前拉動,即見木板順次的向後斜去;最上層的斜度最大,如拉得甚快,則上層木板可以



第 132 圖

順次傾倒,又如將線慢慢的拉動,令全體木板同時前進,再猛然停住,即見木板順次的向前斜去,最上層的斜度最大,如全體木板,運動甚快,再猛然停住,則上層木板可以順次向前傾倒。

實驗四七 取重錘 W,以細線連結錘上,若慢慢的將線引上,錘可懸空,如第 132 圖,倘若快快的將線拉起,線即為錘拉斷。

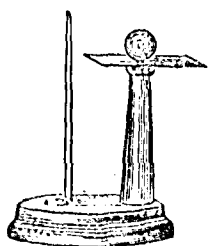


第 133 圖

實驗四八 取金屬球一個,結

以 A B 兩細線，令 B 線掛於架上，如第 133 圖所示，若慢慢的將 A 線拉下，當可使 B 線拉斷，若猛然將 A 線拉下，祇能拉斷 A 線，球仍懸於 B 線上。

實驗四九 於圓木盤上立一圓柱，和一銅片，如第 134 圖所示，若於圓柱上，放一張硬紙片，紙片上



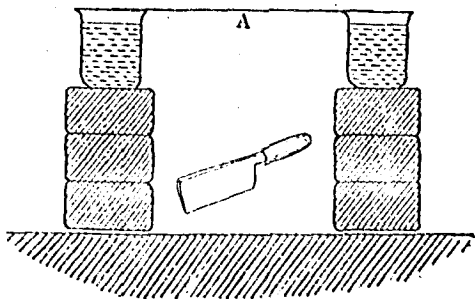
第 134 圖

放置一小鉛球，如將銅片急速彈動，令紙片飛去，即見鉛球仍留於圓柱上，若慢慢的將銅片彈動，當見紙片和鉛球，一起顛落。

實驗五〇 取玻璃杯兩個，各滿盛水，分置於桌面兩處的高木塊

上，取細木條或竹片長約五尺，架兩端於玻璃杯唇上，如第 135 圖所示，試用廚刀用勁急向 A 處截去，即

見木條一刀兩段，玻璃杯中的水面仍毫未動搖，若慢慢的以手壓下木條，玻璃杯各向內傾斜，甚至將水翻出，變



第 135 圖

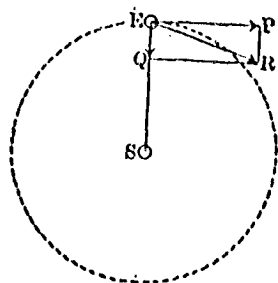
戲法中也有與此相同的做品，初觀似甚驚奇。

實驗五一 試取象牙球或小皮球一個，在草地上，泥地上，磚地上，地板上，洋灰地上，分別試驗，當知表面越平滑的，球體滾出的距離越長，且成一直線，表面不平的地方，每使球體改變方向，不能循直線前進。

由上述各種實驗上看來，可以曉得物體原來靜止的，就有保持靜止的趨向，原來運動的，就有繼續運動的性能。如車初開時，我們身體原來是靜止的，那車要開始運動了，身體還是要保持靜止，所以下身雖然隨車而進，上身卻祇是個不動，因此我們就要向後仰了。當車駛動的時候，我們的身體也隨着牠運動，可是車要停止了，我們的身體卻仍繼續運動，所以下身雖然隨車停止，上身卻祇管前進，因此我們就要向前俯。別的實驗也可以同理來說明牠。又如球在地面上滾動，倘地面越平，球滾得越起勁，而且成一直線滾去；倘若不遇阻力，牠決不變方向的；倘若地面是絕對的平滑，一點摩擦力也沒有，那球簡直可以繼續的滾下去了。總而言之，物體有保持牠固有狀態的特性，牛頓叫牠做慣性 Inertia。牛頓把上述的情形，總括的以下結論：

『物體不受外力作用時，靜止的常靜止，運動的常運動，並且常在一直線上作相等速度的運動呢。』這結論，物理學上稱爲慣性定律 Law of inertia，又稱爲牛頓的運動第一律 Newton's first law of motion.

30. 用力作用於物體上的情形 牛頓運動第一律的後半節，可稱爲理想中的定律，因爲世界上和宇宙內從未有發現：『運動的物體常在一直線上成等速運動的』這是甚麼緣故呢？實在是因爲有外力作用的緣故，宇宙間存有萬有引力，所以天體運行也



第 136 圖

就不能成爲直線了，如第 136 圖，S 爲太陽，太陽對地球的引力爲 Q，E 爲地球，地球前進的力爲 P，地球因同時受有 P，Q 二力的作用，就循着 R 合力的方向而運動了，結果因爲 P，Q 二力互相平衡，使地球對於太陽

不即不離，遂成爲圓運動了。

如欲阻止物體的運動，非加以相當的力量不可，這力量和物體的質量並運動速度均有關係，例如子彈質量雖小，但因速度甚大，所以非有大力，不足以阻牠

的運動，火車行動雖甚緩，但因質量甚大，亦須有大力方足以阻止車行，物理學上稱運動物體的質量乘速度爲運動量 Momentum，即：

運動量 = 質量 × 速度。

如用手擲石，若石重一公斤 (1000 gm)，擲出的速度，每秒二公尺 (200 cm)，石的運動量爲 $1000 \times 200 = 200000$ ，今子彈僅重20公分 (gm)，射出速度，每秒卻有二百公尺 (20000 cm)，所以子彈的運動量爲 $20 \times 20000 = 400000$ ，因此擲巨石可以傷人，射槍彈可以喪命呢！運動量，在物理學上常採用 C.G.S. 制，牠的大小即爲力的大小，因爲力的單位即等於運動量的單位，物理學上說：「一公分 (gm) 物質受力作用，每秒鐘能生一公分 (cm) 運動速度的，就定爲力的單位，或稱爲達因 Dyno. 如上述：

石頭的運動量 = $1000\text{gm} \times 200\text{cm}$
= 200000 達因的力，

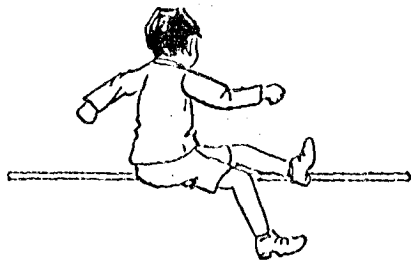
子彈的運動量 = $20\text{gm} \times 20000\text{cm}$
= 400000 達因的力，

力 (單位達因) = 質量 gm × 速度 cm (每秒的)。

由上所說，若採取 C.G.S. 制，力即等於運動量，運動

量即可以代表力了，但力係抽象名詞，我人實無從摸捉牠的真相，獨有作用於物體上時，使物體的運動量生變化，那就成爲具體的事實，而我們也就得由質量（多少公分 gm）和速度（每秒多少公分 cm）來計算牠了。靜止的物體若受力的作用，即順着力的方向，生成運動量，運動的物體也視力作用的方向，或增加運動量，或減少運動量，所以牛頓即根據這事實，下一結論：『物體運動量的變化程度，即等於作用的力；這變化即起力作用的方向』。這結論在物理學上，叫做牛頓運動第二律 Newton's second law of motion.

31. 跳高跳遠時所感覺到的情形 我們運動時，往往有這種感覺：欲跳高必先蹲下；蹲下的力越大，跳得越高（第 137 圖），欲跳遠，必先令足尖向後抵地，抵地越有勁，前跳越遠（第 138 圖），跑步也是如此，我們欲將身體前跑，必先令足尖向後抵地，這是甚麼緣故呢？我們若仔細推想，跳高跳遠跑步時，統有兩種方向不同而大小相等的力



第 137 圖

存在,例如跳高,原欲身體上昇,但必先蹲下身體,用力將足尖向下抵地,地上受了足尖的抵抗力,同時發生一



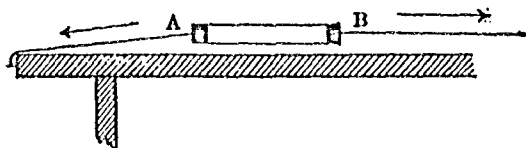
第 138 圖

種上推的抵抗力;這抵抗力,纔把我們的身體向空上舉,跳遠跑步也是利用抵抗力,令身體前進,並不是直接利用本身的氣力,不過這抵抗力和我們本身的氣力大有關係,就是本身氣力越大,越能得到大抵抗力,越能跳得高跳得遠了,我們所用的氣力,物理學上叫做主動力 Action, 所生的抵抗力叫做反動力 Reaction, 有主動力同時必發生反動力,方向相反,大小相等的,這種事實,我們除了經驗不算外,還可以用實驗證明的:

實驗五二 試以手掌拍桌面,同時也覺得桌面拍手掌,我們把桌面拍得越重了,手掌也感覺得越痛呢.

實驗五三 試取銅管或鐵管一段,將管的一端,

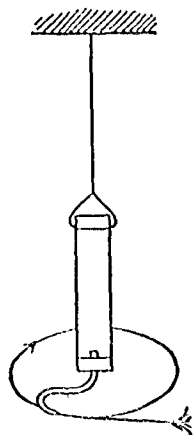
以 A 線連
於桌邊,他
端塞以木
塞,塞上連



第 139 圖

有 B 線,如第 139 圖,試用力由 B 線拉出木塞,同時銅管必沿着 A 線而後退,拉力越大,後退越多,這樣實驗恰和放礮打槍時的情形相同,子彈前射,礮身槍身同時後退。

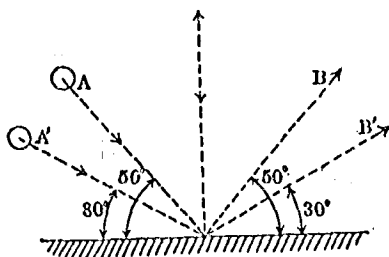
實驗五四 取玻筒一個,下端插一木塞,塞上配有尖口彎曲的細玻璃管,令筒內盛水,以線懸於架上,如第 140 圖所示,這時水由尖口前噴,筒即取反對方向後退,結果玻筒即循噴水的反對方向而旋轉,水壓越高,旋轉速度越大。



第 140 圖

實驗五五 取小皮球一個,若依垂直方向,向地上拍下,皮球必循垂直方向,向上跳起,皮球拍下越重,跳起越高,若依與平地成五十度角,向地面拍去,皮球也向反對方向與平地成五十度角跳起,如第 141 圖的

A B 所示，又若依三十度角向地面拍去，皮球必向對方與平地成三十度角跳起，如同圖的 A' B' 所示。在做這實驗前，先把



第 141 圖

牆壁上，畫成如第 141 圖的情形，然後取皮球，按畫線投射，實驗牠的結果。

由上述各實驗，我們可以得一結論：『有主動力必生反動力，大小相等，方向相反』。這結論，物理學上稱為反動力定律 Law of Reaction，也叫牠牛頓運動第三律 Newton's third law of motion。

以上三條定律，在物理學上很佔重要的位置，大家總稱為牛頓運動三定律 Newton's laws of motion。原理雖然巧妙，事實卻不離日常經驗。科學原來就以日常經驗為基礎的。科學中的原則定律等，也並不是神祕的東西，無非就日常經驗，加以細心的考察，嚴密的整理，得到一種結論就是了。所以科學家在科學上的功績，並不專在於給我們以現成的結論，使我們應用上很覺方便，牠們的最大功績，實在是以堅決不拔的精

神，細密周詳的心思，研究現象的規則，組織資料的方法，昭示給我們了自然現象界的奇妙，真不可以筆述，牛頓和別的科學家所發見的，也不過滄海的一粟，自然界的寶藏，都要留給我們去開發呢！

82. 簡單器械對於工作上的利益到底怎樣 用力以移動物體時，物理學上都說是成工作 Work。用手舉石，是手對於石成工作，用足踢球，是足對於球成工作，牛耕地，馬載重，槓桿，滑車，輪軸，斜面，螺旋等應用於實際，也都成就相當的工作。工作的大小可以物體所受的力，和由這力所移動的距離的乘積來計算。假如有車一輛，運載重量 500 斤，經過距離 300 里，這車所成的工作，即為：

$$\begin{aligned} \text{工作量} &= 500 \text{ 斤 (力)} \times 300 \text{ 里 (距離)} \\ &= 150000 \text{ 里斤。} \end{aligned}$$

所以工作單位，即由重量長度兩種單位結合而成。如德奧工業上，多以公尺 Meter，公斤 Kilogram 為工作的基本單位，故工作量常以公尺斤 Meter kilogram 為單位。例如汽車載重 500 公斤，經過 300 公尺的距離，工作量即為：

$$\text{工作量} = 500 \text{ 公斤 (力)} \times 300 \text{ 公尺 (距離)}$$

$= 150000$ 公尺斤。

又英美工業界的工作量，則以呎磅 Foot pound 爲單位，例如汽車載重 500 磅，經過 300 呎的路程，工作量即爲：

$$\begin{aligned} \text{工作量} &= 500 \text{ 磅 (力)} \times 300 \text{ 呎 (距離)} \\ &= 150000 \text{ 呎磅。} \end{aligned}$$

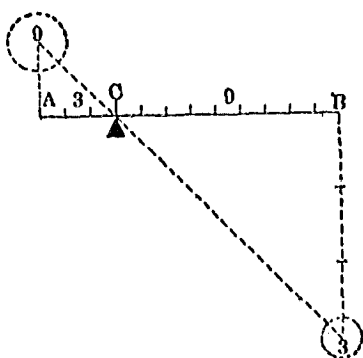
以上所述的工作量，並未限定時間，如說工作量爲 150000 呎磅，究竟多少時間內，可以完成這工作量呢？在工業上面這是頂重要的問題，假使一點鐘內能成 150000 呎磅的工作，那工作就很有價值的，倘若一年或一月以內，纔能完成這工作，那末這工作簡直是毫無價值了，所以就工業上實用看去，說工作總要指明時間的。

單位時間（即一秒）內所成的工作量，叫做工率 Power。工率的大小，即可分別器械的效能，習慣上定一秒內能成 550 呎磅的工作量爲工率的單位，稱爲馬力 Horse power。一匹馬的力量差不多和這數相等，即一匹馬能負 550 磅的重量，每秒鐘平均能走一英尺的距離，瓦特 Watt 在蒸汽機未發明以前（即西曆 1800 年以前），英國工業界多用馬爲動力，後來雖改

用蒸汽,也仍沿用舊制,以馬力來計算,如飛機的發動機有三百馬力,輪船蒸氣機有五千馬力等,都是指明這機器一秒內所成的工作,等於 550 呎磅的三百倍或五千倍啦。

無論甚麼器械,決不能自得工作量的,器械無非是一種交換工作量的媒介,加入的和發出的,彼此相等,例如第 142 圖,有槓桿

一條,力支距 B C 爲 9 寸,重支距 A C 爲 3 寸,若於 B 點上加以 3 斤重的力,即可以制住 A 點上 9 斤的重,是用力三斤,可以起



第 142 圖

重九斤,但實際上兩方的工作量卻正相等,即 B 點降低九寸, A 點僅升高三寸。

$$B \text{ 點的工作量} = 3 \text{ 斤 (力)} \times 9 \text{ 寸 (距離)}$$

$$= 27 \text{ 寸斤;}$$

$$A \text{ 點的工作量} = 9 \text{ 斤 (力)} \times 3 \text{ 寸 (距離)}$$

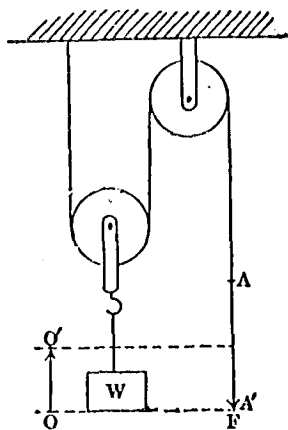
$$= 27 \text{ 寸斤.}$$

又如第 143 圖,用一個動滑車,一個定滑車起重時,

可以省力一半,若W重 100 斤,即可以五十斤的力制住牠,但就工作量論,雙方仍是相等,如W重物由O昇至O'時,F線應自A拉到A',AA'為四寸,O O'恰為二寸,所以:

$$\begin{aligned} \text{力的工作量} &= 50 \text{ 斤 (力)} \\ &\times 4 \text{ 寸 (距離 AA')} \\ &= 200 \text{ 寸斤;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{重的工作量} &= 100 \text{ 斤 (重)} \times 2 \text{ 寸 (距離 OO')} \\ &= 200 \text{ 寸斤.} \end{aligned}$$



第 143 圖

依同理,無論那種簡單器械,都是合於這原則的:
『器械上加入的工作量,必等於發出的工作量』,這原則在 1687 年,牛頓也曾發現過的,大家叫牠工作原則 The principle of work.

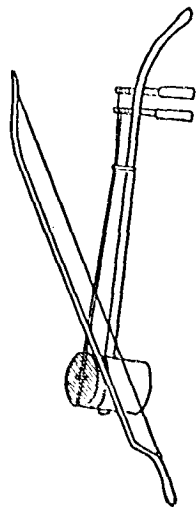
照工作原則看來,無論用甚麼器械,若要自得工作,或以少工作換大工作,都是不可能的,況且器械上還有許多阻礙的地方,往往無形中消費了加入的工作量,所以由器械發出的工作量,在理論上可以和加入的工作量相等,但實際上總是減少些。

習 題

1. 宇宙間既有萬有引力，何以地球不為太陽引去，月亮不為地球引去呢？
2. 重心和重力有甚麼關係？
3. 重質和質量有甚麼分別？
4. 有輕重二銅球，同自五十尺高處落下，問誰先到地？
5. 將 100 斤的力，分為互成直角的二分力，若一分力為 60 斤，問別一分力有多少斤？
6. 試用合力的理論，繪圖說明鳥翼和風力的關係。
7. 電車火車行動時，乘客跳上或跳下，均極危險，是甚麼緣故？
8. 甲球重 20 公斤，每秒轉 3 公尺；乙球重 3 公斤，每秒轉 25 公尺，問二球的運動量誰大？
9. 試各舉日常經驗的例子，證明『慣性定律』和『反動力定律』。
10. 試將馬力改算中國斤尺單位制。
11. 我們自己本身有多少馬力？試設法計算。
12. 試以工作原則解釋斜面省力的情形。

第四章 胡琴

38. 考察胡琴發音時絃線上的情形 胡琴爲我國間最通行的樂器，戲園茶館家庭娛樂和做紅白喜事的人家，處處都可以看得到的，聽得到的，牠的構造並不很複雜，平常即用竹筒一段，一口緊張以蛇皮，使成爲鼓筒形，筒上立有帶二橫軸的木條，由鼓筒下邊

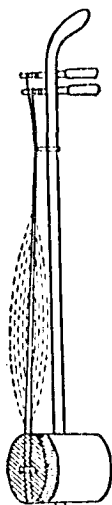


第 144 圖

經過鼓面中心的絃碼上，引粗細二絃線，聯於二橫軸上。把橫軸卷動，可以使絃線或鬆或緊，於二絃近軸處，再扣以線索，即成爲胡琴，如第 144 圖所示。試以胡弓拉絃，並以指按着絃的上端，不絕移動變化，絃線上即發出種種聲音。琴上雖祇有二絃，但巧於拉琴者，便能奏出千萬種聲調。這中奇妙的變化，雖善於音樂者，也未易說明牠的所以然。因爲平常我

們對於樂器都沒有下過分解剖析的工夫，所以祇有經驗，沒有學理。現在我們就用胡琴做爲研究音學 Sound 的題目，一步一步的分析研究牠，別的情形以後再分段討論，現在先來考察『胡琴發音時，絃線上的情形，是怎樣？』

以胡弓拉絃，絃即發音，絃上成音，絃必上下跳動，試將胡琴放平，不論彈動琴上那一條絃，即見這絃上下跳動，如第 145 圖的情形。若照下述實驗的方法，這絃跳動的情形，當更顯明：



第 145 圖



第 146 圖

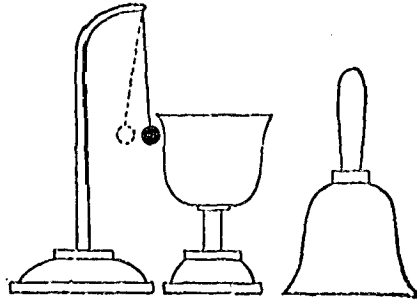
實驗五六 用紙片剪成人字形跨碼兩三個，使跨於琴的一絃線上，如第 146 圖所示，再試以指彈絃成音，即見小紙片上下跳躍不已。若重彈絃線，即見紙片高跳飛動。

因此，我們知道胡琴發音時，琴絃必是不絕跳動的，物理學上就叫牠是振動 Vibration。

振動是音的本源嗎？凡音必由於振動而起嗎？靜止的就不會成音嗎？這些疑

間，統是音學上很根本的很重要的問題，我們頂好也用實驗來解決牠。

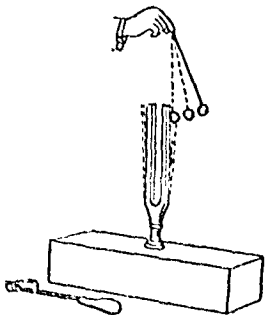
實驗五七 取鐘或鈴（無鐘或鈴時，以碗代用亦



第 147 圖

可）一個，擊使成聲，再令與小通草球相接觸，即見通草球跳躍不已，如第 147 圖，又鐘鈴響時，試用指尖輕輕按牠，則指尖也感受微微的振動，若試以嘴唇輕觸鐘鈴緣邊，即覺唇上起有麻癢的情形。

實驗五八 試取小銅鼓（或中國式的半皮鼓亦可）一個，用錘擊使成聲，試以指尖觸着鼓面，即



第 148 圖

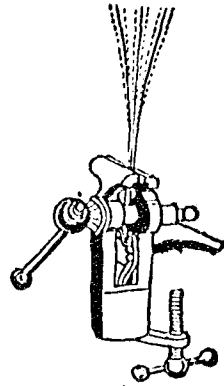
感受鼓膜振動的情形，又試以通草球放置鼓面上，即見通草球跳躍不已。

實驗五九 試取音叉一個，擊使成音，以指尖或嘴唇接觸叉臂，即感受甚強的麻癢，再試以小通草球接觸叉臂，小球即

飛躍不止,如第 148 圖所示。

實驗六〇 試取銅條或鐵條一根,將軸的下端固定於螺旋簧上,如以棒擊使成聲,即見銅條向左右振動,如第 149 圖所示。

由上述各實驗的結果,可知振動是發音的源本,物體無振動時決不能發音的,即就樂器而論吧,不拘琴



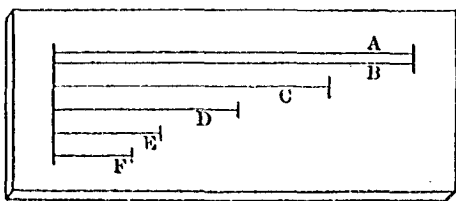
第 149 圖

鼓鐘聲,當發音時,該發音體即不絕的振動,人的聲帶是自然的一種發音器,如吾人常說話或唱歌的時候,試以指尖輕按喉部,也覺得牠振動不已,所以我們可以毅然下一斷語:音由於物體振動而起的。

34. 琴音怎樣有高低強弱的區別呢 試彈胡琴上的細絃,就發出一種尖細的音調,再彈粗絃,即發出一種洪大的音調,胡琴上所以有粗細二種絃線,也無非使奏樂者,令音調有高低強弱的變化,再單就一條絃而論,不問粗細,祇要拉琴者把指按着低處(令絃縮短),則絃音即成尖細,指尖按着高處(令絃伸長),則絃音即覺洪大,所以拉琴者,總是用右手拉着胡弓,用左手按着絃線,不絕的上下移動,也無非使音調起

高低強弱的變化，再把橫軸卷緊，令絃線緊張，那絃上所發的音調，必較弛緩時為洪大，又以指尖按着絃上的某一處，重按比輕按時發音較為洪大，又胡弓拉絃，也能使音調有強弱的變化，即輕拉則發弱音，重拉則發強音，拉琴者能熟悉這些情形，所以能在二根絃線上，奏出千萬種高低強弱的樂音了，由上段所述，音既由於物體的振動而起，那末音的高低強弱，和振動有甚麼關係呢？胡琴上能奏出高低強弱的音調，和絃的振動有甚麼關係呢？這個重要問題，我們可用實驗法分別討論如下：

實驗六一 取胡琴上用的粗細兩種絃線，各長二尺，以同樣的鬆緊，張於木板上，如第 150 圖的 A, B, 試用指分彈 A, B 二絃，即聽得粗絃的音低而洪，細絃的音較為高而細，又取細絃一尺五寸，一尺，五寸和三寸長的各一條，緊張於木板上，如同圖的 C, D, E, F, 試分別用指彈 B, C, D, E, F 各絃，當聽得弦音由低洪而漸變為高細。



第 150 圖

實驗六二 (A) 試取大小銅鼓二面,用椎敲鼓,當知大鼓的聲音洪大,小鼓的聲音尖細。(B) 取大小二鈴(或碗),用指彈鈴發音,當知大鈴音洪大,小鈴聲尖細。(C) 取厚薄橡皮膜(或紙片)各二張,放在唇上吹使成聲,當知膜薄的音高而細,膜厚的音低而粗。(D) 又取大小玻璃管二枚,放在唇下,用力吹使發音,當聽得管小的音高而細,管大的音低而粗。

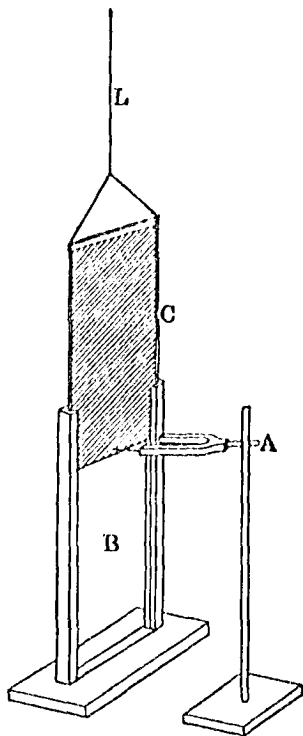
實驗六三 取大小二音叉,使擊動成音,當聽得小音叉的聲高而細,大音叉的聲低而粗。

實驗六四 如上實驗六一中的各絃線,實驗六二中的大小銅鼓,大小鈴,厚薄橡皮膜,大小玻璃管,和實驗六三中的大小音叉,輕輕擊動,則發音均覺弱小,若重重擊動,則發音均覺強烈。

由上述實驗的結果,可知凡發音體細小薄短的,則發音必高而弱,粗大厚長的,則發音必低而強。又擊動的力量大時,則發音體所發的音,亦必較用力小時為強烈。(又絃膜所發的音,和牠緊張的程度也有關係,如同用一絃膜,張得緊的,則發音高而細,張得鬆的,則發音低而粗,)至於高低強弱由甚麼而定呢?更可

以下述實驗來解答：

實驗六五 如第 151 圖的裝置，取 B 木架，用 L 線將 C 玻片掛於架上，玻片的一面預先用煤油煙燻黑，次將音叉固定於 A 木架上，音叉的一臂端，用蠟油黏馬鬚一根，長約一寸半，並將 A 架移近於 B，令馬鬚恰觸於 C 玻片的下邊，當實驗時，可先將 A 移開，擊音叉使發音，立即將 A 移近於 B，令馬鬚恰觸於 C 玻片上，同時用火將 L 線燒斷，令 C 玻片在 B 木架

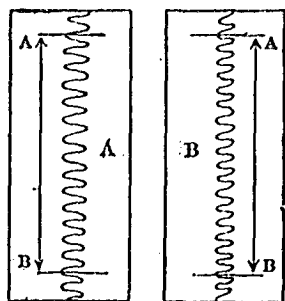


第 151 圖

槽內沿着垂直方向落下，玻片上即由馬鬚的振動，畫出波形的曲線，因為音叉發音時，叉臂不絕的左右振動，一來一往，所以畫成波形。

先用大音叉實驗時，可畫出如第 152 圖的 A 形；於這玻片上劃取 A B 距離，例如長 49 cm，垂直落下，恰

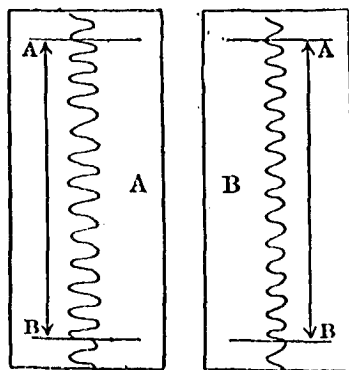
費時 $\frac{1}{10}$ 秒鐘，記出波形凹凸的次數，再用小音叉實驗時，可畫出如第 152 圖的 B 形，也於這玻片上劃取 49 cm. 長的 A B 距離，再記出波形凹凸的次數。由實驗結果，得知大音叉波形大而波數少；就音叉而論，即又



第 152 圖

臂向左右振動的程度大，而振動的回數少，小音叉呢，波形小而波數多；就音叉而論，即又臂向左右振動的程度小，而振動的回數多。

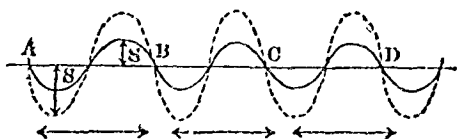
如用一音叉實驗，則重擊後發出強音時，得畫出如第 153 圖的 A，輕擊時所畫出的波形，如同圖的 B；即



第 153 圖

強弱二音，同時間內（也就是 A B 距離內）波數相同，而波形大小不同；即發強音時的波形大，也即又臂向左右振動的程度大；發弱音時的波形小，也即又臂向左右振動的程度小。

物理學上以音叉叉臂向左右一往一復的運動爲一振動，若畫成波



第 154 圖

形，即得一凹一凸，如第 154 圖的 A B, B C 和 C D 等。A B, B C 和 C D 等各波形相鄰兩點間的距離，就叫做波長 Wave length。凹的也稱爲波谷，凸的也叫做波山，波山或波谷的凹凸程度（如 S 垂線）稱爲振幅 Amplitude。

若實驗一音叉時，精密測得 C 玻片垂直落下 A B 距離時間爲 $\frac{1}{10}$ 秒；A B 距離間共有 25 個波長；即合計 50 個波山波谷，那末一秒鐘內，應有 250 個波長了；也就是這音叉每一秒鐘內，振動 250 次，物理學上稱一秒鐘內發音體振動次數爲振動數 Number of vibration，那末這音叉的振動數，就等於 250 了。

由上述實驗和牠推論的結果，我們知道：

（一）音的高低，是由於發音體振動數的多少而定，即高音的振動數多，低音的振動數少（如第 152 圖的 A B 波形）。

（二）音的強弱是由於發音體振幅的大小而

定,即強音的振幅大,弱音的振幅小(如第 153 圖的 A, B 波形)。

據生理學家的計算,女子的聲帶長約 1.2 公分 (cm), 振動數的變化約在 250 至 550 的中間;男子的聲帶長約 1.8 公分 (cm), 振動數的變化,約在 90 至 140 的中間,所以女子的聲音高而細,男子的聲音低而粗。

又中西音樂上所用的音階,各具有下表的振動數:

中 樂

古時音名	徵	羽	變宮	宮	商	角	變徵	半徵
現時音名	合	四	一	上	尺	工	凡	六
振動數	256	288	324	341	384	432	486	512

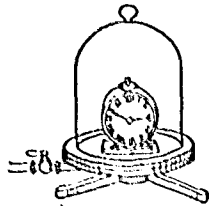
西 樂

音 名	do	re	mi	fa	sol	la	si	do'
符 號	C	D	E	F	G	A	B	C'
振動數	256	288	320	341	384	427	480	512

35. 琴聲怎樣的傳到我們耳鼓裏 人家在那邊拉胡琴,我們在這裏也聽得很清楚,這是甚麼緣故呢? 爲甚麼琴聲可以經過空間而達於我們的耳鼓呢?

牠究竟怎樣的傳出去呢？這也是很重要的問題，也許你們在小學裏已有聽說過了：『空氣是傳音的媒介』，不過要證明空間傳音必由空氣，和空氣怎樣的把音傳出去，非先用實驗，後加說明不可：

實驗六六 如第 155 圖，置鬧鐘於抽氣機上的玻璃鐘內，鬧鐘下墊以橡皮或軟絨布，抽去玻璃鐘內空氣，鐘聲外傳極為微弱，越將空氣抽得淨，越難傳出鐘聲，若再送入空氣於鐘內，鐘聲即又響亮了。



第 155 圖

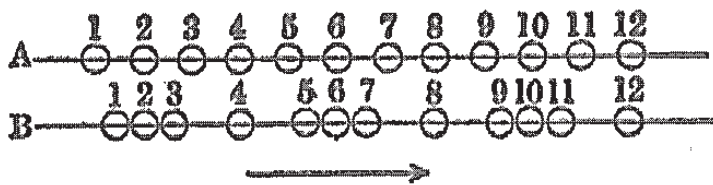
由上實驗，足證空氣為傳音的媒介了，然而空氣怎樣的把音傳達出去呢？我們可以這樣來解釋：假定空氣分子若橡皮球的樣子，很富有彈性的，若受了發音體振動的衝擊，牠開始作向前運動，至碰到鄰近的空氣分子後，又開始向後運動，就是說這分子即以原位置為中心，不絕的向前後運動，如第 156 圖所示，鄰近分子受了這分子的碰擊，也就照樣的以原位置為



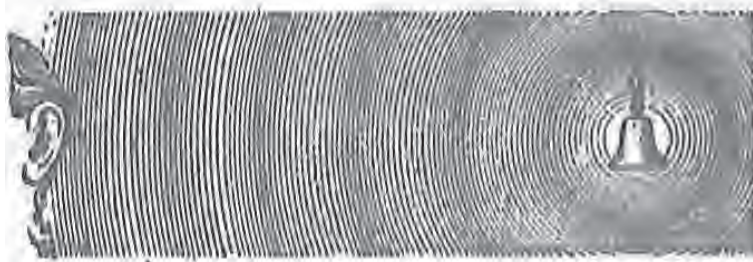
第 156 圖

中心，不絕的向前後運動，如是接三連四的向前傳去，空氣分子就會排成一

疏一密（即一聚一散）的情形，即稱為音波。如第 157 圖 A 為空氣分子原來的狀態，B 為空氣分子受振動後一瞬間的排列情形。如第 158 圖，表示搖鈴時音波

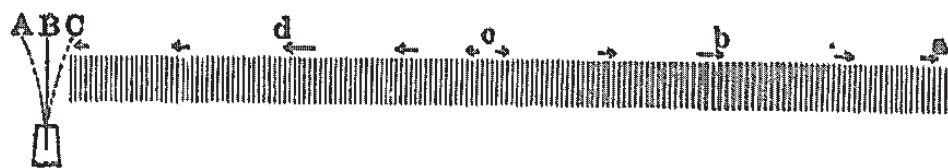


第 157 圖



第 158 圖

傳達的情形。如第 159 圖，表示音叉響時音波傳達的狀態。歸結起來，可以說：當發音體振動時，即將這振動傳於鄰近的空氣分子，順次再傳達於相鄰各個空氣



第 159 圖

分子。這情形好像以

石投水面，

水面即以落石處為中心，順次成圓形的波紋，向四方擴散。不過水波中各水點的運動，是沿着波形進行的垂直方向，故成為高低波，也叫做橫波 Transverse wave。音波呢，牠的空氣分子，是沿着波形進行的同一直線上運動的，故成為疏密波，也叫做縱波 Longitudinal wave。我們的耳鼓，感受縱波的刺戟，所以感覺到音的

存在。

36. 空氣傳音的速度是怎樣 空氣既為傳音的媒介,而且音波為疏密波,發音體每秒鐘內有多少個振動數,空氣中就起了多少個疏密波,這一疏一密的情形,恰好和音叉在黑煙玻片上畫出的高低波相當。密處為波山,疏處為波谷,一疏一密間的距離為波長。倘若我們能測算每秒鐘空氣傳音的速度,也知道發音體每秒鐘內的振動數,那末音波的波長,也就可以知道了。空氣傳音的速度是怎樣測算的呢? 請看下述的實驗:

實驗六七 於野外選定兩高處,相距約中國里二三里,甲處有人擊鑼(或放槍),乙處有人用表記時間。若甲處人擊鑼(或發煙發光),乙處人立時可以看見,因為光線一秒鐘能繞地球七圈半,相隔數里的處所,於光線傳達可說是不費間時的,但乙處聞到甲處的鑼聲(或槍聲),卻要經過好幾秒鐘了,在這實驗時,若先測得甲乙兩處的距離為850公尺(Meter),由見擊鑼(或發煙發光)至聞音的平均時間為2.5秒,這就是甲處音波傳至乙處,要費兩秒半鐘了,那末空氣每秒鐘傳音的速度,就

等於 $850 \div 2.5 = 340$ 公尺了。

照上述實驗方法,變更甲乙兩處的距離,再精細測算音的速度,知道空氣傳音的速度和溫度也有關係的,在 0°C 時每秒鐘 331.3 公尺,在 20°C 時,則為 343.3 公尺,即氣溫每增加 1°C ,音速約增快 60 公分 (cm)。

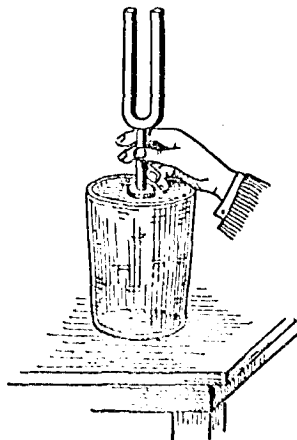
現在胡琴上粗絃的振動數為 150, 細絃的振動數為 250, 當時空氣傳音的速度為 340 公尺,所以

$$\text{粗絃的音波波長} = \frac{340}{150} = 2.26 \text{ 公尺,}$$

$$\text{細絃的音波波長} = \frac{340}{250} = 1.35 \text{ 公尺.}$$

即粗絃的音波長,細絃的音波短;也就是高音的音短,低音的音長,傳音的媒介,就祇有空氣嗎? 當然除空氣外,別的氣體,液體,固體也都可以傳音的,照實驗和經驗上的情形看來,液體固體的傳音,都比空氣快些。

實驗六八 將音叉的下端附以薄木片,用手將叉提在空中,輕擊叉臂,即



第 160 圖

發出甚微弱的聲音，再將音叉的木片，放在玻璃杯中的水面上，如第 160 圖，我們附耳於桌旁聽音，則聞音較在空氣中為清楚。

實驗六九 如第 161 圖，某甲手執時鐘，某乙側耳靜聽，甲乙遠至一定距離時，某乙即不能聽到某



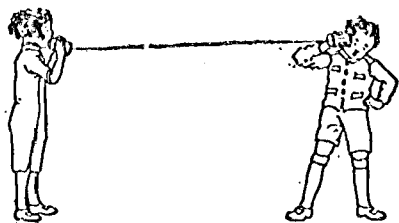
甲的鐘音，這時候若某

第 161 圖

乙將耳貼於牆壁（木板或金屬棒）上，某甲也將鐘附着壁上，則某乙仍得清楚辨識某甲的鐘音。

實驗七〇 將小洋鐵筒兩個，各於筒底鑿一細

孔，用細銅絲或棉線穿入孔中，聯絡二筒，絲線長至五六丈，若甲童向筒口輕輕說話，乙童在他處筒內



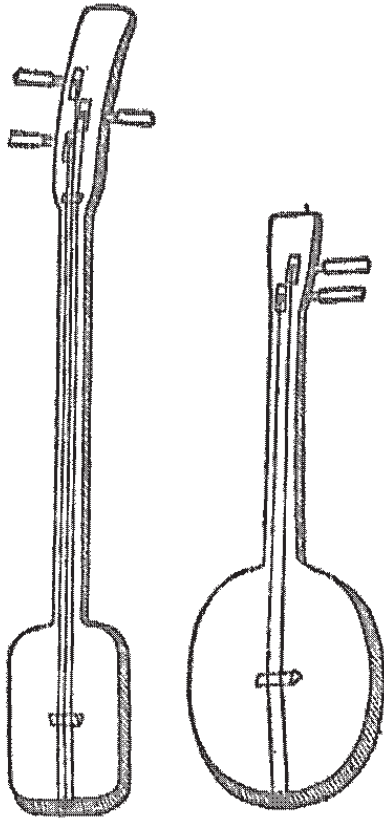
第 162 圖

也可聽得很清楚，這種變戲法，小學生是常玩的，他們叫做聽筒傳音。

總前種種實驗，知道音的傳播，必依賴物質，故氣，液，固體都可為傳音的媒介，惟固體最快，液體在次，氣體

最慢。在平常溫度時(15°C)，鐵條每秒鐘傳音 5100 公尺，水 1400 公尺，空氣就祇有 340 公尺了。

87. 胡琴下端爲甚麼要帶有蛇皮鼓呢
胡琴下端，常帶有用蛇皮封好的鼓筒，在上 33 段中，已詳細論到牠的構造了，現在把



第 164 圖

鼓面中心的絃碼取下去，令絃離開鼓面，如第 163 圖，再試用胡弓來拉琴，琴音必甚低弱。復放好絃碼，再拉胡弓，琴絃即放出洪亮的聲音來了。這是甚麼緣故呢？這個緣故，在樂器上是非常要緊的，不論中西樂器，差不多都帶有和胡琴相似的一種空盒子。若琵琶，三絃等中國樂器（如第 164 圖），

鼓面中心的絃碼取下去，令絃離開鼓面，如第 163 圖，再試用胡弓來拉琴，琴音必甚低弱。復放好絃碼，再拉胡弓，琴絃即放出洪亮的聲音來了。這是甚麼緣故

呢？這個緣故，在樂器上是非



第 163 圖



第 165 圖

提琴,洋琴(如第 165 圖)等西洋樂器,都是顯著的例證。請先做幾個實驗,再說明牠的原由:

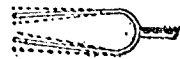
實驗七一 取音叉一個,除去叉下附着的木箱,如第 166 圖,用手執住叉柄,擊動叉臂,即發出很微弱的聲音,如將叉柄觸於黑板,桌面或鼓面上,頗覺叉音洪亮,若將音叉仍立於原有木箱上,聲音尤覺響亮,再試取



第 166 圖

木箱兩個,一比原箱大,一比原箱小,將音叉分別立於兩箱上,均覺叉音不及原箱上的響亮。

實驗七二 取音叉一個,旋去下端附着的木箱,用手執住叉柄,擊使發音,即將這音叉提放於長玻璃筒的筒口,慢慢注水於筒內,等水面高至一定時,音叉上的聲音,忽又增強,若注水過多,音復減弱,這就是說:筒內空間的大小,必到某一定程度時,方好幫助音叉,增大牠的發音能力。



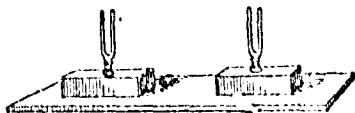
由上述實驗上,可以知道樂器上所以帶有空筒或空盒,無非增

第 167 圖

大發音的程度,而且這空筒或空盒的大小,必要和發音體相稱的,物理學上說:發音體的振動數若和空筒或空盒的振動數相等,或成單筒的倍數時,發音最爲強烈,這現象叫做共鳴 Resonance,即當發音體發音時,而附着的空盒或空筒,也跟着牠起同樣的振動而發音了,樂器非利用共鳴的原理,決不能發出清澈明亮的聲調。

還有奇怪的,若發音體振動數相同,就是不連在一起,也可以起共鳴的現象。

實驗七三 如第 168 圖,取振動數相等的音叉二個,共放在桌面上,令相隔兩三尺的距離,若先令甲音叉發音,乙音叉也隨即發音,若制止



第 168 圖

甲音叉的發音,就很清楚的聽到乙音叉的聲響了。

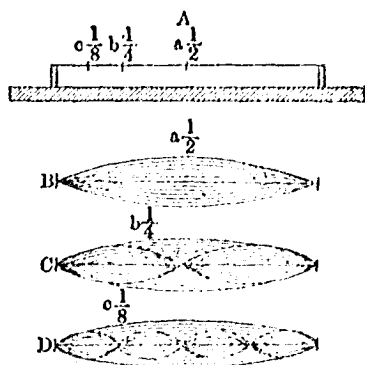
上述的共鳴現象,在都市或村落間,也有碰到的時候,知識淺薄的人,就要附會到神話迷信上去了,如同鄰近偶有山崩地震或別種震動的事情,廟寺裏的鐘磬,有時能感應而發聲的,這實由於振動數相同的緣故,和實驗七三完全相同的。

38. 胡琴的聲音爲甚麼不和別的樂音相同呢

我們在經驗上，很知道胡琴有胡琴的特別音調，琵琶三絃風琴簫笛鑼鼓等，也各有牠們的特異音調。男子和女子，成人和小兒的腔調固然有別，但如同年齡同性別的張三李四，也各帶出特異的口音。若兩人是很相熟的，聞到聲卽可以猜到人的。假使音聲間祇有高低強弱或振動數和振幅的區別，那末人聲和鳥聲，馬嘶和犬吠，必然是相似的，我們決不能再由聲音而辨別牠的種類了！然而聽胡琴的絃聲，我們就知道是胡琴，聽同學的讀書，我們就知道是某甲，這究是何緣故呢？因爲發音體的振動，不是單簡的，是很複雜的。發音體上主要的音，叫做原音 Fundamental tone，我們所測定的振動數和振幅，多是根據原音的，但發音體當振動時，常依牠的形狀和性質，能分作多數小發音體，各自發音，這些音，叫做倍音 Overtone。原音和倍音相合，就表示出一種發音體上特有的音調了。物理學上就叫牠做音色 Timber。胡琴的聲音所以不和別的樂音相同，也就由於牠具有特別的音色。

實驗七四 如第 169 圖的 A，取一絃線，緊張於木板上，若用指撥動絃的中點 a （卽 $\frac{1}{2}$ 處），則絃

的振動狀態如 B,即發出原音,若撥動絃的 b 點 (即 $\frac{1}{4}$ 處),則絃的振動狀態如 C,即於原音外,復有二倍音,若撥動絃的 o 點 (即 $\frac{1}{8}$ 處),則絃的振動狀態如 D,即於原音外,復有四倍音,若撥絃的時候,



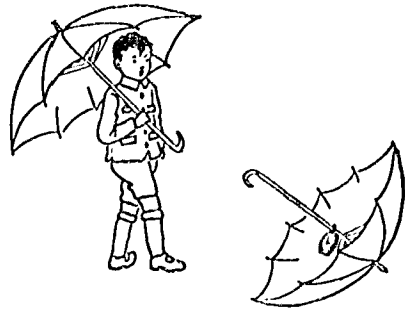
第 169 圖

用力不大,則原音強而倍音小且弱,音常柔軟和順,若稍稍用力撥絃,則原音稍弱而倍音稍強,音即圓滿豐厚,若猛撥絃線,則所發倍音過多,音即尖銳刺戟,不但上述實驗如此,風琴,胡琴,鋼琴,提琴等的演奏,亦皆如此。

物理學上稱音的高低 Pitch (振動數多少),強弱 Loudness (振幅大小)和音色 Timber (波形不同)為音的三要素,欲辨別發音體,非兼顧這三要素不可。

39. 回音的說明 我們旅行於山谷中,或立於懸崖峭壁前,若大聲呼喚,即可聽見回音 Echo。又在寬大房屋的內部,也有時聽到回音,回音由於音波的反射而起,音波前進時,如遇着障礙物,即自行折回,和像

皮球碰到牆上折回的情形相似；也和水波由岸邊折回的狀況相似。這種現象，也稱為音的反射。



第 170 圖

實驗七五 取兩傘兩把，各令張開，如

第 170 圖，放一時錶於甲傘傘斗的尖端，人執乙傘，將兩傘對成一直線，則甲傘所發出的錶音，由乙傘裏面反射而回，若附耳於乙傘傘斗的尖端，即於相距十餘尺的距離，也很聽得甚清楚的錶音。

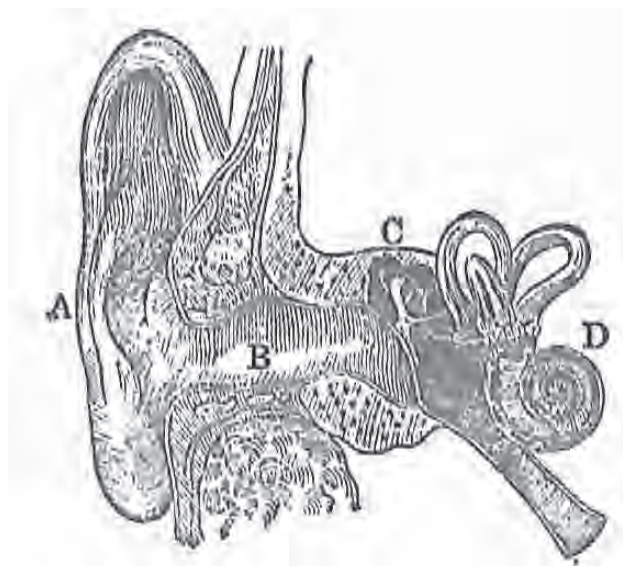
實驗七六 將教室的門窗閉好，人在室內說話，覺得聲音甚強，若將門窗打開，雖高聲說話，也覺得不甚強大。

實驗七七 我們面向高大牆壁，對壁高呼，於距離十七公尺以內，決不能聽得自己的回音；於距離十七公尺以外，就清楚的聽到自己的回音了。

由上述實驗七五和七六的結果，知道音波遇阻礙，即起反射作用，把音波折回去，室內說話比在曠野清楚，也就是回音與原音相合而增強的緣故，倘若距離

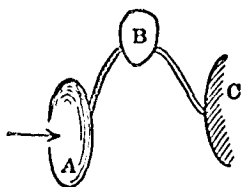
過遠，回音和原音先後隔離的時間過長，我們就很清楚的分辨回音和原音了。我們的聽官，大約在相隔 $\frac{1}{10}$ 秒以內，就不能分別原音和回音，若時間超過 $\frac{1}{10}$ 秒，那就能清楚辨別了。空氣傳音的速度 (15°C) 每秒鐘為 340 公尺， $\frac{1}{10}$ 秒間可傳達 34 公尺。故禮堂長寬若超過 17 公尺，即可聽見回音了。戲園禮堂和音樂室等若長寬超過這程度，常用布簾等物遮斷音波，以避回音。

40. 耳和留聲機 我們聽官器的構造是很奇妙的，外邊無論有甚麼聲音，我們的耳朵裏都可以感覺得到的。聽官器的詳細構造和牠各部分的作用，已詳見於生理學中，你們可以拿來參考的。現在祇就牠和音波有關係的部分，再提出研究。如第 171 圖，即表示聽官器的全體構造情形，A 為耳殼，B 為外耳，C 為中耳，D 為內耳。中耳為聽官器的最重要部分，如第 172 圖，即表示牠的放大情形。若空氣中有音波傳入外耳道時，就要刺激到鼓膜 A 上，當密層的空氣衝動鼓膜，鼓膜受壓，就向內振



第 171 圖

耳，D 為內耳。中耳為聽官器的最重要部分，如第 172 圖，即表示牠的放大情形。若空氣中有音波傳入外耳道時，就要刺激到鼓膜 A 上，當密層的空氣衝動鼓膜，鼓膜受壓，就向內振

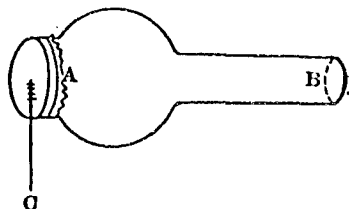


第 172 圖

動,接着疏層的空氣衝來,因壓力減少,鼓膜遂向外振動,鼓膜受音波時的振動數,振幅和音色,恰和外面發音體相似,所以我們耳朵裏的鼓膜,實在是一副能應付各種聲音的共鳴器,當鼓膜振動時,就把這振動傳達到聽骨 B,由聽骨傳達於聽神經 C,就成為音的感覺了。

鼓膜受音波激動的情形,也可用下實驗來證明的:

實驗七八 取小煤油燈罩一個,將 A 口上糊以薄紙片,作成鼓筒形,紙片中央黏貼細竹針或細木條一根,如第 173 圖的 C,這樣裝置,就可以作為耳朵的模型



第 173 圖

了,若吾人向 B 口說話,即見 A 紙片振動不已, A 振動時, C 竹針也隨着而振動了。

美國人愛迪生 Edison, 就根據上述實驗的原理,創造留聲機 Phonograph. 他是這樣想:當我們向 B 口說話時, A 膜就和音波起相當的振動; A 膜動了, C 針也要隨着牠而振動,倘若我們能把 C 針振動的情形,設

法記出。再回過來照樣振動 O 針，那末 A 膜也必隨着 O 針而振動；那末我們在 B 口，就可以聽到原來的聲調了。但是我們怎樣的能把 O 針的振動記下來呢？這就是愛迭生創造留聲機的辦法了。

能把 O 針振動情形記下來的裝置，叫做收音器，如

第 174 圖所

示，B 爲發音

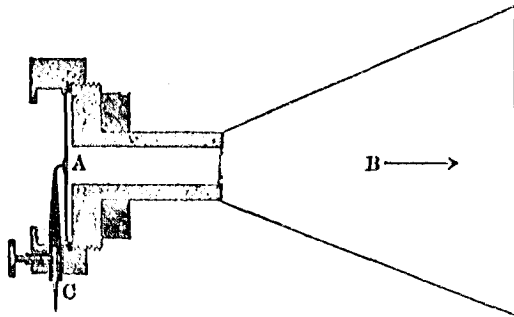
喇叭口，A 爲

薄玻璃或雲

母片的振動

膜，C 爲連接

於振動膜的

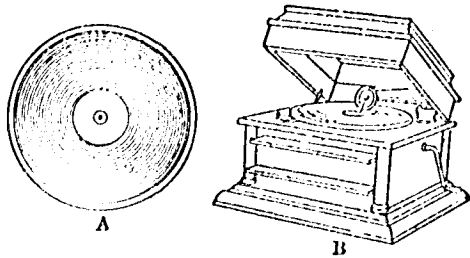


第 174 圖

針尖。當我們對準 B 口說話時，A 膜即起相當的振動，同時能將這振動傳之於 C 針。C 針尖下面，放有塗薄蠟層的鋅製平面圓盤，令針尖觸於蠟盤上，圓盤得隨旋轉軸而旋轉。當發音時將蠟盤旋轉，針尖即於盤上畫出深淺疏密的痕跡，如第 175 圖 A。次將這蠟盤上塗以鉻酸，使露出的鋅面，被酸腐蝕，成爲凹凸的痕跡。等削去薄蠟層後，用電鑄法，製成一凸紋銅盤，再以這銅盤爲模子，壓入未凝固的硬橡皮平面盤上，冷後取

下,就可印成具有
凹紋的唱片了。

放唱片於留聲
機的旋轉臺上,臺
上安有發音器,構
造和收音機相同。



第 175 圖

把牠的針尖嵌入凹紋內,針尖即隨着凹紋而振動,發
音機上的膜片,也起同樣的振動,故能發出原來的音
調,如第 175 圖 B。

習 題

1. 胡琴上聲音的高低強弱,有幾種方法可以支配的?
2. 運動會報告時,常用喇叭筒傳話,爲甚麼緣故?
3. 聽遠處人說話,常用手掌附在耳邊,有甚麼好處?
4. 見電光後五秒鐘纔聽到雷聲,問道雷聲離此多遠?
5. 有發音體的振動數爲 400, 當時空氣傳音的速度爲 340 公尺,問道音波的波長是多少公尺?
6. 男子的聲音既比女子爲低,爲甚麼男戲子可

以唱花其呢？

7. 室內具有甚麼條件，纔能發生回音？

8. 試把聽官器和收音機做個比較。

第五章 太陽(上)——太陽和熱

41. 太陽是光熱的淵源 太陽既是自然界中長燃不息的熱爐,又是長明不滅的明燈,假定沒有太陽,地球上就要成爲嚴寒黑暗的世界,那末動植等生物絕對是不能生存的,幸而太陽不絕的供給我們以光熱,所以地球上纔有四季的分配,晝夜的更代,生物和人類社會的演進,都可說是以這光熱爲動源的。

植物的生存,和光熱很有關係的,如同熱帶植物特別發達,春夏時期草木繁茂,這就是光熱充分,有利於植物的一個證據,還有植物如果沒有太陽,那末同化作用就要停止了,植物就根本不得生長了,動物以植物爲食料,或間接以動物爲食料,所以動物若無太陽,不但要凍死,還得要餓死呢!人類生存也不能異乎動物,我們一切食品,都要仰給於生物,所以人類的運命,也是受太陽支配的。

近代人類進化,工業發展,各種機械的原動力,多是

取給於煤炭,煤油,水力或風力這幾樣東西,煤炭煤油尤其重要,煤炭係古代植物的遺體,我們早已知道了,煤油也是古代小動物的脂肪,現在也已有有人證明過的,所以煤炭煤油的光力熱力,也就是太陽的光熱,不過我們間接應用牠就是了。說到水力,如瀑布溪河的急流,也是太陽熱力的變相;太陽曬在地面上,把水分蒸發成蒸氣,蒸汽凝成水滴,落在高山或高地上,就帶有運動的能力,所以我們利用牠,做爲種種機械的原動力。風力呢,也是由太陽熱力所釀成的,我們在物理學的開端,就已說過了。

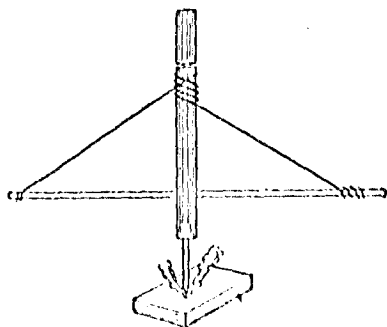
總而言之,太陽的光熱是生命的主宰,也是人類進化的動源,人類各種文明,多半是建築在熱力上,所以現在要先討論太陽和熱的問題。

42. 太陽的熱是怎樣發出來的 天文學家說,太陽是一個高熱體,牠全體烘烘烈烈,好像一個大火球,溫度總在攝氏表一萬度以上,牠的表面是包圍着高熱的氣體,振動是非常厲害的,熱的發生也就由於劇烈的振動,振動是熱的本體;這一點恰和音相似;物體不振動就不會發音,物體不振動,也就不會發熱的,不過音的振動和熱的振動,在性質上說起來,就大不相

同了,這一層以後再說,現在先要證明熱的本質就是動的,決不是靜的:

實驗七九 (A) 將左右手互相摩擦,即覺兩手發熱。(B) 以手掌在桌面上用力摩擦,手掌桌面也各發熱。(C) 以棉布在木板上摩擦,棉布木板也均生熱。

實驗八〇 取木工用的鑽孔器一份,用硬木或竹條代鐵鑽頭,如第 176 圖,用力鑽一木板,當見鑽頭與木板相觸,初則生熱,繼則發煙,終則發火,昔燧人氏鑽木取火,就是應用這個道理。



第 176 圖

實驗八一 取火石一塊,對着火刀,用力打去,即見鑽石相碰,火花飛出。

實驗八二 取火柴一匣,將柴梗塗藥的一端,向着匣邊塗藥面上擦去,即見柴梗燃燒。

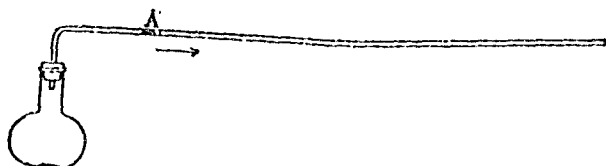
由上述各實驗,可知物體摩擦時,即要生熱;因為摩擦時,物體的分子就加快運動,熱的感覺,就是運動的

表現，運動太劇烈了，就由熱而發為光了，所以光和熱的性質，是很相似的，（究竟光和熱有甚麼根本區別的地方，以後再說。）光熱也往往同時發生的，太陽，火爐，燈燭多是發光兼發熱的。

熱的本質是動的，在理論和事實方面都可以證明，物理學家說物體的構成由於分子，並且不論氣體，液體，固體的分子，都是不絕運動的，不過氣體分子的運動是最活潑，液體次之，固體最弱，這種理論，叫做運動分子說 Kinetic molecular theory，水熱則化汽，冷則結冰，這是自然界中很容易看見的現象，水蒸汽的分子當然比水的分子是活動得多了，水的分子比冰的分子也活動得多了；這是甚麼緣故呢？就因為熱是動的本源，水蒸汽放了熱，就凝為水，水再放出熱，就結成冰，這層在小學自然教科書中，也可以查得出來的。

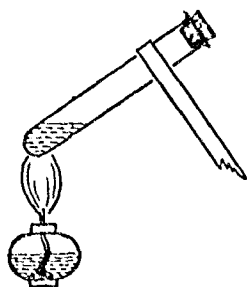
43. 熱是甚麼東西 無論鐵球銅球，木塊石塊，熱時和冷時的重量，都是相等的，那末熱當然不是物質了（見前第二章23段），究竟熱是甚麼東西呢？最好用實驗來決定：

實驗八三 取小玻璃瓶一個，瓶口配一木塞，塞上插有彎曲長玻璃管，管中A處，裝入紅墨水或水銀一



第 177 圖

段,如第 177 圖的裝置,用兩手捧瓶底使加熱,即見紅墨水或水銀向外慢慢的移動。

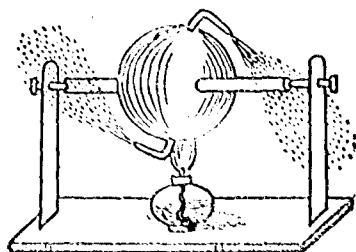


第 178 圖

實驗八四 取一小試驗管,盛水 4—5c.c., 管口以木塞輕輕塞住,如第 178 圖,用酒精燈將水煮沸,即見木塞被水蒸汽壓出。

實驗八五 如第 179 圖,用鉛鐵片(或銅片)製一間球,

球中心穿有橫軸,橫軸可放置於架上,能旋轉無阻;球上並安有二彎曲尖管,如將管取下,可裝入水於球中,次取酒精燈在球下將水煮沸,



第 179 圖

當水蒸汽由尖管噴出時，球體即繞軸旋轉。

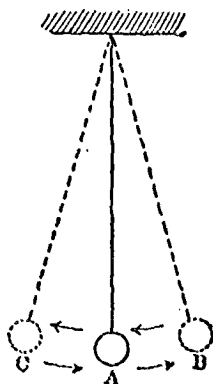
由上述實驗，可知熱就是一種力，這力能令物體成工作（見前第三章32段），和平常人力，風力，水力等功效相同，近世大工業上的機械發動，都是間接或直接應用熱力。

凡物體上具有可以成爲工作的力，物理學上統稱爲能力 Energy。能力也分爲好幾種，例如槍彈飛行或石塊落下，都因運動而顯出牠的能力，物體碰到，就要起牠的破壞工作；這種能力，叫做運動能力 Kinetic energy。又如高山積水，樓上住人，平常倒看不出牠含有甚麼能力，因爲牠不能表現工作；倘若高山流水，樓上墮人，那就可證明牠含有能力了；這種能力因爲位置而來，叫做位置能力 Potential energy。

物體加熱可以增加運動能力，也可以變化位置能力。故熱對於物體而言，也是能力的一種，我們就叫牠熱能力 Heat energy。

凡能力都可以互相變化的。

實驗八六 用線懸掛一木球，
如第 180 圖，先令木球靜止，木球



第 180 圖

當取垂直線的 A 位置，次將木球用手由 A 移至 B，這時候，手以能力授於木球，木球遂得有相當的位置能力，若將手放鬆，木球遂失去位置能力，而變成運動能力，及落至 A 處，位置能力雖全失，但可盡量的變成運動能力，當木球升至 C 點，運動能力又全失，遂盡量變為位置能力，再由 C 向 A，由 A 向 B，往復不絕，這時候若測量 A B，A C 的距離，恰好相等。

上述實驗是能力變化最好的例證，但如上述實驗，大約經過半點鐘，木球的運動，就要慢慢的停止了，這時候能力到那裏去呢？照這實驗上的情形看起來，似乎能力會慢慢的變小，終至化為烏有了，這思想是錯誤的！能力決不會自有變無，或自大變小的，上述實驗中，線上有摩擦力，空氣中有阻礙力，所以把能力慢慢的變了抵抗的工作了，這工作的結果，都成為熱能力而擴散，嚴格說起來，當時溫度定要升高些，不過我們無法測算牠！

又如樓上有一塊小石子落下來，恰好碰到鐘上，鐘上遂發出聲音來，過些時候鐘聲就聽不到了，這件事情，在我們看起來，也似乎可作為能力消滅的證據了！這也是錯的，小石子在樓上應帶有位置能力，落下來

就變成運動能力了,碰到鐘上就變成打鐘的工作;鐘振動了,這就是工作的代價;空氣振動了,鼓膜共鳴了,這都是鐘上振動能力的傳播;結果都化爲熱,因爲熱分佈的範圍太廣了,所以當牠是消滅了!

物理學家,經過許多的實驗和推論,得到一個結論:『能力可以在物體間互相受授,牠的形式能變的,而總量不變的』,這結論大家都稱爲能力不滅的定律 Law of conservation of energy, 是一條物理學上極重要的定律,我們要懂得:能力變化最後的形式就是熱,那末能力消滅了,就是牠變爲熱而擴散了,那末能力不滅的定律,是很容易瞭解的。

44. 怎樣可以表示熱的程度呢 熱是一種能力,不是物質,所以牠祇有性質的表示,並沒有重量(或質量)的表示,那末我們有甚麼方法可以表示熱的程度呢? 這問題在實際和理論上,均極重要,一部分在小學裏,你們也許已經學過的,現在不妨再把牠伸述一番。

我們的感覺,可以判別物體的冷暖,同一物體,受熱多的,就覺得暖些,受熱少的,就覺得冷些,這種冷暖的程度,我們叫牠溫度 Temperature, 若專用感覺來判別

溫度，那是靠不住的，並且也不大正確的。

實驗八七 取水三大杯，甲杯中裝以 30—40 度（攝氏表）的熱水，乙杯中爲平常河水或井水，（約 5° — 10° C）丙杯中爲 15—20 度的溫水，現在試以手插入丙杯水中，覺得很溫和，不冷不熱的樣子，若先把手插入甲杯水中，過一二分鐘，再插入丙杯水中，就覺得很冷了！若先把手插入乙杯水中，過一二分鐘，再插入丙杯水中，就覺得很熱了！

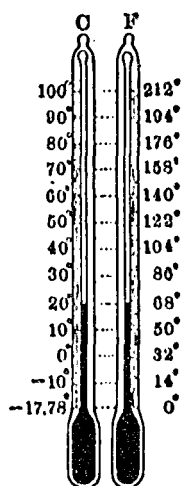
因此，我們就不能憑感覺以判別溫度了，欲精密測知溫度，可用溫度表 Thermometer，也有人叫牠寒暑表的。

溫度表的構造和刻度法，小學自然教科書中，都已講過，現在不再細提。

科學上應用的攝氏表 Celsius' thermometer，以水的沸點爲百度，水的冰點爲零度，中間刻成一百等分，因此，也稱爲百度表 Centigrado thermometer，牠的記號爲 C，例如攝氏表十五度，即寫做 15° C。

醫生和家庭多採用華氏表 Fahrenheit thermometer，說起歷史來，還是華氏表（1714 年創造）比攝氏表（1742 年）爲早，華倫海 Fahrenheit 很能在實用上着想。

高溫度他亦以水的沸點為標準；但是低溫度呢，他卻不以水的冰點為標準。因為他相信溫度低於冰點的很多，他就把等量的雪片（或冰屑）和礆砂（氯化銨）相混時的溫度，定為零度。在他當時很相信這溫度是最低不過了！因此他把零度和沸點間，劃分為二百十二等分。在華氏表上，水的冰點為三十二度，沸點就為二百十二度了。如第



181 圖，即攝氏華氏二表的度數比較。 第 181 圖

華氏的記號為 F，例如華氏三十五度，即寫做 35°F 。

冰點和沸點間的距離，在攝氏表上分為百等分，在華氏表上分為一百八十等分（即 $212 - 32 = 180$ ），所以攝氏表的五等分，就等於華氏表上的九等分。因之二表上度數的改算法，如下列公式：

$$\text{攝氏表的度數} = (\text{華氏表的度數} - 32) \times \frac{5}{9} \dots (1)$$

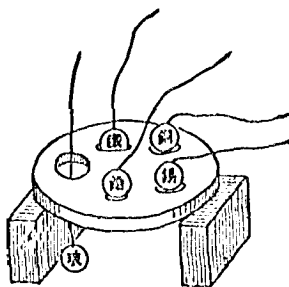
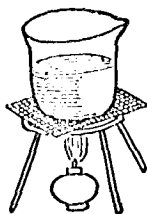
$$\text{華氏表的度數} = \text{攝氏表的度數} \times \frac{9}{5} + 32 \dots (2)$$

溫度表祇能測定物體上的溫度，不能測定物體上所包含的熱量。各種物體的溫度雖同，而熱量卻未必

相同,若用溫度來代表熱量,很是錯誤的。

實驗八八

取黃蠟(蜂蠟)製一圓形(或方形)薄板,厚



第 182 圖

約四五分,用玻璃,鐵,銅(紫銅或黃銅均可),錫,鉛製成等重的小圓球,各絡以線,共置於沸水杯中,過三四分鐘,令各球的溫度均與沸水相等,再將各球提出,放置於黃蠟板上,如第 182 圖所示,這時候各球的溫度,均慢慢的降低,將熱量放出,黃蠟受熱作用,即行融解,常見玻璃球放熱最多,能通過蠟板,鐵球次之,深陷於蠟板中,銅球錫球又次之,鉛球含熱最少,僅能融蠟板的薄層而止。

由上述實驗,可知質量相同,溫度相同的物體,內中所含的熱量,卻各不相同,物理學家則以水中所含的熱量為標準,定質量一公分的水,每溫度升高 1°C 時所需的熱量,作為熱量的單位,叫做熱級 Calorie。計算他物體中所含的熱量,均可以熱級表示牠,例如將

重一公分的冰融化爲水，牠所吸收的熱量，恰足使重一公分的水，溫度升高攝氏表80度，故知冰的融解熱爲80熱級（見後46段中）。

各種物質重一公分，溫度升高 1°C 時所需的熱級數，叫做比熱 Specific heat. 茲將多種重要物質的比熱，列表於下：

比 熱 表

鉛…………0.0315	酒精…………0.058	冰…………0.218
金…………0.0316	銅…………0.095	硫酸…………0.338
鎊…………0.032	鐵…………0.113	煤油…………0.511
水銀…………0.0333	玻璃…………0.2	水…………1.00
錫…………0.053	鋁…………0.218	

習 題

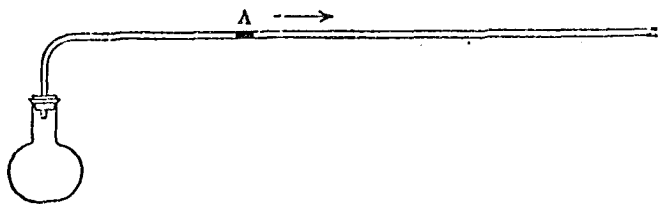
1. 地球上爲甚麼有“四季寒暖”的變化？
2. 井水在夏天覺冷，在冬天覺暖，是甚麼緣故呢？
3. 我們的體溫爲 37°C ，問合華氏幾度？
4. 夏天氣溫爲 102°F ，問合攝氏幾度？
5. 銅的比熱爲0.095，若將銅200公分，自 15°C 熱至 400°C ，問需多少熱級？這熱級的量，可以沸煮

多少公分的水?

6. 有銅塊重 150 公分, 熱至 87°C 後, 再投入 18°C 的水 128 公分中, 測得銅塊和水的溫度均為 25°C , 請求銅的比重.

45. 熱對於物體體積上的影響是怎樣呢 物體受熱不但溫度增加, 同時體積也要膨脹的. 下列各實驗, 可以證明體積和熱的影響:

實驗八九 取容積五百立方公分的燒瓶一個, 瓶口配一木塞, 塞上插有彎曲玻管, 長約一公尺, 管中 A 處, 裝入紅墨水或水銀一段, 如第 183 圖的裝

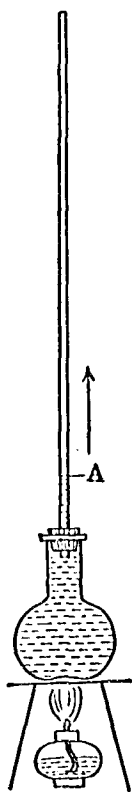


第 183 圖

置. 先用溫度表測知室中溫度, 例如 15°C ; 次用手捧住玻瓶, 我們的體溫為 37°C , 所以手上的熱量, 會移到瓶上去, 因此瓶內的空氣體積就要膨大, A 處水銀就要向右移動. 等到把手拿開, 瓶上的熱量又傳到四圍的空氣中去, 因此瓶內的空氣體積慢

慢的縮小,水銀就向左方回來。

實驗九〇 取一小燒瓶,瓶內滿盛以水,用帶有直立長玻管的木塞塞住瓶口,令水滿至 A 點,水中滴以紅墨水,染成紅色,以便觀察,如第 184 圖的裝置,將瓶放在三足臺的鐵絲網上,用酒精燈加熱,當知熱時越久,管內紅水越升高,這就是水因熱膨漲的證明。

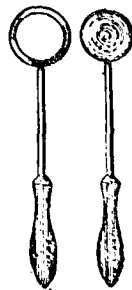


第 184 圖

實驗九一 將粗銅絲或鐵絲做成一圈,試好牠的大小,能令當十銅圓恰好自由通過圈中,次將銅圓,在酒精燈上燒熱,再放在圈上,即不能通過圈中;這就是銅圓因熱膨漲的證明。

實驗九二 和前實驗相似,取一金屬球和一金屬圈,

圈口比球徑稍大些,球能自由通過圈口,將球在燈上加熱,令球膨大,再放入圈口,即不得通過,如第 185 圖。



第 185 圖

據上述實驗,可知物體(固,液,氣)熱

時，體積膨大，冷時體積縮小，如果溫度的變化相同，各物體體積膨大（或縮小）的程度，也各相等嗎？據物理學上實驗的結果，知道固體和液體物質的膨大（或縮小）各不一致，氣體物質卻甚相近，物理學上為比較膨大情形的便利起見，要測定各物質的體漲係數 Coefficient of cubic expansion:

$$\text{體漲係數} = \frac{\text{溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 時所增的體積}}{\text{物體在 } 0^{\circ}\text{C 時的原體積}}$$

實例：如同空氣在 0°C 時，測得體積為 1000 立方公分，現在令其溫度升高至 20°C ，測得體積為 1073.4 立方公分，試求空氣的體漲係數。

$$1000 \text{ 立方公分空氣, 溫度升高 } 20^{\circ}\text{C 時所增的體積} = 1073.4 - 1000 = 73.4 \text{ 立方公分,}$$

$$1000 \text{ 立方公分空氣, 溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 時所增的體積} = 73.4 \div 20 = 3.67 \text{ 立方公分,}$$

$$\therefore \text{空氣的體漲係數} = \frac{3.67}{1000} = 0.00367.$$

各種重要物質的體漲係數，測定如下表：

固體體漲係數表

鋅 0.0000893	銀 0.0000583	金 0.0000441
鋁 0.0000840	銅 0.0000500	玻璃... 0.0000270
鉛 0.0000266		

液體體漲係數表

酒精……0.00111	硝酸……0.00111	水銀……0.00018
醚 Ether……0.00171	硫酸……0.00049	

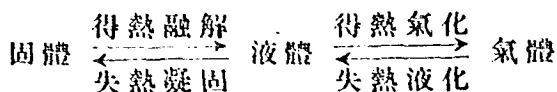
氣體體漲係數表

空氣……0.00367	養氣……0.00367	輕氣……0.00366
淡氣……0.00367		

$$\text{氣體平均體漲係數} = 0.00367 \doteq \frac{1}{273}$$

(即氣體每溫度升高 1°C ,膨漲 0°C 時體積的 $\frac{1}{273}$)

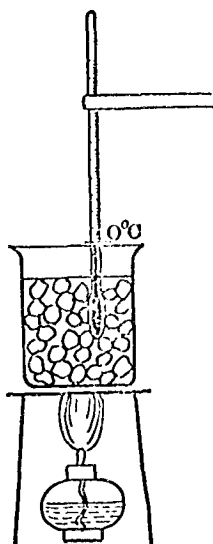
46. 熱對於物體狀態的影響是怎樣呢 物體受熱,不但溫度增加,體積膨漲就算了,若熱到一定溫度時,物體的狀態,也要起了變化呢,如冰熱就化爲水,水熱就成爲汽,倒過來,汽冷就凝爲水,水冷就結成冰,所以熱的變化,能影響到物體狀態的變化呢,除水以外,別種物質,也可因熱而起三態的變化,三態變化的關係,可用下式表明:



固體融解時,常有一定的溫度,稱爲融點 Melting

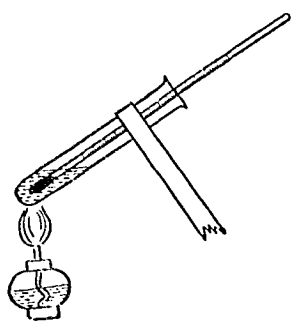
point.

實驗九三 取細冰塊半杯,中插入一溫度表,如第 186 圖,放置三足臺的鐵絲網上,用酒精燈稍稍加熱,當冰塊未全融為水以前,杯內溫度永為 0°C .



第 186 圖

實驗九四 取白蠟,黃蠟,牛油或樟腦約五六立方公分,放置於小試驗管中,插入一溫度表,如第 187 圖,取於酒精燈上,慢慢加熱,常見管內固體尚未完全融解以



第 187 圖

前,溫度表上的溫度,永為融點而不上升,等到全體融解後,溫度即慢慢上升,這時候將試管由燈上取下,慢慢放冷,即見表上溫度,也慢慢降低,等到液體開始凝固時,表上溫度即指着融點,非俟凝固完結後,溫度不再下降。

由上述實驗,可知固體融解和液體凝固時的溫度

相同。由液體凝為固體的溫度，稱為凝點 Solidifying point 或叫做冰點 Freezing point。同一物質的融點即等於冰點。固體一公分融解為同溫度液體時所需的熱量，稱為融解熱 Heat of fusion。這熱量當液體凝固時，又復放出。現在把幾種物質的融點和融解熱，表示於下：

融 點 表

水銀 … -39° C	鋅 …… 433	銅 …… 1083
冰 …… 0	鋁 …… 650	生鐵 … 1200
錫 …… 233	銀 …… 954	鉑 …… 1775
鉛 …… 327	金 …… 1063	鎢 …… 1950

融 解 熱 表

冰 …… 79.8 熱級	鉑 …… 27 熱級	鉛 …… 5 熱級
銅 …… 43	硫黃 … 9	水銀 … 3
鋅 …… 28		

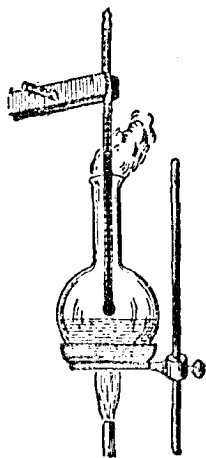
液體的表面不絕地氣化為蒸汽，叫做蒸發 Evaporation。例如置水於盤中，經過若干日子後，盤水即見減少，或至乾涸。

實驗九五 滴酒精和醚 Ether 數點於紙片上，

令紙片潤濕,放置這紙片於空氣中數分鐘,即覺酒精和隨蒸發為氣,紙片乾燥如舊。

若液體內部同時化氣,這現象叫做沸騰 Boiling. 液體沸騰常有一定的溫度,這溫度叫做沸點 Boiling point.

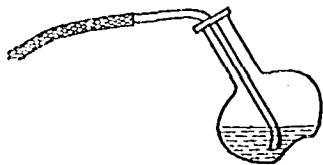
實驗九六 如第 188 圖,取小玻璃瓶一個,內盛蒸溜水五十立方公分 (50 c.c.), 插入溫度表於瓶內,瓶下用酒精燈熱之,即見溫度表的溫度,慢慢上升,至水沸騰時,溫度就停在 100°C 上。



第 188 圖

實驗九七 如第188圖的裝置,瓶中易以純酒精,也如上法加熱,當見酒精沸騰時溫度常為 78°C 。

實驗九八 試以水,酒精,隨等各滴數點於手掌上,令牠蒸發,即覺掌上非常寒冷。



第 189 圖

實驗九九 取玻璃瓶一個,內盛酒精或隨二三十立方公分 (20-30 c.c.), 用

玻管連於打氣筒（籃球或足球打氣用的），送入空氣於液體內，令牠蒸發為蒸氣，常見瓶外附着水點或至結霜。

據上述實驗，不但液體沸騰時的溫度一定，且無論沸騰或蒸發，均需要相當的熱量。一公分液體氣化時所需的熱量，叫做氣化熱 Heat of vaporization。若氣體凝結為液體，也放出同量的氣化熱。今把幾種液體的沸點和氣化熱，列表於下：

液體沸點表（在一氣壓760mm下）

輕氣… -253° C	醚 Ether…34.6	水銀……356.7
淡氣… -196	酒精…… 78.3	硫黃……444.6
養氣… -183	水………100	錫………2270

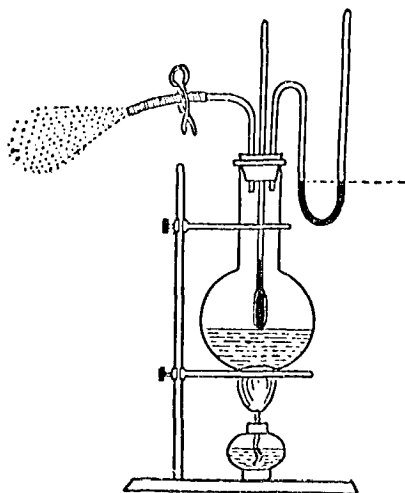
液體氣化熱表

水……540熱級	二養化碳…96	淡氣………50
酒精…205	水銀………68	空氣………50
輕氣…123	養氣………58	

不過液體的沸點，和當時的氣壓大小，很有關係。例如水的沸點為100° C，乃指標準氣壓而說的。倘若氣壓大於760 mm，水可在100° C以上沸騰，小於760 mm，

能在 100°C 以下沸騰的。

實驗一〇〇 取一厚壁燒瓶,中盛水一百立方公分,瓶口配一橡皮塞,塞上插有溫度表,彎曲出氣管和盛有水銀的彎曲玻管,如第 190 圖的裝置,先於瓶底,用酒精燈將水煮沸,蒸

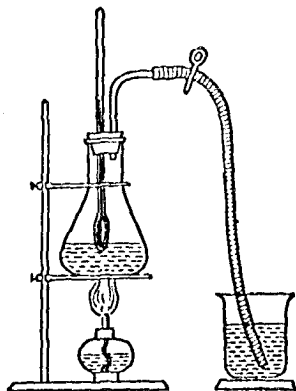


第 190 圖

氣得由彎曲出氣管放出,這時候瓶內外的壓力相等,所以盛有水銀的彎曲管中的水銀面,兩邊相平,而這時溫度表上的溫度即為水的沸點;假定空氣壓力為一氣壓,沸點恰為 100°C 。次將出氣管的口頭,用鉗把橡皮管鉗住,瓶內壓力就漸次增大,彎曲管外邊的水銀面,慢慢的升高,溫度表上的溫度亦漸見升高,在這實驗中,沸點可以升至 105°C 。次將橡皮管鉗放開,令瓶內的蒸氣噴出,瓶內的壓力減小,曲管中兩邊的水銀相齊,這時溫度又降至原沸

點 100°C 。

實驗一〇一 取笋形燒瓶一個，內盛水滿四分之一，塞以橡皮塞，塞上插一溫度表，和一彎曲玻管，再用橡皮管連於盛熱水的玻杯內，瓶下加熱，令水沸騰，這時溫度恰為 100°C ，如第 191 圖的情形，次用鉗將橡皮管鉗住，



第 191 圖

使不再通氣，取去瓶下的酒精燈，這時瓶的上部溫度降低，水蒸氣凝結為水，瓶內壓力減小，常見瓶內的水，仍然繼續沸騰，雖溫度低至 80°C 以下，猶自沸騰不絕。

習 題

1. 如將空氣打足的籃球（或足球）放置高熱的火爐旁邊，每易使球袋破裂，這是甚麼緣故？
2. 夏天如果穿著冬天的小襪衣，就很覺得緊小，是甚麼緣故呢？
3. 將雨和欲雪的天氣，氣溫為甚麼反要增高呢？
4. 水結為冰，為甚麼自上層先結起呢？冰為甚

麼可浮在水面呢？水缸結冰，往往破裂，這是甚麼緣故？

5. 夏日炎熱，灑水於庭院中，即覺得清涼些，是何道理？

6. 冰融雪消的時候，天氣格外寒冷，是甚麼緣故？

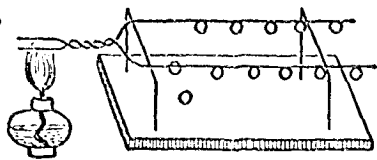
7. 旅行家有說：在高山上煮水，比平地容易沸騰，這觀念是否錯誤？

8. 有人說：飯鍋的蓋如果蓋得不大密閉，那末飯是很不容易煮熟的，這事情是否合理？

47. 熱的傳播法是怎樣 物體受熱時，不僅一部分的溫度增高，且往往將熱傳播於物體的各部上去。但各物體傳熱的程度和情形，卻各不甚相同。

實驗一〇二 取銅條，鐵條，木條，玻璃棒各一根，用手執甲端，將乙端於酒精燈上燒熱，以試驗那種物質善於傳熱，那種物質傳熱不良？

實驗一〇三 取等粗的銅絲和鐵絲長一尺的各一根，將二絲的一端，



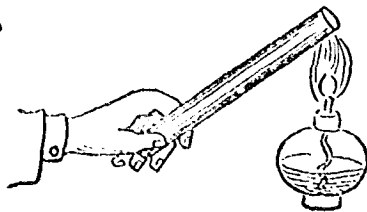
第 192 圖

紐在一起，他端平行伸直，並於各絲上黏着小蠟球，如第 192 圖，令放

置於架上，以酒精燈熱二絲紐結的一端，即見蠟球順次脫落，銅絲上較鐵絲脫落快些，是即銅絲傳熱比鐵絲好的緣故。

據上述實驗，可知熱在物體上，恰和水相似，常由高溫處流向低溫度處，這種現象稱爲熱的傳導 Conduction of heat，這能傳熱的物體，總稱爲熱的導體 Conductor of heat；傳熱很容易的，稱爲熱的良導體 Good conductor of heat；傳熱稍難的，稱爲熱的不良導體 Bad conductor of heat；極難傳熱的，稱爲熱的不導體 Non-conductor，例如金屬多爲良導體；木、皮革、毛羽、玻璃爲不良導體；硫黃、硬橡皮爲不導體。

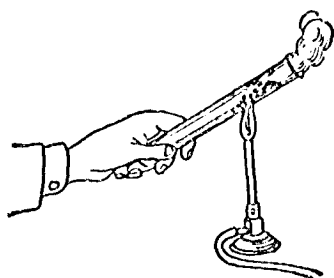
實驗一〇四 取硬試驗管一枝，管中雖不盛他物，卻滿是空氣，用手執試管的底部，將管口在燈上燒熱，如第 193 圖所示，玻璃是不良導體，熱難自玻璃管的上端傳至底部，倘空氣爲良導體，手在底部，應覺灼熱，但在這實驗中，雖將玻璃管上口燒紅，底部仍然是不熱的，可知空氣是不傳熱的。



實驗一〇五 取硬

第 193 圖

試驗管一枝，中滿盛冷水，用手執試管的底部，用酒精燈熱牠的上部，如第194圖，在這實驗中，雖將上部的水熱至沸騰，而下部仍為冷水。



第 191 圖

據上述實驗，可知空氣和水，都不是熱的良好導體了，但是夏天空氣的溫度（氣溫）要比冬天高些；室內生火，空氣的溫度（室溫）也要高些；鍋中冷水終能煮成開水；那末空氣和水中的熱是怎樣傳法呢？

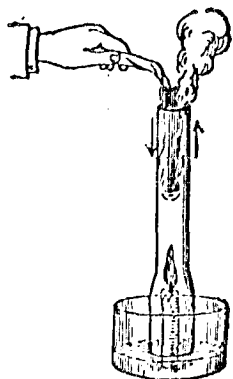
實驗一〇六 取平底大燒瓶一個，中盛水過半，投入鋸木屑一撮，用玻棒調和後，取酒精燈在瓶底加熱，如第 195 圖所示，試細察瓶內，常見木屑隨水流動，成圓圈形，是因底部的水受熱時，體積膨大，較上部的冷水為輕，所以熱水上升，冷水下沈，循環不絕，終至水沸為止。



實驗一〇七 取煤油燈罩一個，由罩口到近底處，插入金屬片分為二部，次將點着的小蠟燭立在玻璃盤內，將燈罩蓋

第 195 圖

住蠟燭，這時候熱空氣即由右邊流出，冷空氣由左邊流入，再用香烟頭置左口，即見香烟隨冷空氣流入罩內，復由罩的右邊，隨熱空氣流出，倘若用紙片蓋住燈罩口的一邊，以絕空氣的流通，即見蠟燭熄滅。



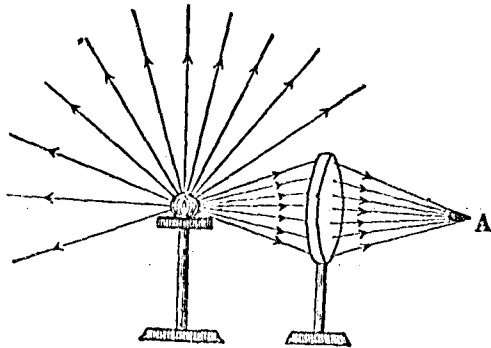
第 196 圖

由上述實驗，可知水和空氣的傳熱情形，和固體的傳導不同，水和空氣的傳熱，由於近熱處，體積膨脹，故輕而上升，遠熱處的冷空氣即來補缺，如此循環，終致全體溫度一致為止，這種傳熱的現象，叫做對流 Convection。

然而太陽的熱，能經過長距離的真空達到地球，既不能說是傳導，又不能說是對流，牠究竟是怎樣傳來的呢？說到這一層，我們要曉得熱和光有些性質是相同的，太陽的光熱，能直達地球，並不要中間物質做媒介的，並且速度非常大，每秒鐘能行 300,000 公里 (Kilometer)，即可繞地球七圈半，這種不依賴物質做媒介，而能由高熱體將熱傳達到低熱體的現象，叫做輻射 Radiation。

由傳導和對流而傳達的熱，能經過彎曲的路徑；由輻射而來的熱，卻要循直線前進，可以用屏障隔斷牠。如同夏天用傘當太陽，傘下就覺得涼快些，冬天爐邊常圍以鉛鐵屏，使爐火不致直接射人。

實驗一〇八 如取燒紅的木炭（或燒紅的鐵塊）一塊，放在鐵架上，如第197圖，用手（或溫度表）在距木炭半尺的上下四方各處，均覺有熱的作用。次取凸透鏡一面

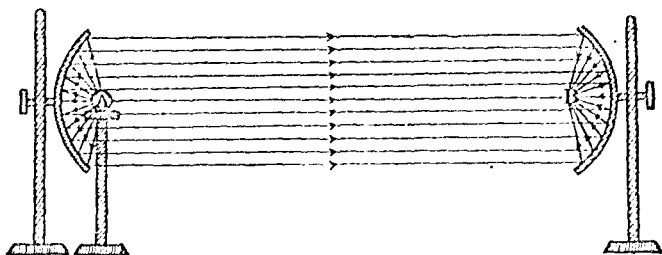


第 197 圖

當住熱的進路，則熱線也像光線能收成焦點，如圖中的 A 點。試以火柴頭放在 A 點，即能着火。

實驗一〇九 如第 198 圖，取凹面反射鏡兩面，令左右相距約三四尺，於甲鏡焦點 A 處，放一紅熱的鐵塊，則乙鏡焦點 B 處，可以燃着火柴頭或黃燐塊。

據上述實驗，可知熱和光的性質很相似，故輻射性



第 198 圖

的傳播媒介,和傳光的媒介相同,物理學假定宇宙間充滿一種以太 Ether, 以太可以為傳光傳熱的媒介,當物體發熱而振動時,能令周圍以太中,生成熱波,和光波性質相似,關於熱波光波的詳細情形,以後論光波時再說。

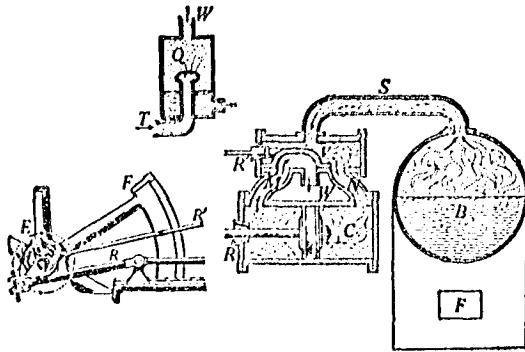
總結起來,熱的傳播有三種方式:(一)傳導,以固體物質為媒介,熱在固體物質上由高溫度處,流向低溫度處。(二)對流,以流體(液體和氣體的總稱)物質為媒介,物質受熱,物體膨脹,輕而上浮,由物質交流因而傳熱的。(三)輻射,不以物質而以假定的以太(可稱為理想的物質)為媒介,由熱波放射於各處。

48. 利用熱力發動的器械 近世工業,多用器械,器械發動,多賴熱力,凡藉熱力發動的器械,都叫做熱

動機 Heat engine. 熱動機最主要的, 就算 蒸汽機 Steam engine; 即利用水蒸氣的壓力以推動機械, 如火車頭, 輪船和大工廠中的發動機等, 都屬於這一類. 又有用氣油 Gasoline (比普通煤油輕些), 柴油 Fuel oil (即煤油的一種, 比普通煤油重些.) 化氣, 在器械內部燒燃 (爆炸), 以推動機械的, 叫做 氣燃機 Gas engine; 如飛機, 飛艇, 自動車和小工業上應用的柴油發動機, 都屬於這一類.

英人 瓦特 James Watt 1736—1819 見熱水壺上蒸汽的壓力, 因努力發明蒸汽機. 這一段故事, 我們在小學教科書中, 多已讀過的. 他於 1769 年的時候, 發明一種 單動汽機, 說起來也很可笑, 就是水蒸汽祇能把圓筒內的活塞向一方推去, 卻不能再叫水蒸氣把牠推回來, 所以要成一進一退的工作, 同時要用兩圓筒, 這是很不方便的. 瓦特費了二十年的功夫, 纔把單動汽機改成 雙動汽機, 在近代機械工程上, 創立了一個新紀元, 這是很值得我們紀念的!

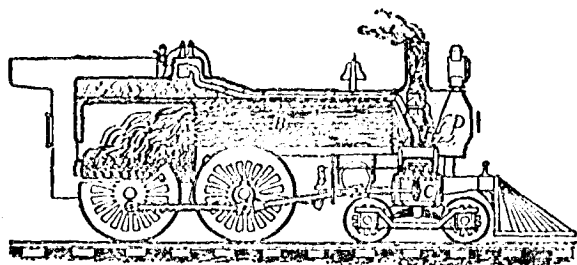
如第 199 圖, 即為普通蒸汽機的說明圖, 我們在小學自然教科書中已經詳細說過的. 現在再把牠大概的情形, 拿來重溫一次. 圖中 B 為鍋爐 Boiler, 鍋內裝



第 199 圖

水成汽,由 B 導管流入 V 汽室 Steam chest,再經 N 通路,流入 C 圓筒 Cylinder 中,就以牠的壓力推動活

塞 Piston, 令向左移動,同時 R 連桿 Driving rod 也隨着向左移動,而連於 E 偏心輪的 R' 連桿,就把節制活瓣 V 推向右方.當活瓣推到右端時,則通路 N 閉,而通路 M 開,水蒸氣就由 M 通路流入 C 圓筒內,就把活塞推向右方.右方無用的蒸汽,由 W 排氣管 Exhaust pipe 流入 Q 凝結器 Condenser, 凝結成水,再供 B 鍋爐的應用.同時由 T 管通入冷水,令 Q 凝結器中,一部蒸氣凝結成爲真空,以便無用的蒸汽,易於排出.如此循環不絕,即可使機械的輪軸旋轉,以成種種工作.但因蒸汽發生的壓力,時快時慢,速度變化無常,故於總軸上,特配以很重大的 F 飛輪 Fly-wheel. 利用飛輪迴轉的慣性,可以使機械上的轉動速度,整齊劃一,如第 200 圖



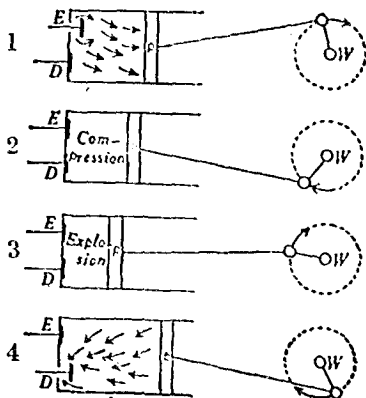
第 200 圖

爲一火車
頭的縱斷
面，B 爲管
形鍋爐，C
爲圓筒，D
爲灰塵室，

火焰由 F 突入 D 室內，能令 D 室一部成爲真空，故空氣容易流通，燃燒更覺盛旺。

氣燃機係用氣油等蒸氣和空氣的混合物，壓入帶活塞的圓筒中，這種混合物氣體，倘引以火點，即全體爆發，體積膨漲，壓力極大，能將活塞推動，因牠不要鍋爐的，所以很輕便，飛機，飛機和自動車上最適宜裝置氣燃機。

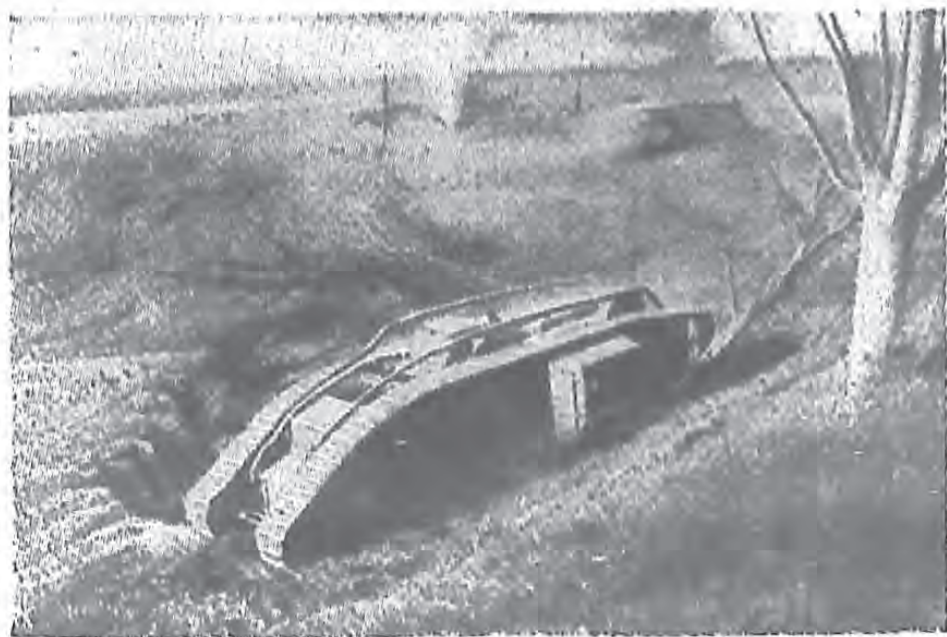
氣燃機動作的次序，可分爲四部分說明，如第201圖(1)先用人力，轉動輪軸，抽出活塞，使混合氣體由 E 口吸入圓筒內，(2)將活塞壓入圓筒內，斷絕氣體



第 201 圖

的來路。(3)由外面通以電火花,令壓縮的氣體,突然爆發,以推出活塞。(4)更將活塞壓入,使圓筒內的廢氣,由D口逐出筒外。這四步動作,輪流不絕,機軸即隨着運動。但初時應先用人力轉動,以後即自能旋轉不息。戰時用的鐵甲車和坦克車 Tank, (也叫陸戰艦 Land battle-ship),即以氣燃機做發動機,為防禦機關槍和做衝鋒用的利器。車身包以厚鋼皮,車兩旁圍有鋼製的環鍊兩條,

車體得隨環鍊前進。車內可裝機關槍或三英寸口徑的迫擊砲。



第 202 圖

進行速度

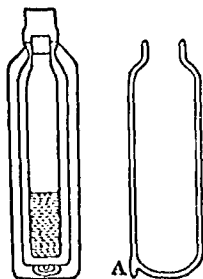
可追上馬隊,能行崎嶇的道路,高峻的山嶺,越溝渡濠,超涉荆棘,如履平地,如第 202 圖所示。最近日本侵佔我國東北數省和襲擊上海時,均用坦克車來衝鋒,我國軍奮勇禦敵,捕獲坦克車很多。

1. 樓窗外邊裝上鐵絲網,可以避免火災,這是甚麼緣故?

2. 在同一室內,以手觸木器和金屬物,爲甚麼要有冷暖的感覺?

3. 將香點着,放在木板上,可以繼續燃點,若放在鐵片上,即自行熄滅,這是甚麼緣故呢?

4. 如第 203 圖,把玻璃瓶中間的空氣由 A 口抽出去,瓶內盛熱水可以保溫,盛冷水可以保寒,問是何道理?



第 203 圖

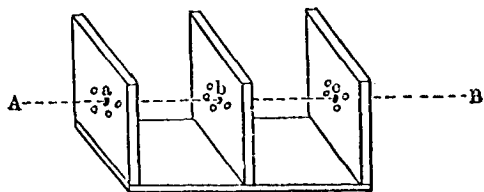
5. 說明我們家裏飯竈的構造,他是根據甚麼原則的?

6. 我們怎樣可以說明:“蒸汽機的發動力,就是太陽熱力的變相”?

第六章 太陽(下)——太陽和光

49. 光和輻射熱相似,取直線方向而進行的 光常伴着熱,不以物質為媒介,直接由太陽上射到地球.牠進行的路徑,恰成為直線,就叫做光線 Light ray. 由窗孔或屋頂射進來的光線,看牠通路間的飛塵,總是排成一條直線.我們非把眼睛對準着這直線,決不能由同一窗孔中或屋漏處,看見天日.由實驗方面,也很容易證明光線是直進的:

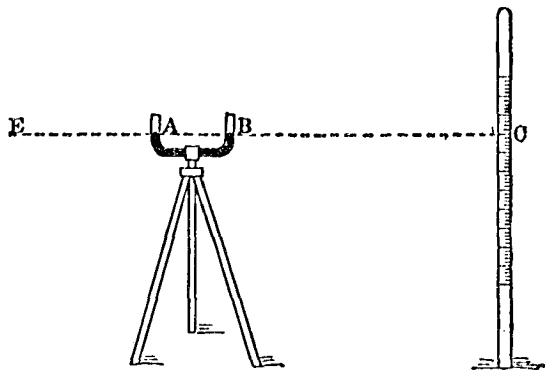
實驗一一○ 如第 204 圖,用薄木板(或金屬片)製成一儀器,在三個直立板上,鑿有 a, b, c 三個同在一直線的小孔,並於 a 孔和 b 孔旁,隨意鑿幾個小孔.試用這儀器,對着光處,祇能在沿 abc 直線上,纔可以在 A 處看見 B



第 204 圖

處的光線（或物體），於其餘各小孔上，均無所見。

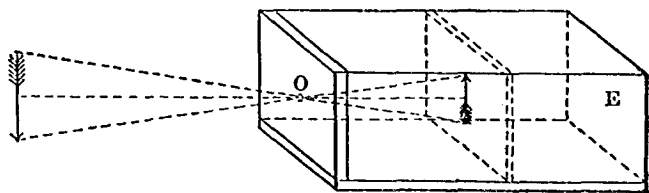
實驗一一一 如第 205 圖，用水準器測量地面
的高低，眼
在 E 點，看
過 A, B 點
到 O 點，則
E A B O
必成爲一
直線（而
且成水平



第 205 圖

線)，也是利用光線直進的原理。

實驗一一二 用木板製一高闊各五寸，長一尺
二寸的箱子，中間六寸處，插入一玻璃片，片上貼以
用油塗濕的白紙，箱前開一小孔 O，箱後不用木板
封着，試將 O 孔對着實物，人在後面 E 處，用黑布將



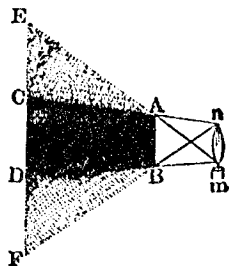
第 206 圖

頭蒙住,取得恰當位置時,即見箱內玻片上,現有實物的倒像,如第 206 圖所示。

由上述實驗,足證光線是循直線進行的。倘若於光線進程中,放有不透明的物體,那光線遮斷的部分,即生成黑影。如人行於太陽下,地上即現人影;早晚正午,影的長短和位置各不相同,也很可以說明日光直射的情形呢。

平常由燈光所成的影 Shadow, 可分為濃淡二層,完全不見光的部分,叫做本影 Umbra, 有一部分見光的,叫做半影 Penumbra。

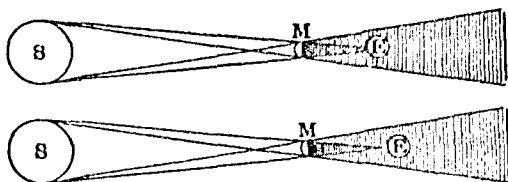
實驗一一三 於暗室內(夜間),將 $m n$ 蠟燭點着,放置於 $A B$ 物體前,物體後放一屏風,如第 207 圖。屏風上的物影,顯分為兩層,內層暗黑,毫無直照的燭光,如 $C D$,即為本影。外層黑色較淡,因受一部分的直照燭光,如 $E F$,即是半影。



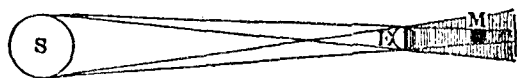
第 207 圖

又自然界中的日蝕月蝕,也是由於和上實驗情形相似而發現的,如第 208 圖,若月亮在太陽和地球的中間,而且同在一直線上,即發生日蝕 Solar eclipse 的

現象；因為住在地球上的人們，受月亮本影或半影的阻礙，或全看不見太陽，或祇能看見太陽的一部分，又如第 209 圖，若



第 208 圖



第 209 圖

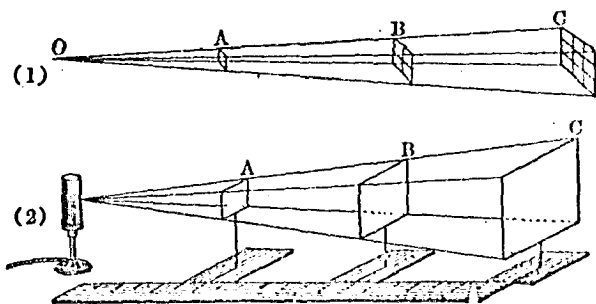
地球在太陽和月亮的中間，而且同在一直線上，即發生月蝕 Lunar colipso 的現象；因為月亮在地球本影或半影的內部，住在地球上的人們，或祇能看見月亮的一部，或全部都不看見牠。

50. 太陽光和燈光的比較 太陽光為人類已知諸光中的最強者，白天點燈，燈淡而無光，若在黑夜，則燈光照耀，滿室輝煌，月光星光也遠不如日光，所以白天看不見衆星，就是早上和晚間的月亮，也不見得光明，就以燈而言，菜油燈不如蠟燭燈的光明，蠟燭燈也不如煤油燈，砂罩燈的光明，就同用一盞燈，離燈距離近些比距離遠些，較為明亮，由實際上經驗說起來，光的強弱，第一和發光體有關係，如太陽，油燈，電燈的光

源,原各自有強弱的分別;第二和隔開發光體的距離有關係,如離燈一尺和離燈一丈,光線就有很顯明的強弱差別.

物理學上為解決第二個問題,就定出物體單位面積(一平方公分(1cm^2))上,所受光的強弱,叫做光度 Illuminating power. 光度和隔開發光體的距離的關係,可用下述的模型來說明的:

如第 210 圖的(1),用銅絲(或竹條)做一尖方椎形. O A, A B, B C 的長各為一尺,假若定 A 的面積為



第 210 圖

單位(假如 16 平方寸),則 B 的面積適為 A 的四倍(即 $4 \times 16 = 64$ 平方寸);C 的面積恰等於 A 的九倍(即 $9 \times 16 = 144$ 平方寸).這種幾何模型,恰和光線進行的情形相同,如同圖的(2).若放置蠟燭於 O 點,由 O 點發出光來,這些光線前進至 A 點時,即以物體 A 而

積遮斷牠，則 A 面積上就受到相當的光度，可命這光度為 1。若將 A 取去，光線得進至 B 點，再以 B 面遮斷牠，光線就平均分配於 B 上，這時 B 上的光度，即自 A 上傳來的，B 面積為 A 面積的四倍，所以 B 上的光度，也祇有 A 的四分之一了，依同理，C 上的光度祇有 A 上的九分之一，總結起來，我們得到：

$$\text{距離} = 1 \quad \text{光度} = 1,$$

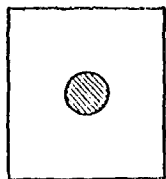
$$\text{距離} = 2 \quad \text{光度} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2^2},$$

$$\text{距離} = 3 \quad \text{光度} = \frac{1}{9} = \frac{1}{3^2}.$$

因此，我們得到一個結論：『光度和距離的平方成反比例』，這個結論，就叫做光度定律 Law of intensity of light.

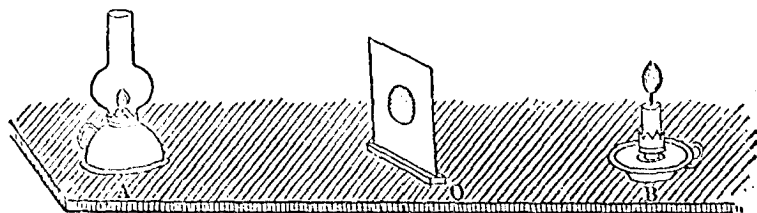
為解決第一個問題，就定出一種標準蠟燭，這標準蠟燭以鯨蠟油製成，直徑定為 2.2cm (合 $\frac{7}{8}$ 英寸)，每點鐘能點去蠟油 7.776gm (合 120 英釐)，以標準蠟燭所發的光，作為光的單位，叫做燭光 Candle power. 平常實用的電燈為十六燭光，更強者為二十五燭光，五十燭光，一百燭光，五百燭光，近來有增至一千二百燭光以上者。

51. 燭光的測定法 取白紙一張，中央以菜油滴濕一小點，如第 211 圖。試把這紙當日光透視，則見油點呈透明的白色，若在日光同方面觀察，則見油點呈暗灰色，取這紙在室中，向光方面，常呈暗灰色，背光方面，呈淡白色。若移到室中兩方光度相等的地方，紙面上的油痕，即不易看見。利用這個現象，我們就可以測定發光體的燭光。



第 211 圖

實驗一一四 如欲測定煤油燈的燭光，就可在暗室內（或夜間），把煤油燈點着，再取標準蠟燭一支（亦可用普通洋蠟燭），點着後，放置於中央滴有油點的白紙屏風一邊，如第 212 圖的排列。移動屏風，令屏風上的油點，無論在何方觀察，濃淡程度恰相等時為止。次再測量 OA 和 OB 的距離。若 OA 等於一尺八寸， OB 等於一尺二寸，標準蠟



第 212 圖

燭的燭光爲 1, 牠分配於屏風上的光度, 當爲 $\frac{1}{OB^2}$; 煤油燈的燭光爲 X, 這燈分配於屏風上的光度, 當爲 $\frac{X}{OA^2}$. 但屏風上兩邊的光度相等, 所以

$$\frac{X}{OA^2} = \frac{1}{OB^2}$$

$$\begin{aligned} \therefore X &= \frac{OA^2}{OB^2} = \frac{(1.8)^2}{(1.2)^2} \\ &= 2.25 \text{ 燭光.} \end{aligned}$$

上述實驗的裝置, 叫做光度表 Photometer. 祇要求得 O A 和 O B 的距離, 即可按公式, 以求得某種發光體的燭光.

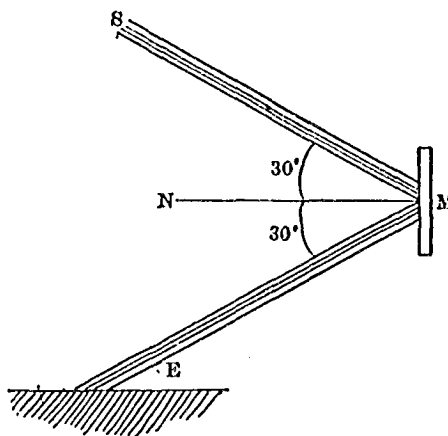
習 題

1. 你們還有甚麼簡便的方法, 可以證明光線是直進的?

2. 月亮爲甚麼有“盈虧圓缺”的變化, 請作圖表明牠的情形.

3. 光度表的裝置, 是根據光度定律的, 請再詳細解釋牠.

52. 太陽光線的反射情形 取一平面鏡, 對着太陽光, 就能將光反射到別一方向去, 如第 213 圖, S 爲由太陽發來的平行光線, M 爲平面鏡, E 爲平面鏡上

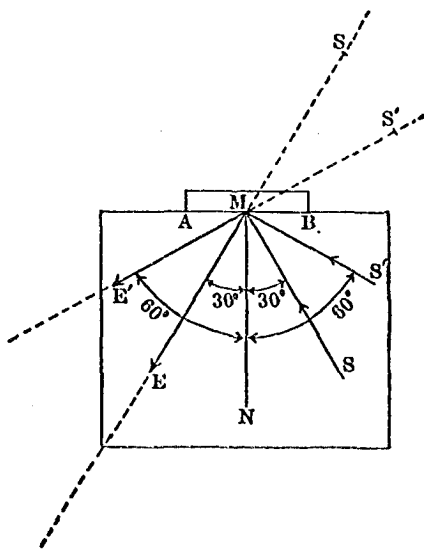


第 213 圖

反射的光線， N 為連於平面鏡上與鏡面垂直的銅絲，無論我們怎樣移動平面鏡，太陽光線 S 和 N 所成的角 $\angle SMN$ ，必和反射光線 E 和 N 所成的角 $\angle NME$ 相等。

實驗一一五

取大圖畫紙一張，於紙邊畫一 AB 直線，與 AB 垂直畫一 MN 垂線，與 MN 成 30 度角，畫 SM 和 EM 二直線；又成 60 度角畫 $S'M$ 和 $E'M$ 二直線，將這紙平置桌面上，把平面鏡沿



第 214 圖

若 A B 線直立於桌面,這時如放一小物體於 S 點上,我們的眼沿着 E M 線,可以看見 S 物體,如同在鏡後 E M 的延長線上,如第 214 圖,這就因為由 S 物體上的光線,沿着 S M 的方向,射到 A B 鏡面的 M 點,再由 M 點向着 M E 的方向而反射,因之得

$$\angle S M N = \angle E M N.$$

若將物體移置 S' 點上,我們的眼沿着 E' M 線,可以看見 S' 物體,如同放在鏡後 E' M 的延長線上,也得

$$\angle S' M N = \angle E' M N.$$

上述實驗中 S M (或 S' M) 為原來射入的光線,叫做投射線 Incident ray, E M (或 E' M) 為反射而回的光線,叫做反射線 Reflected ray, M 點叫做投射點 Point of incidence, M N 和鏡面成直角的,叫做法線 Normal, 投射線和法線所夾的角,叫做投射角 Angle of incidence, 如 $\angle S M N$ 或 $\angle S' M N$; 而反射線和法線所夾的角,叫做反射角 Angle of reflection, 如 $\angle E M N$ 或 $\angle E' M N$, 把這些名詞代入上述實驗的情形中,就得到二條結論:

(一) 投射線和反射線分在法線的兩側,且和法線在一平面內;

(二) 投射角等於反射角.

這兩條結論,就叫做光的反射定律 Law of reflection of light.

普通物體的表面,並不是平面的,多是凹凸形的,所以投射的太陽光線,雖是平行,而反射線卻甚雜亂無章,因此我們無論在甚麼方向,都可以看得見這物體,如第 215 圖所示,就叫作

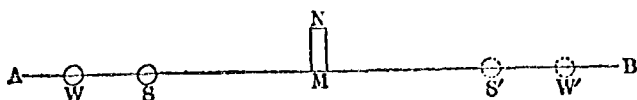


第 215 圖

亂反射 Irregular reflection. 倘若物體的表面過於平滑,那非在一定的方向,纔可以看得見這物體,如同黑板過於平滑,我們坐在講室內,往往一部分是看不清楚的。

53. 平面鏡由反射成像的實驗和作圖 取一平面鏡,照着自己的指頭,仔細來觀察,就覺得鏡裏面像(不能叫做他是影)的大小,恰和指頭相同,像距鏡面的距離,也和指頭距鏡面相等,這不過是我們的感覺,究竟事實上相符與否,請看下述實驗:

實驗一一六 在講桌上畫一 A B 直線,長約二公尺,於中點 M 上,直立一平面方鏡 M N,取同大的粉筆二枝,一枝立於鏡前 W 點,同時看見鏡內的 W'

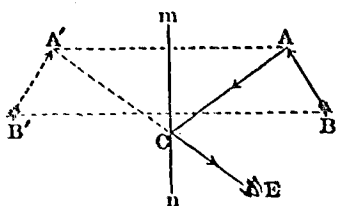


第 216 圖

像就沿着鏡邊直線，將一粉筆立於 W' 點，令像和實物恰相符合，再測 WM 和 $W'M$ 的距離，也恰相等。若將鏡前的粉筆移到 S 點，則鏡後的粉筆亦必移在 S' 點上，方可使像和實物相合，再測量 SM 和 $S'M$ 的距離，也恰相等。

由上述實驗，足證平面鏡所成的像和實物同大；像離鏡後的距離，也和實物在鏡前的距離相等。不過這像不是實有的，所以叫做虛像 Virtual image。

由平面鏡所成的虛像，除實驗外，也可按光線反射定律，由幾何作圖法，繪出牠的圖形，如第 217 圖。 mn 為平面鏡， AB 為物體，由 A 點上隨意引一 AC 投射線，按反射定律，可以畫出 CE 反射線，再將這反射線，



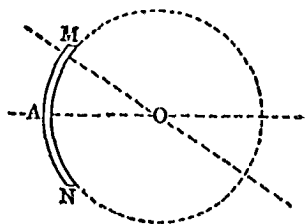
第 217 圖

向鏡後作虛線延長牠，又自 A 點向鏡面 mn 作一垂直線，令與 CE 延長線交於 A' ， A' 點即為 A 的虛像，依同理再求出 B' ，連結

A'B', 即為所求的 A B 的虛像。

54. 球面鏡反射成像的實驗和作圖 取球面的一

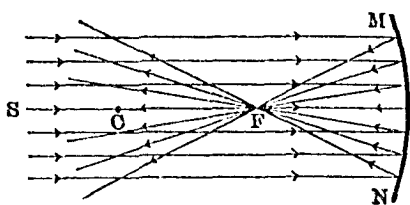
一部分,磨成反射鏡的,叫做球面鏡 Spherical mirror. 磨平裏面的,叫做凹面鏡 Concave mirror; 磨平外面的,叫做凸面鏡 Convex mirror. 如第 218



第 218 圖

圖,用右面的為凹面鏡,用左面的為凸面鏡.鏡面的中點為 A,球的中心為 O,OA 的連結線,叫做主軸 Principal axis; 別的通過球心 O 點的直線,叫做副軸.

實驗一一七 取一凹面鏡 MN,向着太陽,使主



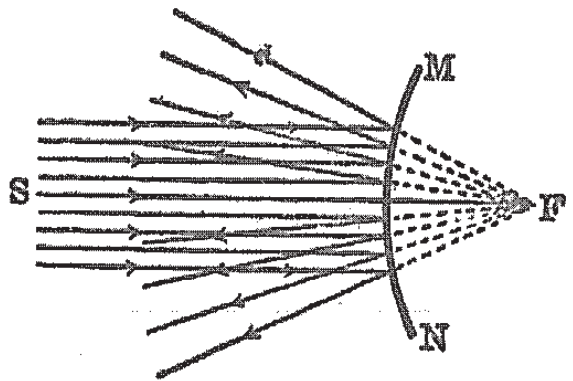
第 219 圖

軸和太陽光線平行,如第 219 圖,試用小紙片在鏡前球心 C 以內移動,移到一定處所時,即見光線聚

集於紙片上的一點 F.如放一根火柴頭於這點上,即能燃着.

實驗一一八 取一凸面鏡 MN,向着太陽,使主

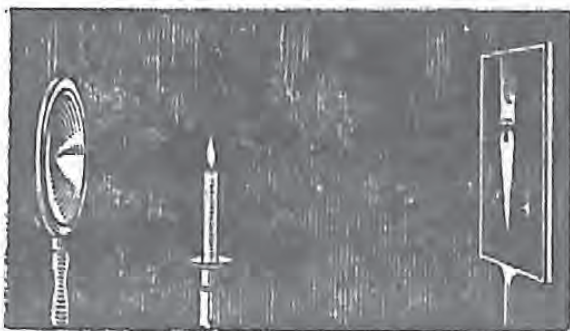
軸和太陽光線平行,如第 220 圖,好像太陽光聚集於鏡後的一點 F ,光耀奪目,不可直視,實際上太陽光決不能射到鏡後,故這一點為虛像,非實像。



第 220 圖

上圖中,凡和凹面鏡主軸平行的光線,自鏡面反射後,均當通過一公共點 F ,這點就叫做凹面鏡的主焦點 Principal focus. 平行凸面鏡主軸的光線,自鏡面反射後,即向四方分散,但得延長各線,使交於鏡後的一點,這點並非光線實際上的聚集點,因叫做凸面鏡的虛焦點 Virtual focus.

實驗一一九 於暗室內(或夜間),將蠟燭置於凹面鏡前,且時時移動蠟燭的位置,如第 221 圖



第 221 圖

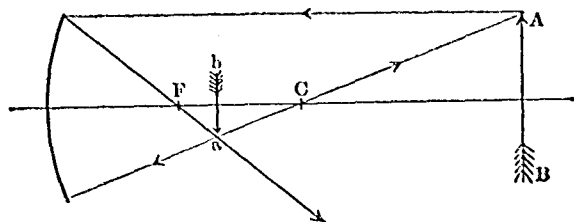
所示,有時燭像生於屏風上,而為倒的實像;有時移到鏡後去,而為直立的虛像。次易以凸面鏡,再如法實驗之,將實驗的情形和

結果,記錄如下表:

實物位置		像	比實物大小	在鏡前後	虛實正倒
凹 面 鏡	球心外		小	前	倒立實像
	球心和 焦點間		大	前	倒立實像
	焦點內		大	後	直立虛像
凸面鏡			小	後	倒立虛像

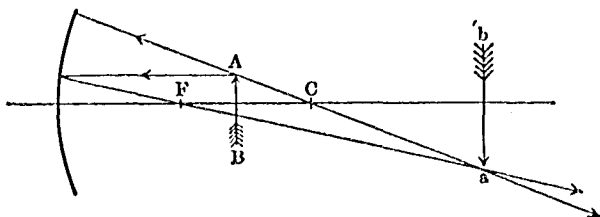
據上表中的情形,也可由幾何作圖法,求出牠的圖形,作圖時,祇要注意三點,即可胸有成竹,第一,和主軸平行的投射線,反射以後,當通過主焦點;第二,通過球心的投射線,反射以後,仍由原路而回;第三,這兩條反射線,必交於一點,在原線上為實像(即在鏡前),在延長線上為虛像(即在鏡後),若把求得的各點連絡成線,即得物像。

(一) 實物在凹面鏡的球心以外:



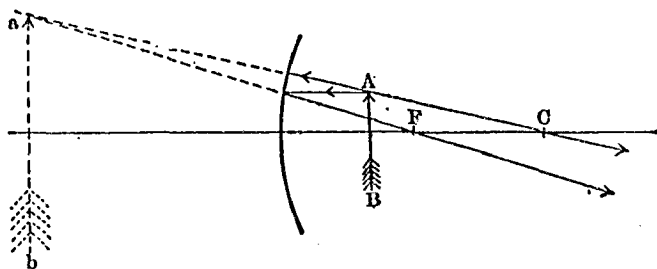
第 222 圖

(二) 實物在凹面鏡的球心和焦點間:



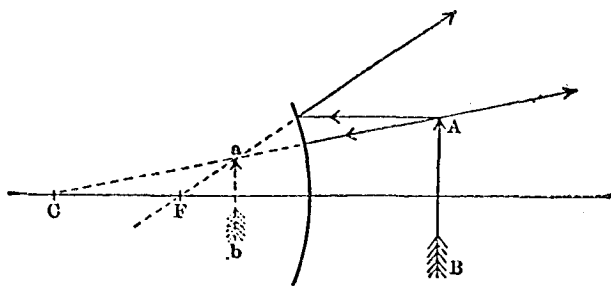
第 223 圖

(三) 實物在凹面鏡的焦點以內:



第 221 圖

(四) 實物在凸面鏡前:



第 225 圖

55. 光線投入水內的情形 將湯匙斜插入盛水的玻璃杯中,如第226圖,從杯旁觀察,好像匙柄折成兩段,推究這緣故,因為光線入水後即行改變方向,不循原直線前進的緣故。



第 226 圖

實驗一二〇 取銅圓一枚,放置一空磁杯中,準對視線,至不能看見銅圓的沿邊爲



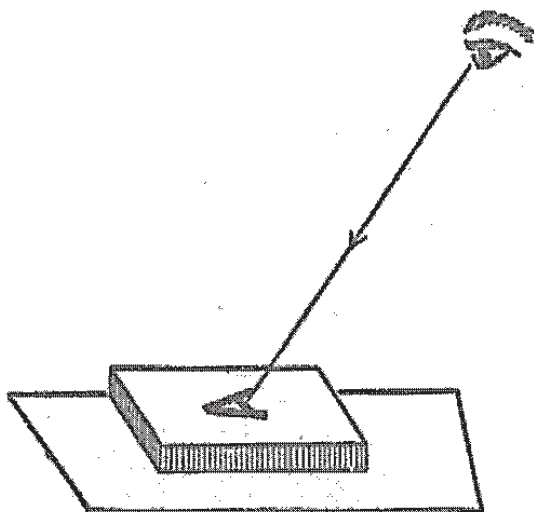
第 227 圖

止,再注水於杯內,如第 227 圖,人仍在原處觀察銅圓,即見銅圓浮起,得見全體。

實驗一二一 於磁杯中,

易以酒精或煤油(菜油),結果亦同。

實驗一二二 取厚玻璃板一方,放置於有字的白紙上,人自玻璃板上斜向觀察,如第 228 圖,即覺字跡浮起(如無厚玻璃板時,



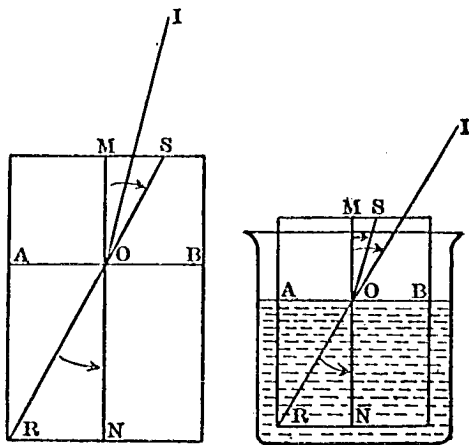
第 228 圖

可用冰塊或三稜鏡替代)。

光線在空氣中進行時,空氣就叫做光的媒質,在水,酒精,油或玻璃中進行時,水,酒精,油或玻璃也叫做媒質,由上述各實驗的結果,我們可以知道:光線由一媒質(如空氣)射入他媒質(如水,酒精,玻璃)時,必改變牠進行的方向,這種現象,叫做光的屈折 Refraction of light.

光線如由空氣入水,是怎樣的屈折法? 這問題很有趣而且很重要的,我們可以用實驗來解決牠:

實驗一二三 取薄木板一片,闊 8 cm, 高 12 cm, 於板的上部,畫一水平線 A B,並於 A B 線的中點 O,畫一垂直線 M N,通過 O 點,再畫一直線 R S,令 $\angle R O N$ 或 $\angle M O S$ 等於 30° 或 40° 再以細銅絲 OI,連於 O 點,



第 229 圖

O I 得以 O 爲圓心,隨意旋轉,當實驗前,先將 O I 疊於 O S 上, A B 爲水平線, M N 爲法線, O I 爲投射線, O R 爲屈折線,實驗時,即將這木板插入玻璃杯中,注水於杯,令水平面和 A B 線相齊,即見 O R 和 O I (即和 O S 相疊),不成一直線,這時移動 O I,令和 O R 連成一直線,如第 229 圖,則 $\angle M O I$ 大於 $\angle R O N$ (或 $\angle M O S$),是即光線以 $\angle I O M$ 由空氣投入水面,入水後即改變爲 $\angle R O N$ (縮小的).若光線在水中以 $\angle R O N$ 投入水面,出水後即改變爲 $\angle I O M$ (放大的),這實驗時,杯中若代以酒精,則 $\angle I O M$ 更覺放大.

由上述實驗的結果,我們可以歸結到兩條綱要:

(一) 投射線和屈折線在法線的兩側,這三線且同在一平面上.

(二) 光線由空氣(物理學上說牠是疏媒質)入水或酒精等(密媒質),屈折角($\angle R O N$)比投射角($\angle I O M$)小;由密媒質入疏媒質,屈折角($\angle I O M$)比投射角($\angle R O N$)大.

這兩條綱要,物理學上叫牠光的屈折定律 Law of refraction of light.

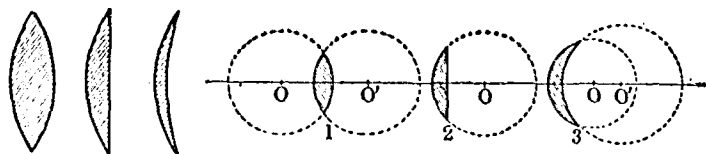
習題

1. 盛水於長玻璃筒內,眼自筒口直視筒底,似覺筒底浮起,這是甚麼理由?

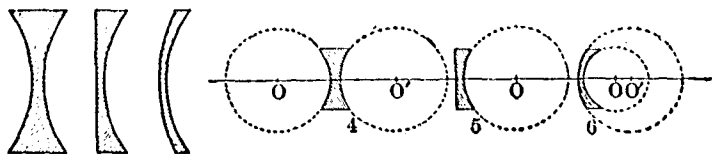
2. 夜間的星光,常見搖動閃爍,問是甚麼原因?

3. 試說明海市蜃樓的成因,並繪畫牠的情形。

56. 玻璃屈折性的利用 水,酒精,玻璃,水晶等物質,都是光的密媒質,我們都可以利用牠,使生成光的屈折現象,中國古代就有人知道用冰塊對着太陽,可以取火的情形;用水晶爲眼鏡,那是很普通的事情了。不過玻璃製造,在近代最爲發達,故玻璃屈折性的利用,也就特別宏大,如眼鏡片等,兩面或凹或凸,在物理學上,統叫做透鏡 Lens。中央厚的,如第 230 圖所示,統叫做凸透鏡 Convex lens。中央薄的,如第 231 圖所示,



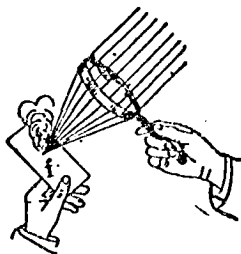
第 230 圖



第 231 圖

統叫做凹透鏡 Concavo lens. 通過球心和鏡面成垂直的直線,叫做透鏡的主軸.

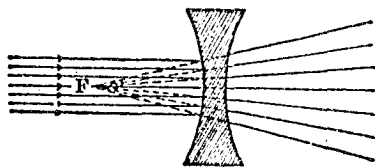
實驗一二四 取凸透鏡一面,在日光下將主軸



第 232 圖

和太陽光線平行,如第 232 圖,太陽光線通過透鏡,能集聚在一點上(如圖的 f).若用紙片或火柴頭,放置於這點上,即能自行燃燒,次將鏡面反轉,亦能集聚光線於一點上.

實驗一二五 取凹透鏡一面,將主軸和太陽光線平行,太陽光線通過透鏡後,即向四方分散,不能如凸透鏡的集中光線於一點.



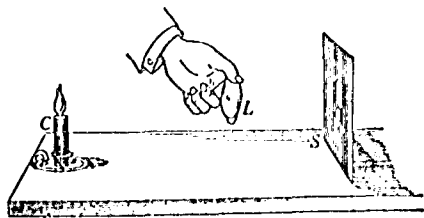
第 233 圖

但在理想上,如第233

圖,倘將分散光線延長到鏡後去,也可得一虛焦點.據上述實驗,和透鏡平行的光線,射到凸透鏡上,能聚集光線於一點,這點叫做凸透鏡的主焦點,由這點到鏡面的距離,叫做焦點距離.若在凹透鏡上,祇有虛焦點,不能生實焦點.

57. 透鏡成像的實驗和作圖 光線通過透鏡,因屈折的關係,也能生成物像,試分別實驗如下:

實驗一二六 在暗室內(或夜間),如第 234 圖,用凸透鏡 L 移動於燭火 C 和屏風 S 的中間,因燭火距離透鏡的情形不同,見屏風上



第 234 圖

有時倒立燭像,或大或小,有時祇可自鏡內,望見在燭火的同側呈有較大的燭像。

若換以凹透鏡,照前實驗,屏風上均無燭像,但見凹透鏡內面,和燭火同側,現有較小的燭像,像能落在屏風上,都算是實的;若祇能自鏡中望見的,都算是虛的。各次實驗時的情形和結果,分別記錄於下表:

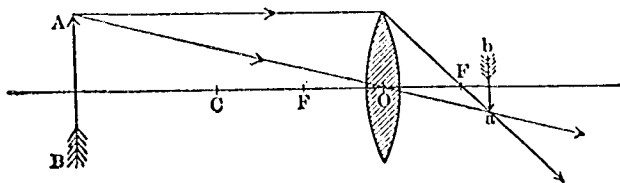
實物位置		像	比實物 大 小	在鏡內外	虛實正倒
凸 透 鏡	二倍焦距以外		小	外	倒立實像
	焦距以外二倍焦距以內		大	外	倒立實像
	焦距以內		大	內	直立虛像
凹透鏡			小	內	直立虛像

據上表的實驗記錄,也可由幾何作圖法,畫出相當的圖形,作圖時,應注意三點:

- (一) 和主軸平行的投射線,屈折後要通過主焦點;
- (二) 通過鏡心的投射線,仍為一直線而不屈折;
- (三) 二線或牠的延長線必交於一點;在原線上為實像;在延長線上為虛像。

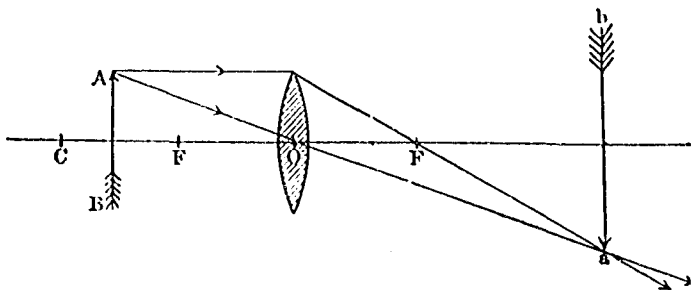
若把求得各點聯絡成線,即得物像。

(一) 實物在凸透鏡二倍焦點距離以外:



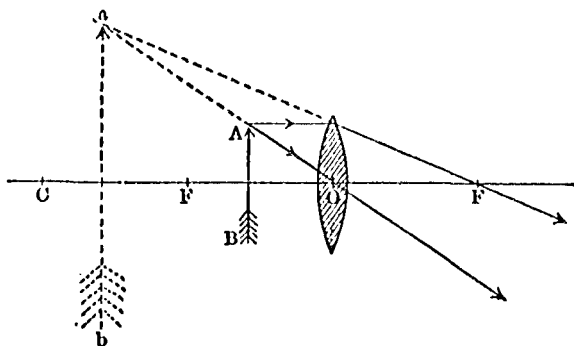
第 235 圖

(二) 實物在焦點距離以外,二倍焦點距離以內:



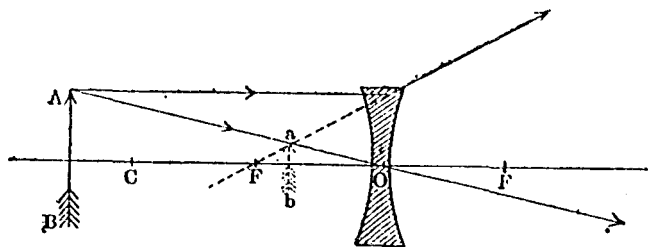
第 236 圖

(三) 實物在焦點距離以內:



第 237 圖

(四) 凹透鏡成像:



第 238 圖

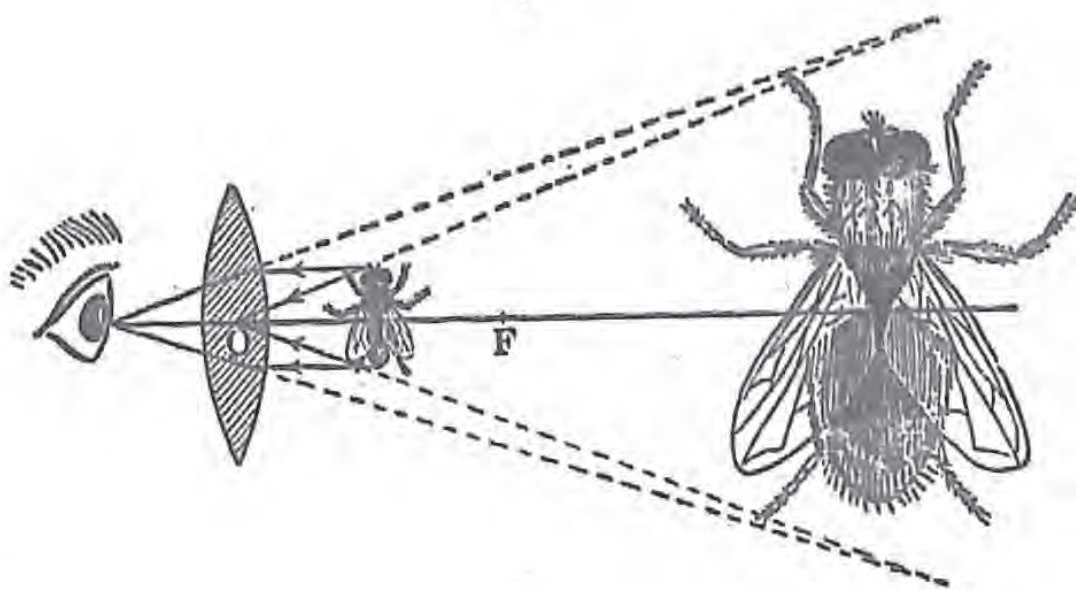
58. 透鏡的應用 透鏡實際上應用甚廣,如生物試驗用的放大鏡(如第 239 圖),就算是應用凸透鏡最簡單的器械了。我們在實驗室內,如果沒有放大鏡,也可以用老眼眼鏡片來替代,隔着鏡片,看書上的

字跡,就覺得放大了好些.用放大鏡看東西,實在和第 237 圖的情形相同.微小的物體,應該放置凸透鏡焦點距離以內,所以



第 239 圖

我們在鏡內,可以望見物體的放大虛像.如第 240 圖.

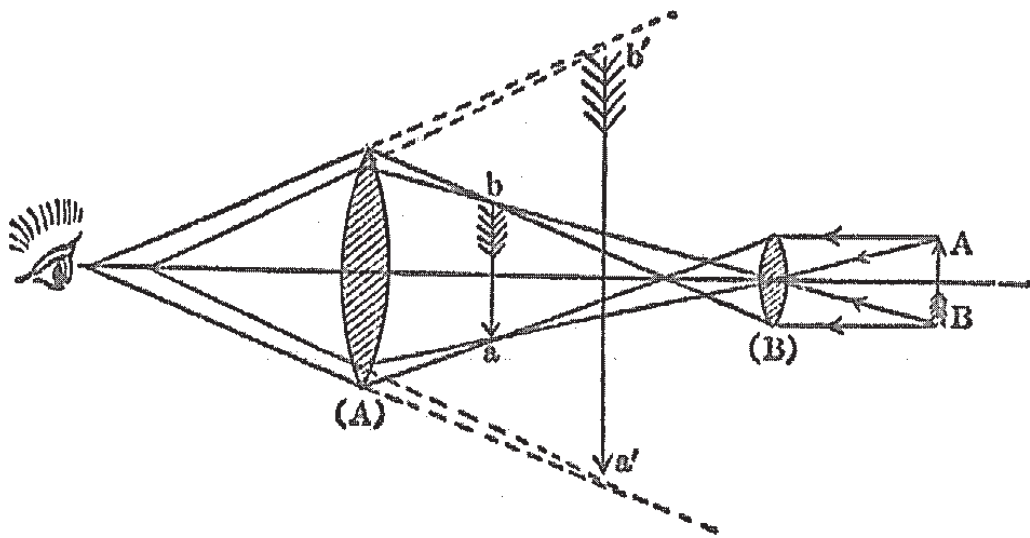


第 240 圖

實驗一二七 取老眼眼鏡片二枚 (可向眼鏡舖中購買),分裝於 A B 二圓筒上,如第 241 圖. B 筒插入 A 筒內 (筒長約五六寸),可以自由伸縮.試用 B 鏡對着近處的小物體,用



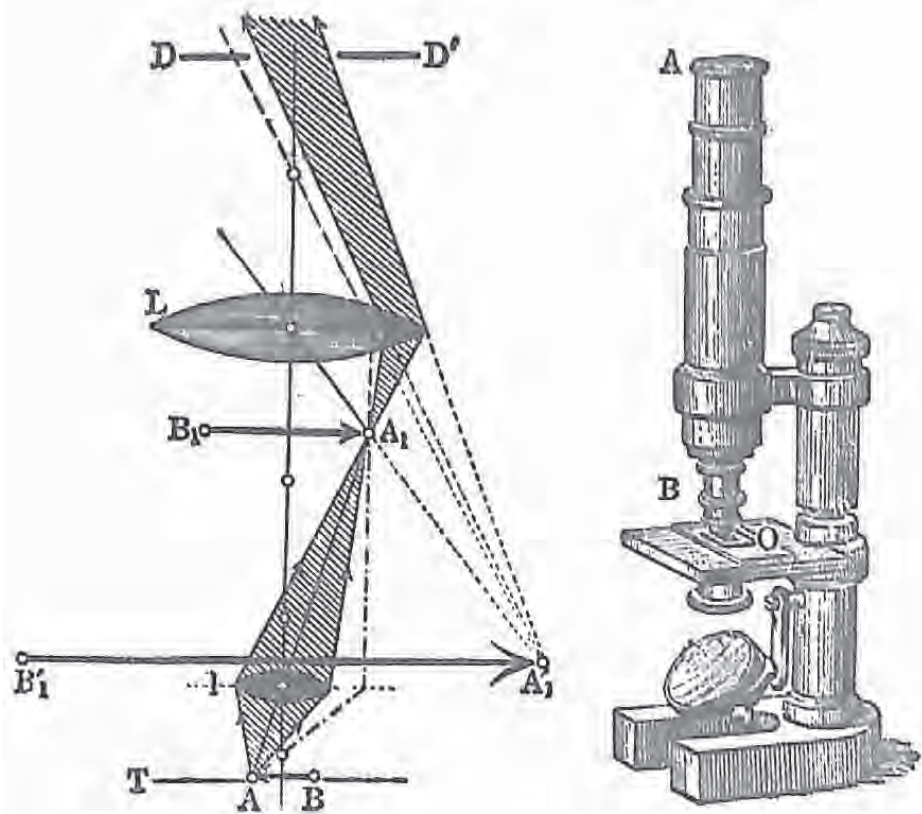
第 241 圖



第 242 圖

眼由 A 鏡中觀察,並伸縮兩圓筒,達到相當程度時,我們得望見小物體的放大形像,筒內成像的情形,如第 242 圖所示。

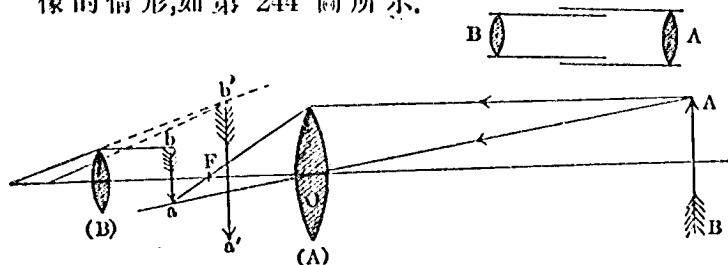
上述實驗的裝置,就和我們生物實驗用的顯微鏡 Microscope 相似。B 為物鏡 Objective,, A 為目鏡



第 243 圖

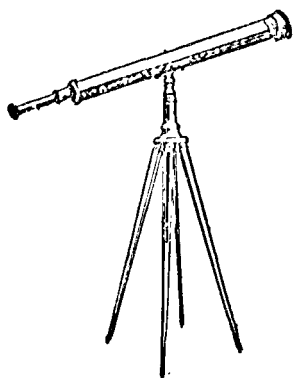
Eyepiece. 實用上的顯微鏡,如第 243 圖,正和上述的簡單裝置相同,先由物鏡生成的實像,再由目鏡放大為虛像,顯微鏡製造,近時進步很快,醫生用的,能放大至二千四百倍,鏡上各部附屬品甚多,各有各的用處,請各就校中所有的顯微鏡,細心研究牠各部分的功用。

實驗一二八 取上實驗用的 A B 圓筒,將 A 鏡對着遠處的物體,用眼在 B 鏡內觀察,並伸縮兩圓筒,達到適宜程度時,遠處物體如放在近處,筒內成像的情形,如第 244 圖所示。



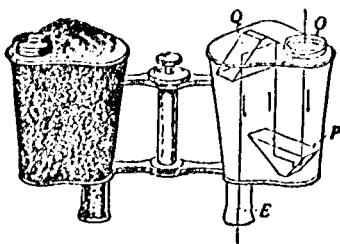
第 244 圖

上述實驗的裝置,就和望遠鏡 Telescope 相似,不過我們要知道:望遠鏡和顯微鏡有些不同,就是望遠鏡的物鏡甚大,焦點距離也大,目鏡甚小,焦點距離也小,如第 245 圖為天文望遠鏡,鏡中可見倒立的虛像,普通望遠鏡,如第 246 圖,但若仍生倒像,卻有些不便,所



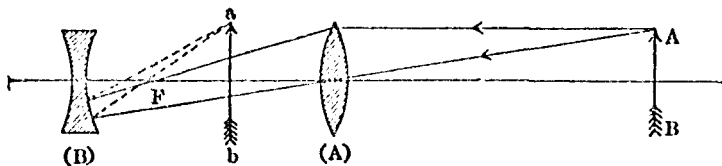
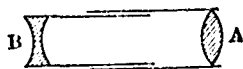
第 215 圖

以要設法把牠改作正像,和實物位置相符。



第 216 圖

實驗一二九 如第 247 圖,把 B 圓筒上,配以近眼眼鏡片,將 A 鏡對着遠處的物體,用眼在 B 鏡內觀察,伸縮圓筒,達到適當的時候,得見正立的虛像,如近在目前,筒內成像的情形,如同圖所示,即於光線通過物鏡 A,尚未成像前,就用凹透鏡,把光線折向外方,故自鏡內觀察,顯出直立的虛像。



第 247 圖

普通望遠鏡,即本上實驗的裝置,使物像正立,實用上纔覺方便。

59. 照相器和眼球 照相器 Photographic camera

為近世人類娛樂和實用上不可缺少的光學器械,外形構造,樣式甚多,如第248

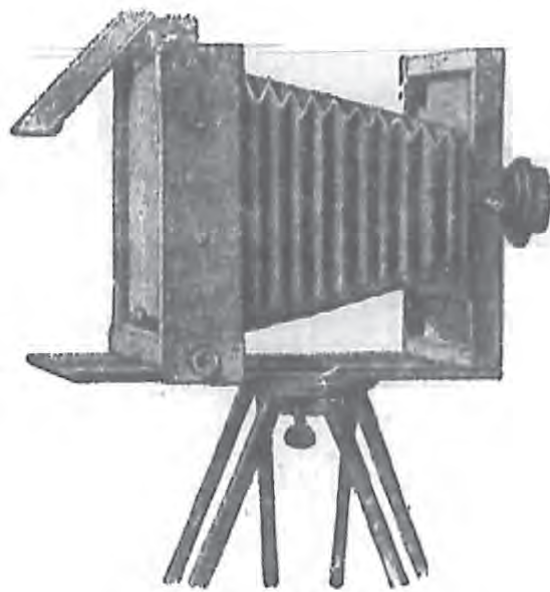
圖,即普通照相器的一種。

構造上的主要部分,為一能伸縮的軟皮(或漆布)

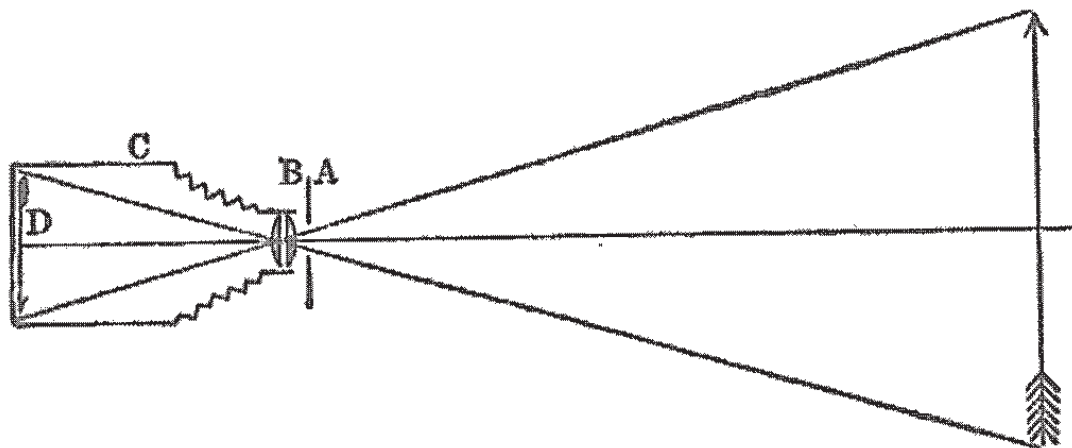
暗箱,前面裝有鏡頭(凸透鏡製成)

由物體發來的投射線,經過鏡頭而屈折,就生成倒立的實像於

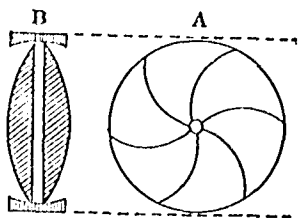
箱後毛玻片上,如第 249 圖,鏡頭 B 前,又裝有光圈 A (如第 250 圖),此圈的開孔可大可小,若光強時開



第 248 圖



第 249 圖

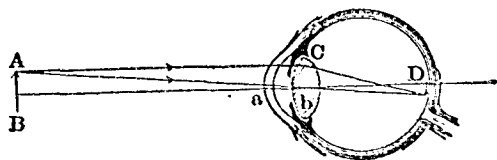


第 250 圖

小孔,光弱時開大孔。照相時,取去毛玻片,插入乾片或軟片於 D 處,因乾片或軟片上已塗有感光性的藥品(最通用的為溴化銀),一見光線,即起相當的變化,先用顯

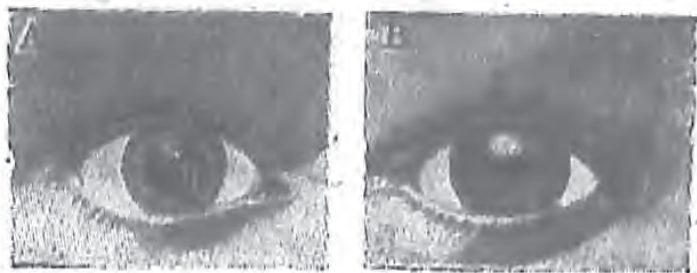
影藥水,次用定影藥水沖洗曬乾,即得陰片 Negative plate,再翻印於塗有感光性藥品的照相紙上,用定影藥水沖洗後,即成為普通照片。關於照相用乾片和照片上的各種變化,詳見化學中,茲不備述。

我們的眼球,簡直是一副很巧妙的小照相器,牠內部詳細的情形,請參考生理衛生學教科書,這裏恕不多說,現在祇把牠和照相器相似的情形,對照着比較一下,如第 251 圖,眼球的內部 C 和暗箱一樣,不過是不能伸縮的,因為要補救這個缺點,所以眼球內的水晶體 b (和鏡頭相當),是可以自由伸縮的,水晶體照着物體的遠近,伸縮



第 251 圖。

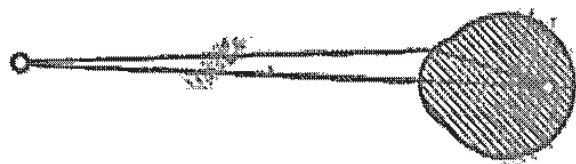
到適當的程度,使物像恰好映出於網膜 D 上 (和毛玻片,乾片相當),令視神經起感覺。水晶



第 252 圖

體外邊有虹彩組成的瞳孔,亦能自由收放,如第 252 圖的 A 為光弱時瞳孔放大的情形, B 為光強時縮小的情形,這正和照相器上的光圈相當。

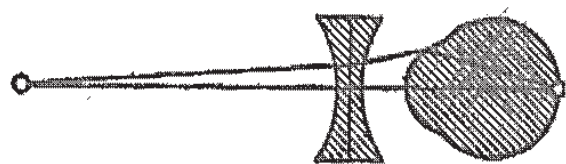
若我們時常低頭看書,致失了調節作用,水晶體的凸度過大,由遠處實物生成的倒像,落在網膜的前邊,



第 253 圖

不能明視,如第 253 圖,就叫做近視眼 *Shortsighted eye*.

患近視眼的可戴凹透鏡的眼鏡,以減小水晶體的凸度,

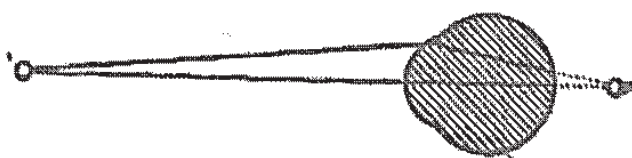


第 254 圖

使物像恰投於網膜上,如第 254 圖所示。

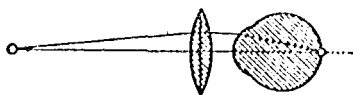
老年人往往水晶體過平,近處實物生成的倒像,落在網膜的後邊,也不能明視,如第 255 圖,就叫做遠視眼

Far-sighted eye. 患遠視眼的可戴凸透鏡的眼鏡,以增補水晶體的凸度,使



第 255 圖

物像恰投於網膜上,如第 256 圖。



第 256 圖

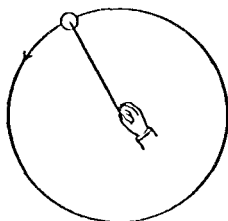
60. 光覺和電影機

物像對於視神經上所誘起的感覺(光覺),不能即刻消滅,大約可保持 $\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{4}$ 秒鐘。倘若於 $\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{4}$ 秒鐘內,連續加視神經以刺戟,視神經就不能判斷這刺戟的間斷情形。

實驗一三〇 取一橡皮球,用力向一方拋去,因為速度過大,我們祇看見皮球經過的路徑成一條曲線,卻不能判斷每一時間內,皮球所在的位置。

實驗一三一 手執教鞭,快快搖動,我們祇看見成一扇形,卻不能判別那時間教鞭到那一處。

實驗一三二 用線絡在木球上,將手執線的一端,快快的做圓形轉動,如第 257 圖,我們看去,祇見成一圓圈,卻不能判知木球在那一處。



第 257 圖

實驗一三三 如第 258 圖,將連續變化的種種畫條,放在旁邊開有多數直孔的旋轉筒內,將筒快快旋轉,我們由直孔中,得見各種連續動作,好像畫條上的東西是

動的。

活動電影,即根據前述實驗的原理而做的。先將藝員排演的戲情,用長條軟片,繼續攝成多數照片,即用特別照相機,以每秒鐘攝十餘次的速度,製成長片,如第 259



第 258 圖

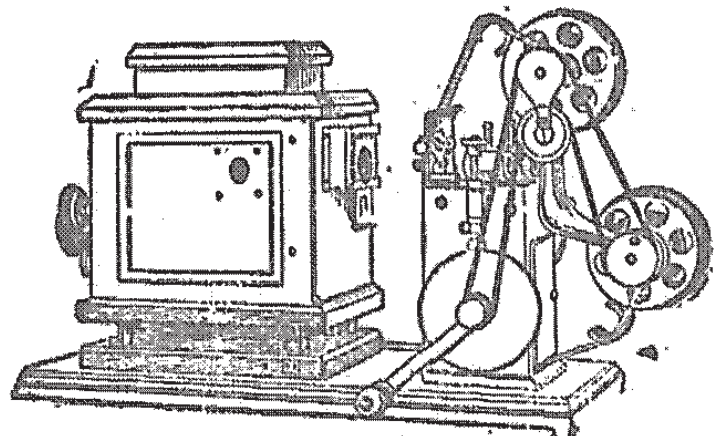


第 259 圖

圖所示,再用電影機,如第 260 圖,以相同的速度,連續將影片映出,就成爲電影 Cineograph.

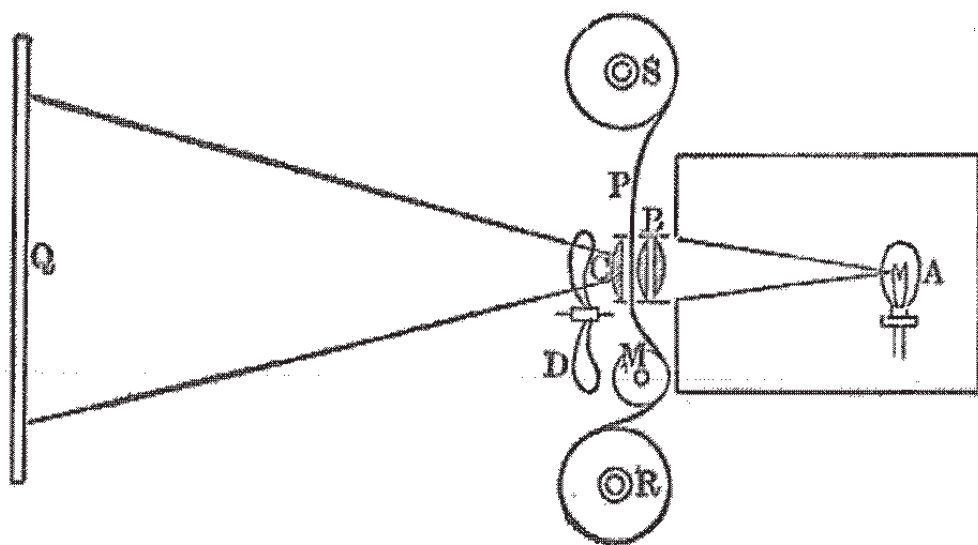
電影機的內

容構造,如第 261 圖所示,A 爲發光的電燈,B 爲凸透鏡所成的鏡頭,能將光線聚射在 P 影片上,長影片先捲於 S 盤上,由



第 260 圖

M 軸卷
轉動,使
再捲於
R 盤上,
光線再
通過凸
透鏡 C,

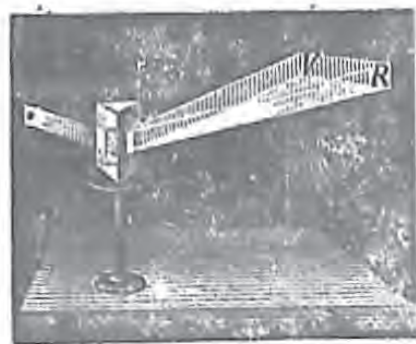


第 261 圖

就成像於銀幕 Q 上,但因影片不是連接的,每段交換的時間,即用葉片 D 截斷光線,故視覺上就覺有連續的動作,正和實驗一三三的情形相同。

61. 日光通過三稜鏡後的現象 三稜鏡能把白色的日光,分作紅橙黃綠青藍紫七種光線,我們在小學裏,都已知道的.現在我們把牠再溫習一次,更做進一層的研究.

實驗一三四 取三稜鏡一枚,放置檐下太陽光中,使通過三稜鏡後的光線,射到牆壁上,如第 262 圖,移動三稜鏡,使牆壁的七色光,達到顯明為止.再壁上貼白紙一張,以承受七色,可以仔細判別牠的



第 262 圖

色澤，試取溫度表一支，用墨塗黑牠的水銀球部，再將這表的黑部，分別放置於七色光上，先自紫色到紅色，常見溫度表移到紅色以外時，表上溫度升高最多；紫色部分溫度略無變化。

由上述實驗，日光通過三稜鏡，可分為七色光；這種光線分裂的現象，叫做光的分散 Dispersion of light。由分散所成的七色光圖，叫做太陽光帶 Solar spectrum。由上述實驗，知道紅色光以外，還有熱的作用。這熱就是輻射熱，牠和光線的性質很相似，所以叫牠做熱線 Thermal ray，也叫做紅外線 Infra-red ray。照相時或植物光化時，所必需的光線，卻在紫色以外，叫做紫外線 Ultra-violet ray。因此日光是很複雜的，我們可把牠分析如下圖：

熱 線 (紅外線)	紅色光線	橙色光線	黃色光線	綠色光線	青色光線	藍色光線	紫色光線	紫 外 線
--------------	------	------	------	------	------	------	------	-------

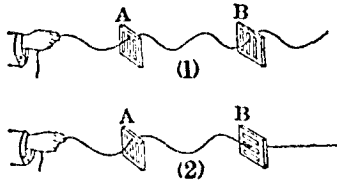
62. 熱線和光線的性質怎樣的呢 物理學家說：太陽上的熱和光，能經過真空達到地球，決不是以物質為媒介的，他們說牠賴以太為媒介，成波形傳到地球上來，以太是甚麼東西呢？以太不是實在的，是假

定的,好像宗教家假
定有天堂,天堂決沒
有的,可是宗教家很



第 263 圖

相信牠有的,不過科學家不像宗教家的專憑理想,卻
要兼顧事實的,物理學家說:宇宙間無論何處,都是充
滿着以太,熱和光就是以太振動所成的波;熱叫做熱
波,光叫做光波;並且不是疏密波,卻是高低波;牠的波
形如第 263 圖所示.

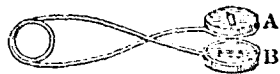


第 264 圖

倘若熱波光波真是如
此,那末牠可以通過兩個
相平行的格子,卻不能通
過兩個相垂直的格子呢.
如第 264 圖所示.

熱波光波是很小的,物理學家用電氣石 Tourmaline
的結晶體,做爲格子,以試驗光線,結果果然達到目的.

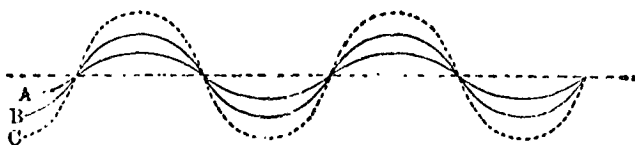
實驗一三五 試取電氣石缺一個,如第 265 圖,
將 A 疊於 B 上,對着日光,先令 A B 兩晶軸平行,日
光可以通過兩重晶軸格子,
所以透明,再將 A 旋轉 90°
角,令 A B 兩晶軸成垂直,日



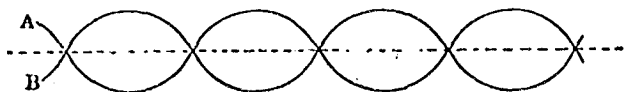
第 265 圖

光祇能通過一個晶軸格子,所以隔石望日,即覺黑暗。

假定光波真是高低波,那末兩波相遇,有時常相助以增強,越覺光明,如第 266 圖, A B 二波可以合成 C



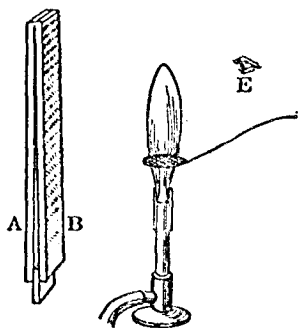
第 266 圖



第 267 圖

波; C 波的振幅大,故光強些,如第 267 圖, A B 二波,波由波谷,各相抵銷,故光波消滅,成爲黑色。

實驗一三六 取薄玻片二條,用線緊縛牠的上端,下端插入一薄紙片,令 A B 分開,如第 268 圖,在暗室內,用鐵絲網放食鹽數粒,插入燈焰內,令放出黃色火光,這時觀察玻片上,呈有無數黑白



第 268 圖

相間的條紋，極為美觀。

據上述實驗，可知光為高低波，所以投射波和反射波相遇，因玻片的斜度不同，或相助增強，或相反消滅，因成為黑白相間的條紋，物理學家實測各種光波的波長，得如下表：

紅色光	.....	0.000068 cm.
黃色光	.....	0.000053 cm.
青色光	.....	0.000052 cm.
藍色光	.....	0.000046 cm.
紫色光	.....	0.000042 cm.

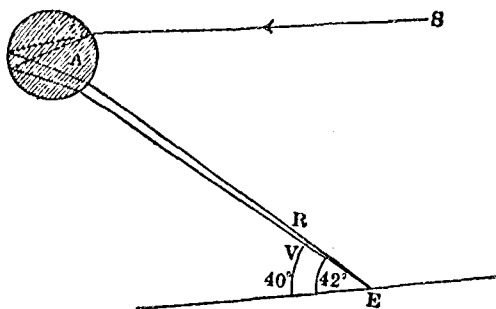
熱線的波長比 0.000068 cm. 為大，紫外線的波長比 0.000042 cm 為小。

63. 日光投射於小水點上的情形 當雨後天晴的時候，空中滿積着浮游的小水點，若太陽自東或自西的照着水點，那天空裏就要現出一條半圓形的虹來，這種現象，我們在自然界裏，是常有見過的，我們也可設法實驗的：

實驗一三七 晴天的時候，每日上午八點鐘或下午四點鐘前後，把水含在口裏，用力向太陽噴出，使水散成很小的水點，（或用噴霧器噴水更好）

即見水霧中
現有五彩的
小虹。

上述實驗，很
和自然界中成
虹的情形相似，
試問這是甚麼

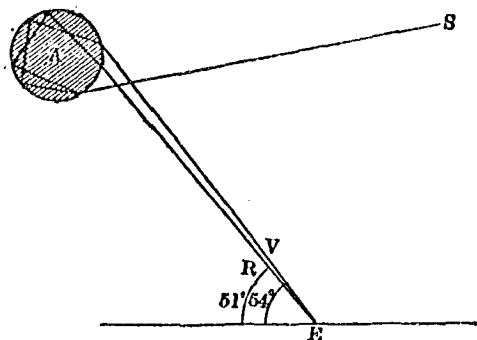


第 269 圖

緣故呢？我們爲說明便利起見，可以拿一個水點來解釋牠，小水點好像一個小三稜鏡，日光通過去而又出來的時候，就會分散成七色；小點的內面又好像球面鏡，日光投上去就要反射回來的，如第 269 圖，日光由太陽 S 射到小水點 A 上，就起了兩次屈折並分散，一次反射，再投到我們的眼 E 中，若通過 E 點，做一和日光平行的直線，據物理學家的測量，知道這直線和紫線成 40° 角，和紅線成 42° 角，空中水點實在很多，所以各分散光線角度相同的，必排成一半圓圈，這種半圓圈，裏面是紫色，外面是紅色的，就是我們平常所看見的虹，也叫做正虹 Primary rainbow。

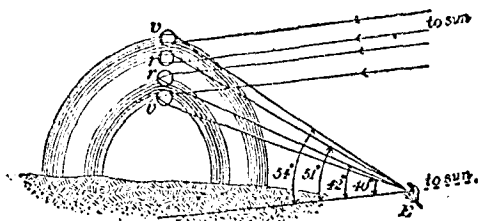
如第 270 圖，若日光 S 由水點 A 的下部投入，經過兩次屈折並分散，兩次反射，再投到我們的眼 E 中，這

時分散反射的紫線和通過 E 點的平行日光的直線，成 54° 角，紅線成 51° 角。許多水點上反射來的分散光線，角度相同



第 270 圖

的，就常排成半圓形。這種半圓形裏面是紅色，外面是紫色的；也因為牠經過兩次反射，所以彩色比正虹是淺淡得多。我們平常看見空中現有兩條虹時，牠就是



第 271 圖

外邊這一條，我們叫牠副虹 Secondary rainbow，也叫做霓。如第 271 圖，就是正虹副虹排列在天空的情形。

64. 物體的色澤和光線有甚麼關係呢 光線投射於物體上，因物體的性質不同，就分別呈有透過，吸收和反射等現象。如光線投射於透明物體上，大部分

可以透過物體，小部分即由物體表面反射於各方向。若光線投射於非透明體，那也隨牠的性質，吸收光的一部分，而反射牠的剩餘部分。這種情形也可設法用實驗證明的：

實驗一三八 用三稜鏡把日光分成七色光帶，令射於壁上貼着的白紙上，並取紅，黃，藍，綠等各色玻片，分別置於光帶前，令光帶先通過玻片，後投射於白紙。常見用紅玻片時，白紙上祇剩有紅色部分的光帶；用綠色時，祇剩有綠色光帶；依次實驗各色玻片，結果都祇剩有和玻片同色的光帶。

由上實驗的經驗，我們可以這樣的下結論：透明物體的色澤，和牠能透過去的光色相同。若用白光射在帶色的透明體上，除了和透明體同色的光線透過外，餘的都給牠吸收去。若各色光線都透過而不吸收，那透明體便是透明無色的。

實驗一三九 用三稜鏡把日光分成七色光帶，令投射於壁間的白紙上，並取紅，黃，青，綠，紫各種色紙各一小條，試分別將各色紙條，移動於各色光帶上。當知紙條移在同色光上，色澤特別鮮明，移在別色光上，即不能辨認紙條上原來的色澤。又取各種

色紙各一大張，試分別放在光帶上，常見各色紙上，祇有和紙同色的光帶部分，特別鮮明，餘的部分，都作灰暗色。

由上實驗，我們知道：白光照於非透明物體的表面上，物體即吸收幾種色光，而反射餘外的色光。這反射的色光，即為物體的色澤。如紅色物體表面反射的，即是紅色光；綠色物體表面反射的即是綠色光。若物體表面對於七色光都要反射的，那就是白色，所以白色物體，能完全反射光線。若物體表面對於七色都要吸收的，那就是黑色，所以黑色物體能完全吸收光線。

習題

1. 取白紙一張，用紅光照牠，就覺成爲紅色，用綠光照牠，就覺成爲綠色，這是甚麼理由？

2. 取黑紙一張，用甚麼光照牠，都覺得牠是黑色，這是甚麼理由？

3. 冬天着黑色衣服，夏天用白色衣服，有甚麼理由？有甚麼方法，可以證明這理由？

4. 雨雲爲甚麼呈黑色，雪爲甚麼呈白色？

5. 虹能現於天空的南北方向嗎？正午的時候，也能發現虹的現象嗎？試各說明牠的理由。

第七章 雷電

65. 空中雷電現象的解釋 當春夏兩季,空中時常發現雷電的現象,夏天尤覺利害.雷電究竟是甚麼東西呢?這問題我們在小學裏已經都知道了,在小學自然教科書中,也已經很清楚的加以解釋和證明了.自然教科書中曾說過:雨天的雲(就是小水點的集合體)上,常帶有多量的電氣 Electricity;有的是陽性的,叫做正電或陽電 Positive electricity;有的是陰性的,叫做負電或陰電 Negative electricity.這兩種電,雖然生在空中,卻和我們實驗室中所生成的,性質功用,完全相同.不過我們平常所稱的“雷電”,比方說:“空中閃電,空中打雷”,並不是指着電氣(或簡稱爲電)本身而言,電氣是一種無聲無色無形質的能力.兩種電氣相遇時,就要彼此調和,由能力表現爲工作.這種工作,叫做放電 Discharge.我們看得見的,就是牠的火花,也叫做電光;聽得到的,就是牠的聲音,也叫

做雷鳴、空中雷電的現象，就是由於雲上所帶着的二種性質不同的電氣，由能力變為工作的一種表現。我們怎樣能證明空中有電氣，空中的電氣也和實驗室裏的電氣是一樣的呢？關於這個問題，在一百八十年以前（1752年），美國一位政



第 272 圖

治家兼科學家的佛蘭克林 Benjamin Franklin（1706—1790 見第 272 圖），和我們一樣的，由好奇心所迫，當雨天雷電交作的時候，用絹製的風箏，放到天空，把



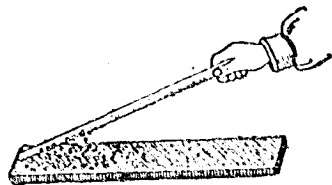
第 273 圖

雲上的電氣，引來作試驗。如第 273 圖的情形。佛氏實驗的結果，確已證明雷雨雲上帶有很多的電氣，和我們實驗室中的電氣一樣的，也可把牠貯蓄在來登瓶中；再由來登瓶放電，發出火花（電光）和聲音（雷鳴）來。

空中的電量,是怎樣的多呢? 空中的電氣能力,是怎樣的偉大呢! 電光有時候差不多可以比上太陽光!雷聲有時候比甚麼大礮的振動還利害! 自然界中這樣凶猛的能力,所以向來就把人類屈伏於他們(電母雷公)的權威底下!然而經科學家的證明,倒也平淡無奇了!人類倒要想來做管理他們的主人翁了!因為電氣既然可以由人工發生了,(在小學自然教科書中,早已說過由玻璃棒絹帛磨擦生電的情形),也何妨模仿自然界,用人工造成極大的能力,以供給工業上的應用,不過現在我們還不能直接利用空中的電氣!因為這個緣故,所以電氣研究非常發達,現在的世界,真可稱為電氣時代了!我們要明白電氣事業進步的情形,須從淺近說起,以下各段,就分別研究這問題。

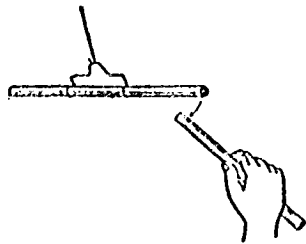
66. 電氣是怎樣生成的 我們在小學裏,早就知道:物體摩擦可以生電的。

實驗一四〇 取乾燥貓皮(用太陽曬或火焰燻牠)磨擦火漆棒(或硬橡皮棒),或用絹帛摩



第 274 圖

擦玻璃棒，將棒移近小紙片（或燈草心小粒）上，即見小紙片忽上忽下，飛動不已，如第 274 圖。



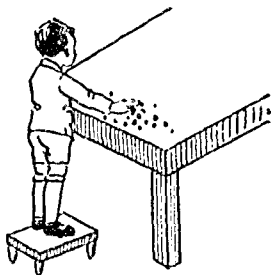
第 275 圖

實驗一四一 將貓皮摩擦過的火漆棒，用線懸於架上，如第 275 圖。若再用貓皮摩擦過的火漆棒移近牠，即見相拒而遠離；若用絹帛摩擦過的玻璃棒移近牠，即見相吸而接近。

實驗一四二 將銅，鐵，錫，鉛等金屬棒，分別用絹帛貓皮摩擦，照第 274 圖移近小紙片上，當見小紙片毫不為金屬棒所吸引，這就是金屬棒上沒帶有電的緣故。現在把各樣金屬棒分別用綿線緊縛於火漆棒（或玻璃棒）上，用手擊火漆棒，用貓皮摩擦金屬棒，再照第 274 圖實驗，即見小紙片能被金屬棒吸引。

實驗一四三 用貓皮拂拭我們身體，把指尖伸到小紙片上，小紙片並不為指尖所吸引，故知我們身體上，沒帶有電氣。但我們立在有玻璃足的小臺上（或教我們立在兩塊硫磺片上，足不要碰着地），

如第 276 圖,再用貓皮拂拭身體,把指伸到小紙片上,即見小紙片也能為指尖所吸引。



第 276 圖

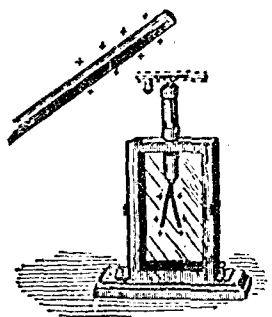
據上述實驗,我們可以得到一種經驗,物體均能由摩擦而帶電;但火漆,貓皮,玻璃,絹帛等生電時,能保留於摩擦的地方,不易流動

而散逸,所以能顯示牠帶電的現象,這種物質,叫做電的不導體 Non-conductor of electricity, 也叫牠絕緣體 Insulator. 如金屬,人體,地球等,一部分生電時,即能傳播於全體,這種物質,叫做電的導體 Conductor of electricity.

又知道:電有兩種,火漆棒所帶的電,叫做陰電,玻璃棒所帶的,叫做陽電;同種的電是相排斥的,異種的電是相吸引的。

67. 物體不由摩擦也可發生電的 物體經摩擦,即可生電,有的帶陽電,有的帶陰電,前段中已經證明過了,然而用帶電體,移近別種物體,也可使別種物體上帶有電氣。

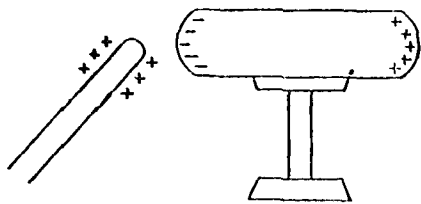
實驗一四四 取金箔驗電器(小學自然教科



第 277 圖

書中，已有說過的，我們也可用玻璃瓶自己仿造的）放置桌上，將絹帛磨擦過的玻璃棒移近（不要碰着）器傍，即見瓶內金箔張開，如第 277 圖。若移開玻璃棒，金箔復閉。當金箔張開時，同時用貓皮磨擦過的火漆棒移近器傍，金箔也要閉住。

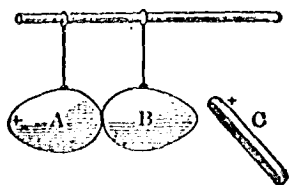
實驗一四五 取一絕緣的金屬體，放置桌上，如第 278 圖，將絹帛磨擦過的玻璃棒移近（不要碰着）體傍，並以指尖觸着體上，先去指尖，再移開玻璃棒，則體上即帶有陰電氣。（將這體移近金箔驗電器，令器內的金箔張開，如取貓皮磨擦過的火漆棒，移近器傍，即見金箔張開越大。若取絹帛磨擦過的玻璃棒，移近器傍，即見金箔閉住）。



第 278 圖

實驗一四六 取絕緣的金屬體 A, B 兩個，將牠互相接觸，如第 279 圖，用絹帛磨擦過的玻璃棒 C

移近體傍（不要碰着），即用手將二球移開，不令牠接觸，再移去玻璃棒，那 A 球上即帶有陽電，B 球上帶有陰電，用金箔驗電器試驗牠，就



第 279 圖

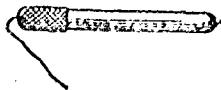
可以知道，A 球所帶的電，和玻璃棒相同，B 球所帶的電，和火漆棒相同，並且這兩體上的電量相等（即金箔張開的程度相等）。

由上述實驗中知道，絕緣導體如放在帶電體的近傍，也呈帶電的現象；近帶電體的一端生異名電，遠帶電體的一端，生同名電，異名電能和帶電體互相吸引，叫做束縛電 Bond electricity。同名電可以自由流動，如指尖觸牠，電即由指端向地球逸去，所以叫牠自由電 Free electricity。這種不由摩擦，而由接近帶電體生電的現象，叫做電的感應 Electric induction。由感應所生的電，陰陽量必相等。

但仔細研究，不僅感應時，同時發生等量的陰陽電，即物體摩擦時，也同時要發生等量的正負電。

實驗一四七 用毛絨（毛織品，和貓皮一樣用的。）小袋，令套於火漆棒上，如第 280 圖，旋轉數周，

令摩擦生電，將火漆棒先移近金箔驗電器傍，即見金箔張開；次將毛絨袋也移近器傍，即見金箔復



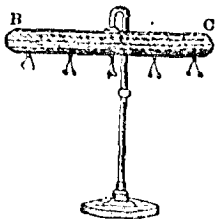
第 280 圖

閉。如是反復試驗，可以證明毛絨袋內所生的電和火漆棒上所生的電，是異名同量的。

總合以上各實驗，可知電是正負同時同量而生的，不能獨陰，也不能純陽。

68. 電在帶電體上是怎樣分配呢 絕緣的導體上既可帶電，問這電在這導體上是怎樣分配呢？這個問題非常重要，即由這個問題上，可以引出解決電學器械構造上的問題和實用的問題。

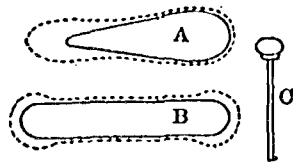
實驗一四八 如第 281 圖，取一下邊掛有小通草球的絕緣導體 B C，用貓皮（或絹帛）摩擦過的火漆棒（或玻璃棒）移近球傍，或觸於導體上，令電氣傳授於導體，即見導體下邊兩端的小通草球張開最大，漸近中央，張度漸小，中央的小球合而不張。



第 281 圖

實驗一四九 如第 282 圖，取絕緣的圓球和尖椎導體各一個。用火漆棒（或玻璃棒）上摩擦所

生的電，傳於 A B 導體上，再取 O 驗電板，觸於 A B 的各部分，再觸於金箔驗電器，以觀牠展開的程度，當知 B 柱

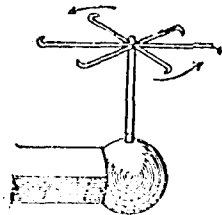


第 282 圖

各部電氣分配甚平均，A 錐則電氣多偏集尖端處。

實驗一五〇

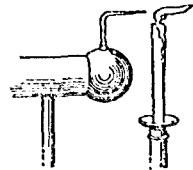
如第 283 圖，用金屬製成能自由在水平面上旋轉的電輪一個，裝置於絕緣導體上，同時通電於這導體上，（由起電機發生的電），即見電輪不絕旋轉。



第 283 圖

實驗一五一

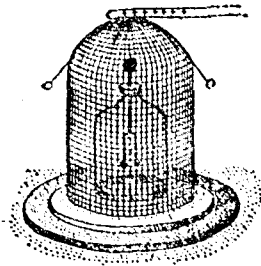
如第 284 圖，於絕緣導體上立一彎曲尖針，令電通於這導體上，試用蠟燭火焰移近針尖，燭火好像風吹的情形，向遠針尖的方向斜去。



第 284 圖

實驗一五二

將金箔驗電器外邊，統用鐵絲網罩着，如第 285 圖的情形，試用帶電的火漆棒或玻璃棒，移近鐵絲網，或觸着鐵絲網，也



第 285 圖

不見器內金箔張開，即使用起電機上的電，通到這網上，也不見得金箔展開。

由上述各實驗，可知電在帶電體上，平面分配少，尖端分配多；並且只分配於導體的表面上，不能流入導體的內部。

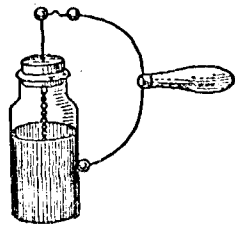
習 題

1. 若空中有一片帶着正電的雲移近住屋，問屋和地面上，當時該起怎樣的現象？請繪一想像圖表明牠。

2. 避電針有何作用；是何道理？請繪圖解釋牠。

3. 若將屋上布着金屬網，能否可以避電？

4. 你們在小學裏學過的來登瓶 Lyden jar (如第 286 圖)，即於玻璃瓶內外均貼着錫箔，中央插入絕緣的銅條（下連於銅索），就可以貯蓄多量的電氣，這是甚麼道理？



第 286 圖

5. 電學儀器爲甚麼都由光滑的圓柱構成？倘用方柱或尖錐，有甚麼妨害呢？

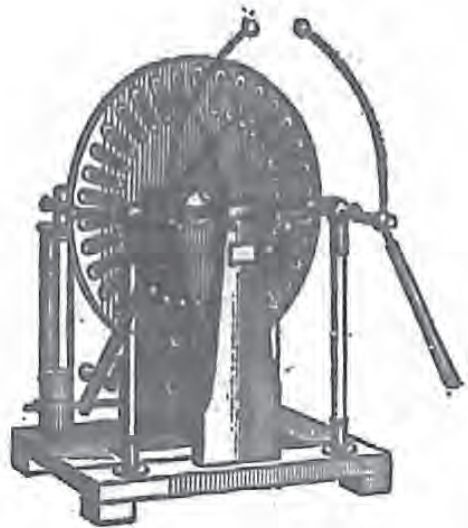
6. 空中雷電交作的時候，我們如果坐在房子的

正中央,假如落雷了,能不能打着我們呢?

7. 我們用手去摸電線或電燈,何以有時要發生危險呢? 有甚麼預防的方法?

8. 把雞毛拿來,用手巾摩擦幾下,就可以貼在人家的衣服上,這是甚麼緣故?

69. 利用感應生電的器械 利用感應生電的器械,我們中小學裏多是採用威氏感應起電機 Wims-hurst induction machine. 牠的外形如第 287 圖所示. 你們最好先把學校裏的起電機,詳詳細細的觀察一回,明瞭牠各部分的構造後,再看本書下面的說明,把說明的情形,和儀器實地相較,那就可以懂得很清楚了,很感有興趣了.

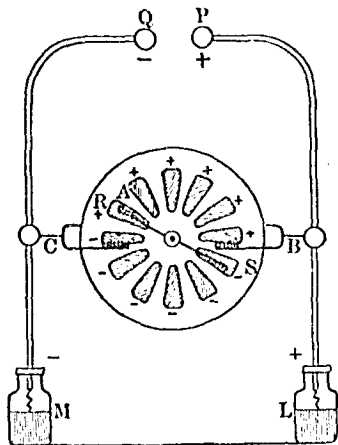


第 287 圖

這儀器是利用感應和尖端兩種原則,使發生多量的電氣. 構造上重要的部分為兩枚直立平行的硬橡皮圓板(也有用玻璃板的),能在一軸上依反對方向旋轉. 兩板的外面,各貼錫箔多少條,並有兩端帶金屬刷的金屬桿兩條,分跨兩板外面的錫箔上,並各固定於軸上,和水平面成 30° 角,

兩桿互成 60° 角，兩邊又有 U 字形金屬櫛兩個，左右分跨於兩板，正對錫箔，但不相接觸。櫛柄各有兩個絕緣的金屬球，我們叫他做極 Pole。兩極並各連以來登瓶，使貯蓄多量電氣，兩極間可放長火花和大聲響。

起電機生電的原理，可按第 288 圖來說明：當軸旋轉時，兩板即依反對方向而迴轉，這時候板和空氣相摩擦了，板上就帶有陰電了。假定前面板上 A 點帶有陰電，牠近傍錫箔上金屬桿，即因感應而帶陽電了；R 端為陽電，S 端為陰電。當前板轉動時，經過 R 端的錫箔上都要帶陽



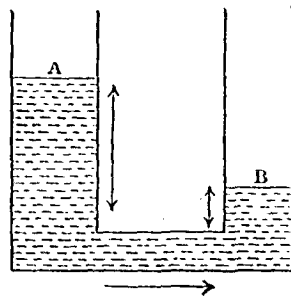
第 288 圖

電，經過 S 端的錫箔上，都要帶陰電了。若上半帶陽電的錫箔，轉到 U 形櫛 B 時，櫛和極（或來登瓶）也感應而帶電了，B 櫛上帶陰電，P 極上（或 L 來登瓶內）帶陽電。可是 B 櫛是多數尖端合成的，所以牠上面的陰電，很容易和正對着錫箔上的陽電相中和，因此經 B 櫛的錫箔上就沒有電了。一樣的道理，當下半帶陰

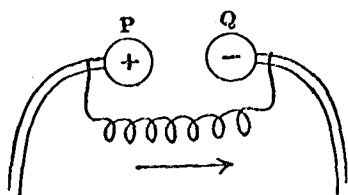
電的錫箔,若轉到 U 形櫛 C 時,櫛和極 (或來登瓶) 也感應而帶電了, C 櫛上帶陽電, Q 極上 (或 M 來登瓶內) 帶陰電,可是 C 櫛也是多數尖端合成的,所以牠上面的陽電,很容易和正對着錫箔上的陰電相中和,因此經 C 櫛的錫箔上,也就沒有電了,如是循環不絕,就祇前面一板,也可發生多量電氣,但是後板離開前板不遠,假定前板上半的錫箔,都是帶陽電,那末後板上半的錫箔,就都感應着要帶陰電了;又依反對方向旋轉,所以後板上半錫箔上的陰電,也恰轉到 C 櫛,令 C, Q (或 M) 也感應生電了,下半的錫箔也如此,如此兩板互轉,感應作用,更加利害。

70. 電和水的比較 電和水的情形,有些地方是很相似的,如第 289 圖,有 A B 連通管, A 的水面比 B 高,所以水即由 A 向 B 流,就成了水流;水流可以成相當的工作,如以水輪當住水流,水輪即隨着飛轉,如第 290 圖,用銅絲

連結威氏起電機的 P, Q 兩極,再旋轉電機,在外表上,似覺毫無電的作用,實則 P 極上的陽



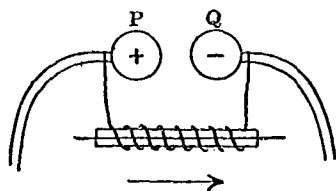
第 289 圖



第 290 圖

電,不絕流向 Q 極,以調和陰電,恰和水由 A 流向 B 的情形相似,物理學家將電比作水,陽電好像高水面,陰電好像低水面,水流由高向低,電流 Electric current 由陽向陰,物體帶陽電的,就佔有高電位 High potential, 帶陰電的,就佔有低電位 Low potential. 電流的強弱,即由陰陽二電位的差別而定,叫做電位差 Potential difference. 地球的電位爲零,故無論多少電氣量,若碰到地球就變爲零,就是消失了電氣.

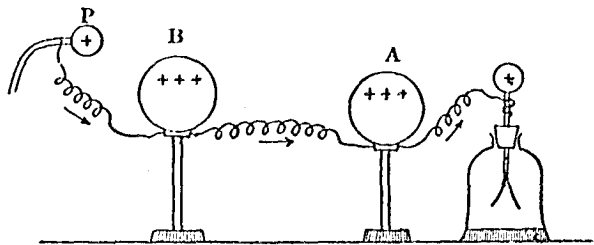
實驗一五三 取小鋼絲或細長鐵釘一枚,插入玻璃管中,管外繞以銅絲,如第 291 圖,將銅絲兩端連於起電機的兩極上,通以電流,則鋼絲可變爲磁石,能吸引鐵粉.



第 291 圖

實驗一五四 取數丈長的導線,一端連於電極上,一端連於絕緣導體 A,中間也經過一絕緣導體 B,如第 292 圖,於 A 傍放置一金箔驗電器當起電

機旋轉
時,電由
P 流至
B,由 B
流至 A,
能感應



第 292 圖

驗電器,可使金箔展開.這樣傳播時,導線上也可說是生成電流.

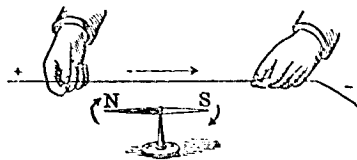
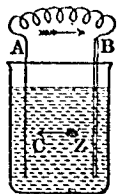
實驗一五五 取小來登瓶一個,充入電氣少量.我們全體同學,將手牽住圍成一圓圈,一端的同學手執來登瓶的外邊,別端的同學手執一金屬導體,試將這導體和瓶中的金屬球接觸,全體同學均感到有刺激,這就是電流經過我們身體時的一種生理刺激.

由上述實驗,知道電流經過時,可以發生磁性, Magnetism, 也可以起生理上的刺激;如果這刺激大時,可以立即致命,如雷擊和觸電(電燈上的電流),都是很危險的.

71. 摩擦感應以外的生電法 物體摩擦可以生電,導體感應也可生電,我們都已知道了,此外還有別

種生電的方法嗎？離現在一百四十多年以前(1786年)，意大利有一位科學家名叫格爾范尼 Galvani，有一天，他看見剝去皮的蛙體，連同銅鈎子掛在窗的鐵條上，這蛙體就不絕的顫動，好像感覺神經受了刺激似的，他當時很驚奇，仔細觀察，祇知道這種顫動的現象，和銅鈎鐵條蛙體都有關係的，但是不能說出牠是甚麼原因！等到五年之後（1800年），意大利一位物理學家，名叫弗打 Volta（1745—1827）的纔明白這種道理，就根據這個理論，創造一種生電的裝置，叫做電池 Electric cell。弗打由多次實驗的結果，決定用銅片、鋅片共插入稀硫酸中，若用導線連結銅片和鋅片，這導線上就不斷的發生電流。

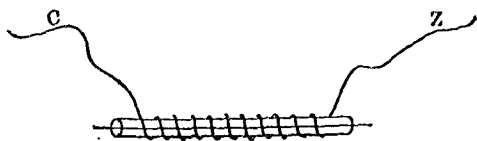
實驗一五六 取玻璃杯一個，內盛稀硫酸150 c.c.，如第293圖，將銅板C和鋅板Z插入酸內，並用A、B銅絲（外包以不導體的綿線，就稱為導線）分



別連結於銅、鋅板上。當A、B接觸時，A、B上即有電流經過。試取

第293圖

能在水平面上
旋轉的小磁針
一架，俟磁針指
定方向後，再將

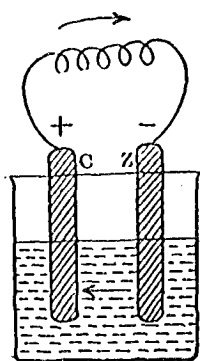


第 294 圖

A B 線平行放置於磁針上，即見磁針偏轉。又試取鋼絲或長針一枚，套在玻管中，管外纏以導線，如第 294 圖。若將導線兩端，連結電池的 C, Z 極上，過二三分鐘後，將針取下，即帶有磁性，可以吸引鐵粉。又試將 A B 兩端放置舌頭上，舌頭即感受寒辛的刺激。又試將 A B 兩端互相接觸，當接觸的一瞬間，可以看見放小火花。

上述的裝置，物理學上就叫牠弗打電池 Voltaic cell 或格爾范尼電池 Galvanic cell。

弗打解釋電池的理論是這樣的，他說：兩種不同的金屬，若同插在一溶液中，就可以發生電氣了。溶解的金屬帶陰電，是為陰極 Negative pole，不溶解的金屬（有時也可以炭條代替）常帶陽電，是為陽極 Positive pole。所以上邊的裝置，銅板為陽極，鋅板為陰極。陽極電位高，陰極電位低，導線上的電流，是由銅板流向鋅板，硫酸內的電流卻由鋅板流向銅板。如是內外



第 293 圖

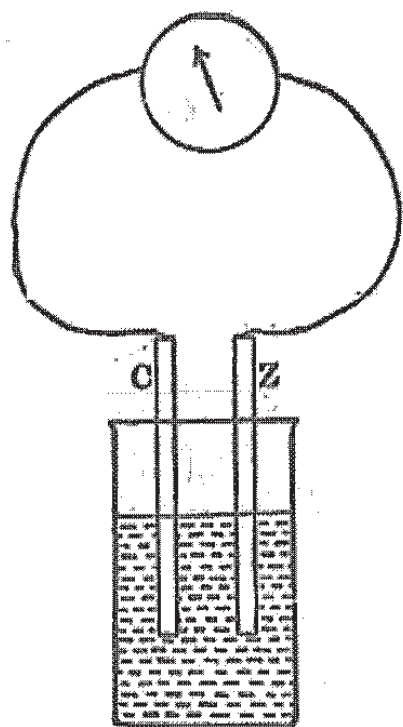
恰輪迴旋轉，物理學上叫做輪道Circuit，輪道通時，電流也通，輪道斷時，電流就絕。

實驗一五七 取稀硫酸，稀鹽酸，氯化銨溶液各 150 c.c.，又取銅片，鉛片，金箔，炭棒，鋅片，鋁片，鐵片等按下表，分別照實驗一五六的方法，以試驗發生電流的情形，並

判別那種分配法發電最佳。

溶液種類	電極分配
稀硫酸	銅片 —— 鐵片
	鉛片 —— 鋅片
稀鹽酸	(炭棒) —— 鋅片
	金箔 —— 鋁片
氯化銨	銅片 —— 鋅片

72. 實用上電池的種類 照上述實驗的情形看來，電池的種類自然有許多，因為溶液種類可以更換，電極分配也可以改變呢，然而能適於實用的，卻很有限，弗打電池（就是格爾范尼電池）雖然是很簡便，倒是很不適用的！這是甚麼緣故呢？請看下例實驗：



第 296 圖

實驗一五八 取稀硫酸150 c.c., 盛於玻璃杯中, 插入銅板和鋅板於酸內, 於輪道間連結一電流表 (弗打表——這表的構造作用, 以後再講。) 如第296圖, 由表上的指針告訴我們: 開始時電流很強, 以後就慢慢的減弱了, 再細看銅板上, 附着許多輕氣泡, 這銅板就變為輕氣

板了, 所以這電池不能合用。

因為這個緣故, 非設法把銅板上的輕氣除去不可。因此有下面幾種改良的電池:

(一) 重力電池 Gravity cell 如第 297 圖的裝置, 玻璃筒內的下部盛硫酸銅 (就是硫酸中除去輕氣, 代以銅質) 的濃溶液 (筒底留有硫酸銅結晶, 可以自己補充濃度), 上部浮着硫酸鋅 (也是硫酸中除去輕氣, 代以鋅質), 上液中插入鋅片, 下液中放入銅片, 鋅為陰極, 銅為陽極。



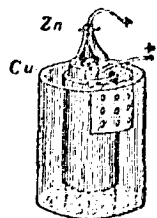
第 297 圖

這種電池很切實用, 電報和小電話

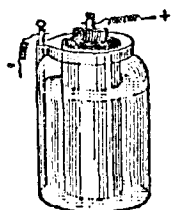
機上,最為適用。

(二) 但尼爾電池 Daniells cell

如第 298 圖的裝置,盛稀硫酸於大磁筒,放入一鋅製圓筒板,作為陰極,鋅筒板內放置一生磁筒(未塗釉藥,多孔



第 298 圖



第 299 圖

性的),中盛硫酸銅濃溶液,並插入銅條,作為陽極。

(三) 雷克蘭希電池 Leclanche cell

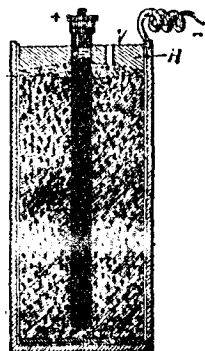
如第 299 圖,於玻璃瓶內盛氯化銨的濃溶液,插入鋅條,作為陰極。

將炭粉混合二氧化錳,放入生磁筒內,筒中置一炭棒,封好筒口,放置玻璃瓶的溶液內,作為電極。

(四) 乾電池 Dry cell 這種

電池,就是雷克蘭希電池的變相,變液體為半固體,所以很便於攜帶和移動,在實用上言,真可說是壓倒一切濕電池了!

牠的外形,你們很容易看見的,現在不必說了,牠的構造如第 300 圖,用鋅片製成有底圓筒,即當陰極用。



第 300 圖

筒內填以石膏粉和木屑浸透氯化銨飽和溶液的糊狀物，正中央保留大空隙，以便插入炭棒 C，作為陽極。炭棒周圍，填滿炭粉和二養化錳的糊狀物，筒口用火漆或松香封住（如圖的 H），並留一小氣孔（如圖的 V）。

73. 電流經過能使物質起變化 電池為甚麼要發生電流呢？這個問題很有興趣的，說起來就要超出本書範圍以外，牽涉到化學 Chemistry 裏頭去了，電池好像一個小火爐，鋅板就是牠的燃料呢，鋅板溶解到溶液裏去，叫做化學變化 Chemical change。電流呢，就是由鋅板的化學能力 Chemical energy 變為電能力 Electrical energy 而起的，所以無論那種電池，鋅板總是消耗的，因此我們可以說：電流是由於鋅板的化學變化而起；也可以這樣說：由物質的化學能力可變為電能力，這種變動的情形，好像由運動能力變為位置能力，熱能力或光能力，不過形式上變化，決不是無中生有的。

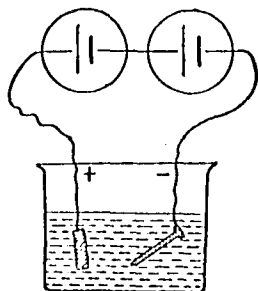
我們在小學裏也已經學過的，若把電流通到水裏（水是不導體，所以水裏要加幾點硫酸，使成為導體），水就給電流分解了，發出二種氣體，陽極上的一容積

為養氣，陰極上的二容積為輕氣，如第 301 圖所示。

這種作用，可說是：由電流引起物質的化學變化，這種例子很多呢，電鍍術也是應用這個理由：

實驗一五九 如第 302 圖，

盛稀硫酸
銅溶液於
玻璃杯內，

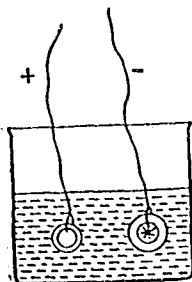


第 302 圖

用乾電池（甚麼電池均可）
兩個連成一起，陽極導線上，連
以銅片，陰極導線上，連以鐵釘，
共放入溶液內，經過一二分鐘，
即見鐵釘上鍍着銅質，時間越久，釘上鍍銅越厚。

實驗一六〇 和上實驗的情形

相同，不過玻璃杯內加入硝酸銀溶
液（最好於硝酸銀溶液中，滴加氫
化鉀溶液，初生白色沈澱，繼即溶解，
俟做成透明溶液為止），陽極上連
以銀片（或就以小銀幣代），陰極



第 303 圖

上述以銅圓（銅圓表面，應先用細砂擦亮，並浸入稀硝酸中，取去用水洗淨），共放入杯中，如第 303 圖，經過二三分鐘，即見銅圓表面，鍍上銀色，時間越久，鍍銀越多。

由上述實驗看來，電池上電流的強弱，我們雖然不能直接驗知，但是由電流分解出的銅銀等質量，倒很容易計算的，所以物理學上就決定以一秒鐘內，能分解出銅 0.0003294 公分或銀 0.001118 公分的電流，作為電流強度的單位，叫做一安培 One ampere。這樣一來，倒很容易了；假定有一個乾電池，我們要知道牠電流的強弱，就把牠照實驗一六〇（或一五九）的辦法，分解銀量，假定於二十秒內，能分解出銀 0.08944 公分，那末這電池上的電流強度當為

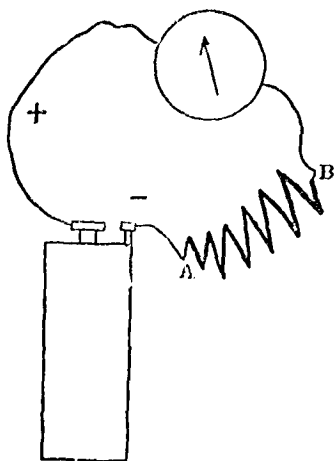
$$\frac{0.08944}{0.001118 \times 20} = 4 \text{ 安培 (或 } 4A \text{)}$$

但是電流強弱和牠輪道上的情形，也很有關係的，這當加以注意。

實驗一六一 如第 304 圖，取乾電池一個（或兩三個），用導線連於安培電流表上，視表上指針所示的度數，次於輪道 A B 間，插入長六七尺的細銅絲，細鐵絲，細鉛絲，長兩三尺的粗銅絲，粗鐵絲，粗

鉛絲等,分別實驗,即知表上電流的強弱,隨輪道情形變化而異。

由上述實驗,知道物質傳電的程度,既各不相同,而粗細長短也很有關係,這種情形,叫做抵抗,電流在輪道上,受着輪道的抵抗,電流就要減弱的,好像水在水管裏,受了水管的阻力,水流也會減

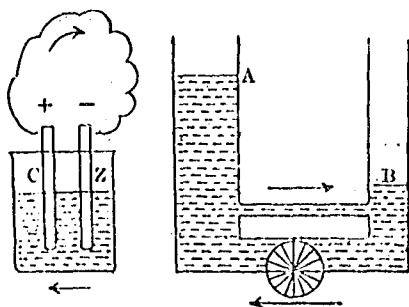


第 304 圖

弱的,物理學上規定以“長 108.3 cm 公分,橫截面 1 平方公釐 (1mm^2) 的水銀柱,在 0°C 時所有的抵抗”為單位,叫做一歐姆 One ohm. 計算輪道上的抵抗,就以歐姆為標準,假定五尺長的銅絲的抵抗,恰和標準水銀柱相等;那末這銅絲一尺上的抵抗,祇有 0.2 歐姆了。

現在我們要問:電流為甚麼流動呢? 上邊 69 段中,已經告訴我們過的,因為有電位差的緣故。陽極電位高,好像連通管的高水面,陰極電位低,好像低水面,現在兩極連成一起,所以電流是由陽極流向陰極。然而

兩極上的電位差由何面生的呢？前邊已說過了，由於陰極鋅板的化學變化而起，鋅板溶解的化學能力，就是這輪道上電流流動的原動力。



第 305 圖

所以電池內這種動力，我們就叫牠電動力 Electromotive force。有電動力纔能維持相當程度的電位差，可以使電流繼續流動，好像於連通管底部裝置一個吸水機，把低水面的水，送到高水面那邊去，使維持牠的高度，那末連通管內的水流，得以繼續流動（請參照第 305 圖）。

照上面的情形說來，那末電流經過的輪道，就具有三種要素：

- （一）輪道上的抵抗，單位為歐姆；
- （二）輪道上的電流強度，單位為安培；
- （三）輪道上電流流動的原因為電位差（即由電動力面生的）

那末電位差的單位是甚麼呢？這問題物理學上

是這樣決定的：假定有一電池，能於抵抗一歐姆的輪道上，發生一安培強度的電流，這電池兩極間的電位差，就作為電位差的單位，叫做一弗打 One volt。乾電池的電位差祇有 1.50 弗打（1.50V），各種濕電池也不過 2 弗打，起電機兩極間能放出一公分（1cm）長的火花時，就有 30000 弗打了，所以碰到起電機的兩極上，生理上的刺激是非常強烈的。

這情形也很明顯的：電流的強度（安培）和兩極間電位差（弗打）成正比，和輪道上的抵抗成反比。以式表明：

$$\text{電流強度} = \frac{\text{電位差}}{\text{抵抗}}$$

$$\text{或} \quad \text{安培} = \frac{\text{弗打}}{\text{歐姆}}$$

在一輪道上，若三樣中已知道兩樣，那就按上公式，可求得餘一樣了。上述的關係，物理學上也叫做歐姆定律 Ohm's law.

74. 電流經過能生成磁性 在上邊 69 段和 70 段中，我們已經證明過：電流經過時能令導線周圍發生磁性，鐵可變為磁石，磁針能偏轉。現在我們再把這個問題，仔細討論一下：

實驗一六二 如第306

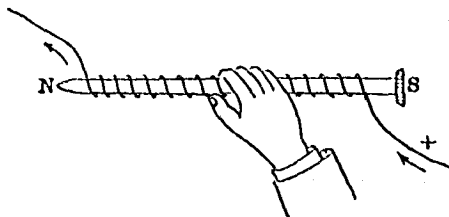
圖,用導線捲成螺旋形,兩
線連於電池兩極上,試以
這螺線的一端,移近小磁



第 306 圖

針的南極 S,如覺相拒,則這端也為南極,再試驗他
端,如和磁針的南極相吸,則知牠為北極。(磁石兩
極,同名相拒,異名相引的情形,小學自然教科書中,
早已說過的,你們可以拿來作參考)。次交換電池
兩極上導線,再試驗牠,就知螺線上的兩極,也即改
變方向。

實驗一六三 取長鐵釘一枝,照第 307 圖的情
形,用導線卷於釘上,將線的兩端連於電池 (用三



第 307 圖

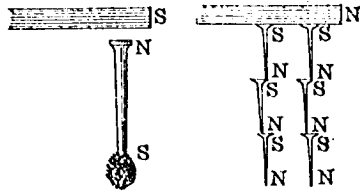
個或四個電池) 上,當電流通
時,釘的尖端成
北極,平端為南
極。

由上述實驗,可知由電流造成的磁性,牠的南北極
和電流方向很有關係的,我們為得記憶方便起見,可
以這樣想:如第 307 圖,把右手的四小指,表示電流和

導線旋轉的方向,那末伸張的大姆指,就指着電磁性的北極了。

75. 電流爲甚麼發生磁性呢 要知道電流爲甚麼發生磁性,我們應該先要知道磁性是甚麼東西? 磁性是一種能力,我們可以叫牠磁能力 Magnetic energy. 電流發生磁性,也就是能力形式上的變化,以後我們還可以知道,有了磁性,也可設法變成電流;這層現在暫時不要管牠;我們要先問磁性究竟是怎樣性質呢?

實驗一六四 如第 308 圖,取磁棒一條,平置桌面上,再用玻璃板蓋着磁棒的南極,取一小釘放置玻璃板上,一端對板下的南極,放置幾分鐘後,這針就變爲磁針



第 308 圖

了;並且近南極的一端爲北極,遠南極的一端也爲南極.再取細鐵釘數枚,放置玻璃板上,彼此可連成一條,而各成爲一小磁石。

由上述實驗,可知磁性很像電氣,能使鐵接近(並不必接觸),就感應成磁石,這現象就叫做磁的感應

Magnetic induction, 和電的感應很相似。

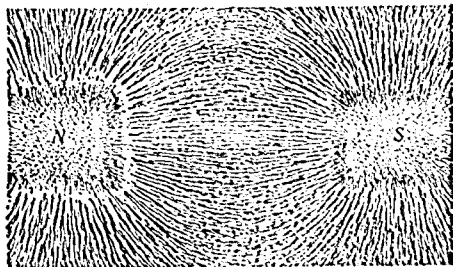
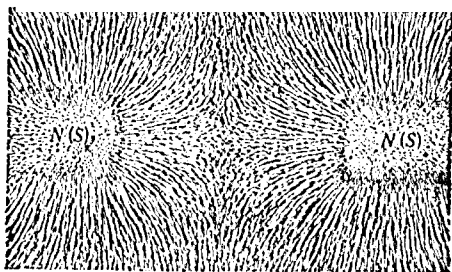


第 309 圖

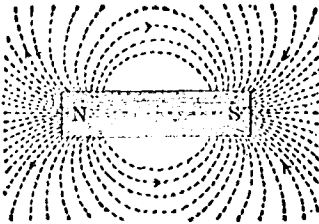
實驗一六五 取磁棒一條,平置桌上,用厚圖畫紙蓋住磁石,將細鐵粉自篩孔中慢慢飛落紙上,並以指輕扣紙片,即見細鐵粉排成如第 309 圖的形

形,再將兩磁棒的同名極互相對置,或異名極互相對置,按上法求得細鐵粉排列的圖形,如第 310 圖所示。

細觀上述實驗所得的圖形,紙上細鐵粉均排成曲線,如第 311 圖,這種曲線,物理學上叫做磁力線 Lines of magnetic force, 磁力線所及的範圍,叫做磁場 Field of magnetic force,



第 310 圖



第 311 圖

鐵質放在磁場內，即感應而化磁，猶之導體放在電場內，即感應而帶電相似。

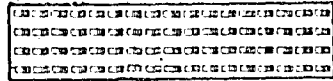
現在我們要問：鐵為甚麼能受磁力的感應呢？

物理學上是這樣來解釋：

鐵的各個分子上，均具有兩種磁性，不過因方向錯亂，所以不能顯出牠的磁性，如第 312 圖。若把鐵放入磁



第 312 圖

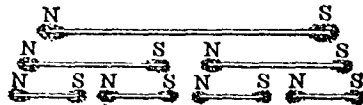


第 313 圖

場內，各個磁性分子，就排列得整齊，顯出牠的磁性了，如第 313 圖。

實驗一六六 試取磁化過鋼絲（或針）一條，把牠折作兩段，各段仍帶磁性，能吸引鐵粉；再把每段折成兩段，各段仍為一小磁石；分至不能再分時，各段也仍自成一小磁石，如第 314 圖。

由上述實驗看來，大磁石確由多數小磁石合成。



第 314 圖

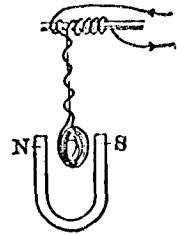
所以上邊的解釋,就叫牠分子磁石說 Theory of molecular magnets. 軟鐵易磁化,也易失磁性;鋼鐵難磁化,卻也難失磁性;所以普通磁石(條形或馬蹄鐵形),都用鋼鐵製造. 電磁石(見後電鈴電報各段),則用軟鐵製造.

習 題

1. 磁針爲甚麼要指着一定的方向? 有人說地球也是個大磁石,你們有甚麼證明和說明呢?
2. 有甚麼方法可以驗知磁棒(條形磁石)的兩極?
3. 將磁石燒熱或打擊,即易失去磁性,這是甚麼理由?
4. 磁石爲甚麼兩極的磁性強,中部幾無磁性作用呢?
5. 電池的兩極,有甚麼方法可以決定陰陽?
6. 用抵抗50歐姆的導線,通過強度0.5安培的電流,問導線兩端的電位差,有多少弗打?
76. 利用電磁性以驗電流的器械 由上73段中實驗一六二,我們已知道電流經過導線,即發生磁性的;並由74段中,也知道這磁能力就由電能力變化而

來的,這也是當然的事實,若輪道上的電流強時,那磁性也強,電流弱時,那磁性必隨着減弱,實驗的結果也是如此:

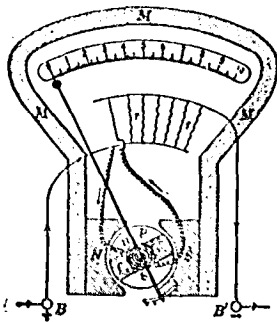
實驗一六七 取細導線密密卷於玻璃筒上(直徑約三公分),抽出後成一卷絡圈 Coil, 令掛於玻璃



第 315 圖

棒上,如第 315 圖,得以自由向左右移動,次取蹄形磁石一個,跨於卷絡圈上,先將電池一個連結卷絡圈上,則圈上即現磁,就向一方偏轉,再連電池兩個,當見偏轉的程度增加;再連以電池三個四個,偏轉程度也逐次增大。

由上述實驗,我們就可以利用磁性的大小(即偏轉大小),來決定電流強弱了,實際上應用的安培表



第 316 圖

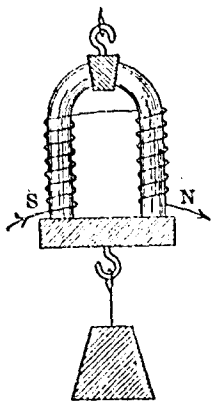
Ammeter (測電流強弱的表,上面刻安培度數 A.) 和弗打表 Voltmeter (測電位差的多寡,表上刻弗打度數 V),就利用上實驗的原理而成的。

如第 316 圖, M 為表外面的金圓框, S, N 為固定磁石的兩

極, a 爲卷絡圈, 繞在 n, s 圓板上, p 爲彈簧, 能藉彈性將連於圓板上的指針, 指定表上零度。當電流通入 a 卷絡圈上時, 卽生成磁性, 就被磁石的兩極所吸引, 圓板指針同時偏轉, 並由指針指表上的度數 (這度數預先由已知安培或弗打的電流測定的), 若電流斷時, 指針的彈簧作用, 連同圓板退回原處。

77. 利用電磁性可使器械擊鈴發音 軟鐵易磁化, 而易失磁性, 故用軟鐵放在卷絡圈內, 當電流通時, 卽變爲磁石, 電流斷時, 卽失去磁性, 這種裝置, 物理學上叫牠電磁石 Electromagnet。

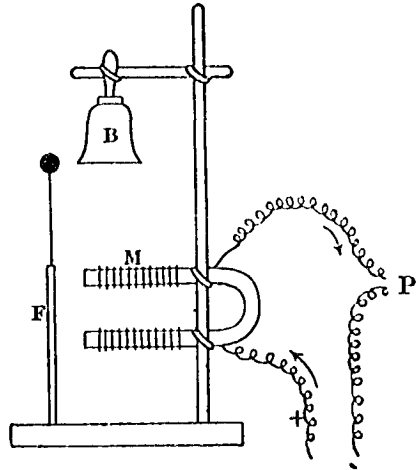
實驗一六八 取馬蹄形電磁石一個, 用繩掛於架上, 如第 317 圖, 並用帶鈎的軟鐵片, 鈎上一重錐。當電流通入電磁石, 電磁石卽能吸住軟鐵片, 鈎起重錐。若斷絕電流, 鐵片重錐, 隨卽落下。



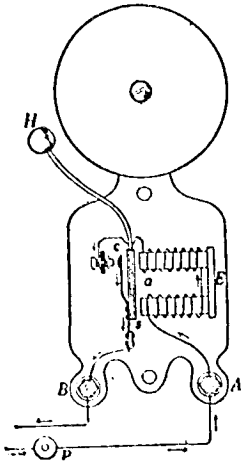
第 317 圖

實驗一六九 如第 318 圖的裝置, 取電磁石 M 固定於木架柱上, 電磁石的前邊立一長軟鐵片 F , 頂端附一錫球, 球部恰對架上

掛的小鈴 B 口，俟裝
置妥當後，連以電池，
並於輪道間安一 P
開閉機關。如此將 P
忽開忽閉，即見 F 錫
球連續的擊鈴發音。
照上述實驗的辦法，
就是合於電鈴 Electric
bell 的情形了。不過電
鈴在構造上，比這實驗

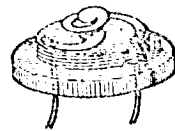
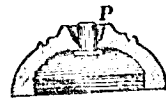


第 318 圖



第 319 圖

妙巧一點，就是電鈴上不用人工
把電流時斷時連，卻能自動的發
生電流斷續的作用。我們在小學
裏已經知道電鈴的構造，現在祇
把牠的構造圖形，
列示於左，不再加
以說明，請你們各
參照實物，說明牠
的功用好了。第319
圖為電鈴的構造，

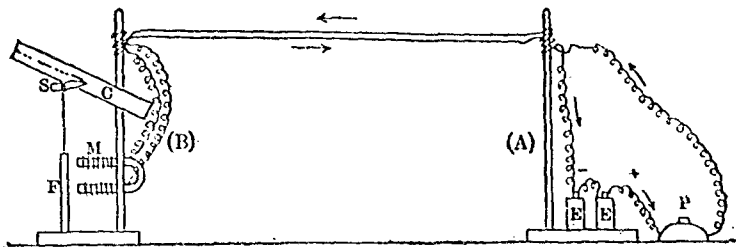


第 320 圖

第 320 圖爲電鈴的按門裝置。

78. 利用電磁性可使器械畫出符號 把上述實驗一六九第 318 圖的裝置,略加修正,如下第 321 圖的裝置,即可由電磁石作用,得畫出種種符號。

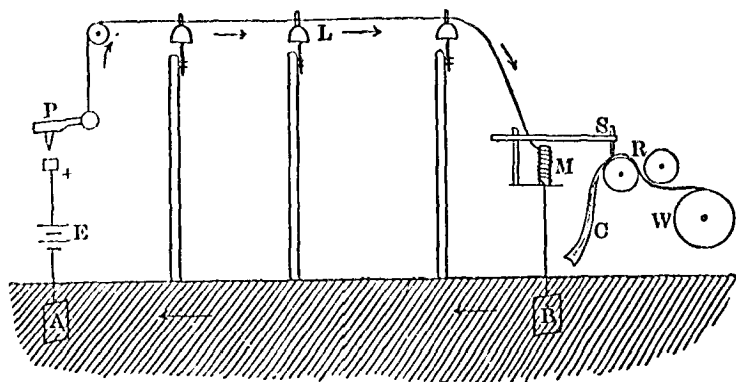
實驗一七〇 如第 321 圖,將電磁石 M,固定於木架柱上,電磁石的前邊立一長軟鐵片 F,頂端縛一鉛筆 S, S 前放一木板 C,板上貼有白紙片,再於距離數丈處,放一木架,將 (B) 處導線引至 (A) 處,連接於電池 E 及開閉機關 P 上,使 (A), (B) 兩處連成一大輪道,若我們用手指將 P 壓下,則 (A) (B) 大輪道上電流流通, M 電磁石能吸引 F 鐵片,使 S 鉛筆碰到 C 板上,此時若移動 C 板,就能畫成直線,但 C 板上的成點成畫,都由 P 壓下時間的長短而定,如此變化於手指壓下的時間,就可在 C 板紙片



第 321 圖

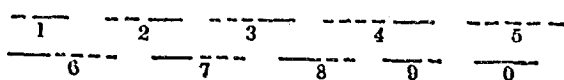
畫成種種記號。

如上實驗的裝置，實際上就是電報傳送的情形。不過電報可以利用地球為導線，能省一條架空線，如第 322 圖所示。當發電報時，司機生將發信器 Transmitter



第 322 圖

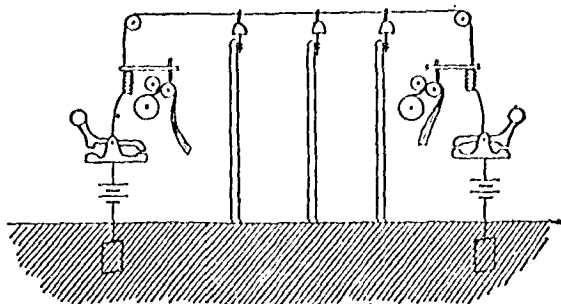
的 P 壓下，電流遂由 E 電池向架空線 L 上流出，經過收電處的電磁石 M，由地下銅板 B，流到發電處的地
下銅板 A，回到電池 E，成一大輪道。同時記錄器 Re-
order 上的 S 筆能在 R 兩輪軸間的紙片 C 上畫出記
號。C 紙片捲於 W 輪上，能隨 R 輪軸的旋轉，向外伸出。
吾國電碼



下所示：

第 323 圖

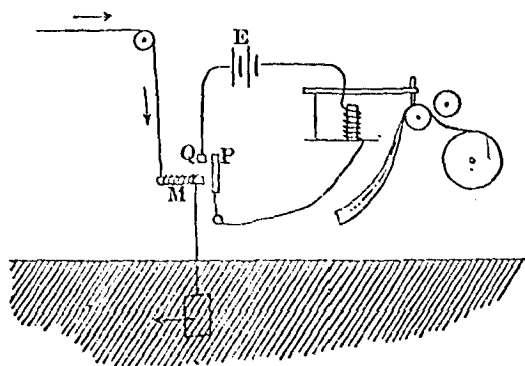
如上圖
的裝置,一
局祇能發
電,一局祇
能收電,但
欲兩局能
發能收,可



第 324 圖

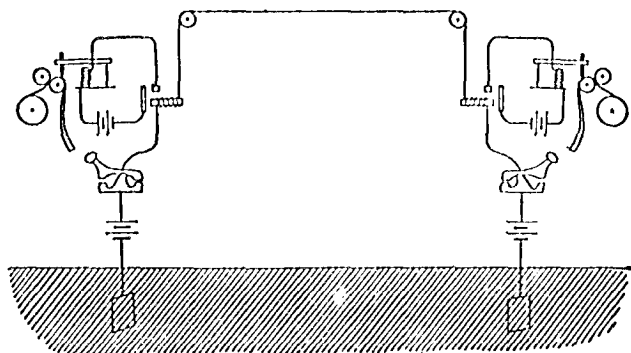
改成第 324 圖的裝置。

但兩局距離過遠,甲局所發的電流過弱,不能使乙局收電機畫出記號。欲免除此弊,可令由甲局發來的電流,先經過小電磁石 M (叫做繼電器 Relay) 上,如第 325 圖, M 吸 P 小鐵片,令 P 和 Q 相連,於是 P Q E 的



第 325 圖

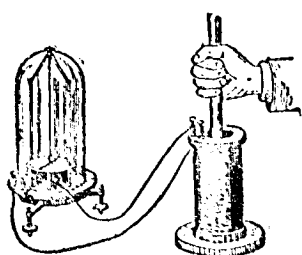
輪道通,可
畫出極顯
明的記號。
因此甲乙
電報的情
形,當如下
第 326 圖
所示。



第 326 圖

79. 由磁性變化可以生成電流 上幾段中所述的情形,多是說明電流經過可以發生磁性如同把電流通入卷絡圈中,即可使軟鐵變成磁石,現在若把磁石放在卷絡圈內,能否使圈內生成電流?

實驗一七一 如第 327 圖,取絕緣導線捲成的卷絡圈一個,將線的兩端連接於一感覺靈敏的電

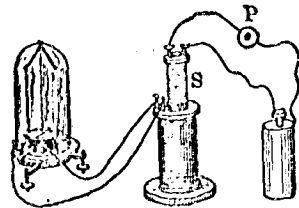


第 327 圖

流表上,次將磁石的一極(S)迅速插入圈內,表上的指針,即偏向一方(左);若將磁極迅速提出,指針即另偏向他方(右),再將他極(N)迅速插入圈內,即見指針偏轉,和

上次提出時相同(右);若急將磁極提出,即見指針偏轉,和上次插入時相同(左).

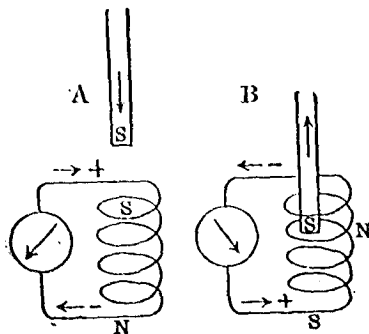
實驗一七二 依上述實驗的裝置,磁石進出,甚感不便,可改成第 328 圖的裝置.



第 328 圖

一切均和上同,獨以電磁石 S 代條形磁棒.當 P 壓下,則電流通, S 發生磁性,和磁石入卷絡圈相同,表示指針即向一方偏轉.當 P 提起,則電流絕, S 上即無磁性,和磁石提出卷絡圈相同,表上指針即向他一方偏轉.

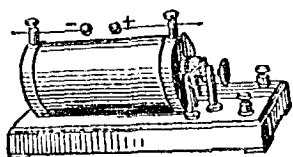
由上述實驗,可知卷絡圈內,若發生磁性的急速變化,即可以誘起電流現象,但這電流是發生於磁性變



第 329 圖

化的瞬時,方向不絕的變化,這是甚麼緣故呢? 物理學上認林慈 Lenz 的解釋最為切當,林慈說:“物體上各有保持狀態的慣性,如我們將磁石的 S 極,插入卷絡圈內,如第 329

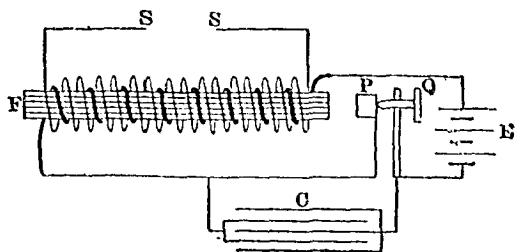
圖的 A,那末圈上就要保持牠的常態,反抗磁石 S 極的侵入,這時近 S 端發生同名極,遠 S 端發生異名極,所以電流的方向就由是而定了,若將 S 提出,如同圖的 B,那末圈上也要保持牠的常態,不欲 S 極離開,這時近 S 端發生異名極,遠 S 端發生同名極,所以電流也改易方向了!”這種解釋,也叫做林慈定律 Lenz's law, 在電學上是很重要的一種法則。



第 330 圖

盧可富 Rumkorff 卽利用上述的原理,和實驗一七二的裝置情形,造成一種能由低電位變成高電位的器械,叫做感應

圈 Induction coil. 第 330 圖爲感應圈實物的外形,第 331 圖爲牠內部構造情形。F 爲軟鐵絲束成的鐵心,捲以稍粗的絕緣導線,叫做正絡圈 Primary coil. 圈外更捲以絕緣細導線,回數比正絡圈多至數倍,叫做副絡圈 Secondary coil. 副



第 331 圖

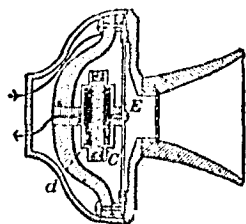
絡圈導線的兩端，各連金屬桿 S, S 。正絡圈導線的一端連接電池 E ，再通至 Q 螺釘，釘和 P 鐵片相觸，電流通至正絡圈上。當正絡圈上電流通時， F 鐵心即帶磁性，能感應副絡圈而生電流，同時 F 鐵心吸引 P 鐵片，正絡圈上電流即不復通， F 鐵心即失去磁性，副絡圈又感應而生與前相反的電流，此時 P 鐵片因彈性回至原位，又和 Q 螺釘相碰，正絡圈上電流復通；如是正絡圈上電流時斷時續，副絡圈上即因感應而生強大的電動力，金屬桿 S, S 間即放出電火花。

但當正絡圈輪道 Q, P 間，時離時合時，也由慣性作用，瞬時也發生電流：即 Q, P 離時，生同方的電流； Q, P 合時，生異方的電流。這等電流很和正絡圈內的電流相抵觸，能使鐵心的磁性減弱，副絡圈上的電動力減小，所以於 P, Q 中間，添入一蓄電池（和來登瓶的構造作用相同，即以錫箔隔以不導體的蠟紙片而成），以增大電氣容量，減小相反方向電流的作用。

80. 利用磁性變化所生的感應電流可以作傳話的器械。感應圈的正絡圈上，電流時斷時續，可以使副絡圈上感應而生電流，前上段中已詳細說明了。然而正絡圈上的電流，若時強時弱，當然 F 鐵心的磁性，

也隨着忽強忽弱,那末副絡圈上的電流,也當忽強忽弱了,實際上確是如此,因此我們就可利用這情形,創製爲電話 Telephone. 電話上主要部分爲送話器 Transmitter 和接話器 Receiver.

送話器如第 332 圖,喇叭口內裝有薄炭精振動板 E, E 連於 d 絕緣杯上,杯中滿盛細炭精粒 C, 杯底有小炭板連於一導線, E 振動板也連於一導線, 這二導線和電池共連成一輪道, 因爲炭精粒疏鬆的緣故, 所以電



第 332 圖

流不易由炭精粒通過,今有人向喇叭口說話,於是音波將 E 板振動,當密波來時, E 板壓下,炭精粒緻密,電流易通過,故這時電流增強,當疏波來時, E 板突起,炭精粒疏鬆,電流不易通過,故這時電流減弱,送話器上電流強弱變化的情形,恰和音波變化的情形相當。

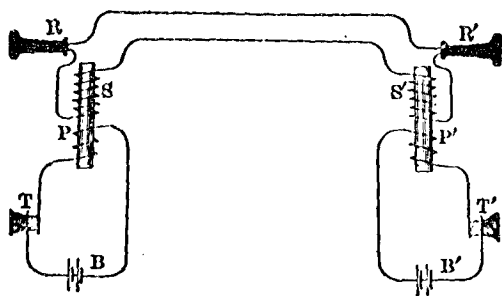
接話器如第 333 圖, A 爲一蹄形電磁石,用導線捲於 A 兩極,各成一卷絡圈如 B B, A 極上,放置一薄鐵片 E, 當電流強時, E 片吸下多,弱時 E 片吸下少,當電流不絕變化時, E 片即忽



第 333 圖

起忽落,振動成音,恰和電流相稱.

電話機的連絡,如第 334 圖,送話器 (T, T') 和電池 (B, B')



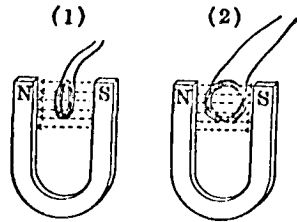
第 334 圖

共連於正絡圈 (P, P') 上,成一輪道.受話器 (R, R') 連接於副絡圈 (S, S') 上,也自成一輪道.當我們向送話器 (T, T') 上說話時,正絡圈 (P, P') 輪道上的電流,忽強忽弱,恰和音波的變化相當.同時副絡圈 (S, S') 上,即生時強時弱的感應電流.所以接話器 (R, R') 上的鐵片,也就忽起忽落,振動成聲.這振動恰適和送話器上炭板的振動相當,故可發出原來的聲調.

81. 利用磁性變化所生成的電流可以創造發電機 上 78 段中,我們利用正絡圈內磁性的變化,可以造作感應圈,能把低電位變成高電位.現在我們還是照着實驗一七一和一七二的情形,把磁石固定,令卷絡圈運動,也可發生感應電流:

實驗一七三 如第 335 圖,取絕緣細銅絲,疊成

長方形的卷絡圈,迴繞約二三百次,令牠的大小,恰能自由在蹄形磁石的兩極間旋轉,將導線兩端連接於一精密電流表上,次將這圈在兩極間,向左或右急速迴轉,當知每轉一百八十度時,表上即發生電流一次,方向也各次交換。

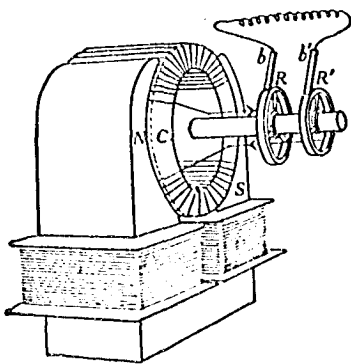


第 335 圖

由上述實驗,可知卷絡圈在磁場內急速迴轉時,也可以發生感應電流,這電流的方向,每轉 180° 後,即變化一次,物理學家就根據這原理,創造交流發電機

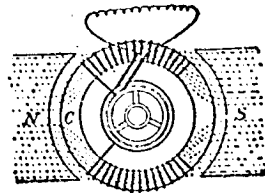
Alternating current dynamo.

交流發電機的外形,如第 336 圖,牠的構造情形,可按



第 336 圖

第 337 圖說



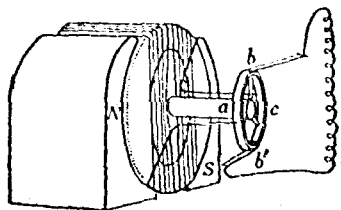
第 337 圖

明, S, N 為電磁石的兩極,中間放置一發電子 Armature C, 以軟鐵輪

爲心，得繞一水平軸上旋轉。牠能發生交流電流的原因，也可用林慈定律解釋的。如上圖，當 a 、 b 要離開 S 、 N 兩極時，各由保持常態的慣性， a 就成爲 N 極， b 就成爲 S 極，這時電流是取一定的方向流出。迨 a 轉到 N ， b 轉到 S 時，那 a 、 b 又要由保持常態的慣性， a 就成爲 N 極， b 就成爲 S 極，以資抵制，這時電流當然再變易一方向。如是每旋轉 180° ，即改變電流方向一次。這種電流由軸上兩個鋼刷流入外邊，以供電燈或工廠運轉機械的應用。

將交流發電機上裝置一整流器 Commutator，可使變成直流 Direct current，叫做直流發電機 Direct current dynamo。

如第 338 圖，全機構造與交流相同，不過水平軸上，安置一個整流器。這器係一圓輪，用絕緣體分成二等分。當這輪迴轉時，兩半輪上所帶的電氣，應爲異名的，並與迴轉位置有一定的關係（照第 337 圖的解釋），所以 b 刷上若爲陰電，則 b' 刷上必爲陽電。



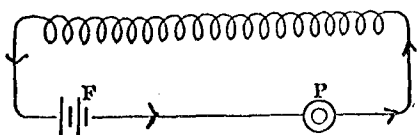
第 338 圖

各種發電機，我們不要

問牠的構造和形式怎樣,都可以認牠們是一種能力變化的器械,我們用煤炭燃燒,發生水蒸汽,將水蒸汽把機械轉動,機械把發電機上的發電子轉動,纔發出電流來,所以電能力原由熱能力或機械能力變化而成的。

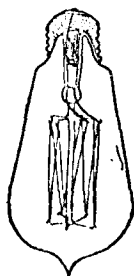
然而電能力也可變為熱能力和機械能力的,我們所用的電爐,電燈就是由電能力變為光和熱的。

實驗一七四 取很細的鐵絲五六尺,先捲於玻璃棒上,取下後,如第 339 圖連結於電池上,並於輪道中間插入一開閉機關 P。當



第 339 圖

P 壓下,令輪道通時,即見螺旋形的鐵絲上變為紅熱,倘電力強時,可以將鐵絲燒斷。



第 310 圖

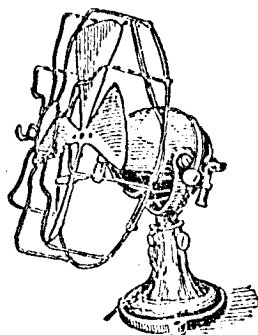
日常用的電燈 Electric lamp, 即照上述實驗的原理而製成,如第 340 圖,於一玻璃泡內,封入鎢絲(金屬的一種,不易燒斷),並將泡內抽成真空,電流通過鎢絲時,因絲上抵抗甚大,遂發熱和光。

若我們把交流或直流的電流通到發



第 341 圖

電機上,那末發電機的發電子,也就可以自行旋轉,這種和發電機相反作用的器械,叫做電動機 Motor. 因此電動機也分爲直流和交流的兩種,構造和發電機大致相似,獨作用相反就是了,現在電流的輸送,價值比煤炭便宜,所以大小工廠,均多採用電動機,以代蒸汽機,又夏天家庭店舖中所用的大小電扇,街市交通的電車,多是應用電動機,如第 341 圖爲電車行駛的情形,第 342 圖爲一小電扇的外形.



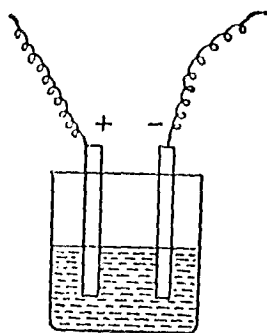
第 342 圖

82. 交流和直流電流 我們

所用的電池,就是發生直流電流的一種器械,直流電流通到各種溶液裏,就會起化學變化,如同水中加酸,再通以直流電流,那末陽極上就發生氧氣,陰極上就發生氫氣,以前已經說過了,直流電流因牠的方向不變,所以通到電磁石的卷絡圈內,電磁石上兩極的方位,也一定不變,這情形前 73 段中,已經證明過了,可是

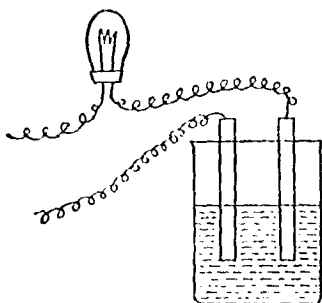
交流電流，卻有些奇特的地方。

實驗一七五 如第 343 圖，將玻璃杯中盛稀硫酸，插入鉛板二片，用乾電池三個連結成一輪道，經過幾分鐘後，即見陽極的鉛板上，帶着紫褐色，是為過氧化鉛，次將電池取下，即將這



第 343 圖

兩鉛片連結於電鈴上，即聽得電鈴發聲。

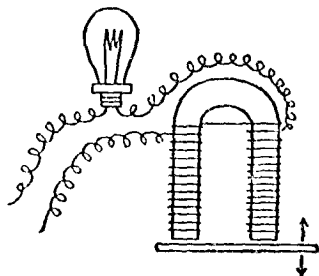


第 344 圖

實驗一七六 如第 344 圖，將電燈用的交流電流，由鉛板上經過稀硫酸中，當中插入一電燈，電燈亮時，即知電流已通過硫酸

內，也經過數分鐘，觀察鉛板上，略無化學變化，次將電流斷絕，把導線連結在電鈴上，也無發音的現象。

實驗一七七 如第 345 圖，取蹄形電磁石一個，試

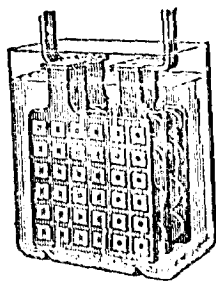


第 345 圖

將交流電流通到卷絡圈上,用軟鐵片放置兩極上,即聽得鐵片在極上跳動作聲,是由交流電流的方向不絕變化,因此電磁石上的磁性,也隨着不絕變化,且每一變化間,暫時失去磁性,所以軟鐵時離時合,跳動作聲。

由上述實驗,我們可以把直流電流,貯蓄於浸入硫酸的鉛板上,這樣裝置,叫做鉛板蓄電池Lead-plate storage battery.

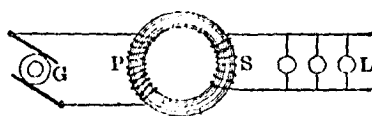
如第 346 圖,鉛板蓄電池用大玻璃筒,內盛稀硫酸(水十分濃硫酸一分),中插多孔的鉛板數枚,孔中填入氧化鉛,隔着絕緣板,分別連結於直流電流的兩極上,由電流的化學作用,陽極鉛板上變為過氧化鉛,陰極鉛板上變為海綿狀的鉛,叫做充電 Charge. 充電後,蓄電池內即可發生電流。當電流發出時,陽極陰極又復變為氧化鉛,叫做放電 Discharge,所以蓄電池是一種能力的收發所,既能充電,復能放電,但嚴格說來,所蓄的並非電能力,卻為化學能力。兩極電位差,約為二弗打。



第 346 圖

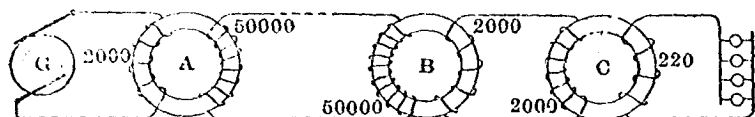
再據上述實驗,交流電流雖不能若直流電流得變為化學能力,可以貯蓄,但因牠的方向時時變化,可以利用牠發生感應電流,既能將電位提高,又能將電位降低,這種裝置,叫做變壓器 Transformer.

變壓器係由一鐵心,繞有捲數不同的兩卷絡圈而成,如第 347 圖, G 為交流發電機,電位 (也可叫做電壓) 甚高,通過 P 圈,則 S 圈上即生感



第 347 圖

應電流,因 S 圈的捲數少,故電位降低,可以引為點電燈 L 的用處, P, S 上電位 (或電壓) 的變化,適與各圈上的捲數成比例,如第 348 圖,電燈廠即利用變壓器,將電流輸送於遠處,廠內發電機上的電位不能過高,但輸送電流於遠處,以高位最為經濟,而實用上卻又需要低電位,如電燈用 220V. 或 110V. (弗打), 電車上用 550V, 因此交流電位的變化,實不能缺少變壓器.

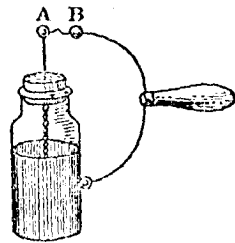


第 348 圖

83. 電波和無線電報 我們在上第四章中,知道發音體振動,就要在周圍空氣中發生疏密波,就是音波;在上第五章和第六章中,也知物體分子間振動很厲害的時間,周圍以太中就要發生高低波,就是光波和熱波,光波和熱波性質相同,不過波長不同就是了。物理學家謂電氣中和時,也能在周圍以太中生成高低波,情形很和光熱波相同,叫做電波 Electric wave。

電波是怎樣發生的呢? 我們可由實驗所得的情形上來說明。

實驗一七八 取來登瓶一個,用起電機充電於瓶內,如第 349 圖,將放電叉令牠放電,頭次接觸時, A B 間放長火花,二次再接觸, A B 間又放火花,如此接觸數次,均可看見 A B 間放出火花。



第 349 圖

照上述實驗看來, A B 間在理論上,祇能有一次放電,但在實際上,卻放電多少次,這種現象,可以這樣說明:來登瓶內外的電位相差很大,如初接觸前, A 高於 B,但既接觸後, B 反高於 A;再經二次接觸, A 又高於 B,經三次接觸, B 又高於 A;如是

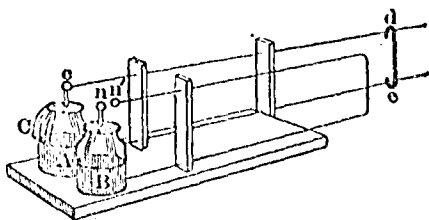
A B 間的電氣，常往復流動，叫做電振動 Electric oscillation。這種振動能力傳播於四圍以太內，即成爲電波，電波的速度和光速相等，每秒能行三十萬公里（約繞地球赤道七圈半），振動數自數百至數百萬不等，所以電波的波長：

$$\text{波長} = \frac{\text{速度}}{\text{振動數}}$$

波長自數公釐起至數百公里不等，因此無線電臺上，有所謂長波和短波的區別。

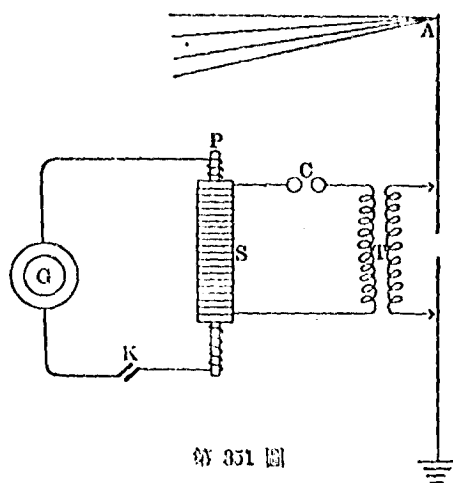
我們怎樣知道空中已生有電波了？這情形得由實驗來證明。

實驗一七九 如第 350 圖，取大小形狀相似的來登瓶 A, B 兩個，各用銅絲在瓶外圍成一規形輪道，並由 A 瓶內的錫箔上，引出錫箔一



第 350 圖

條，和瓶外的錫箔相距僅一公釐如 C。先充電於 B 瓶，令 A 瓶平行排列，令 n, n' 間放出電火花。次移動 d, e 銅絲，令 A, B 瓶上兩規形的輪道相等，那 C 間也即發生電火花。



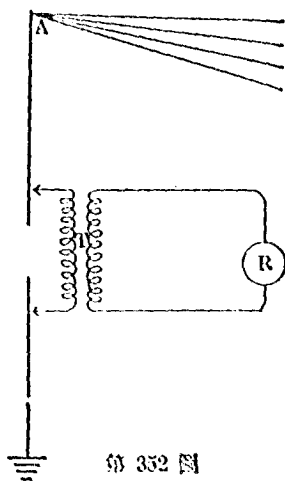
第 351 圖

上述實驗中的現象,叫做電的共振

Resonance of electric oscillation, 很和第四章 37 段中音的共鳴現象相似,無線電報 Wireless telegraph 即根據電波的共振原理而造成的。

重要器械分為發報和收報兩部分,如第 351 圖,為發報部的裝置,G 為交流發電機,連於 P 正絡圈上,如將 K 按下,則 S 副絡圈上,即發生交流的感應電流,能在 C 間放電火花,發生電振動,此振動由 T 變壓器的調節,能傳於天線 A,由天線 A 上發出電波,再傳播於四方。

收報部如第 352 圖的裝置,當電波自發報處空中傳來時,天線 A 即感受共振,倘變壓器



第 352 圖



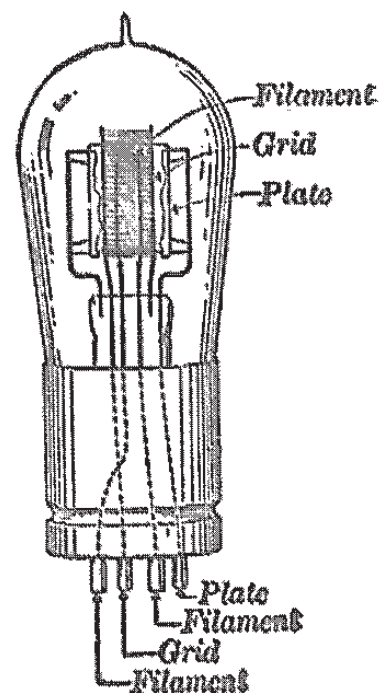
第 353 圖

T 上各部分,調制得宜,即可收到與發報處波長相同的電波,同時由感應而生的電流,通至受信機 R 上,即可獲得消息。

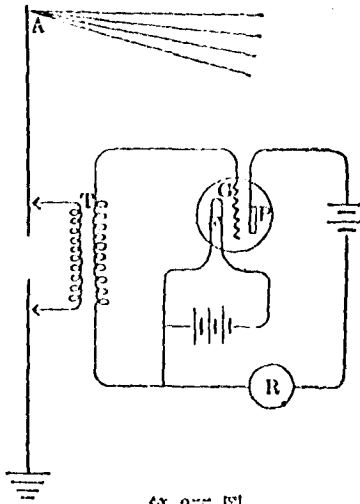
但因電波的振動數過大,受信機上往往不能接受,應在 R T 輪道(如第 352 圖)間加入一種整流器 Rectifier 或叫做檢波器 Wave detector, 現在最新式最

通行的,就算三極真空管 Three-electrode vacuum tube, 外形如第 353 圖,剖面如第 354 圖,即於真空管內,封入鎢絲 Filament 做爲線極,周圍繞以金屬細絲成格子形 Grid, 是爲格極,格外再包以金屬板 Plate, 是爲板極,用時即以電池熱鎢絲,令放出陰性的電子 Electron, 使線極板極格極間,只能通一方向的電流,即能將感應所生的交流,變爲直流,所以可做整流的用處。

如第 355 圖,爲三極真空管插入收報處的情形。若空中有電波傳來,天線 A 即起共振的現象,同時變壓器 T 即生感應電流,若格極感應而



第 354 圖

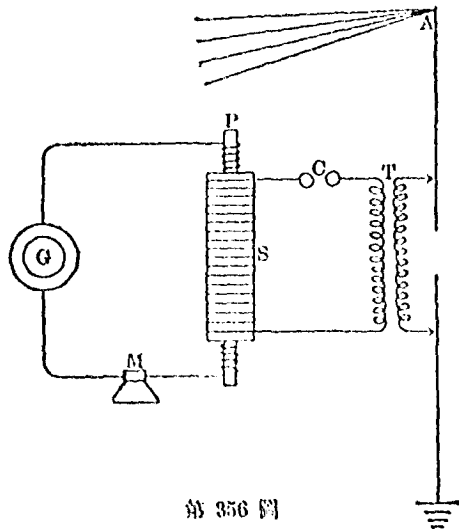


第 355 圖

成陽性,則 P 線極能發出多量的電子,那收報器 R 上的電流,得由 F, P 兩極間通過,若格極成陰性,即拒絕線極上發出的電子,那收報器 R 上的電流,不得由 F, P 兩極間通過,因此收報器上得到直流,即易感受遠方傳來的記號.

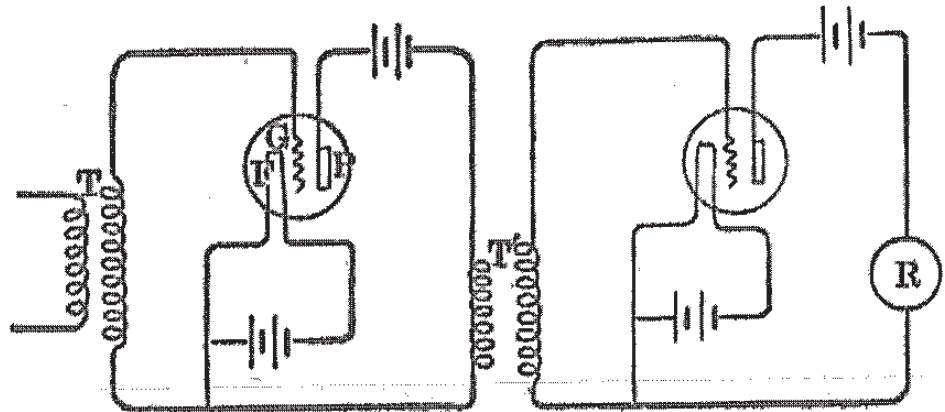
84. 無線電話 無線

電話 Radio telephone 的構造,和無線電報很相似,如第 356 圖,即正絡圈輸道上,插入一發音機 M (和有線電話的發音機完全相同),當人向 M 說話時,正絡圈 P 上發生忽強



第 356 圖

忽弱的電流,同時 S 副絡圈上 C 間,即發生忽強忽弱的振動。



第 357 圖

這種振動由 T 變壓器傳到天線 A,再播散於四方。
(參閱第 349 圖,即以 M 代 K.)

收音部也完全和無線電報相同,不過於 R, P, F 輪道上(見第 355 圖),多裝若干三極真空管,做為電



第 358 圖

流的擴大器 Amplifier。電流經過擴大器的整理,得增大傳話的距離。牠的連續裝置,如第 357 圖,擴大情形的說明,和上第 355 圖相同。最後擴大電流的輪道上,再插入一受話器 R,有時更裝置一擴音器(如第 358 圖),傳播講演,

音樂,歌曲等,雖在大庭廣衆中,也可聽得明亮清楚的聲調。

1. 電鈴構造上,以那一部分為最重要? 交流電流也可以令電鈴發音嗎?

2. 請再說明三極真空管的功用,並繪圖表示電流經過的輪道.

3. 交流電流,有人說利用三極真空管,可以變成直流,你們相信嗎? 請加以判斷.

4. 感應圈上副絡圈內所生的感應電,和起電機上兩極的感應電,性質相同嗎?

5. 直流電流和交流電流,有甚麼區別的方法?

第八章 物理學上自然現象 的分類

85. 我們爲甚麼研究物理學呢 我們在本書開端的引子裏,已經說過:“物理學討論的範圍,總結起來,可劃分兩大部分;一部分是論到自然界所起的自然現象,一部分是討論由研究自然現象的結果而產生的應用器械”。我們也可以這樣說:“自然現象是物理學上研究的對象,也是引起我們研究的主因;應用器械是物理學上研究的結果,也是慰勞我們研究的報酬”。人類確是一種最能模仿自然和利用自然的動物呢,把研究自然現象的結果,都要應用到解決人生問題上去,然而我們研究自然現象,也不專是爲得造做器械,供人類的應用,有時候就明知道這自然現象,和人類生活一點也沒有關係的,可是我們也要費了許多心血去探究牠,這是甚麼道理呢? 人類有天賦的求知慾望,也可叫做知識慾,這種知識慾就是

驅使我們研究自然現象的動機，自然界指示給我們以種種疑問，我們若得不到相當的解釋，中心的沈悶，實在比饑寒的侵迫，還要痛苦得多呢。人類具有知識慾，對於自然現象上的疑問，就會時時注意考察，務求得着一種答案，以滿足我們的慾望。可是人類是進化的，古代的人類好像現在的小孩子，由進化論上說來，他們的腦筋，並沒有像我們現在的發達，所以有些自然現象，在古代的人類，實無能力可以研究的！因此他們對於自然現象的解釋，就有些很可笑的錯誤了；這並不是古人的罪惡，實在是為進化的階級所限制，在當時確然已算金科玉律了，現在我們對於物理學上各現象所下的解釋，自己一定相信沒有錯誤，並且認為最滿意最合理的，然而由物理學史上看來，我們的見解，一定有許多是錯誤的，也許將來世界上的小孩子可以想得到的，現在就教第一流的物理學家也正無法尋索呢！如同電母雷公的故事，數千年相傳下來的神秘，得到正確的解釋，還不到二百年呢，又如英國的大物理學家牛頓，他在科學界上的功績和地位是怎樣的優異！然而他說光線的放射，好像微塵飛散，花香四溢，我們能看見東西，是由於物體把光質射到眼

裏的緣故，卻不主張波動呢！又如物質和能力的區別，就近在二三十年前，物理學上都認為是兩樣絕不相同的東西，可是現在呢？已經證明牠們原是一家的，彼此可以互相變遷的！所以物理學上研究的成績，是很富有時代性的，人類在進化的道中，不絕的修改舊成績，發表新成績，以滿足我們的知識慾，因此，物理學就有純粹物理學 Pure physics 和應用物理學 Practical physics 的區別了，本書是屬於那一方面呢？兩方面都要顧到，一方面注意應用器械，以解決人生問題，謀國利民福為前提；一方面為滿足青年的知識慾，以探求真理，養成精細靈敏而合於科學方法 Scientific method 的研究習慣為前提，所以本書也可叫做普通物理學 General physics。

86. 以上各章的回顧 照上一段的討論，歸結起來，我們研究物理學，是含有兩種用意：第一種是利用研究自然現象的結果，盡量表示人類的創造能力，造做器械，以促進人類的文明；第二種是探求真理，以滿足人類的知識慾，並養成求知的習慣，促進人類的進化。現在把以上各章中，所研究的自然現象，和由研究所得到的應用（器械方面）和原理（理論方面），

表列於下，以資醒目，在頭三章中如：

自然現象	應用器械和原理解釋
空氣壓力	氣壓表（壓力由重量而來）
空氣壓力的減少	抽氣機（真空）
空氣壓力的增加	打氣機（空氣彈性）
水壓力	虹吸管
水平面	連通管，自來水
物體入水	比重表（亞基米德原理）
水受壓力	水壓機（巴司開原理）
氣壓和水壓的關係	抽水機，救火機
毛細管	油燈，毛筆
槓桿省力	稱，天平，滑車，輪軸（槓桿定律）
斜面省力	斜面板，螺旋，刀，斧（斜面定律）
力的分合	飛機，鳶，房屋，橋梁（四邊形定律）

在第四章中如：

自然現象	應用器械和原理解釋
振動發音	留聲機，耳朵，各種樂器
空氣傳音	音波（疏密波），回音
音的高低	振動數，波長

音的強弱 音調的不同 共鳴	振幅,波山,波谷 音色,原音,倍音 空氣柱,振動板(振動數 相等)
---------------------	--

在第五章中如:

自 然 現 象	應用器械和原理解釋
摩擦生熱 物體傳熱 非物體傳熱 傳熱和不傳熱	鑽木取火,火柴取火 傳導,對流 輻射 冬裘,夏葛,鐵鍋,木椅,安全 燈
物體膨脹	溫度表,氣燃機,(體漲係 數)
蒸汽壓力 水的三態變化 沸騰	蒸汽機,火車,輪船 融解熱,蒸發熱 空氣壓力的影響

在第六章中如:

自 然 現 象	應用器械和原理解釋
光的直進 光的反射	小孔成像 平面鏡,球面鏡,反射定律, 成像原因
光的屈折	透鏡,望遠鏡,顯微鏡,屈折 定律

眼球	照相器
光的分散	色澤,三棱鏡
日蝕月蝕	光直進成影,本影,半影
虹	水點屈折,反射和分散日光
海市蜃樓	空氣成疏密層
光和熱同時發生	光波,熱波,以太傳達光熱波

在第七章中如:

自然現象	應用器械和原理解釋
磁性現象	指南針,羅盤針兩極
磁性感應	磁力線,分子磁石說
摩擦生電	陰陽電導體,絕緣體
感應生電	起電機,束縛電氣,來登瓶
空中雷電	感應,放電
電流和磁性	電磁石,電流表,電鈴
化學變化和電流	電池
磁氣和電流	感應圈,電話,發電機,電動機
電流和熱	抵抗,電燈,電爐
交流電流	變壓器
直流電流	蓄電池,化學變化
電波	無線電報,無線電話

87. 普通物理學上自然現象的分類 在上段各

表中各種自然現象，我們最先用觀察法，以檢視現象的情形，次用實驗法以考驗現象生成的條件和原因，次用推理以闡明現象的究竟，這種推理有假定的，就叫做假說 Hypothesis，若認為確然是如此的，就叫做定律 Law 或原則 Principle。假說，定律或原則多是依據觀察和實驗的結果而創立的，也有不能觀察不可實驗，而又不得不如此假設的；好像先由以太的假定，然後纔有熱波光波和電波的學說，有鐵分子上各帶有磁性的假定，然後纔有分子磁石說的推論，這種依據事實以推論自然現象的因果和關係，或依據假定，以推想自然現象的情形和作用，統叫做理論 Theory。所以自然現象是散漫的，理論是總結的，物理學上即以理論為指歸，把各種自然現象劃分作多數門類：

（一）力學 Mechanics 研究物體的運動，靜止和變化，是力學的主要工作，也可以說以力的理論，說明固體液體和氣體的種種現象，和器械的各種應用，如第一章，第二章，第三章中的各種討論，都屬於力學的範圍內，又第五章中關於能力的變遷，和能力不滅的定律（見43段），也該劃歸力學來研究的。

(二) 音學 Sound 以研究發音體,音波和音調,並各種樂器爲軸的主要工作,第四章中各現象,統可劃歸音學範圍內。

(三) 熱學 Heat 熱學研究的主要範圍,包括熱的波動,熱爲能力,熱影響於物質三態變化,和熱能力應用於器械工作等,如第五章中各現象的研究,都可歸屬牠。

(四) 光學 Light 光學研究的主要範圍,包括光波理論,光的性質,色澤成因,和各種光學器械,如第六章中各現象,均應在光學內研究。

(五) 磁電學 Magnetism and electricity, 磁學電學原先多分別研究的,近來因牠們關係非常密切,所以多相提並論,併入一門,所以第七章中各現象的討論,都可劃歸磁電學範圍內,在物理學各分科中,近來以磁電學的進步爲最快,理論和應用,各有登峯造極的趨勢,在應用方面,電動機的推銷,幾可替代工業或家庭間一切的动力;電流的遠距離輸送,已可以替代笨重的煤炭;電波的重洋傳達,能供電報電話和照相的用處,可以免除時間空間上的阻隔,現在世界已成爲電氣時代了!在理論方面,

因爲電子 Electron 的研究非常透澈,由物理變化 Physical change 所起的物理現象 Physical phenomenon (即物理學研究範圍,從前都認爲祇是能力變化,和化學所研究的物質變化,漠不相關),和由化學變化 Chemical change 所起的化學現象 Chemical phenomenon 在根本上已無分別了,實在由於磁電學的進步,知道能力 Energy 和物質 Matter 的本體,各係電的變形,彼此可以遷變的,因此物理學已衝破化學研究範圍的防禦線了,我們在下學期研究化學時,有好多地方,仍舊要引用磁電學上的知識呢。

習 題

1. 我們學過的各種科學,那一種和物理學關係最深呢?
2. 在別種科學中,請找出應用物理學上知識的地方,不論屬於原理或器械,祇要和物理學有關係的,請多例舉事實,並加以解釋。
3. 科學是具有時代性的,而且永遠在進步改造的過程中,請你們不論在那種科學上多找些證據。
4. 物理學上的分類,是根據甚麼理由的? 如力

學,熱學,光學,音學和磁電學,既然可以分門別戶,爲甚麼又要總稱爲物理學? 牠們有甚麼公共的特性? 請根據事實,做一編詳細的論文,作爲讀完普通物理學的紀念。



新課程標準 廿二年新出

世界初中教本

徐氏 初中公民 徐逸橋 三冊
 鄭氏 初中衛生 龔嘉猷 三冊
 朱氏 初中國文 朱劍芒 六冊
 創造國文讀本 徐蔚南 六冊
 國民英語讀本 陸步青 六冊
 英語讀本 黃梁就明 三冊
 英語標準讀本 林漢達 三冊
 進步英語讀本 進步社 三冊
 朱氏 初中本國史 朱翊新 四冊
 謝氏 初中本國史 謝興堯 四冊

朱氏 初中外國史 朱翊新 二冊
 李氏 初中外國史 李季谷 二冊
 譚氏 初中本國地理 譚慶遜 四冊
 譚氏 初中本國地理 譚慶遜 四冊
 譚氏 初中外國地理 譚慶遜 二冊
 王氏 初中世界地理 王 讓 二冊
 蔡氏 初中算術 蔡師曾 二冊
 王氏 初中算術 王開泰 二冊
 薛氏 初中代數 薛添翰 二冊
 薛氏 初中代數 薛添翰 二冊
 王爾森 初中代數 王爾森 二冊

何氏 初中幾何 附數值 何時慧 三冊
 黃氏 初中幾何 附數值 黃 泰 三冊
 徐氏 初中植物學 徐克敏 二冊
 馮氏 初中植物學 馮光斗 二冊
 王氏 初中動物學 王采南 一冊
 徐氏 初中動物學 徐 琨 二冊
 錢氏 初中化學 錢少淵 二冊
 朱氏 初中化學 朱莫飛 一冊
 謝氏 初中物理學 龔嘉猷 三冊
 朱氏 初中物理學 朱莫飛 一冊
 中學水彩畫 陸蔚強 四冊
 中學鉛筆畫 徐則安 三冊
 陳氏 初中圖畫 陳道一 三冊

● 特出二種任意採用

世界書局發行

中華民國二十三年一月四版

初級中學學生用

新課程標準 朱氏初中物理學(全一册)

(每册價洋九角五分)

(外埠酌加郵費匯費)

版權所有 不准翻印

編著者 朱 吳 飛

發行人 沈 知 方

出版者 世界書局
上海大連路

發行所 世界書局
上海四馬路

贈送



朱氏初中物理學 價洋九角五分