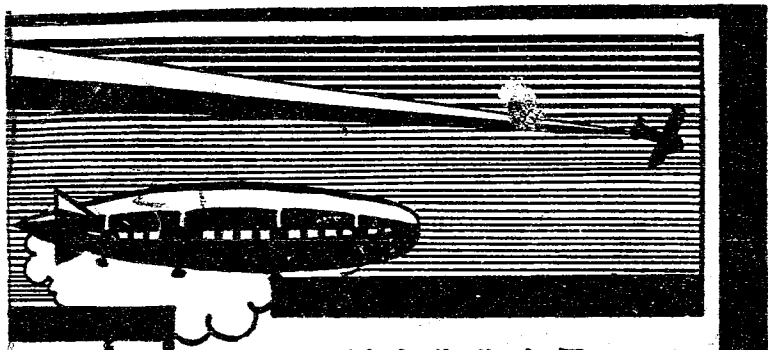


二十四年八月六日教育部審定新課程標準適用



初級中學學生用

開明物理學教本

上 册

戴運軌編著

Zhang Philip 1937

張
運
軌
編
著

開明書店印行

重 要 公 式

(1) 物性

1. 密度 $d = \frac{m}{v}$
2. 固體的比重 $S = \frac{W}{W - W'}$
3. 液體的比重 $S = \frac{W_2 - W}{W_1 - W}$
4. 液體的壓力 $P = hd$
5. 波義耳定律 $PV = P'V'$

(2) 熱

1. 溫度計 $9C = 5(F - 32)$
2. 查理定律 $V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$

(3) 力

1. 力 $f = ma$ (運動定律)
2. 工作 $W = fs$
3. 槓桿 $Pl = Wl'$
4. 斜面 $Pl = Wh$

(4) 運動

1. 速度 $v = \frac{s}{t}$
2. 加速度 $a = \frac{v}{t}$
3. 動量 $M = mv$

4. 落體 $v = gt, s = \frac{1}{2}gt^2$

5. 擺 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

6. 波動 $v = \frac{l}{T} = n\lambda$

(5) 光

1. 折射率 $= \frac{DE}{FG} = \frac{\text{入射角的正弦}}{\text{折射角的正弦}}$

2. 透鏡 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

(6) 電

1. 歐姆定律 $C = \frac{E}{R}$

2. 焦耳定律 $H = 0.24 CEt$ 卡

3. 電流工率 $W = CE$ 瓦

(7) 數值

1. 大氣壓

= 每 1 平方厘米 1033 克

2. 聲的速度 (0°C. 空氣中)

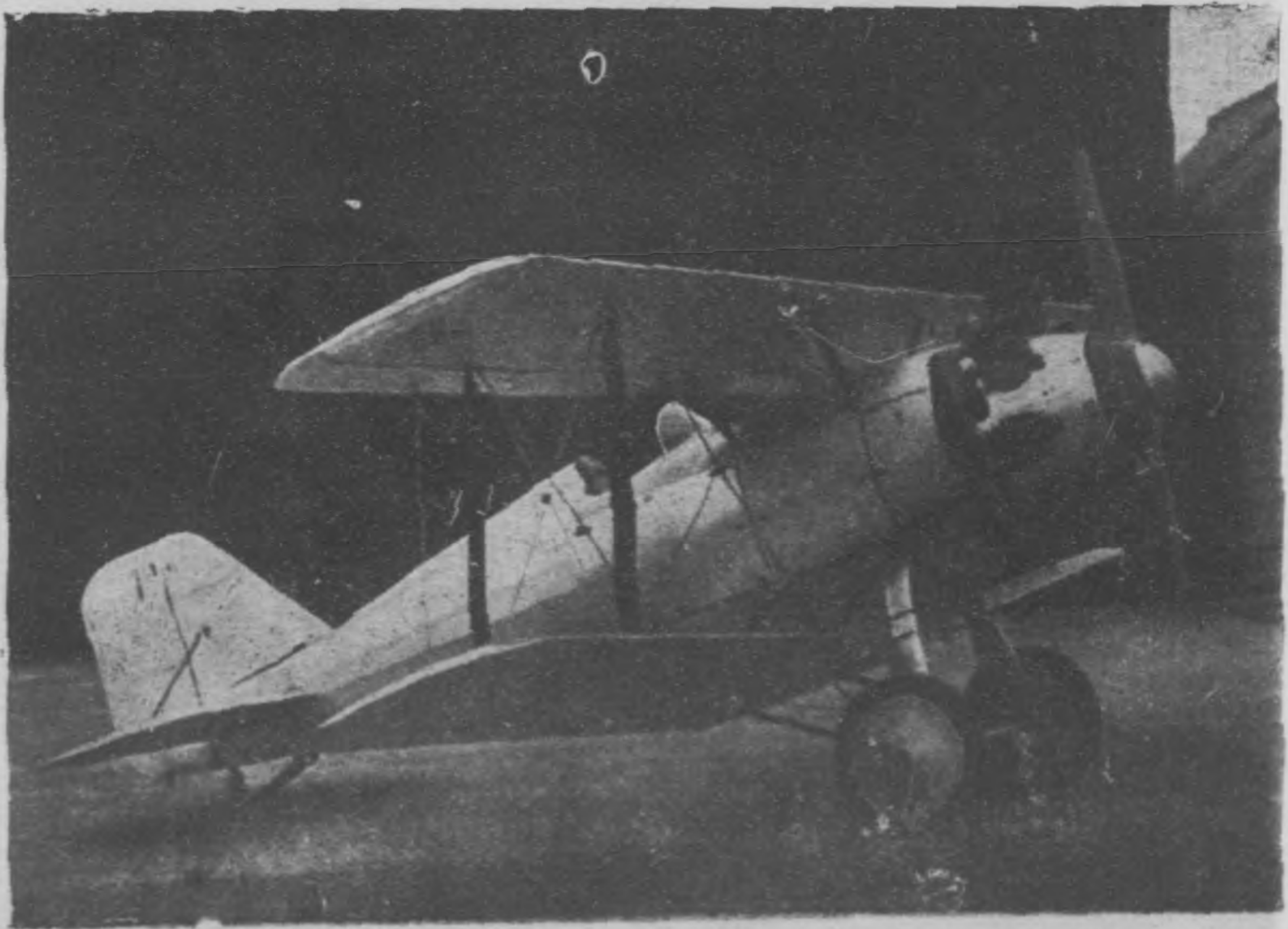
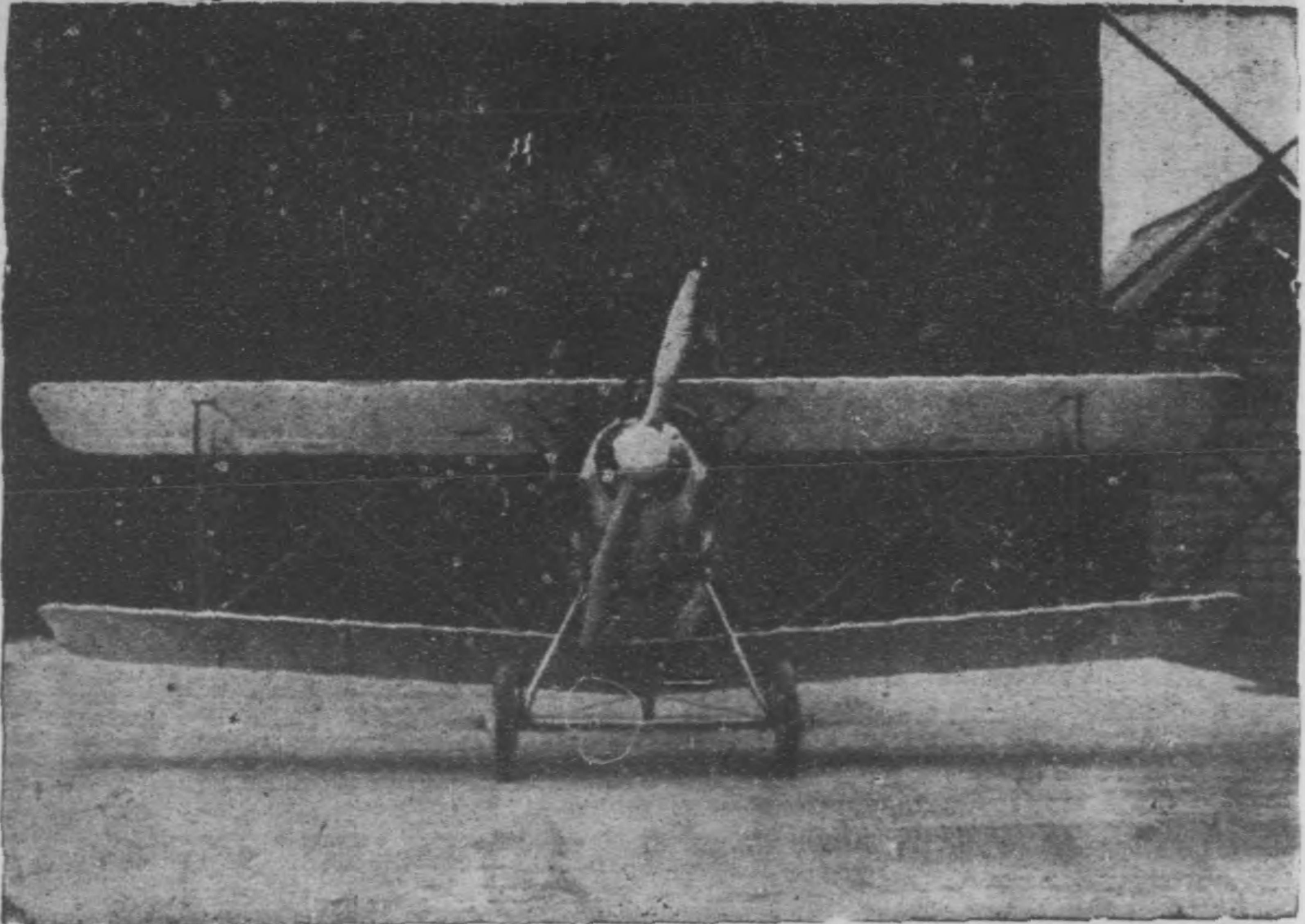
= 331 每秒米

3. 光的速度 = 3×10^8 每秒米

4. 1 瓦 = 1 安 × 1 伏

5. 1 馬力 = 76 每秒仟克米

飛機



此係英國製林可克 (Lincock) 戰鬪飛機，上幅爲正面，下幅爲側面。該飛機裝有250馬力的汽油機，每小時能夠飛行256仟米，且能昇至7000米的高空

M9
G634.7
119

初級中學學生用

開明物理學教本

上 册

戴運軌編著



開明書店印行



3 1774 6538 6

編輯大意

1. 本書依照教育部頒佈初級中學教材的程度編輯，供給初中和其他同等程度學校物理學教科書之用。

2. 本書於物理學上的重要定律之外，凡和人生有密切關係的事項，近代文明的設備以及日常需要的器具也多包羅收入。遇定律和重要的處所，都在文下加附波線，使學生不致忽略。

3. 本書每述一事理，必從簡易的實驗或自然現象觀察入手，再從其所得結果推出論斷或定律，使學生習得自然現象的知識，並領悟研究科學的方法。更列舉一二應用實例及日常生活上有興趣的問題，俾學生對於本節所敘述的事理能自動的運用。

4. 本書所採的實驗，顧慮到設備和教授上的方便，力求簡單。各種實驗都是屢經試驗，確實可靠的，教師學生可照行無礙。

5. 本書每章後特設摘要一項，以便通覽要點，得物理學整個的概念。

6. 插圖為最有力的無言的教師，本書對於插圖的選擇曾加以嚴密的注意，務期可藉以輔助了解物理學的說明和應用。

7. 本書引用各專家人名甚多，擇其在於適當處加插物理學上著名學者肖像，並附小傳，使讀者飲水思源，對於各項學理，得更深一層的印象。

本書編輯時賴親友沈忱甫君始終幫忙，知友吳炯君於第六編電磁學的編輯尤多所援助，深為感激。

民國 20 年 5 月

編者識

改 版 附 言

本書誕生於一二八國難之日，越時甫三載，已九重其版。其間蒙採用本書的教師諸君根據經驗作懇切的指教和批評，盛情高誼，感銘無既；故當茲第十版付印之前加以修改，務使對於現今的初中教育，更為適合。

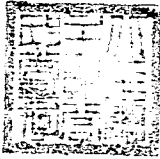
本書的體裁仍與前相同，毫無變更，惟教材則依據 22 年 3 月教育部所頒佈的初中物理學課程標準，略有增減；所有名詞則一律依據 23 年 2 月教育部明令規定的——訂正。

為使學生易於了解起見：故或更新其教材，或變更其次序，或簡易其說明，或增加其插圖；並隨處插入和我國有關的史事，使學生景仰先賢，更知奮發。

附於每節末的問題增加不少，全書共二百三十餘問，皆注重於常識方面，純係中學生習見習聞而急待解決的疑問，即有計算亦極其簡單。至卷末的補習問題，可由教師的意見隨時供學生練習。

民國 24 年 2 月

編者識



上 冊 目 次

第一編 物 性

第一章 物質	1
物質 物質的三態 物理學 量的測定 密度 比重	
重力 力 力的平衡	
第二章 固體	9
固體的彈性 虎克定律	
第三章 液體	12
液體的壓力的傳達 液體的壓力和深度 液體的表面	
連通器 液體的浮力 物體的浮沉 比重的測定	
第四章 分子現象	22
物質和分子 分子力 表面張力 毛細現象	
第五章 氣體	27
氣體的壓力 大氣的壓力 托里拆利實驗 氣壓計	
波義耳定律 大氣的浮力 虹吸 抽水唧筒 空氣唧筒	
壓縮唧筒	

第二編 熱學

第一章 熱和熱的傳佈40

熱和熱的來源 熱的傳導 對流 輻射

第二章 溫度和熱量46

溫度計 熱量和比熱

第三章 物體的膨脹50

固體的膨脹 液體的膨脹 氣體的膨脹 汽油機

第四章 三態的變化57

熔解和凝固 冷劑 汽化 飽和汽 沸點和壓力的關

係 蒸汽機 液化 大氣中的水蒸氣 溼度

第三編 力學

第一章 運動和力71

運動和速度 加速度 力 力的合成和分解 平行力的合力 力矩 重心 穩度

第二章 機械和工作(上)81

機械 槓桿 秤 滑輪 輪軸 工作和工率 工作的原理

第三章 機械和工作(下)88

斜面 劈 螺旋 摩擦

第四章 運動定律93

運動第一定律 運動第二定律 打擊和碰撞 運動第三定律

第五章 引力和各種運動 100

萬有引力 落體 拋射體 圓周運動 轉動 空氣和水的阻力 推進器和舵 風箏和飛機

第六章 波動 110

擺 彈性體的振動 鐘和錶 波動

附 錄117

補習問題 問題答數 中英名詞對照表和索引

開明物理學教本

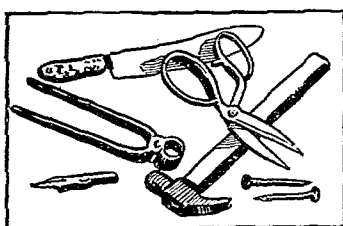
上 冊

第一編 物性

第一章 物質

1. 物質.

凡占有空間的一部分，可以由吾人的感覺辨別其存在的，如鐵鎚·剪刀·小刀·鐵鉗等，稱為‘物體’(body)；凡構成此等物體的，如鐵，稱為‘物質’(matter)。凡物體裏面所含物質的量，稱為‘質量’(mass)。



第1圖 物體和物質

2. 物質的三態.

物質因其狀態的不同，可大別為三種：即固體·液體和氣體。如木·石等，凡有一定的體積和形狀的

物體，稱爲‘固體’(solid)；如水·油等，凡有一定的體積，無一定的形狀，隨器而成形的物體，稱爲‘液體’(liquid)；如空氣·水蒸氣等，凡無一定的體積和形狀，能瀰漫容器的物體，稱爲‘氣體’(gas)。液體和氣體又併稱爲‘流體’(fluid)。

3. 物理學。

由物體聚合而成的物質界，即所謂自然界，變動不已，如風吹·雨降·花開·鳥飛等都是。自然界所有的這種變化統稱爲‘現象’(phenomenon)。然現象雖有繁有簡，但若加以精密的觀察(observation)或用各種的方法另作實驗(experiment)，就可知道一切的变化都有着一定的規律；有同一的原因，必生同一的結果。例如從掌上落下的石塊，經過一定的運動必達地面。這種規律，稱爲‘自然律’(natural law)，凡是研究自然律的學問，稱爲‘自然科學’(natural science)。

‘物理學’(physics)爲自然科學的一分科，其所

研究的爲物質的性態·運動·熱·聲·光·電·磁等項，並闡明其所依從的‘定律’(law)。凡今日所謂文明利器，用以增進人類文化的設備如火車·輪船·飛機·電燈·電報等，皆由物理學的應用而來。

4. 量的測定

研究物理學須測定各種的量。先選出同種類的一定量作爲標準，拿這標準量去和要測定的量相比較，就可知道其含有這標準量的若干倍，這標準量稱爲‘單位’(unit)。長·質量·時間的三種單位稱爲‘基本單位’(fundamental units)，其他各種量的單位都可由此導出。

‘長’(length)的單位用‘米’(meter)，亦稱公尺；其百分之一爲‘厘米’(centimeter)；其千分之一爲‘毫米’(millimeter)；米的千倍爲‘千米’(kilometer)，亦稱公里。我國現行的市尺爲 $\frac{1}{3}$ 米。

‘質量’(mass)的單位用‘千克’(kilogram)，亦稱公斤；其千分之一爲‘克’(gram)；克的千分之一爲

‘毫克’(milligram)。水在攝氏 4° 時每 1 立方厘米的質量等於 1 克。我國現行的市斤[●]為 $\frac{1}{2}$ 仟克。

‘時間’(time) 的單位用‘平均太陽日’(mean solar day)。就是地球對於太陽自轉一回所經過的時間稱爲一‘太陽日’(solar day); 一年裏面, 太陽日有短有長, 就一年中取其平均數定爲一日, 稱爲平均太陽日。1 ‘秒’(second) 爲平均太陽日的 $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$
 $= \frac{1}{86400}$ 。

用厘米·克·秒爲基本單位的系統, 稱爲‘厘米克·秒單位制’(C. G. S. units)。

[問題 1] 面積和容積的 C. G. S. 單位制名稱如何?

5. 密度.

物質的單位容積所含有的質量, 稱爲該物質的‘密度’(density)。譬如鐵的密度每 1 立方厘米爲 7.8 克; 水的密度每 1 立方厘米爲 1 克, 故表密度時

● 市斤·市尺又簡稱爲斤·尺。

須將容積和質量的單位一併記出。

用 v 表物體的容積, m 表其質量, 就可得其密度 d 如下:

$$d = \frac{m}{v}, \quad [\text{密度}] = \frac{[\text{質量}]}{[\text{容積}]}$$

〔問題 2〕 密度從何種基本單位導出? 又其 C. G. S. 單位制如何?

〔問題 3〕 我國通用的長·質量·時的單位是些什麼名稱? 計算的時候比 C. G. S. 單位制便當否?

〔問題 4〕 今有長 5 厘米·闊 1.5 厘米·厚 4 厘米的木塊, 其質量為 15.0 克, 試求其密度若干?

6. 比重.

任何物質的密度對於水在攝氏 4° 時的密度的比, 稱為該物質的‘比重’ (specific gravity)。水的密度既為每立方厘米 1 克, 所以用厘米·克·秒單位制表各種物質的密度時, 其數值常和其比重的數值相等。各種重要物質的比重如下表:

白金 . . . 21.5	水銀 . . . 13.6	銀 10.5
金 19.3	鉛 11.3	銅 8.9

鐵 7.8	濃硫酸 . 1.84	酒精 . . . 0.79
鋅 7.1	人體 . . . 1.07	醚 0.73
金剛石 . . . 3.5	海水 . . . 1.026	杉 0.40
玻璃 . 2.4-4.5	冰 0.92	軟木塞 . 0.24

〔問題 5〕 1 仟克的白金塊，求其容積為若干立方厘米。

〔問題 6〕 比重 4.8 的固體 147 克，其容積為若干？若其容積為 183.75 立方厘米，其比重為若干？

7. 重力.

用手托物體，手就感覺有些重，但手一放掉，物體就向地面落下；這是因為地球有吸引地面上一切物體的作用，這種作用稱為‘重力’(gravity)。

物體的重輕是由作用於此物體的重力大小而定的，物體所受重力的大小，稱為物體的‘重量’。

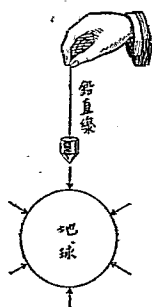


第 2 圖 蘋果墮地由重力作用的緣故

(weight)。由實驗知道(在同一地點，物體的重量和

其質量成正比。

用線懸鉛錘，線在重力作用的方向靜止，此線稱為‘鉛直線’或‘鉛垂線’(vertical 或 plumb line);和此線成直角的平面，稱為‘水平面’(water level)。



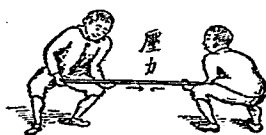
第3圖 重力的方向

8. 力.

凡推引物體的作用稱為‘力’(force)。重力是地球作用於地面上一切物體的一種力。

兩人各用手推棒的兩端，作用於棒上的力，彼此相向，稱為‘壓力’(pressure)。

反之，兩人各用手曳繩的兩端；或用線懸錘，那麼，作用



第4圖 壓力和張力



於繩上或線上的力，彼此相背，稱為‘張力’(tension)。

單位面積上所受到的壓力，稱為‘壓力強度’(intensity of pressure)，簡稱壓力；全表面上所受到

的壓力，稱為‘總壓力’(total pressure)。關於張力亦是這樣。

表示力的大小所用的單位如1克重·1斤重等，是作用於單位質量上的重力，這種單位稱為力的‘重力單位’[●] (gravitational unit)。

〔問題7〕用手指壓鉛筆的尖端和其他端，所感受的痛覺不同，其故安在？

〔問題8〕在糊泥上鋪木板，步行於其上，則足不至沒入泥中，是何緣故？

9. 力的平衡.

如前節所述推棒·曳繩等例，棒和繩雖同時受兩人推引的力，若其位置絕不移動，這個時候，兩方的力稱為互相‘平衡’(equilibrium)。

(所以作用於物體上的兩力互成平衡時，須同在一直線上作用，大小相等，方向相反。)

【摘要】 1. 物體占有空間的一部分，由吾人的感覺可以

● 此外尚有力的‘絕對單位’。

辨別其存在；構成物體的實質就是物質。物質有三態，爲固體·液體·氣體。

2. 物理學是自然科學的一分科，研究物性·力·運動·熱·聲·光·電·磁等項。

3. 基本單位是長度·質量·時間的單位；導出單位如面積·容積·密度等的單位。又 C. G. S. 單位制用厘米·克·秒作爲單位。

4. 密度是單位容積含有的質量。物質的比重等於其密度和水的密度的比。

5. 力就是推引物體的作用。重力是地球吸引地上物體的一種力，力的單位用重力的大小表出。

6. 質量是物質固有的量；重量是由作用於物體的重力大小而定的重輕。

十) 7. 兩力成平衡，須同在一直線上作用，大小相等；方向相反。彼此相向的兩力稱爲壓力；彼此相背的兩力稱爲張力。

第二章 固體

10. 固體的彈性

用手拉引橡皮管，管即伸長；手一放開，管即復其原狀。這種受力的作用，形狀立變；力去又恢復

原狀的性質，稱爲‘彈性’(elasticity)。呈這種性質的物體，稱爲‘彈性體’(elastic body)。使其恢復原狀的力，稱爲‘彈力’(elastic force)。

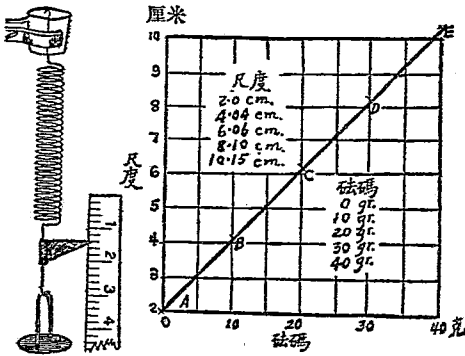
但彈性體的彈力，有一定的限制；若所作用的外力在限制以內，那麼將外力除去，就可以恢復原狀；假使過此限制，那就去其外力亦不能復原。這個限制，稱爲‘彈性限度’(elastic limit)。鋼的彈性限度較大，故利用之以製造彈簧等物；此外如金·銀·銅等，限度較小，故易錘成箔片或線條，或裝入模型中擊成有花紋的貨幣。

〔問題 1〕 試舉應用彈性體的例若干條。

〔問題 2〕 用作襪帶的橡皮圈，能鬆緊自如，但若使用過久，即不能收縮，其故安在？

11. 虎克定律

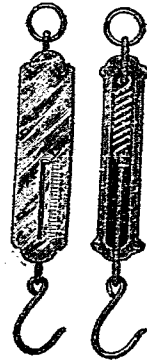
【實驗】 將鋼製螺絲彈簧的一端固定(第 5 圖)，下端懸砝碼，彈簧就延長；若砝碼的重量漸次增加至 2 倍· 3 倍，其延長變化如何？



第 5 圖 虎克定律的實驗

由實驗測得，在彈性限度內，一切物質所生的變形都和作用的外力成正比。這

個關係，稱為虎克定律 (Hooke's law)。彈簧秤 (spring balance) 即利用此理造成 (第 6 圖)，若懸物體於其下端的鉤上，即可由螺絲彈簧的長度的變化，測定其重量或力的大小。



第 6 圖 彈簧秤

【摘要】 彈性體的變形，在彈性限度內，都和作用力成正比。

● 用方格紙一張，紙上有橫線縱線兩種，沿橫線每 2 格定為相差 10 克，沿縱線每 1 格定為相差 1 厘米。由實驗所得結果，將砵碼的數值用點記在橫線上，從各點引一縱線，使其線段的長各等於和砵碼相當的螺線的延長；然後連結各縱線的末端 A, B, C, D, E, 即可得一直線。由此可以明瞭彈力和螺線的延長相互間的關係。

● 虎克 (Robert Hooke, 1635-1703) 為英國物理學家，發明鐘表的發條。

第三章 液體

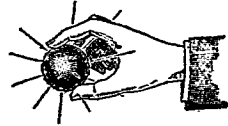
12. 液體的壓力的傳達。

液體無一定的形狀，常隨容器之方圓而成形；但其容積的壓縮，反較固體為難。

【實驗】 1. 玻璃瓶內滿盛水，密蓋橡皮栓，然後將拇指用力壓栓（第7圖上），栓並不下落；此即因液體的體積不易壓縮的緣故。



2. 將鐵絲的尖端燒熱，在橡皮球上鑽孔數個，球中滿盛以水。然後用手指壓擠此球，水就從各孔向球面垂直的方向上同時噴出（第7圖下）。

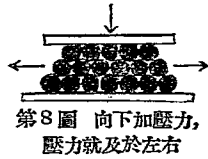


由實驗知道，容器內液體 一部所受的壓力，可以傳達至液體的各部而其強度不變。這個關係，稱為‘巴斯噶’原理（Pascal's principle）。

第7圖 液體的壓力

● 巴斯噶 (Pascal, 1623—1662) 是法國的數學家兼哲學家，發明壓力傳達的原理。

恰如積豆成堆(第 8 圖), 從上面用力壓下, 那麼被壓的豆, 向下層豆與豆的中間嵌入; 下層的豆, 就向左右移開。液體的各部極易滑動, 所以加以壓力, 就得和豆相

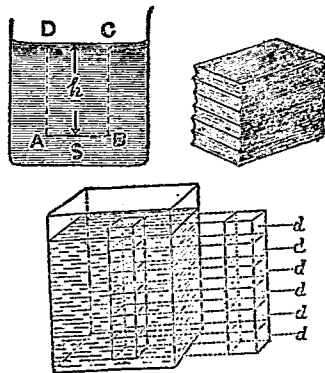


【問題 1】 試述玩具中水鎗的作用。

【問題 2】 日常裝滿水的熱水瓶, 用手蓋上軟木塞, 往往因手力稍重而致爆裂, 其故安在?

13. 液體的壓力和深度。

(將書堆在桌上, 下層的書被上層的書的重量所壓, 位置愈下, 所受的壓力愈大)。液體亦是這樣, 下層液體受着上層液體重量的壓力, 所以位置在液面下愈深, 所受的壓力亦愈大。在液面下 h 厘米處(第 9 圖),



第 9 圖 液體內的壓力

假想一水平面；其面積爲 S 平方厘米，那麼這個面積以上的液柱的容積爲 Sh 立方厘米，假定液體的密度爲每立方厘米 d 克，就可知道這個水平面 S 支住液柱的重量應爲 Shd 克，所以 S 面所受的總壓力亦爲 Shd 克，壓力強度 p 即每 1 平方厘米所受的壓力爲：

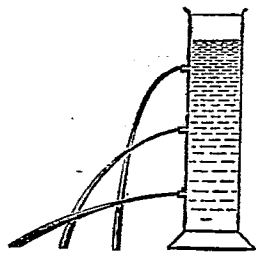
$$p = \frac{Shd}{S} = hd \text{ 克。}$$

[壓力強度(克·平方厘米)] = [深度(厘米)] × [密度(克·立方厘米)]

(由此可知在液體內的一點，所作用壓力強度是與其點的深度和液體的密度的乘積相等；但在同一液體內，其密度既爲一定，故其壓力強度與深度爲正比。)

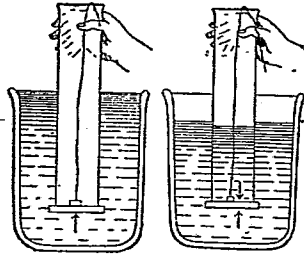
【實驗】 1. 側面有許多小孔的圓筒內(第 10 圖)滿盛以水，從下面的孔所放出的水，其勢最急，試言其故。

2. 將金屬圓板一塊按住玻璃圓筒的下端(第 11 圖左)，用圓筒將圓板壓入水內，圓板並不離筒口而沉下，其故安在？



第 10 圖 液體的側壓

若從上端注水入筒(第 11 圖右),使筒內外的水面達同一的高度時,板即離筒口而沉下,此又何故?



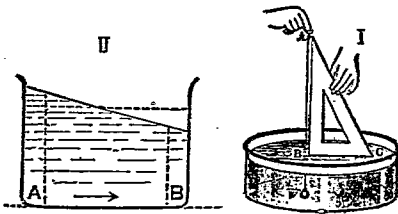
第 11 圖 液體的上壓

〔問題 3〕 建築堤防,下部須特別堅牢,是何緣故?

〔問題 4〕 潛水夫在海水中深 10 米的地方作工,其所受的壓力為若干?(海水的比重為 1.03.)

14. 液體的表面.

盛水於容器內,其表面和鉛直線成直角(第 12



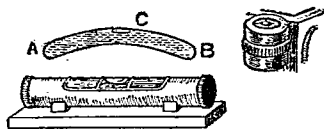
第 12 圖 液體的表面

圖 I),然後靜止,即所謂水平面。因為液體極易流動,受重力的作用,所以有此現象。若將容

器內的液面傾斜(第 12 圖 II),那麼水的深度不同,作用於 A 點的壓力必較 B 點的壓力為大;液體就從 A 點流向 B 點,直到兩點的壓力相等,纔能靜

止,這時的液面已成水平面。

檢驗平面是否水平,常用‘氣泡水準’(spirit level),其構造為略具彎曲的玻璃管中,封入酒精·



第13圖 氣泡水準

醚等的液體,祇留一小氣泡(第13圖)。將氣泡水準放置平面上,若氣

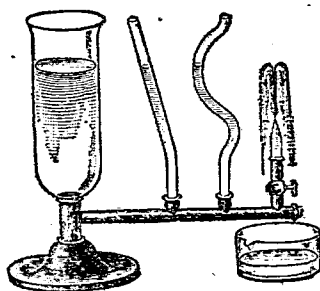
泡適在中央,就可斷定此面為水平。附屬於照相機等的氣泡水準亦由此理製成。

〔問題5〕 試說明海面所以為球狀的理由。

〔問題6〕 欲檢平面是否水平,須將氣泡水準就不同的兩方向驗之,其故安在?

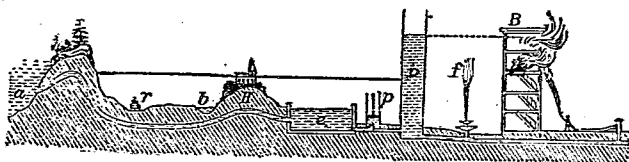
15. 連通器.

將液體盛入底部相通的容器(第14圖)即‘連通器’(communicating vessel)內,各管內的液體必達同一水平面,方纔



第14圖 連通器

靜止，這是因為作用於各管下端的壓力強度相等的緣故。如噴水池·自來水等都是應用連通器的原理裝置而成的(第 15 圖)。



第 15 圖 供水與都市的一例

湖水 a 由水管通過道路 r 、小河 b 、小丘 c 的下面，流入貯水池 e ，用唧筒 p 將水壓上貯水塔 d ，再用水管送至各處，以供噴水 f 、家庭 B 以及救火等用

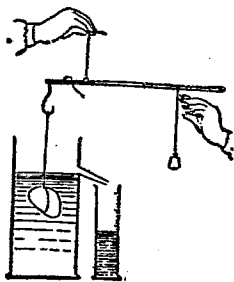
〔問題 7〕 俗云‘水向低頭’，試言其理。

〔問題 8〕 茶壺的嘴須比蓋高些方能合用，其故安在？

16. 液體的浮力.

用桶汲水，當桶出水面時，覺其重量特別增加；用手提水中的石塊，比在空氣中為輕。這是因為物體被水向上壓的緣故，這個力稱為‘浮力’(buoyancy)。

【實驗】 用線懸石，稱其重量為 W ；若在附有側管的圓筒內滿盛以水，再將



第 16 圖

阿基米得原理的實驗

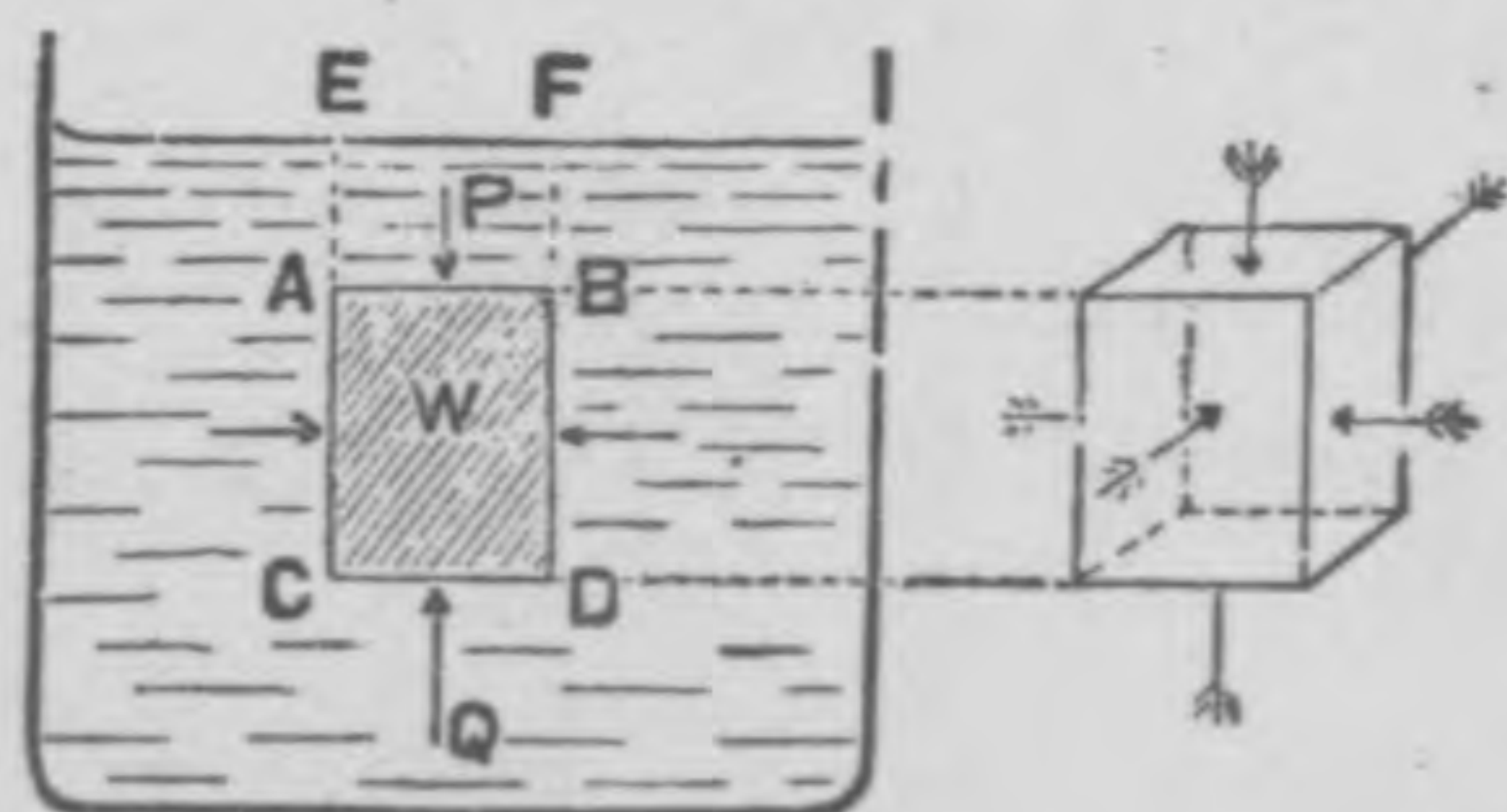
此石沉入水中稱之(第 16 圖),其重量為 W' ; 因石浸入水中,從側管排出水的重量為 w 。然後將石浸入水中時所減輕的重量,和被石所排出的水的重量比較之,即:

$$W - W' = \dots\dots\dots$$

$$w = \dots\dots\dots$$

由實驗測知物體在液內所減輕的重量等於被其所排去的液體的重量。這個關係,稱為‘阿基米得原理’ (Archimedes' principle)。

這個原理又可由理論說明,就浸入液中的物體 $ABCD$ 而論(第18圖),其上



第18圖 阿基米得原理的說明

面 AB 所受的向下總壓力 P 為液柱 $ABFE$ 的重量; 底面 CD 所受的向上總壓力 Q 為液柱 $CDFE$ 的重量;

由物體的側面 AC, BD 所受的壓力,彼此恰成平



第17圖 阿基米得 (Archimedes, B. C. 287-212) 希臘的幾何學家,最初說明浮力之理,並發明槓桿原理

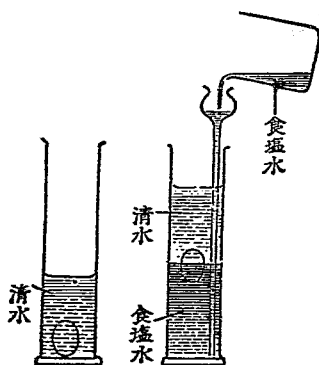
衡。所以物體所減輕的重量為 $(Q - P)$ 即與物體同容積的液柱 $ABCD$ 的重量相等，這就是液體作用於物體的浮力。

〔問題 9〕 欲使比重 0.8，質量 100 克的木塊沒入水中，須用力幾許？

17. 物體的浮沉

由阿基米得原理，物體投入液中時，若物體的重量較同容積的液體重量為大，即重力大於浮力，當沉入液底。若物體的重量與同容積的液體重量相等，即重力與浮力恰成平衡，當於液面下隨處都可靜止。

【實驗】 圓筒的下部，盛以清水，置雞卵於其中(第 19 圖)，立即



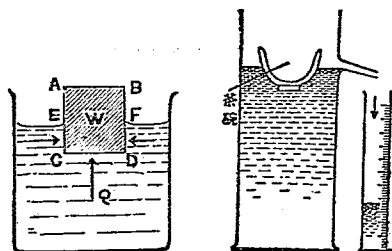
沉下；假使用漏斗管將濃厚的食鹽溶液，漸次向圓筒的底部注入，略為放置。雞蛋是否在境界面靜止？試言其理。

第 19 圖 卵在液中的浮沉

又如物體的重量較同容積的液體重量為小，即重力小於浮力，物體當浮至液面以上，直至其所排去的液體重量適等於其自身的重量，然後靜止。

【實驗】滿盛水於附有側管的圓筒內，浮茶杯於水上（第20圖右），試將流出水的重量和茶杯的重量比較之。

故徵諸實驗，
（物體浮在液中的重量，與其所排去的液體重量相等）（第



第20圖 浮體的實驗和理論
 W 和 $ECDF$ 同容積水的重量 Q 成平衡

20圖左)。鋼鐵製造的船艦等能自由浮在水面，就是這個道理。軍艦的噸數即等於滿載兵器時所排開水的重量。

〔問題10〕人當溺死之前，何以必須吐出許多氣泡？救命圈的作用如何？

〔問題11〕物體在海水裏比在淡水裏容易浮起，試言其理。

〔問題12〕紀元後三世紀初年，曹冲（曹操之子）曾用船稱象。今有船長9米，寬4.58米，載象於船上，那船就下沈10厘米，

問這隻象的重量若干?

18. 比重的測定.

測固體的比重,可先稱其重量,若在空氣中為 W ,在水中為 W' ,就可知與固體同容積的水的重量為 $W - W'$,所以固體的比重當為 $\frac{W}{W - W'}$ 。



第21圖 比重瓶

測液體的比重常用‘比重瓶’(specific gravity bottle)(第21圖),瓶中滿盛以水,測其重量為 W_1 ,代之以液體,其重為 W_2 ,然後從各值減去瓶的重量 W ,就可知道同容積的水和液體的重量,所以其比重為 $\frac{W_2 - W}{W_1 - W}$ 。

〔問題13〕 某國王曾定製金冠一頂,疑工匠混入銀質;試問用何方法可以辨別其真偽?

〔問題14〕 設有重80克的物體,在水中測之,其重為60克,求其容積和比重。

〔問題15〕 設有一比重瓶,其重為18.6克,滿盛以水,其重為33.6克;代之以酒精,其重為30.3克,求酒精的比重。

【摘要】 1. 在密閉容器內液體一部所受的壓力,可以傳

達至液體的各部而無增減(巴斯噶原理)。

(+) 2. 液體內的壓力和液的深度成正比。

(+) 3. 液體的表面是水平的，因為液體極易流動受重力作用的緣故。

4. (+) 連通器內注入一種液體時，各管內液體的表面必在同一的水平面。

5. (+) 物體在液體內所減輕的重量，等於被其所排開液體的重量(阿基米得原理)。

6. 將重量 W 的固體在水中稱之為 W' ，那麼，固體的比重為 $\frac{W}{W - W'}$ 。測液體的比重常用比重瓶。

第四章 分子現象

19. 物質和分子。

少許的顏料，可以着色許多的水；幾滴香水能夠使全室感覺芬香。由是可知物質不失其本性，可以分割為極小的微粒。凡物質為具有其特性的微粒集合而成，這種微粒稱為‘分子’(molecule)。

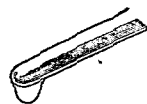
分子再分割，可得與其本性不同的微粒，稱為

‘原子’[⊙] (atom)。像這樣主張物質從分子集合而成的理論稱為‘分子說’ (molecular theory)。

20. 分子力。

「凡物體受壓，其體積即縮小，可知分子間常保有相當的空隙。一分子對於其周圍的各分子，在極短距離內，有相互吸引的力，稱為

‘分子力’ (molecular force)。屬於同種分子間的引力稱為‘內聚力’



第 22 圖 在玻璃棒一端上的水滴

(cohesion)；屬於異種分子間的引力稱為‘附着力’ (adhesion)。如第 22 圖水能夠附着於玻璃棒是因其附着力的作用；水滴的各部不至離散是因其內聚力的緣故。

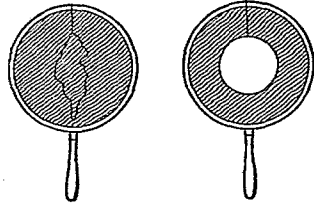
〔問題 1〕 破碎的茶杯無論如何接合，立即分離；但石墨粉受強力的壓縮，就成堅硬的鉛筆心，其故安在？

〔問題 2〕 紙上的墨跡，板上的漆，何以能固着不脫？

21. 表面張力。

⊙ 最近承認原子為自帶電的微粒即電子 (electron) 和原子核 (nucleus) 而成。

【實驗】 1. 用鐵絲曲成一環(第 23 圖),環內繫一細線結成的圈,全體浸入肥皂液內,取出後環上即蒙有一層肥皂液的薄膜。然後將鐵箸燒紅,刺破細線圈



中的膜面,線外的液體膜即向外方收縮,細線是否被曳開成爲圓形?

第 23 圖 肥皂膜的表面張力(1)



第 24 圖

肥皂膜的表面張力(2)

2. 用漏斗的開端吹肥皂泡(第 24 圖),口一放去,肥皂泡是否收縮爲平面膜?

液體表面似緊張的橡皮膜,常有自行收縮的分子力作用。凡作用於液體表面,使其縮至最小面積的力,稱爲‘表面張力’(surface tension)。

少量水銀·水滴等都成爲球狀,小蟲能够浮游於水面(第 25 圖),這都是因爲液體有表面張力的緣故。

液體因爲種類的不同,所以表面張力的大小亦不一



第 25 圖 浮在水面上的小蟲

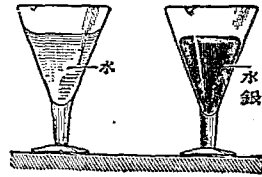
樣。水銀的表面張力最大，水次之，石油·醚等又次之。

〔問題 3〕 洗毛筆時，毛在水中四面張開；出水後即聚為一束，試言其理。

〔問題 4〕 注紹興酒於杯內，往往酒面雖露出杯口而不外溢，其故安在？

22. 毛細現象

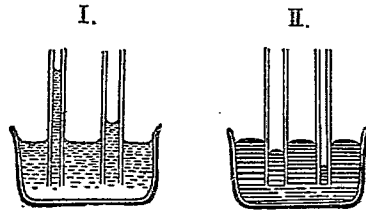
靜止的液體表面固為水平面，但玻璃器內盛水，周圍的液面比中央略高（第 26 圖），若改盛水銀，周圍的液面反比中央略低。這關係於容器與液體間的附着力和液體的內聚力的大小，若附着力大於內聚力，液面就成凹形；反之，附着力小於內聚力，液面就成凸形。



第 26 圖 水與水銀和容器接觸的部分有不同的液面

用細玻璃製的毛細管插入水內（第 27 圖 I），管內的水面漸次上昇至一定的高度為止；若插入

水銀中(第 27 圖 II),
管內的液面反向下降
低。這種現象,稱爲
'毛細現象'(capillary
phenomenon)。



第 27 圖 毛細現象
I, 水中的情形; II, 水銀中的情形

孔愈細,液面的高低之差愈大。

沁水紙的吸墨水,燈芯的吸油,毛筆的蘸水,都屬於毛細現象。

〔問題 5〕 用毛巾或手帕可以拭汗,試言其理。

〔問題 6〕 衣服若被洋燭沾污,可將其污點緊貼於沁水紙的下面,用熨斗燙紙上,污點即可除去,試言其理。

〔問題 7〕 油分已經除去的棉花(消毒棉花)能夠吸水,普通的棉花就不然,試言其故。

【摘要】 1. 物質由分子集合而成。分子是具有物質特性的最小單位量。

2. 內聚力是同種分子間的引力;附着力是異種分子間的引力。

3. 表面張力是液體作用於其表面,使縮成最小面積的分

子力。各種物質的表面張力，大小不同。

4. 毛細管在液體裏面，管內外兩液面的高差和管的半徑成反比。毛細現象由液體的表面張力和附着力作用而生成。

第五章 氣體

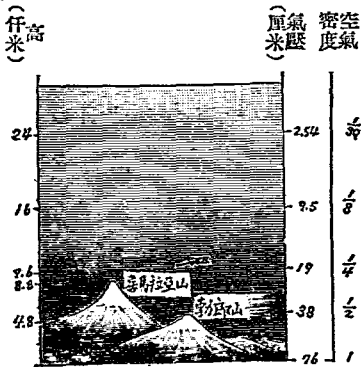
23. 氣體的壓力。

氣體與液體相同，亦為流體的一種，其分子間的內聚力甚小，常呈擴散的狀態充滿於容器裏面，對器壁有壓力作用。氣體亦依從巴斯噶原理和阿基米得原理。

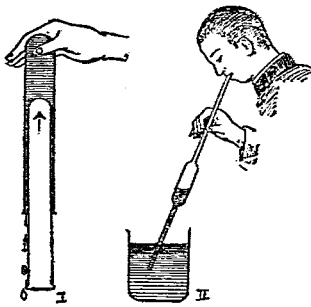
24. 大氣的壓力。

空氣受重力的作用

包圍地球，即所謂‘大氣’(atmosphere)。由實驗得知離地面一百四十里以上的高空，尚有大氣(第28圖)，所以從這般高的大氣柱作用於地面上的



第28圖 大氣的廣延



第29圖 氣壓的實驗

壓力極大，這種壓力稱為‘大氣的壓力’或簡稱‘大氣壓’(atmospheric pressure)。

【實驗】1. 盛水於試驗管，以略小的試驗管插入於其內(第29圖 I)，將全體倒立時，水滴就從兩管的壁間漏出，何以小試驗管被漸

次壓上？

2. 用中部略為膨大的玻璃管吸水後(第29圖 II)，用指捫其上端，引管出水。最後將指放開，觀測水的變化如何。

〔問題1〕茶壺的蓋上大都穿有小孔一個，否則不容易將茶倒出，試言其故。

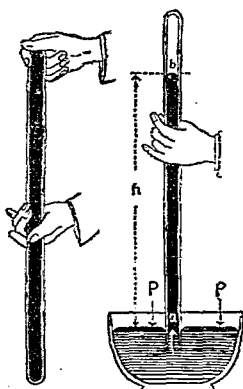
〔問題2〕開罐頭牛乳或整聽洋油，一定要兩個洞，方能將牛乳或洋油傾出，是何緣故？

25. 托里坵利實驗

由此實驗可測得地面上大氣壓的大小。用長1米一端封閉的玻璃管滿盛水銀，用指捫其開端，將管倒立於水銀槽內，然後放開手指，管內的水銀

面就漸次降下，直到較槽內水銀面高約 76 厘米而止(第 30 圖)。管內水銀面上的空處沒有空氣，稱為‘托里坼利 = 真空’ (Torricelli's vacuum)。由水銀柱重量而生的壓力必和大氣的壓力成平衡，水銀柱的高度因大氣壓力的增減而昇降，所以通常概用水銀柱的高度表大氣的壓力。

大氣的壓力隨時隨地而變化，以水銀柱高 76 厘米的壓力稱為‘一大氣壓’，定為大氣壓的單位。即一大氣壓為每平方厘米所受的壓力等於 $13.6 \times 76 = 1033.6$ 克，即約為 1 仟克(每一平方寸約 23 斤)。地面上所受的大氣壓固然很大，但是人類日常處於這種壓力下面並不感覺着，這是因為人體內外各部都受大氣



第 30 圖 托里坼利實驗
大氣壓力和水銀柱壓力平衡

● 托里坼利 (Torricelli, 1608-1647) 為意大利人，大物理學家伽利略 (Galileo) 的學生。

壓的作用，結果恰成平衡的緣故。

〔問題 3〕 將試驗管滿盛水，倒立於水中，管內的水不會下降，是何緣故？

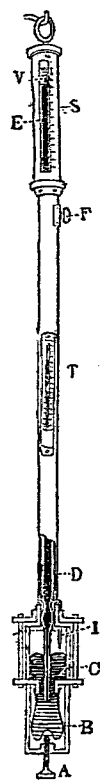
〔問題 4〕 假定人體的表面積為 11.72 平方尺，試計算其所受大氣的壓力若干？

26. 氣壓計.

測大氣壓的器械稱為‘氣壓計’(barometer)。通常所用的是水銀氣壓計(第 31 圖)，即應用托里坵利的實驗，用滿充水銀的玻璃管倒立於水銀槽內而成。

測大氣壓時，將水銀槽的底部皮囊 *B*，由螺旋 *A* 的轉動，可以昇降，槽內的水銀亦即隨之上下，使槽內的水銀面 *C* 恰與固定於槽上的象牙針 *I* 相接觸為止，從這端測得水銀柱 *DE* 的高度，就可從管側的刻度 *S* 知道大氣壓的大小。

氣壓計對於氣象觀察上極為重要，



第 31 圖
水銀氣壓計

在平原地方若為 72 厘米低氣壓的時候，大概就有暴風雨襲來。此外又可用以測山和飛機的高度。

〔問題 5〕 氣壓計的玻璃管不能過細，其故安在？

〔問題 6〕 用氣壓計在高山的頂上和深谷的低下測驗，有何差別？

27. 波義耳定律.

空氣受強大的壓力，其容積可以縮小，觀玩具



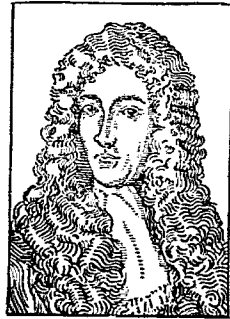
的氣鎗 (第 32 圖) 即可瞭然。

第 32 圖 氣鎗

氣體所受

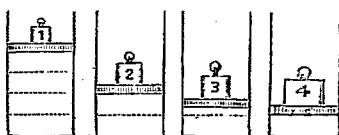
的壓力增至 2 倍，則其容積變成 $\frac{1}{2}$ ；若容積增至 4 倍，則壓力變為 $\frac{1}{4}$ 。

氣體的容積因所受壓力的增減而縮漲，由實驗測知在一定溫度時，一定量氣體的容積常與其所受的壓力成反比例



第 33 圖 波義耳 (Robert Boyle, 1627-1691) 英國的物理學家，研究氣體的容積和壓力的關係

(第 34 圖), 這個關係稱為波義耳定律 (Boyle's law)。



例如有一定量的氣 第 34 圖 波義耳定律的說明

體, 其所受的壓力從 P 變至 P' , 其容積從 V 變至 V' , 就可得關係如下:

$$P : P' = V' : V, \quad \text{即 } PV = P'V' (= \text{常數}),$$

$$[\text{壓力}] \times [\text{容積}] = [\text{常數}].$$

即是一定量的氣體, 其容積和壓力的相乘積, 總是一個常數。

[問題 7] 將書桌的抽屜之一, 急急推進, 則另一抽屜有時突出, 試言其故。

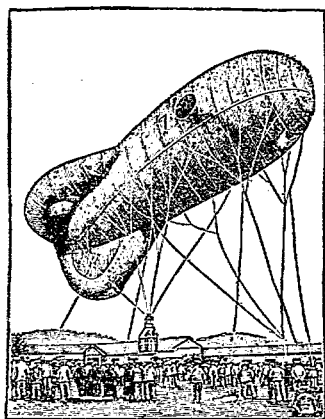
[問題 8] 吾人營呼吸的方法如何?

[問題 9] 皮球裏面的空氣, 在一大氣壓的大氣中, 其容積為 2.5 升[●]。若將球沉至深 10 米的水底, 求其容積幾許。

28. 大氣的浮力

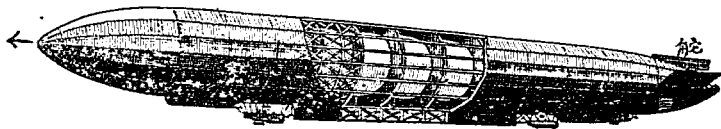
● 我國現行的市升筒稱升, 恰合 1000 立方厘米。

在攝氏零度時，一大氣壓的空氣的密度為 0.001293。地面上一切物體，都在大氣裏面，和在液體裏面一樣，由阿基米得原理，應受大氣的浮力作用，即物體的重量當減輕其所排去空氣的重量。若物體自身的



第35圖 繫留氣球
繫留於高數百米的空中，
用以觀察遠方

的重量小於同容積空氣的重量，那麼，物體即在空中浮起。‘氣球’ (balloon) 就是利用空氣的浮力，將氫[●]裝入巨大的囊內而成 (第 35 圖)，若添裝一推



第36圖 飛艇的內部
有多數的區劃，各裝氣囊一個於其內

● 氫的密度為 0.000090。

進器和舵 (第 36 圖), 即成 '飛艇' (airship)。

29. 虹吸.

'虹吸' (syphon) 爲具有長短兩腳的彎曲管, 利用大氣壓, 不必傾側容器, 就可將液體從高處移至低處。

先將彎曲管的短腳插入盛水容器 A 的水面下 (第 37 圖), 然後用口一吸, 使水充滿管中, 水就源源不絕地從長腳流出。就作用於管內水的最高處的壓

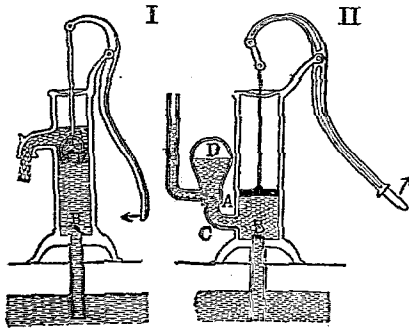


第 37 圖 虹吸

力而論, 短腳 AB 內由液面 A 向上的壓力爲自大氣壓力 P 減去液柱 AB 的壓力。又長腳 DC 內由 D 端向上的壓力爲自大氣壓 P 減去液柱 DC 的壓力。既然液柱 DC 較 AB 爲長, 所以 A 端的向上壓力大於 D 端的向上壓力, 管內的水就從短腳流向長腳。

30. 抽水唧筒.

‘抽水唧筒’(water pump)爲利用大氣壓力將低處的水送至高處的器械,其形狀有種種不同,其主要部分爲一圓筒和一活塞,還有兩個活門 *A*, *B*, 都



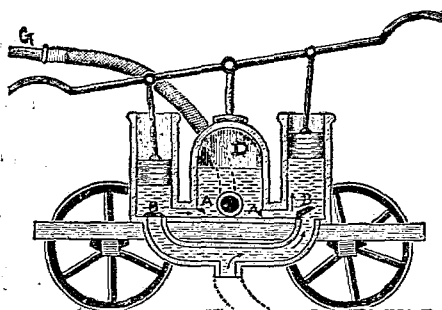
第38圖 抽水唧筒
I, 吸取唧筒; II, 壓力唧筒

祇能向上開放。 *A* 裝於活塞, *B* 裝於筒底的稱爲‘吸取唧筒’(suction pump)。當活塞提上時(第38圖 I), 水因大氣的壓力, 衝開筒底

活門 *B* 昇入筒內; 又當活塞壓下時, *B* 被水壓閉, 筒內的水就衝開活塞上的活門 *A*, 從上面流出筒外。日常用這種唧筒汲取井水。

如將活塞上的活門移裝於側管內, 就成‘壓力唧筒’(force pump)(第38圖 II), 其作用和吸取唧筒相同。

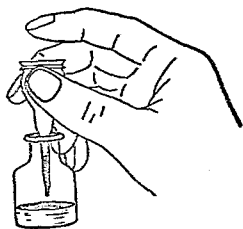
‘消防唧筒’(fire pump) 是從兩個壓力唧筒組



第39圖 消防唧筒

噴出，不至間斷。

〔問題10〕 如第40圖點眼藥用的玻璃管，以指壓其上端的橡皮套，放入藥水內；一經放手，藥水即吸入管內。再用指壓套，始能點藥水入眼。試問此管的作用屬於何種唧筒。



第40圖 眼藥水

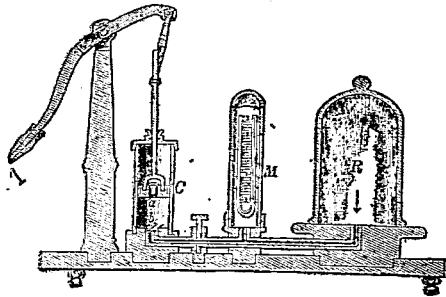
〔問題11〕 用吸取唧筒將距地面深10米以下的井水汲上，是否可能？

31. 空氣唧筒。

欲排除密閉容器內的空氣，須用‘空氣唧筒’(air pump)，一名‘抽氣機’。其主要部分和吸取唧筒相同，即將活塞提上(第41圖)，容器即玻璃鐘 B 內

合而成的(第39圖)，由兩邊將水交互送入空氣室 D ，利用受壓縮空氣的彈力作用，將水陸續由 G 口

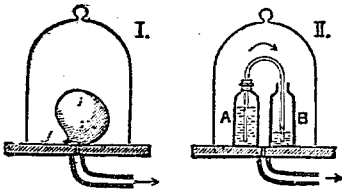
的空氣就竄入筒內；又將活塞壓下，筒內的空氣就逸出於外。如是將活塞往復抽壓，容器內的空氣即漸被排除。



第41圖 空氣唧筒
C 爲圓筒；a, b 爲兩活門；R 爲玻璃鐘；
M 爲氣壓計，用以測定 R 內的壓力

【實驗】1. 膀胱內吹入少許空氣，用線緊緊其口，放在玻璃鐘內(第42圖I)，將鐘內的空氣抽去，膀胱即漸次膨大。

2. 如第42圖II的裝置，盛着色的水於瓶，若抽出鐘內的空氣，水就流向空瓶，若將空氣放入鐘內，水復流回原瓶。



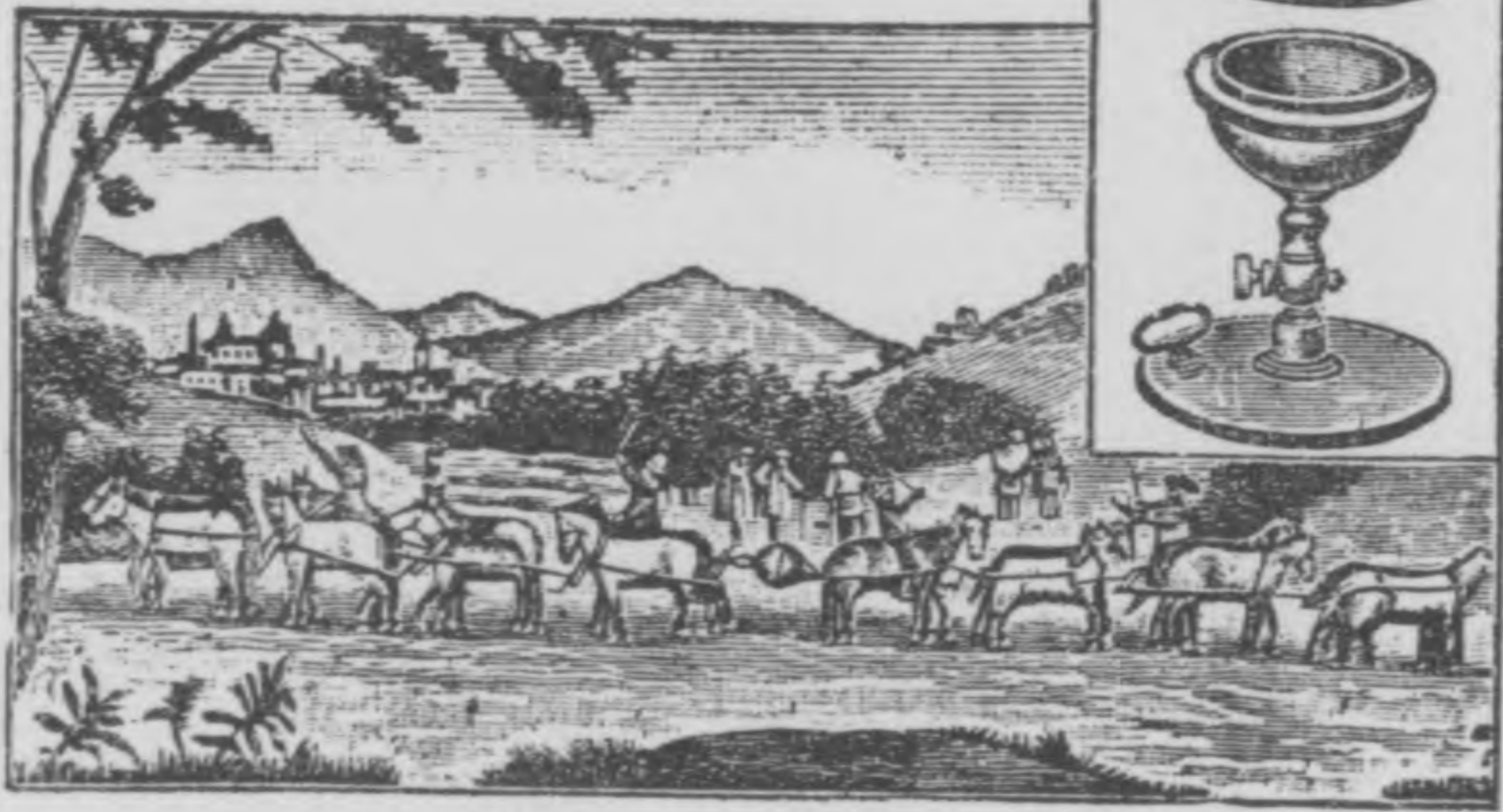
第42圖 空氣唧筒的實驗
I, 膀胱的膨大；II, 水的移動

3. 將大球與小球各置於天平的一端，加砝碼使其平衡；然後將全體裝入鐘內，抽出空氣，大球即降下。

4. 緊合馬德堡半球 (Magdeburg hemispheres)，抽出其

● 德國葛利克(Guericke, 1602-1686)發明空氣唧筒；在馬德堡地方，用16匹的馬曳直徑半米許的兩半球，始能分離

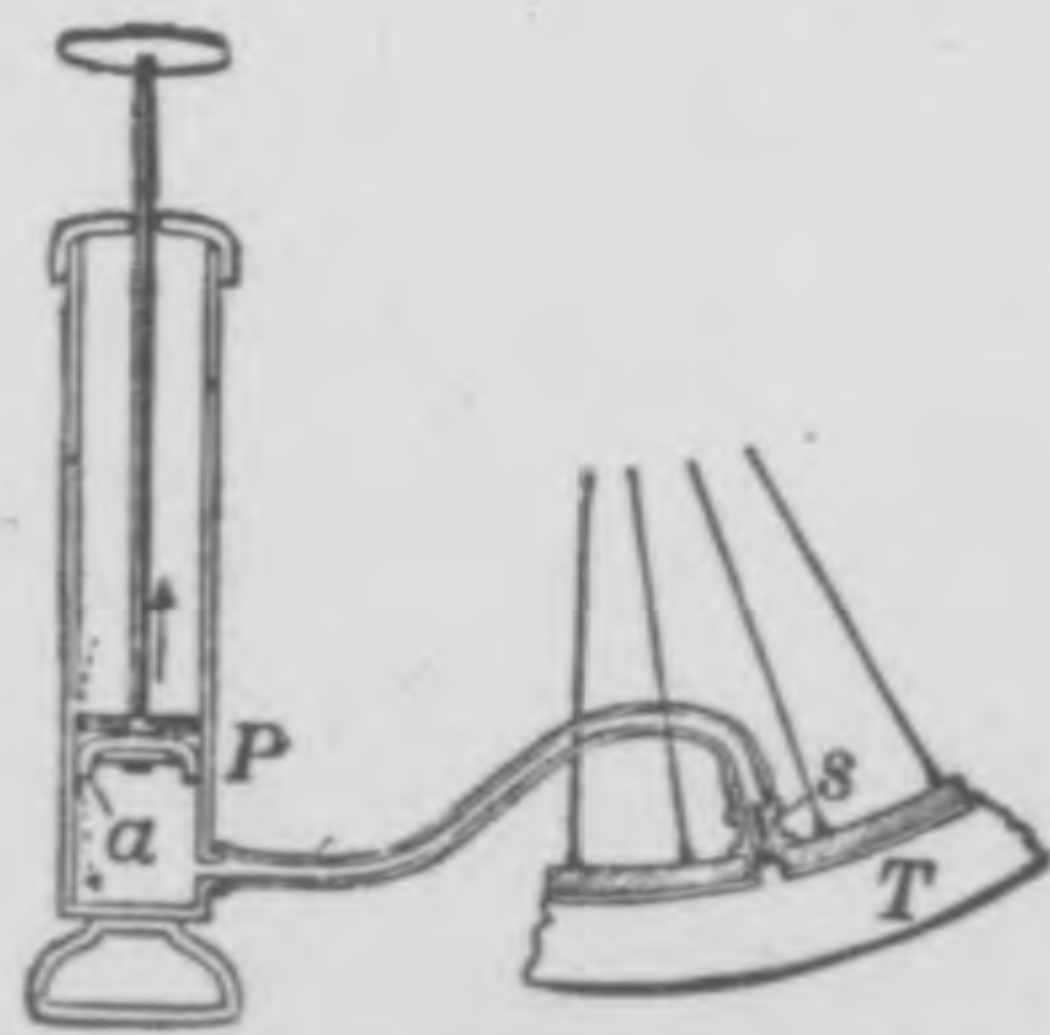
中空氣，球
即不易分開
(第43圖)。
章魚和墨魚
的吸盤，能
吸着在他物
上，亦是這
個作用。



第43圖 馬德堡半球

32. 壓縮唧筒.

若將空氣唧筒的兩活門裝在反對的一方，那麼祇能向下開放。當活塞上下抽壓的時候，空氣就



第44圖 腳踏車用壓縮唧筒
 P 為壓縮唧筒的活塞； a 為 P 上的軟皮； s 為祇能向輪胎 T 內開放的活門。(a, s 和空氣唧筒的 a, b 相當)

壓入鐘內，其作用剛和空氣唧筒相反，稱為‘壓縮唧筒’ (compression pump)，又名‘打氣筒’。日常送空氣入足球的球膽或腳踏車·汽車的膠皮輪胎內 (第44圖)，以及鐵匠所用的風箱·受壓空氣·受壓

養氣·液化氣體等都應用這種壓縮唧筒。

- 【摘要】
1. 氣體充滿於容器內，其壓力垂直作用於器壁。
 2. 在海面上大氣的壓力，可以支住約高 76 厘米的水銀柱，即等於每平方厘米約 1 仟克或每平方寸約 23 斤。
 3. 溫度不變時，一定量氣體的容積常與其所受的壓力成反比例（波義耳定律）。
 4. 氣壓計·抽水唧筒·虹吸等為利用大氣壓力的裝置。

第 編 熱 學

第一章 熱和熱的傳佈

33. 熱和熱的來源.

各種物體有冷有熱，其冷熱的程度稱爲‘溫度’(temperature)。如人體的溫度約爲攝氏 36.5 度，洗面水的溫度約爲攝氏 40 度。生成物體溫度高低的原因，由於物體含有一種特別的量，稱爲‘熱’[●] (heat)，含熱愈多，溫度愈高。

熱的來源頗多，其中最大的爲‘太陽’(sun)。赤日當空，萬物皆受其熱。一寸厚的冰塊受太陽所照射的熱，平均只需一點鐘就融化無餘。此外如炊事、燃燈所用的熱爲由柴炭、煤油等的燃料 (fuel) 和氧燃燒而來。又賴摩擦 (§70) 或電流 (§156) 亦可得熱，

● 熱並非物質，但不能離物質而存在。又物體的重量不因其含熱的多寡而變更

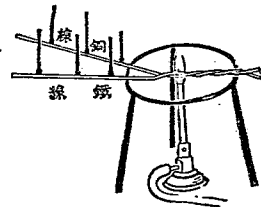
如擦火柴於盒上而燃燒，通電流於電燈而成熾熱。

34. 熱的傳導

熱從溫度高的地方傳佈到溫度低的地方，其方法有傳導、對流和輻射三種。

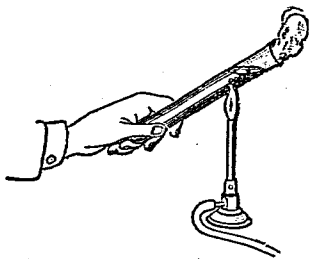
手握鐵棒的一端，將他端插入火裏，熱即從他端逐漸傳到手握着的一端，溫度漸次升高直到手不能握的地步。像這樣熱由溫度高處經過物質逐漸傳至溫度低處的現象，稱為‘熱的傳導’(conduction of heat)。

【實驗】 1. 如第45圖，將銅線和鐵線的各一端互相絞合，用蠟在各條線上黏火柴數枚，然後在絞合的



第45圖 傳導的實驗(1)

一端加熱。火柴先從何處落下？又何種金屬線上的火柴最先落下？



第46圖 傳導的實驗(2)

2. 試驗管裏盛水，用手握管的下端如第46圖，將管的上部加熱，上部的水雖然沸騰，但是下

端卻依然未熱，其故安在？

各種物質對於熱的傳導有難有易，如金屬極易傳熱，稱為‘導體’(conductor)，銀為最良的導體，銅次之，鐵又次之。如玻璃·木材·棉花·毛·水·空氣等類傳熱極難，稱為‘非導體’(non-conductor)。冬季用毛·棉等禦寒，就是這個道理。

〔問題 1〕 通常器具什物雖然和周圍的空氣溫度相同，但是冬天手觸金屬，就覺其冷，手觸棉花，就覺其暖，試言其故。



第 47 圖
銅網的傳導

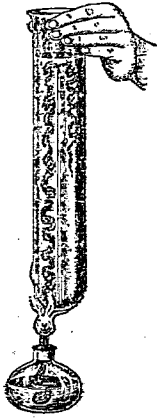
〔問題 2〕 用銅網一塊在酒精燈的火焰裏面橫插進去(第 47 圖)，這時網上的火焰立即消滅，其故安在？

〔問題 3〕 冬日着棉衣，何以能禦寒？

35. 對流

水為熱的非導體，將水的上部加熱，不能將熱傳到下部(第 46 圖)；若從下部加熱，熱即傳播各處，全部水的溫度都會升高起來。

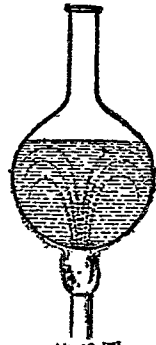
【實驗】 大試驗管的中央，用厚紙隔開(第 48 圖)，分為左



第48圖
對流的實驗

右兩部，裝水至紙面以上，放入少許鋸屑於管底；然後用酒精燈熱管底的左部，試觀察水移動的情形。

如水·空氣等類的非導體，從下方加熱，受熱的部分漸次膨脹，其密度即逐漸減小，所以和溫度較低密度較大的上層部分互相替換（第49圖），如



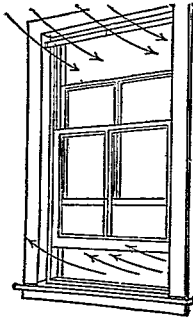
第49圖
瓶內水的對流

是凡熱由物質自身的循環，漸次傳到全部的現象，稱為‘對流’(convection)。

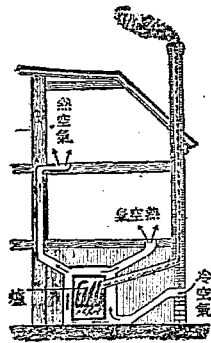
例如煙囪·燈罩等都是利用空氣的對流使燃燒完全；又如室內的換氣（第50圖）·暖室裝置（第51圖）·冰箱（第52圖）等也都應用對流的原理造成。此外風和‘洋流’(ocean current) 等也是自然界裏大規模的對流作用。

〔問題4〕 冰箱裏面的冰，須放在箱的上部，試言其故。

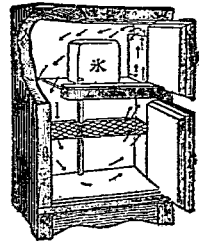
〔問題5〕 失火的地方，常有風發生，其故安在？



第50圖 室內的換氣
將窗上下推開，使空氣起
對流（從室內所見的情
形）



第51圖 暖室裝置



第52圖 冰箱

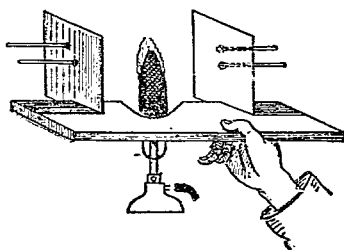
36. 輻射.

烘手於火爐的近旁，手覺其熱。這種熱的傳播並非由傳導或對流而達於手。如是凡熱可以不依賴中間物質來做媒介，自能直接移至離開熱源的地方，這種現象，稱為‘輻射’(radiation)。

由太陽將熱移至地球上，即屬於輻射作用。

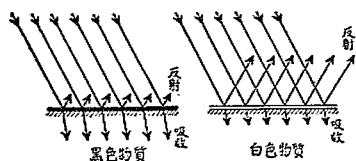
【實驗】用塗黑的銅板和磨光的銅板各一塊，互相對立(第53圖)，銅板的外側面各用蠟黏着火柴，然後置高溫度物體(圖中將鐵網燒熱)於兩板的中間。試問那塊銅板上的火柴先行落下？並言其理。

輻射熱和光一樣，是沿着直線進行的，能透過空氣，遇着磨光的金屬表面或白色物質就起反射作用；遇着煙煤或黑色物質，即被其吸收（第 54 圖）。但是物體的



第 53 圖 兩塊銅板受着輻射熱

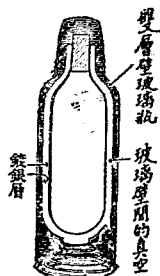
溫度，因吸收的輻射熱，即行升高。



第 54 圖 輻射熱的吸收和反射

日常所用的‘熱水瓶’ (thermos bottle)

為雙層壁的玻璃瓶（第 55 圖），壁間的空氣完全抽出，且鍍銀於壁的內面。熱不論由傳導、對流或輻射的作用，皆不易透過瓶壁，所以瓶內裝着的冰水或沸水，在十餘小時內，可保持原有的溫度。



第 55 圖 熱水瓶的構造

〔問題 6〕 夏日雖用傘遮着太陽，但是戶外仍比室內為熱，是何理由？

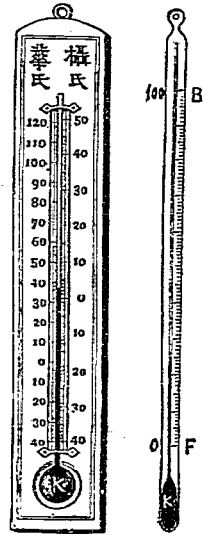
- 【摘要】 1. 熱由傳導·對流·輻射的三種方法，移向各處。
 2. 熱的傳佈，經過物質的為傳導；跟着流體移動的為對流；不賴中間物質作媒介的為輻射。

第二章 溫度和熱量

37. 溫度計.

物體因溫度的昇降而漲縮，所以，由物體的容積漲縮的大小可以測得溫度的高低。‘溫度計’ (thermometer) 即應用這個理由造成。

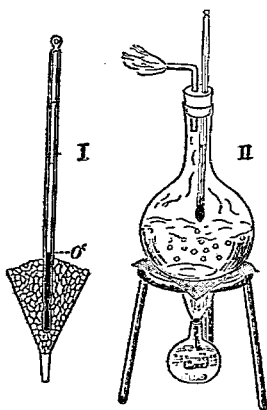
用一端有球狀或圓柱狀部分的細徑玻璃管，內盛水銀或着色酒精；將管內的空氣完全排除，然後密封管口，即成溫度計（第 56 圖）。管上的刻度，將冰點和沸點作基點（第 57 圖），‘冰點’ (freezing point) 係冰塊正在融解時的溫度；‘沸點’ (boiling point) 係在一大氣壓



第 56 圖 溫度計
 左，日常測氣溫用的溫度計；右，理化學實驗用的溫度計。F，冰點；B，沸點

底下沸水的水蒸氣溫度。

‘攝氏[⊙]的分度法’(Celsius scale) 將冰點定作 0° ，沸點定作 100° ，兩點間的距離分作 100 等分，每一等分稱為‘1 度’(one degree)。又有‘華氏[⊙]的分度法’(Fahrenheit scale)，將冰點定作 32° ，沸點定作 212° ，



第 57 圖 定兩基點的方法
I. 定冰點法; II. 定沸點法

兩點間的距離分作 180 等分，每一等分亦稱為 1 度。

對於同一溫度，用 C 表攝氏的刻度，用 F 表華氏的刻度，可得關係式如下：

$$C = \frac{5}{9} (F - 32), \quad F = \frac{9}{5} C + 32.$$

測一定時間內最高溫度的裝置，稱為‘最高溫度計’(maximum thermometer)。日常測人體溫度的

- 1742 年，瑞典人 Celsius 發明攝氏的分度法。
- 1714 年，德國人 Fahrenheit 發明華氏的分度法。

‘醫用溫度計’ (clinical thermometer) (第 58 圖) 即係最高溫度計的一種。其構造為細徑玻璃管和圓柱狀部分相接的地方非常狹小, 當水銀膨脹的時候, 可以通過這狹小的地方, 但是水銀收縮的時候, 就在這個地方斷開, 所以可從留在管內的水銀柱的上端, 知道當時的最高溫度。



第58圖
醫用溫度計
A 為狹小部分

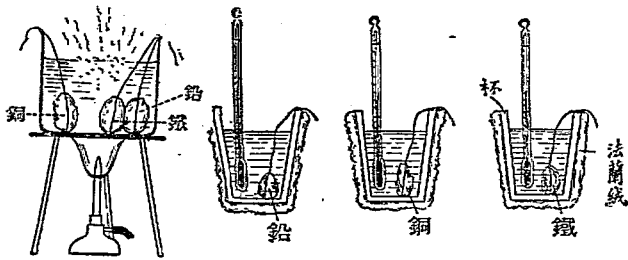
〔問題 1〕 人體的體溫約為 36.5°C ., 通常大氣的溫度約為 20°C ., 洗面水的溫度約為 40°C ., 試將各溫度用華氏表之, 應為幾度?

38. 熱量和比熱

欲測定熱的量, 以 1 克水的溫度升高攝氏 1° 時所需的熱量為單位, 稱為‘卡路里’ (calorie), 或簡稱‘卡’。例如使 60 克水的溫度從 15°C . 升高至 40°C ., 所需的熱量為 $60 \times (40 - 15) = 1500$ 卡。

【實驗】 先將質量相等的銅塊·鐵塊·鉛塊沒入沸水裏面加熱 (第 59 圖), 然後將這三塊金屬各投入盛有等量·同溫度的冷

水杯內而攪拌之，測定水昇高的溫度。這時那一塊金屬供給水的熱量最多？



第59圖 比熱的實驗

檢查等質量同溫度的鐵塊·銅塊·鉛塊所含熱量的多寡

由實驗得知使同一質量的各種物質，昇高同一溫度所需的熱量，隨物質種類而異。1克物質升高溫度1°C. 所需熱量的卡數稱為該物質的‘比熱’ (specific heat)。故水的比熱等於1。

物 質	比 熱
鉛	0.03
銅	0.09
鐵	0.11
砂	0.19
冰	0.50
水	1.00
酒精	0.60
空氣(定壓)	0.24
水蒸氣(定壓)	0.47

普通的物質以水的比熱為最大，所以水的溫度變化

不若砂石等的激烈。島嶼和海岸比大陸地方的溫

度少變化,就是這個道理。

〔問題 2〕 試述熱量和溫度的區別。

〔問題 3〕 將比熱 0.11 的物質 150 克加熱,溫度自 80°C . 上昇至 230°C . 所需的熱量為幾許?

〔問題 4〕 夏季在海濱上,常覺晝間有海風吹來;夜間卻有風從陸地吹向海面,試言其故。

【摘要】 1. 1 卡路里是使水 1 克昇高溫度 1°C . 所需的熱量。

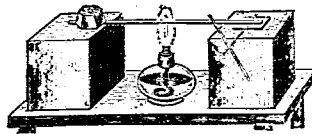
2. 比熱是 1 克的物質昇高溫度 1°C . 所需熱量的卡數。

第三章 物體的膨脹

39. 固體的膨脹.

通常的物體,溫度升高,即行膨脹;若溫度降低,即行收縮。

【實驗】 1. 將長約 50 厘米的鐵棒橫放於水平的位置(第 60 圖),用重錘壓住其一端,他端



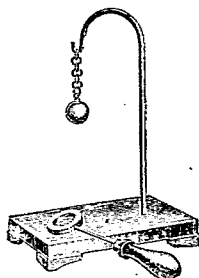
第 60 圖 線膨脹的實驗

支在玻璃板上的小針,針端刺有麥稈當作指針。然後將棒加熱,跟着棒的延長而指針轉動。

2. 如第 61 圖,有金屬球恰可以穿過一環,若將球加熱,即

不能再過環；冷之又可以穿過了。

固體因熱而增加其長度的稱爲‘線膨脹’ (linear expansion)，增加其容積的稱爲‘容積膨脹’ (volume expansion)。



第 61 圖
容積膨脹的實驗

鐵·白金·玻璃等的長度，對於溫度每昇高 1°C . 所延長的，不過其

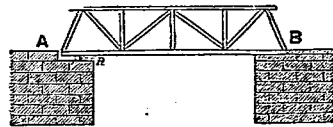
物質的溫度每昇高 1°C . 對於其原長的延長率	
鋅	0.000026
銀	0.000019
黃銅	0.000019
銅	0.000017
金	0.000014
鐵	0.000012
白金	0.000009
玻璃	0.0000085
鎳鋼 (鐵 64% 鎳 36%)	0.000009

原有的長度的 10 萬分之一。一般固體的容積的膨脹率約爲左表的數值的 3 倍。

固體的膨脹或收縮雖甚微小，但因溫度的變化，固體由膨脹或收縮所發生的力卻很大。鐵軌的接合

處和鐵橋的一端(第 62 圖)都留有膨脹的餘地，所以沒有損裂的危險。

〔問題 1〕 將沸水注入厚玻璃杯，往往立刻破裂，若用薄玻璃杯，就不易破損，試言其故？

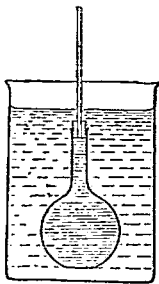


第 62 圖 鐵橋
B, 金屬製的枕木; A, 膨脹的餘地

〔問題 2〕 若因瓶上的栓太緊，不能拔脫，只須將頸口略為加熱，即可拔出，試言其故。

40. 液體的膨脹.

液體的膨脹率較固體為大。例如容積的膨脹率，水銀為鐵的 5 倍，酒精為鐵的 30 倍。



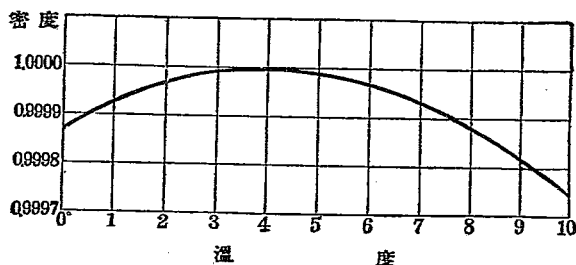
第 63 圖
液體的膨脹

【實驗】 玻璃瓶內滿盛着色的水（第 63 圖），加上插有玻璃管的軟木塞，先將管內的水面劃一記號，然後放瓶於熱水內，則見管內的水面，初雖下降，繼即上昇。

這是最初只有玻璃瓶因熱而增加其容積[●]；繼則液體亦因熱而膨脹，比容器的膨脹大得多的緣故。溫度計就是應用這個道理。

● 通常有孔或中空的事物的容積膨脹，與同一物質將空處填滿相同。

水的膨脹，和一般物質不同，從 0°C . 至 4°C . 的中間，溫度上昇，容積反而縮小，到了 4°C . 以上，即隨溫度的昇高漸行膨脹。所以溫度 4°C . 的水有最小的容積，換句話說，即有最大的密度（第 64 圖）。



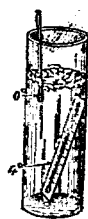
第 64 圖 水的密度和溫度的關係

【實驗】 在長玻璃圓筒裏面盛以冷水和許多的碎冰，液面和筒底各插入溫度計一個（第 65 圖）放置數分鐘，即見液面的溫度計指示 0°C .，筒底的指示 4°C .。

〔問題 3〕 通常水先從表面結冰，但油卻先從下面結凍，其理何在？

41. 氣體的膨脹.

氣體的膨脹率較固體·液體為尤大。



第 65 圖 水的最大密度的實驗

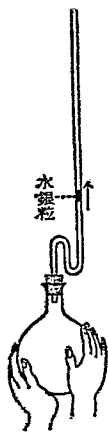
【實驗】 在空玻璃瓶的木塞上，插一彎曲的長玻璃管(第 66 圖)，管內留有水銀滴。用兩手熱玻璃瓶，則瓶內的空氣膨脹而水銀移向上方。

由實驗測知各種氣體的膨脹率均相同。氣體的容積，在一定的壓力底下，若溫度每昇高 1°C 。即增加其在 0°C 。時的容積的 $\frac{1}{273}$ 。這個關係稱為查理定律(Charles' law)。

設在一定的壓力下， 0°C 。時有容積 V_0 的氣體，熱至 $t^{\circ}\text{C}$ 。時的容積為 V ，可得下邊的關係式：

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

若將氣體密閉於容器內加熱，則其壓力增大。如烘皮球於火上(第 67 圖)，球即增硬。這是因為氣體雖跟着溫度的升高而膨脹，但為原有的容積所限制，和受了壓縮一樣。故氣體的壓力，在一定的容積內，若溫



第 66 圖
氣體的膨脹



第 67 圖 烘球於火上

度每升高 1°C ，即增加其在 0°C 時的壓力的 $\frac{1}{273}$ 。

氣體	密度
輕氣 . . .	0.000090
水蒸氣 . .	0.000804
空氣 . . .	0.001293
二氧化碳 .	0.001977

氣體在攝氏 0° 和1大氣壓底下的狀況，稱為‘正常情形’ (normal condition)。通常論氣體的密度，都是指在正常情形下的而言。

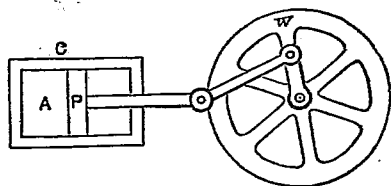
〔問題 4〕 天暖時的足球，常比天冷時硬些，是何緣故？

〔問題 5〕 炒豆或栗子時，其殼常致爆裂，其故安在？

〔問題 6〕 有一定量的氣體，其溫度為 15°C ，若其壓力保持不變，使其容積膨脹為2倍，求其溫度應為幾度。

42. 汽油機。

將汽油的蒸汽和空氣相混合，使其燃燒，則混



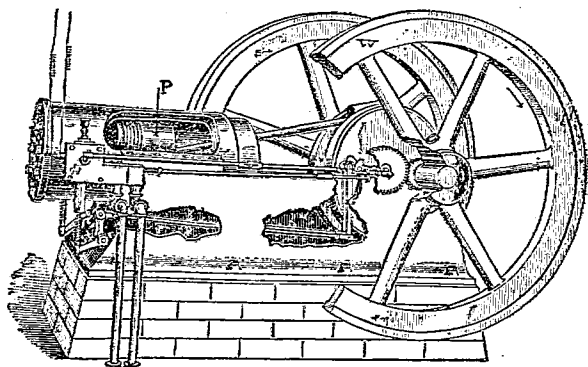
合氣的溫度升高而壓力激增。利用這種壓力以推動機械的裝置，稱為‘汽油機’ (gasoline engine)。

第 68 圖 汽油機的原理

機’ (gasoline engine)。

如第 68 圖，圓筒 C 內裝有活塞 P ， P 和‘飛輪’ (flying wheel) W 相連結。先將混合氣導入筒內 A ，因 W 的轉動，使 P 推向左邊，壓縮混合氣 A ，同時用電的裝置點火， A 即能爆發，由其壓力的作用，將活塞 P 推向右邊。如是活塞左右往復，轉動飛輪，

更傳至別的地方。此機異常輕便，用於汽車·飛



第 69 圖 工場用的氣機

機等最為合宜。

此外用石油或煤氣以代替汽油的稱為‘油機’ (oil engine) 或‘氣機’ (gas engine) (第 69 圖)，其作用與汽油機相同。

【摘要】1. 普通固體和液體的膨脹或收縮的量，對於溫

度每昇 1°C . 爲其原有大小的 10 萬分之 1 以至 10 萬分之 30。

2. 在一定壓力底下氣體的容積，溫度每昇 1°C . 即增加其在 0°C . 時容積的 $\frac{1}{273}$ (查理定律)。

3. 在一定容積內氣體的壓力，若溫度每昇 1°C . 即增加其在 0°C . 時壓力的 $\frac{1}{273}$ 。

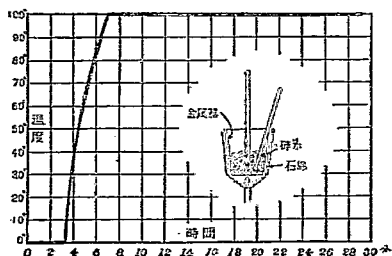
第 四 章 三 態 的 變 化

43. 熔 解 和 凝 固.

如冰·蠟等各種固體，加熱到相當溫度，即變爲

液體。此種由固體變爲液體的現象，稱爲‘熔解’ (fusion or melting)，固體開始熔解時的溫度，稱爲‘熔點’ (fusion point)。熔點隨物質的種類而不同，固體的溫度既達熔點以後，直至全體熔盡

物 質	熔 點 ($^{\circ}\text{C}$.)	熔 解 熱 (卡)
輕氣 . .	-259°	
酒精 . .	-114°	
水銀 . .	-39°	3
冰 . . .	0°	80
鉛 . . .	327°	5
鐵 . . .	1530°	30
鉛 . . .	1755°	27
鎢 . . .	3400°	



第70圖 冰熔為水，水化為汽
所需熱量的實驗

圖中之曲線，其與時間軸一致的直線部分，是表示冰未全熔為水時，雖加熱數分鐘而其溫度仍為 0°C ，即需熔解熱的緣故。其近於直立的一部分曲線是表示冰既化為水後，因加熱而其溫度由 0°C ，升高至 100°C 。其最高之直線部分亦與時間軸成平行，是表示水化為汽時需汽化熱（§45）

為物質的‘熔解熱’ (heat of fusion)。冰的熔點為 0°C ，熔解熱為80卡，比一切的物質都大，因其熔解時能吸收許多的熱量，故可利用之以設置冰箱和病人退熱用的冰囊。

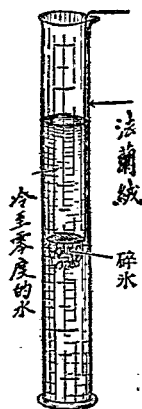
如將水冷卻，到了零度，復凝結成冰。一切液體冷到相當的低溫，皆可變為固體，此種現象稱為‘凝固’ (solidifica-

為止(第70圖)，雖繼續加熱，其溫度並不升高，所加的熱量皆消耗於使固體熔化。凡使物質

1克在熔點完全熔

解為同溫度液體所

需的熱
量，稱



第71圖 冰熔解時容積縮小的實驗

將冰投入冷水內使其熔解，圓筒的水面降低

tion)；這時候的溫度，稱爲‘凝固點’ (solidifying point)。大多數的物質，其凝固點和熔點全相一致；又在凝固的時候，放出和熔解熱相等的熱量。

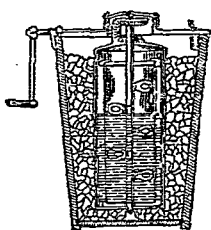
通常物質凝固時，其容積概行縮小；但有幾種特別物質如水·鐵·錒等，到了凝固的時候，容積反而增大(第 71 圖)。冬季酷寒時，巖石崩潰，茶杯或自來水管破裂，都因爲裏面的水凝結成冰，容積突然膨大的緣故。

〔問題 1〕 冬天地上的雪，當空氣的溫度雖昇至 0°C . 以上，亦不能即刻融化，其故安在？

〔問題 2〕 將冰塊投入溫度 40°C . 的水 100 克裏面，使其變爲 0°C . 的水，須冰塊幾許？

44. 冷劑.

固體當熔解時，固然需熔解熱，即如食鹽·氯化鉀等溶解於水裏的時候，也需熱量。溶解時所需的熱量，取給於此等物質和其周圍，故其溫度即須降低。例如用冰塊和食鹽按其重量 3 對 1 的比例混



第72圖 冰淇淋製造器

合後，冰化爲水，食鹽溶解於水內，其溫度爲 -22°C 。如是能生出低溫度的混合物稱爲‘冷劑’(freezing mixture)，用以冰卻物體(第72圖)。

45. 汽化。

液體因熱化爲氣體的現象，稱爲‘汽化’(vaporization)，所生成的氣體稱爲‘汽’(vapour)。盆內的水，放在空氣裏，不久即完全乾燥，這種自液體的表面漸行汽化的現象(第73圖)，稱爲‘蒸發’(evaporation)。當水沸滾時，汽由水的內部成爲氣泡，昇至液面(第57圖II)，這種現象稱爲‘沸騰’(boiling)。

第73圖 水在蒸發時分子的狀況
(黑點爲空氣分子，白點爲水分子)

● 物質不經液體的狀態，直接由固體化爲氣體的現象，稱爲‘昇華’(sublimation)，如樟腦、零度下的冰，皆係實例。

蒸發雖發生於任何溫度，但沸騰卻起於一定的

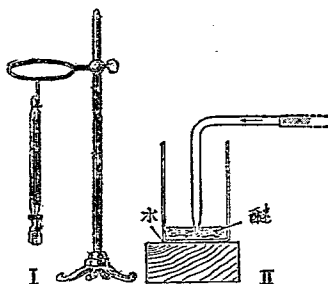
物 質	沸點 $^{\circ}$ C. (1大氣壓)	汽化熱 (卡)
水銀 . .	357 $^{\circ}$	68
水 . . .	100 $^{\circ}$	536
酒精 . .	78 $^{\circ}$	205
醚 . . .	35 $^{\circ}$	83
酒精 . .	-34 $^{\circ}$	295
氧 . . .	-183 $^{\circ}$	58
氮 . . .	-196 $^{\circ}$	50

的溫度，當液體沸騰時，其溫度不復上昇，此一定的溫度，稱爲‘沸點’ (boiling point)。在一定的壓力底下，沸點由物質的種類而異。

當沸騰時，雖繼續加熱，溫度不再昇高（第 70 圖），因以後所吸收的熱量，皆消耗於使液體變成氣體。使 1 克液體變爲同溫度氣體所需的熱量，稱爲‘汽化熱’ (heat of vaporization)。汽化熱不限於沸騰時需要，即當蒸發時也不可少。水的汽化熱最大，在一大氣壓沸騰時約爲 536 卡路里。液體酒精汽化時，也須大量的汽化熱，故利用以製冰。

【實驗】 1. 溫度計的球狀部分，裹以薄布（第 74 圖 I），若滴酒精於布上，徐徐吹之，溫度計立即降低。

2. 先在木板上滴水一二滴，其次用金屬或薄玻璃製的容器，內盛醚少許(第74圖II)，將容器放在水滴的上面，然後用玻璃管吹入空氣使醚蒸發，容器就凍牢在板的上面。



第74圖 檢驗酒精·醚的汽化熱

〔問題3〕 酒精燈或揮發油的瓶何以須加上很緊的蓋？

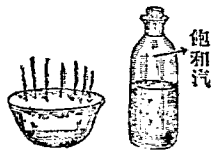
〔問題4〕 夏日地面上撒水，即覺涼快，其故安在？

〔問題5〕 洗澡之後，身體若不拭乾，往往易於感冒，試言其故？

〔問題6〕 手觸沸水的水蒸氣，其火傷比手觸沸水時更厲害，試言其理。

46. 飽和汽

盆內盛水，放在空氣裏面，水即漸次蒸發(第75圖)，以至完全乾燥；不過，若將水密封在一玻璃瓶內，即久置之亦難見水量的減少。因水在瓶內雖亦蒸發，但是到了液面上的汽



第75圖 飽和汽

水 蒸 氣	
溫 度 (C.)	飽和汽壓 (厘米·水銀柱)
-20°	0.1
-10°	0.2
0°	0.5
10°	0.9
20°	1.8
30°	3.2
40°	5.5
50°	9.2
60°	14.9
70°	23.4
80°	35.5
90°	52.6
100°	76.0
120°	148.9
150°	356.9
200°	1164.7

壓力達到一定的值，蒸發即完全停止。

如是液體和汽互相接觸，蒸發停止時候的汽稱為‘飽和汽’ (saturated vapour)，其壓力稱為這個溫度的‘飽和汽壓’ (saturated pressure)，或稱‘最大張力’ (maximum tension)。

飽和汽壓隨物質而異；對於同一物質，溫度愈高，其汽壓愈大(參看左表)。

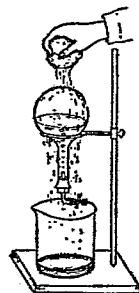
[問題 7] 從多數人聚談着的室內突然出外，常覺寒冷，其故安在？

47. 沸點和壓力的關係.

高山上的大氣壓不及 1 大氣壓，在山上煮水，不到 100°C. 即已沸騰；反之，汽鍋裏的汽壓力有達數大氣壓以上的，其中的水，非 120° 以至 130° C. 不

能沸騰。一般液體的沸點，由作用於液面上的壓力而異，壓力愈大，沸點愈高；壓力愈小，沸點愈低。

【實驗】玻璃瓶內裝入半瓶的水，瓶口橡皮栓上插一玻璃管，熱至十分沸騰後，將火取去，同時用橡皮管夾鉗密閉管口。然後將瓶倒立（第76圖），瓶內水的溫度因在 100° 以下，沸騰已經停止，但若從瓶底用冷水淋下，瓶內的水復起沸騰，試言其理。



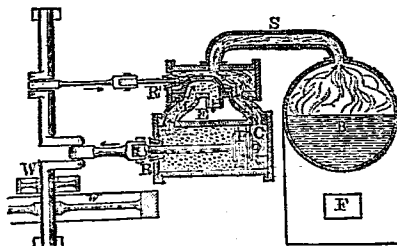
第76圖 水在低溫度時沸騰的實驗

〔問題8〕高山上煮飯，常不能熟，是何緣故？

48. 蒸汽機

‘蒸汽機’ (steam engine) 的主要部分為汽鍋

B ，活門 V 和具有活塞 P 的圓筒（第77圖）。在汽鍋 B 中雖煮沸水而發生水蒸氣，但不能向外自由



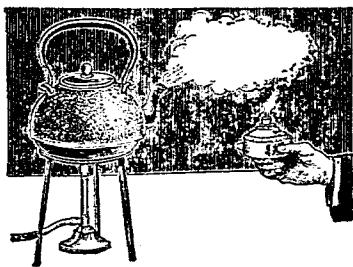
第77圖 蒸汽機的主要部分

● 蒸汽機是在18世紀末葉英人瓦特 (Watt, 1736-1819) 所完成的裝置，賴此得設立大工場，水陸都享受迅速的運輸交通。

放出；故其壓力爲通常大氣壓的數倍，水在 120°C . 以上的溫度始能沸騰。在這樣大的壓力底下的水蒸氣，經導管 S, N 入於圓筒內活塞 P 的右邊，使活塞 P 推往左邊。但活門 V 亦可左右移動，而和活塞 P 的移動方向恰相反。活塞既達圓筒的左端，同時活門 V 即滑至右端，將 N 封閉， M 打開，水蒸氣就從導管 M 進入於圓筒內活塞 P 的左邊，而使活塞推回右端。如是活塞左右往復，轉動飛輪 W 。如火車的車頭及工場的原動機等均是。

49. 液 化

飽和汽受着冷卻或壓縮，其一部分即化爲液體的現象，稱爲液化 (liquefaction)。如第78圖由壺嘴裏噴出來的白色水蒸氣，因爲冷卻而變成極小的水滴。用口向鏡吹氣，鏡



第78圖 飽和汽的液化

面即單上薄霧，亦是這個緣故。

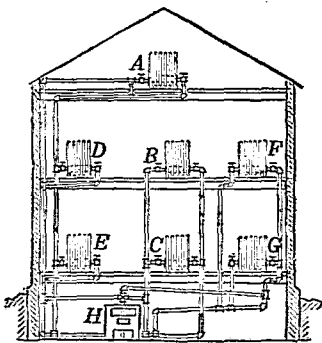
在通常的溫度，將水蒸氣加以強壓力，即呈飽

物質	臨界溫度 (C.)	臨界壓力 (大氣壓)
氫 . . .	-225°	20
空氣 . .	-140°	39
二氧化碳	31°	73
酒精 . .	130°	115
酒精 . .	240°	63
水 . . .	364°	195

和狀態，當時一部分的蒸氣起液化作用。但是這個現象只起於 364° 以下的溫度；若在這溫度以上，無論壓力增至若何程度，氣體總不液化。如是使一種氣

體受壓力可以液化的最高溫度，稱為該氣體的‘臨界溫度’ (critical temperature)；既達臨界溫度後所需的壓力，稱為其‘臨界壓力’ (critical pressure)。

如輕氣·空氣等臨界溫度很低的物質，當液化的時候，須加以強壓，同時又須將溫度降至極低。



第79圖 水蒸氣的暖室裝置

凡氣體液化時，須放出和汽化熱相等的熱量，所以將水蒸氣由導管送入室內的輻射器 A, B, C 等(第 79 圖)，使其液化，即可使室內的空氣溫暖。

〔問題 9〕 盛熱飯於桶內，桶蓋上往往結有水滴，試言其故。

〔問題 10〕 使沸水的水蒸氣放出於室內，則覺該室特別暖些，其故安在？

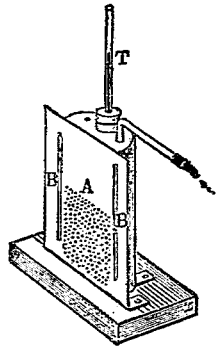
〔問題 11〕 將 100°C . 的水蒸氣 0.25 克通入 15°C . 的水 1 仟克內，求此時水的溫度。

50. 大氣中的水蒸氣

由太陽的熱，地球上水陸的表面，無時無地不在蒸發水蒸氣，這種水蒸氣和熱空氣同時上昇，然後擴散於大氣中。如含有水蒸氣的空氣，夜間若遇着冷的地面或草木等，其溫度降低，水蒸氣即成飽和狀態，其一部分液化為‘露’(dew)。如是大氣中的水蒸氣，到了飽和狀態時的溫度，稱為‘露點’(dew point)(第 80 圖)，若露點在 0°C . 以下，水蒸氣即直

接凝固爲‘霜’(frost)。

上層的空气，冷至露點以下，水蒸氣的一部分即起液化作用，變成無數小滴，稱爲‘雲’(cloud)；由地面接近的空气所生成的，稱爲‘霧’(fog)。這種細小的水滴聚多後，水滴增大，受重力的作用自行落下，稱爲‘雨’(rain)；露點若降至冰點以下，水蒸氣凝固成爲細



第80圖 露點的測定
用管吹器內的醚使其蒸發。
同時A面上罩着薄霧，此時
的溫度即露點，可由溫度計
T測得之

冰，降至地面，稱爲‘雪’(snow)；過冷的雪片通過雲層落下時，水滴凝結於雪片上成爲小雪球，稱爲‘霰’(soft hail)。

〔問題12〕 盛碎冰於玻璃杯內，在其外面常罩着一層薄霧，其故安在？

〔問題13〕 古語云：‘礎潤而雨’，試言其理。

51. 溼度

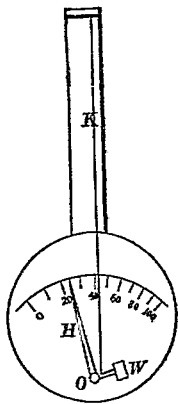
大氣乾溼的程度，固然關係於所含水蒸氣的

多寡，但是受溫度的影響也很大，水蒸氣近於飽和狀態，即覺潮溼，若遠距飽和狀態，即覺乾燥。

表示大氣的乾溼程度，用大氣中現在所含水蒸氣分量對於和現在溫度相當的飽和水蒸氣分量的比，通常將其值百倍之，稱為‘溼度’ (humidity)。

$$\text{即 } [\text{溼度}] = \frac{[\text{現在的水蒸氣分量}]}{[\text{和現在溫度相當的飽和水蒸氣分量}]} \times 100.$$

在溼度 100 的大氣裏面，水蒸氣已達飽和狀態，故不能再行蒸發。



第 81 圖 毛髮溼度計

如第 81 圖利用油分已經除去的毛髮 K 因吸水分而伸長的性質，將 K 的上端固定，其下端繫於指針 H ，使 K 的伸縮擴大，測得大氣的溼度。這種裝置稱為‘毛髮溼度計’ (hair hygrometer)。

衛生上最適宜於人體的溼度，為 60° 乃至 70° 。

〔問題14〕 夏日溼度大時，何以悶熱難堪？

〔問題15〕 燃火取暖，則室內空氣變為乾燥，試言其故。

【摘要】 1. 物質溶解着的時候，及在一定壓力底下沸騰着的時候，其溫度都不會變，這種溫度各稱為熔點或沸點。

2. 物質溶解或汽化的時候都需熱量。使物質1克溶解所需的熱量為溶解熱；汽化所需的熱量為汽化熱。

3. 液體的沸點因液面上的汽壓而異。汽壓愈大，沸點愈高。

4. 水蒸氣（氣體）若不在臨界溫度以下，無論壓力如何增加，總不會液化。

5. 溼度是大氣中水蒸氣分量對於當時的飽和水蒸氣分量的百分比。

第三編 力學

第一章 運動和力

52. 運動和速度.

凡一物體隨時變更其位置的狀態稱爲‘運動’(motion)。運動有‘方向’(direction)和‘速’(speed)。速以每秒中所經過的距離來測定，例如每秒中進行10米的汽車，其速爲10‘每秒米’(meter per second)。同時表運動的速和方向的量稱爲‘速度’(velocity)。

若物體在時間 t 內，通過某一方向的距離 s ，則其對於速度 v 的關係，通常如下：

$$v = \frac{s}{t}, \quad [\text{速度}] = \frac{[\text{距離}]}{[\text{時間}]}.$$

故表示速度，須將時間的單位和長的單位同時記出，如每秒厘米·每分米等。●

● 速度的實例：軍隊行軍 11.2 每時里，賽跑(百碼賽) 62.5 每時里，輪船(海上) 87.1 每時里，火車(特快) 141.3 每時里，飛機 626.4 每時里，(上面的里係指市里，即爲 $\frac{1}{2}$ 公里，約合舊里之 87%)。

若物體的速度等於零，這時候的狀態稱爲‘靜止’(rest)。

〔問題 1〕 旅行家每日能步行 40 仟米，求其速度爲平均每秒若干厘米？

53. 加 速 度

物體的速和方向皆無變化的運動稱爲‘等速運動’(uniform motion)。在自然界中，等速運動的例子是不容易見到的。

又如火車從車站出發，其運動的速度漸次變更，這種運動稱爲‘變速運動’(non-uniform motion)。變速運動物體在某瞬間的速度，可假想這個物體於該瞬間不變其運動的狀態，而以其繼續進行 1 秒鐘所通過的距離來表示，其方向即這個瞬間運動的方向。

火車初開時，最初的速度固然是零，但每秒鐘，速度漸次增加，終達一定的數值。例如 5 秒鐘後，火車的速度爲 250 每秒厘米；那末，速度的增加是平

均每秒 50 每秒厘米，這個事實稱為有每秒 50 每秒厘米的‘加速度’(acceleration)。又火車若從遠處以 200 每秒厘米的速度迎面而來，經過 5 秒後，始停止不動；那末，速度的減少為平均每秒 40 每秒厘米，這個數值也是加速度[●]，不過是負數罷了。

〔問題 2〕 火車開近車站的時候，其速度漸次減少如下表：

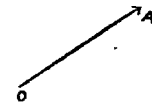
秒	0	1	2	3	4	5
每秒厘米	2500	2400	2300	2200	2100	2000

求其加速度幾許？

〔問題 3〕 沿着一直線上作運動的物體，在 5 秒鐘的中間，速度從 10 每秒厘米增加至 20 每秒厘米，求其加速度幾許？

54. 力.

凡能使物體變更其運動狀態的都是力(參看§8)。換句話說，力即以物體生加速度的一種作用。



第 82 圖 力的圖示
O, 施力點; OA, 方向;
OA 的長度表示力的大小

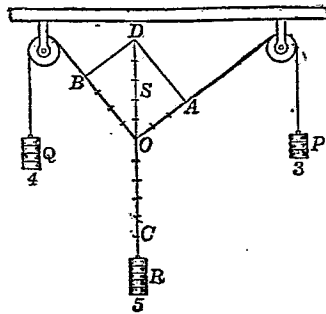
● 若用 C. G. S. 單位制，加速度的單位為‘每秒每秒厘米’(cm. per second per second)。

力由‘大小’(magnitude)·‘方向’(direction)·‘施力點’(point of application)三要素而定。從施力點起沿力的方向畫一直線，稱為‘作用線’(line of action)，線的長度須和力的大小成比例，並附箭頭於其先端；這樣的線就可用以表示力的三要素(第82圖)。

55. 力的合成和分解。

【實驗】用線跨過兩滑輪，在其兩端和中間的任一點 O 上，各懸砝碼 P, Q, R 使成平衡(第83圖)。

立一厚紙板於線的後面，畫線的方向，取線長 OA, OB, OC 各和 P, Q, R 成正比。用 OA, OB 為兩邊作一平行四邊形，畫對角線 OD ；則 OC 和 OD 必相等，並且同在一直線上。



第83圖 力的合成實驗

由實驗可知用 OD 所表的力，可以代替 OA, OB 兩力，而和 OC 成平衡。像這樣的 OD 稱為 OA 和 OB 的‘合力’(resultant force)； OA 和 OB 稱為 OD

的‘分力’(component force)。求合力的事件，稱為‘力的合成’(composition of forces)；求分力的事件，稱為‘力的分解’(resolution of force)。

故當兩力作用於一點時，若以表示兩力的直線為兩邊作一平行四邊形，則通過這個點的對角線即可表出兩力的合力。這個關係稱為‘平行四邊形定律’(law of parallelogram)。

如求三力的合力，可先將其中的兩力的合力求出，然後再將此合力和第三力合成，最後所得的合力，即三力的合力。

〔問題 4〕 有大小相等的兩力，試就下述各種方向，求其合力：(a) 方向相同，(b) 互相垂直，(c) 方向相反。

〔問題 5〕 如第 84 圖，用 20 斤的力推車，和地面成 30° 角，問使車前進的分力和壓地面的分力各為幾許？



第 84 圖 推車時的分力

56. 平行力的合力.

【實驗】 將有刻度的木桿的中點 C ，懸在彈簧秤上，使桿成水平，讀出彈簧秤的刻度。

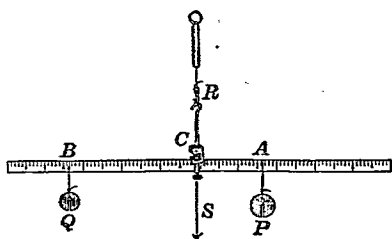
然後在木桿的任一點 A 上，

懸砝碼 P ，同時將砝碼 Q 沿

着木桿移動，使桿再在水

平的方向上靜止（第85圖），

求其點 B 並讀出秤上的刻



第85圖 同方向兩平行力的合成

度；故彈簧秤向上作用的力 R ，由其先後兩次延長的差，可以算出。

由實驗測知 P, Q, R 三力以及 P, Q 兩力與距離 AC, BC 有下式的關係：

$$R = P + Q, \quad P \times CA = Q \times CB.$$

故兩力 P, Q 的合力 S 作用於 C 點，並為和 R 成平衡的力。通常在同一方向的兩‘平行力’(parallel force) 的合力，大小與兩力的和相等；方向與兩力的方向相同；施力點對兩力的距離，恰與兩力的大小成反比例。

如求三個以上的平行力的合力，只須按照前法，將其中任意兩力的合力求出，再求此合力和第三力的合力，逐次推求下去，最後可得全體的合力。

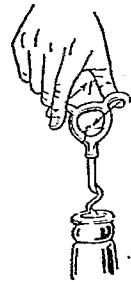
若作用的兩平行力大小相等，方向相反，稱為‘力偶’(couple)，其合力為零，故不能使物體前進，只能在原位置上使其轉動。通常開洋鎖或旋轉旋釘，

須用兩指挾住鑰柄或旋鑿柄的兩面同

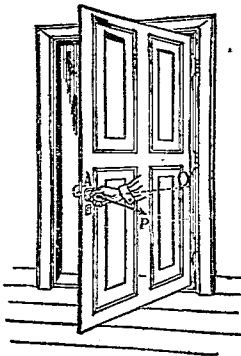
時用力，這就是力偶的作用。

〔問題 6〕 試舉應用力偶的例二三條。

〔問題 7〕 在長 2 米的棒上懸一物體，兩人用肩撐其各端，如兩人肩上所受的重量為 2 對 3 的比，應在何處懸物體？



第 86 圖
力偶的應用
 f, f' 為方向相反
的平行力即
力偶



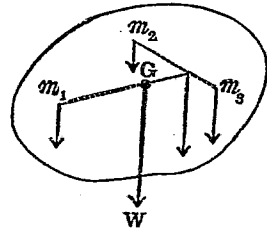
第 87 圖 啓閉門戶的力矩
 O , 轉動軸上的一點; A , 施力
點; P , 力

57. 力矩.

如門戶啓閉的時候，戶柄距戶樞的方向愈遠，推動愈易(第87圖)。凡轉動物體的作用，不但和作用力的大小有關，即和力的方向與其作用線距轉動軸 \odot 的距離也有關係，這個距離稱爲‘力臂’(arm of force)。力臂和力的乘積稱爲對於此軸的‘力矩’(moment of force)。轉動物體的容易與否，由力矩的大小而定。

58. 重心.

重力作用於物體的各部分，方向都是鉛直的，所以可視爲無數的平行力以求其合力；但這種合力的施力點 G (第88圖)，由物體而定，可假想物體的全重量 W ，皆集合於 G 點上。這個一定的點 G ，稱爲物體的‘重心’(center of gravity)。



第88圖 重心

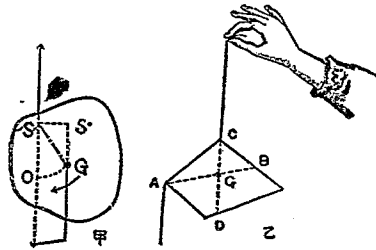
求得作用於物體各部分 m_1, m_2, m_3, \dots 等的平行力的合力 W ，此合力 W 作用於重心 G

● 如戶樞的方向即爲轉動軸，門戶賴此得以啓閉(參看 §79)。

用線吊住物體上的一點 S , 重心 G 和線必在同一的鉛直線上方能靜止(第89圖甲), 因為線的張力和物體的重量恰成平

衡。要求得物體的重心, 可依下述的方法:

【實驗】如第89圖乙, 用線吊住物體上的一點 A , 由 A 畫一鉛直線 AB ; 其次



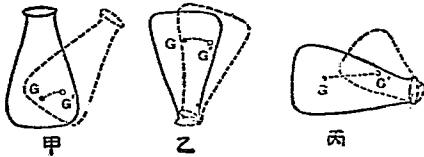
第89圖 求重心的方法

換另一點 C 來吊住物體, 畫鉛直線 CD , 這兩條直線的交點 G , 即為物體的重心。

〔問題 8〕 試求密度一樣的球·圓柱·立方體和環的重心位置。

59. 穩度.

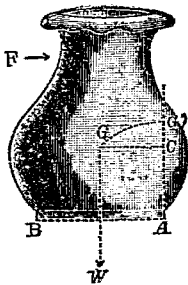
+ 表示推倒物體難易的程度稱為‘穩度’ (stability)。



第90圖 三種穩度

穩度可分為三種: 如將玻璃瓶的底放在桌面上(第90圖甲),

用力使其略為傾斜，力去後即恢復原狀，這種狀態稱爲‘穩定平衡’(stable equilibrium)。如將瓶倒立(第90圖乙)，略行傾斜，立即翻倒，這種狀態稱爲‘不穩平衡’(unstable equilibrium)。如將瓶推倒後(第90圖丙)，雖除去外力，瓶卻依然在橫放的位置上隨處都可靜止，這種狀態稱爲‘隨遇平衡’(neutral equilibrium)。

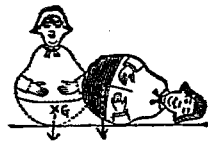


第91圖 穩度的條件
杯受力 F 的作用即起
傾斜時， W 發生向左轉
動的力矩，使杯回歸原
位置

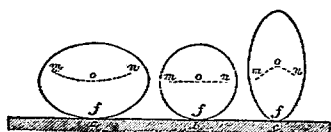
{物體當傾斜的時候，其重心 G 的位置，漸次升高，即爲穩定平衡；若重心的位置，反轉降低，即爲不穩平衡；若重心的位置，沒有高低的變化，即爲隨遇平衡。通常若物體的底面愈廣，重心愈低，並且重量愈大，那末，其穩度也愈大。}

(第91圖)。

〔問題9〕 玩具不倒翁(第92圖)，何以會不倒？



第92圖 不倒翁



第 93 圖 雞 卵 的 放 法

〔問題10〕 如 93 圖放雞卵的方法有三種，試將雞卵左右搖動，就各種方法檢其穩度。

〔問題11〕 古人云：‘夫物惡有滿而不覆’，試言其理。

【摘要】 1. 物體運動的速，用一單位時間內所通過的距離來表出牠。速度為速和方向合併而言的量。

2. 加速度為單位時間內速度的變化。

3. 力是變更物體運動狀態的原因，可由平行四邊行的方法合成或分解。

4. 力偶為大小相等，方向相反的兩平行力，能使物體轉動。

5. 力矩是力臂和力的乘積。

6. 在物體的重心，可以假想物體的全重量，皆集合於其上。

7. 穩度有穩定平衡·不穩平衡·隨遇平衡三種。

第 二 章 機 械 和 工 作 (上)

60. 機 械.

吾人手足的力量和動作的快慢，原有限度；要得到人力以上的力量和動作，便須利用‘機械’(ma-

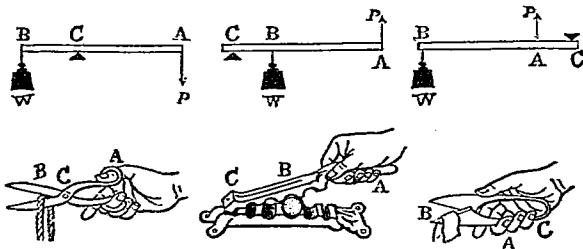
chine)。這類機械跟着人類智識的進步，逐漸變成精密和複雜；但若將其構造的各部加以檢查，不外自槓桿·滑輪·輪軸·斜面·劈·螺旋等的簡單要素配合而成。

61. 槓桿.

凡在一定點的周圍，可以自由轉動的棒，稱為‘槓桿’(lever)。這個定點稱為‘支點’(fulcrum)。

如第94圖，A 點受力 P 的作用，B 點支住重量 W ，這兩力對於支點 C 的力矩相等。當兩力平行的時候，

$$P \times CA = W \times CB$$

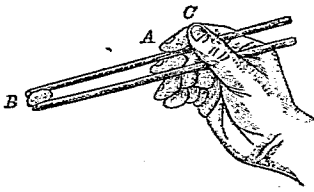


第94圖 三種槓桿(上)和其應用(下)

這個關係，稱為‘槓桿的原理’(principle of lever)。

CA 和 CB 稱爲槓桿的‘臂’(arm)。故將槓桿的臂 CA 和 CB 的比，選擇適當，可用很小的力使重物移動。

〔問題 1〕 用筷拈物(第 95 圖)，試就槓桿的理說明之。又



第 95 圖 用筷拈物

問其左端所生的力幾許？

門戶的啓閉(第 87 圖)，是否槓桿的應用？

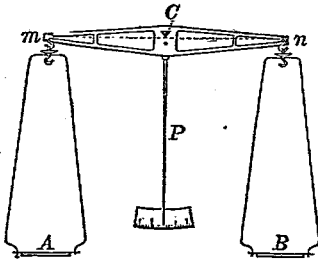
〔問題 2〕 有長 2 米的槓桿，從其左端至 25 厘米的點作爲支點，若用 75 仟克的力作用於右端上，

62. 秤

利用槓桿原理去測定物體的質量的裝置稱爲秤。實驗室所用的秤爲‘天平’(balance)，日常所用的秤爲‘桿秤’(steelyard)。

天平(第 96 圖)是以中點作支點，兩臂完全相等；一端懸物體，一端懸砝碼，使桿成平衡。由砝碼的質量，得知物體的質量。

● 我國衡衡器的發明，相傳始於黃帝，約在紀元前 27 世紀。



第96圖 天平

置，就可知物體的質量。

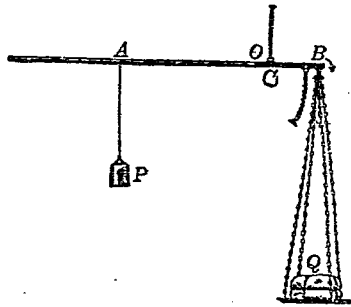
〔問題3〕 重力雖因地方而不同，但同一物體，無論在何處用天平測得的結果，並無差異，其故安在？若用彈簧秤，是否和天平一樣？

63. 滑輪.

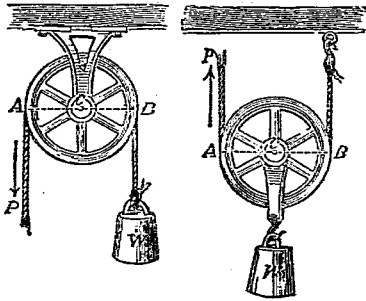
汲井水時，常用如第98圖(左)的‘定滑輪’(fixed pulley)，可以看作兩臂相等的槓桿，利用以變更力的方向。

又如第98圖(右)的‘動滑輪’(movable pulley)，

槓秤(第97圖)是以槓的一端懸物體，在這端的附近，穿有繩紐定為支點。在其他邊懸有一定質量的砝碼，可以自由移動，使槓成水平。由砝碼的位置，



第97圖 槓秤



第98圖 滑 輪

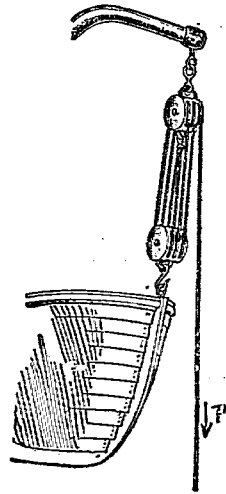
在其軸上懸物體，並
將繩的一端固定，他
端曳向上方；那末，物
體由兩條繩支住，一
條繩不過受着所懸重
量的一半；所以用 10

仟克的力，即能支住 20 仟克的重量。

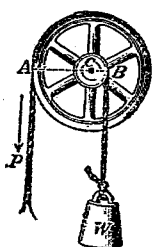
如將兩組滑輪連結在一處
(第99圖)，用以懸舉小舟；下面
的動滑輪由六條繩支住，故作
用於繩的一端的力，只等於所
懸重量的 $\frac{1}{6}$ 。

64. 輪 軸.

‘輪軸’ (wheel and axle) 由
大滑輪和軸連為一體而成。軸
上的繩懸重量 W (第100圖)，用
力 P 拉引在滑輪上卷着的另一



第99圖 複滑輪



第100圖 輪軸

條繩，即可舉起重物。輪軸可看作以 C 點為支點的一種槓桿，

$$P \times CA = W \times CB.$$

故滑輪的

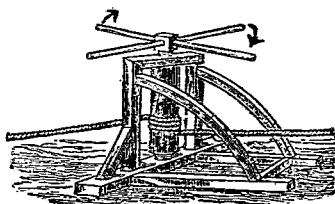
半徑 CA

若比軸的半徑 CB 愈大，

所需的力即愈小。

〔問題4〕 輪軸的軸和輪

的直徑的比為 $1:5$ ，軸上懸 120 斤的物體，問這時候欲將輪上的繩曳下，須力幾許？



第101圖 輪軸的應用
利用以舉重物

65. 工作和工率

用力作用於物體，使其沿着力的方向運動，稱為力對於物體作‘工’或做‘工作’(work)。如用手舉石塊，就是手所用的力對於石塊作工。故工作兩字就是日常用語，並非新奇的。

表示工作(W)的大小，是用物體沿着力的作用方向所通過距離(S)和作用力(F)的乘積，即

$$W = F \times S, \quad [\text{工作}] = [\text{力}] \times [\text{距離}].$$

故工作的單位須將力的單位和長的單位同時記出，其重力單位用‘仟克米’ (kilogram meter)。例如用手將 2 仟克的物體舉高 3 米，這時候手所作的工當為 6 仟克米。

在單位時間內各種機械作工的量，稱為‘工率’ (power)，用‘馬力’ (horse power) 定作單位。1 馬力 (H. P.) 等於每秒鐘將 76 仟克的重量舉高 1 米所需的工作。

〔問題 5〕 將 5000 仟克的水，汲上至高 5 米的水槽裏面，求所作的工若干？

66. 工作的原理.

由前數節所述的機械，如槓桿·滑輪·輪軸等項，可利用以小力舉起重物，但是對於工作並無損益。例如就滑輪來說，用定滑輪(第98圖左)舉高重量 W 所需的工作，等於和 W 相等的力 P 同時所作的工；若用動滑輪(第98圖右)將重量 W 舉高若

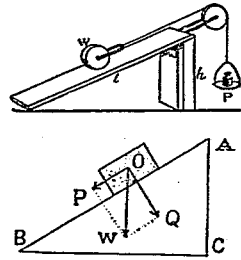
于距離，須用和 $\frac{W}{2}$ 相等的力 P ，將繩曳上 W 所走距離的 2 倍，故動滑輪所作的工也和力 P 所作的工相等，此外各種複雜機械也都是這樣。凡由機械所作的工和由外部加入的工，其量常相等。換句話說，無論何種機械皆不能使工作增減。 這個結論稱為‘工作的原理’(principle of work)。

第三章 機械和工作(下)

67. 斜面.

【實驗】先測定斜面的長 l 和高 h (第 102 圖)，次將圓柱狀的物體放在斜面上，用砝碼使成平衡。然後測定物體和砝碼的重量各為 W 和 P ，試檢驗 $P \times l$ 和 $W \times h$ 是否相等？

凡和水平面成傾斜的平面稱為‘斜面’(inclined plane)。用力 P 沿着斜面將物體由 B 曳上至 A ，其所作的工為 $P \times AB$ ；但同時物體的位置昇高 AC ，所



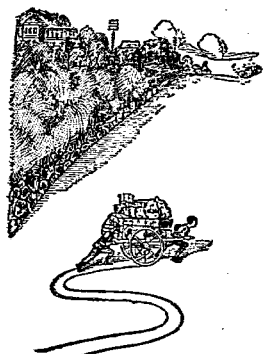
第 102 圖 斜面

以對於重力所作的工爲 $W \times AC$ 。由工作的原理，兩者相等，

$$P \times AB = W \times AC, \quad \therefore P = W \times \frac{AC}{AB}.$$

故斜面 AB 愈長，所需的力愈小，即可以用小力將重物搬至高處。

拖貨車上高坡時 (第 103 圖)，通常不作直線進行，其所以曲折成 S 字形的原因，即在於使斜面的長度延長，以便能用小力曳上。



〔問題 1〕 有長 5 米高 3 米的斜 第 103 圖 拖車上高坡的情形

面使 100 斤的物體沿斜面上昇，需力若干？

68. 劈

‘劈’(wedge) 是用截面爲三角形的鐵片或木片製成的，其作用和斜面相同。通常匠人用以劈開木頭的斧即有此形，當斧劈入木頭內 (第 104 圖)，兩邊所排開的

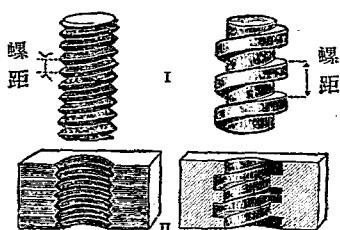


第 104 圖 劈

距離比劈進去的距離愈小，則排開兩邊的力愈大。小刀、剃刀、針、鑽等的刃口愈薄愈鋒利，就是此理。

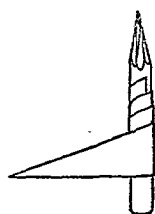
69. 螺旋.

將紙切成直角三角形，以其直角的一邊，和鉛筆桿互成垂直，捲於其上(第105圖)，其斜邊即在鉛筆桿的周圍，成一種



第106圖 螺旋

曲線，形如螺紋，沿着這個



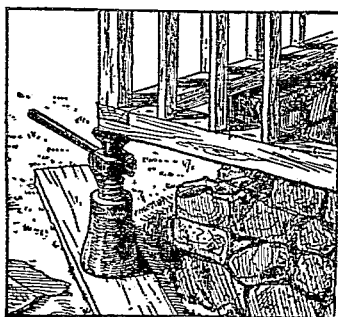
第105圖 螺旋原理

曲線，有凸起的條紋(第106圖 I)，即成‘雄螺旋’

(male screw)。又在圓孔內，作恰能嵌合雄螺旋的溝紋(第106圖 II)，稱為‘雌螺旋’(female screw)。螺旋(screw)即由此兩者而成。將雄螺旋在固定的雌螺旋內轉動一周，雄螺旋即在相鄰兩條紋間的距離前進或後退，這個距離稱為‘螺距’(pitch)。

利用螺旋的轉動以舉高重物，亦可省力，和斜

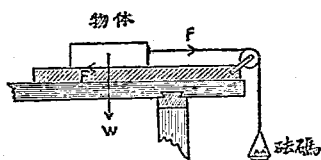
面的作用相同。起重螺旋 (jack screw) 的製成，即應用此理 (第107圖)。



第107圖 起重螺旋

70. 摩擦

用線懸着的物體，在水平的方向易於推動，但在地面上靜止着的物體，就移動較難。由此可知和物體接觸着的表面，必有一種力發生，來阻礙他的運動，這種力稱為‘摩擦力’ (frictional force)，或簡稱‘摩擦’ (friction)。



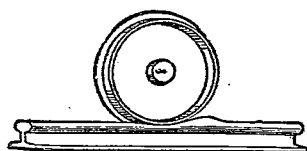
第108圖
摩擦力的測定

【實驗】用第108圖的裝置，將砝碼漸次增加，由物體開始運動時的砝碼重量，可以知道摩擦力的大小。

平滑的接觸面，其摩擦力小；粗糙的接觸面，其摩擦力大。

摩擦很小的物質，如油·石墨等類，可用作‘滑

料'(lubricant),塗抹在機械上,以減小摩擦。



第109圖 滾動摩擦

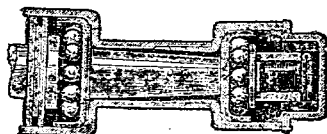
物體在轉動時所生的
摩擦很小(第109圖),稱為
'滾動摩擦'(rolling friction);

反之,如前所述很大的摩
擦,稱為'滑動摩擦'(sliding friction)。各種機械裏面,
在其軸承(bearing)和軸棒的中間,裝有若干個鋼製
的小球(第110圖),使軸棒轉動時受滾
動摩擦,運動得以靈活。



〔問題2〕汽車的膠皮車輪面上,起有凹凸,

試言其理?又在冰上步行,常感
困難,此又何故?



〔問題3〕試述摩擦力的

利害。

第110圖 車輪的軸承

〔問題4〕女人用針縫衣時,常將針在頭髮上擦過,有何
作用?

〔問題5〕通常用車運送重物,究有何益處?

【摘要】1. 簡單機械為機械的要素,槓桿·滑輪·輪軸·斜

面·劈·螺旋都是其實例。

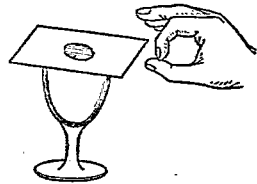
2. 機械不能使工作增減(工作的原理)。
3. 摩擦力作用於物體的接觸面,妨礙物體的滑動或轉動。

平滑的接觸面,其摩擦力小;粗糙的接觸面,其摩擦力大。

第四章 運動定律

71. 運動第一定律.

張着在弓上的箭,受弦的彈力作用,始能射出;車受馬的曳引作用,方能前進。由空中飛來的球,受網板的撲擊作用,即變更其運動;流着的水到了堰邊,就被擋住。凡物體開始運動或變更運動的狀態,其原因皆由於受外力的作用。

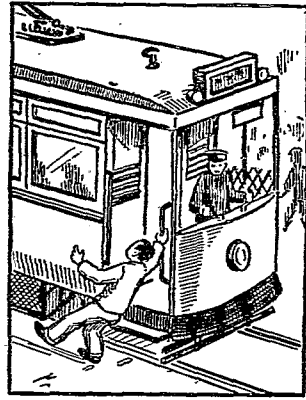


第111圖 慣性實驗
用指急彈名片,片上的銅
圓並不隨片前進

一切物體若不受外力的作用,靜止的永遠靜止,運動的永遠沿着直線作等速運動。這個關係稱為‘運動第一定律’(first law of motion)。物體的這個

性質稱爲‘慣性’ (inertia), 故這個定律又稱‘慣性定律’ (law of inertia)。

在電車或火車中立着的人，當車初開時，常向後倒；當車驟然停止時，常向前仆，這都是慣性的作用，欲維持靜止或運動的原



第 112 圖 面向車後下車時的危險。

狀。跳遠之際，必先從後方跑來方易向前跳出，這是利用慣性的作用。

〔問題 1〕 下電車時須面向車頭，不然，若電車突然向前開動，即難免跌倒（第 112 圖），其故安在？

〔問題 2〕 在平滑而無摩擦的水平面上，使物體運動，爲什麼還要用力？

〔問題 3〕 人被猛虎追逐時，須於向前奔馳之際突然轉向左右，始能免禍，故諺有‘老虎是直眼’之說，試言其理。

72. 運動第二定律.

用手拋球，若手力很小，球飛出去的速度總是

不大。由實驗得知同一物體所得的加速度和作用力的大小成正比。曳裝着貨物的車比曳空車所用的力大得多。由實驗得知使物體得一定的加速度的力和物體的質量成正比。故可知物體受外力的作用，即在力的方向得一定的加速度；加速度和物體質量的乘積與外力成正比。這個關係稱為‘運動第二定律’(second law of motion)，簡稱‘運動定律’。用 C. G. S. 單位，作用於質量 1 克的物體，使物體得 1 每秒每秒厘米的加速度的力，定為力的單位，稱為 1 ‘達因’(dyne)，略作‘達’。這種單位和重力無關，故對於前面的力的重力單位 (§8)，稱為‘力的絕對單位’(absolute unit of force)。

通常作用於質量 m 克的物

體，使其得 a 每秒每秒厘米的加速度的力 f 為 ma



第 113 圖 牛頓
(Isaac Newton, 1642-1727)

英國大物理學者。發明運動三定律・萬有引力定律，以及光學上的重要理論。又在數學上發見二項定理・微積分學，為近世物理學・數學・天文學的始祖

達,即

$$f = ma.$$

[力(達)] = [質量(克)] × [加速度(每秒每秒厘米)].

1 達爲很小力的單位,約和重量 1 毫克相等。

[問題 4] 有質量 5 克的物體,受 54 達的力的作用,求其加速度。

[問題 5] 某力作用於 5 克的靜止物體,一秒鐘後該物體得到每秒 980 厘米的速度,求某力的大小。

73. 打擊和碰撞.

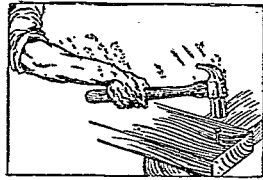
有 f 達的力作用於靜止的物體 m 克,在 t 秒鐘後,假定物體的速度爲 v 每秒厘米;那末,所得的加速度 $a = \frac{v}{t}$ 。將這個加速度的數值代入前節公式

內,即得 $f = m \frac{v}{t}$, 故:

$$ft = mv$$

物體的質量和速度的乘積稱爲‘動量’(momentum), 力和時間的乘積稱爲‘衝量’(impulse)。動量的變化愈激烈,作用的力愈大。‘打擊’(impact)和‘碰

撞 (collision) 莫不在極短時間內使速度發生很大的變化，故其作用的力亦甚大(第114圖)。



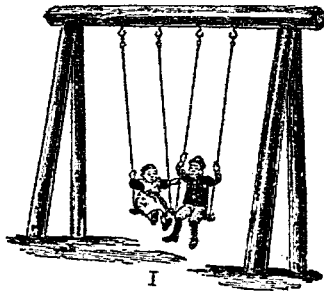
第114圖 打擊的例

〔問題 6〕 試說明下述各種事實：(a)用錘敲釘，容易釘入木內，若用錘壓釘，何以不易釘入？(b)茶杯落在石上，立即破碎，若落在地毯上面，何以不致破碎？(c)包裝瓷器或玻璃器，何以須用稻草紙屑等類填入？

〔問題 7〕 質量 5 克的物體受 28 達的力的作用，求其加速度和三秒內動量的變化。

74. 運動第三定律

有兩個小孩，各坐在鞦韆的橫木上，若甲孩用手曳乙孩，甲孩自己也被曳動；若甲孩用手推乙孩，甲孩自己也覺被推(第115圖 I)。



I



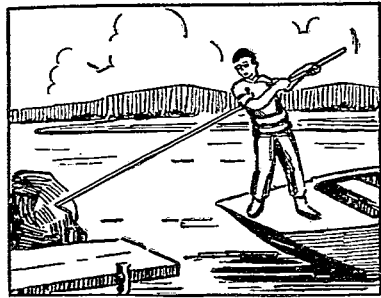
II

第115圖 作用和反作用

【實驗】 試驗管內盛少許的醚，管口加木栓，然後將管放在沸水裏面（第 115 圖 II），醚立即沸騰，同時木栓飛去，試注意這時候的試驗管如何。

如是，甲物體加力於乙物體，乙物體同時亦以力還加於甲物體。前者稱為‘作用’(action)，後者稱為‘反作用’(reaction)。並且兩物體間的作用和反作用，大小相等，方向相反。這個關係稱為‘運動第三定律’(third law of motion)，又稱為‘反作用定律’(law of reaction)。

人在船上，用力將篙抵岸（第 116 圖），篙受岸的反作用，使船離岸。步行的人，以足向後抵，得地面的



第 116 圖 反作用的例

反作用，始向前進。又鳥用兩翼擊撲空氣，始能飛翔；水鴨用蹼向後推水（第 117 圖），始能游泳。這也是因受空氣和水的反作用的緣故。

〔問題 8〕 放礮時，礮彈由礮口射出，同時礮身必向後退，其故安在？

〔問題 9〕 用槳擊水或用橈撥水，何以能使船前進？

〔問題 10〕 當人拉車時，人拉車的力和車拉人的力相等；何以此時只見車前進而人並不後退？（參看 §70）



第 117 圖 跳的運動
箭頭表示跳的運動方向

【摘要】 1. 物體若不受外力的作用，就保持其原有的狀態：即靜止的永遠靜止，運動的永遠作等速運動（第一定律又稱慣性定律）。

2. 外力作用於物體，不論物體的運動狀態如何，物體即沿力的方向得一加速度；加速度與物體的質量的乘積和力成正比（第二定律，又稱運動定律）。

3. 甲物體加作用於乙物體，同時乙物體亦以反作用還加於甲物體；即作用和反作用相伴而生，大小相等，方向相反（第三定律，又稱反作用定律）。

這三個定律總稱為‘牛頓的運動三定律’（Newton's three laws of motion）。

第五章 引力和各種運動

75. 萬有引力.

月圍繞着地球，地球又圍繞着太陽，其能運行不息而不至於飛去，皆因天體間有互相吸引的作用。這種作用，不限於天體，推而至於宇宙內一切萬物，即小如細砂塵埃亦莫不皆有，故稱爲‘萬有引力’(universal gravitation)。兩物體間的引力，和兩者質量的乘積成正比，和其距離的平方成反比。這個關係由牛頓(第 113 圖)發見，稱爲‘萬有引力定律’(law of universal gravitation)。

重力是地球對於地面上一切物體的引力，所以重力也是一種萬有引力。同一物體，在山頂和山麓，其重量各異，由這個定律，就可瞭然。

76. 落體.

當物體落下時，受重力的作用，得一加速度，稱爲‘重力的加速度’(acceleration of gravity)，假定爲

g 每秒每秒厘米;那末,由運動定律,作用於質量 m 克的物體的重力即物體的重量為

$$W = mg,$$

[重量(達)] = [質量(克)] × [重力
加速度(每秒每秒厘米)].

由精確的實驗, g 的值雖因地點的不同,略有差異;然若在同一地點,則無論物體的質量如何,其值終是一定的。通常測得 $g = 980$ 每秒每秒厘米,故作用於 1 克物體的重力為 980 達。

【實驗】取大小一樣的皮球兩個,將其中之一封入水·泥或金屬,又一則為空球;然後使這兩個球從樓上或高處同時降下,則兩球的質量雖完全不同,但能同時達於地面。

落體的速度,每秒增加 g 每秒厘米,所以物體若由靜止的位置落下,經過 t 秒後,假定其速度為



第 118 圖 伽利略
(Galileo, 1564-1642)

意大利物理學家·天文學家兼數學家,首創實驗物理學,在比薩(Pisa)斜塔上證明大小重輕不同的落體是同時達於地面。最初用望遠鏡觀測天體,發見木星的衛星·日斑和土星的環,並發見擺的等時性

v 每秒厘米,

$$v = gt,$$

$$[\text{速度}] = [\text{加速度}] \times [\text{時間}].$$

又在 t 秒間的平均速度爲 $\frac{gt}{2}$, 故物體在 t 秒間所落下的距離爲

$$S = \frac{1}{2}gt^2,$$

$$[\text{距離}] = \frac{1}{2} \times [\text{加速度}] \times [\text{時間}]^2.$$

由此可知物體落下的速度, 和時間成正比; 落下的距離和時間的平方成正比 (第 119 圖)。

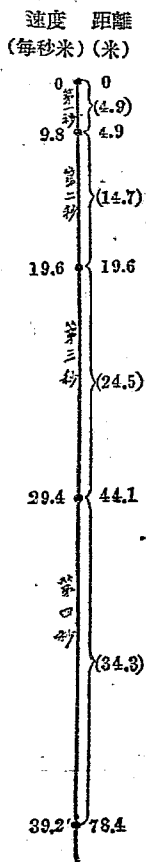
[問題 1] 從氣球上落下的石塊, 經過 12 秒始達地面, 求氣球的高度幾許?

[問題 2] 由高 122.5 米的塔上落下的物體, 經幾秒後可達地面? 又達地的一瞬間的速度幾許?

[問題 3] 物體從高處墮下比從低處墮下時易於損壞, 其故安在? (參看 §73)

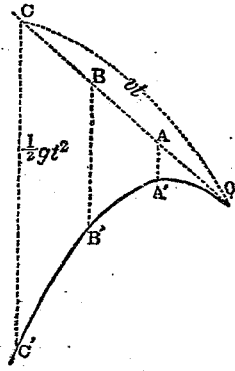
77. 拋射體.

將物體向 OA 方向用 v 每秒厘米的速度拋出



第 119 圖
落體的通路

(第120圖)。欲求其 t 秒後的位置，須先假想若無重力作用，物體當作等速運動前進 $OC (= vt)$ 的距離。但是物體同時受着重力作用，以加速度 g 落下的距離為 $CC' (= \frac{1}{2}gt^2)$ 。故物體因同時受這兩種的運動， t 秒後終達 C' 點。若用同樣的方法，將物體



第120圖 拋射體的通路

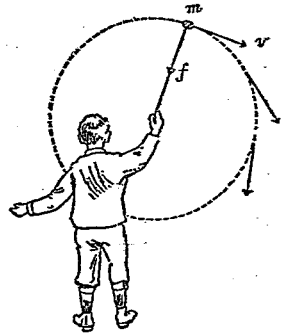
在各時刻的位置 A', B', C' 等求出，即可知物體是沿曲線作運動的。這種曲線稱為‘拋物線’(parabola)。所拋出的物體稱為‘拋射體’(projectile)。

〔問題4〕 有子彈在高144米的地方，用每秒250厘米的速度沿水平方向發射，經過幾秒後始達地面？又通過的水平距離若干？

78. 圓周運動.

將線的一端繫石，用手執其他端，使石沿着以線長為半徑的圓周上作運動(第121圖)，即覺手

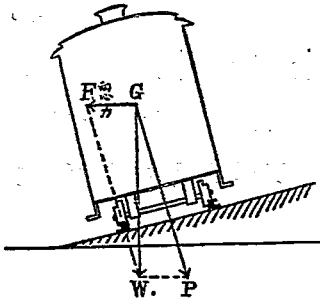
須時刻用力引石。故物體受着向中心的力作用，始作‘圓周運動’ (circular motion)。這種力稱爲‘向心力’ (centripetal force)。物體的方向之所以時刻變更，即因向心力作用的緣故。



第 121 圖 圓周運動和向心力



物體作圓周運動愈速，或其質量愈大，則其所受的向心力亦愈大。



第 122 圖 (上)轉彎中的腳踏車
(下)軌道面的傾斜

石作圓周運動時，受手的向心力作用，同時石亦以大小相等的反作用引手。故手若將線放開，那末作用於石上的力立刻消

● 這種反作用稱爲‘離心力’(centrifugal force)。

失，由慣性定律，石即沿切線的方向飛去。將雨傘在雨中旋轉，雨滴向傘緣切線的方向飛散。故作圓周運動的物體，常有從中心自行飛開的傾向。

火車在轉彎的地方，外軌常較內軌稍高；腳踏車當轉彎的時候，車體常傾向內側（第 122 圖）。這都是利用重力的一分力作此向心力，以防止出軌或翻倒。

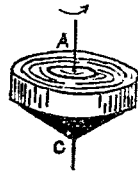
〔問題 5〕 附着在車輪上的泥土，當車輪轉動時，即行飛散，其故安在？

〔問題 6〕 繫小洋鐵罐於 2 尺長繩的一端，罐內盛水，執繩的他端而在垂直面內搖轉之，則水不會倒出，其故安在？

79. 轉動

如車輪、陀螺等的運動，其各部分莫不在一定直線的周圍同作圓周運動，這種運動稱爲‘轉動’(rotation)，此直線稱爲‘轉動軸’(axis of rotation)。

若使轉動着物體的轉動軸變更其方向，非用很大的力不可。尤以重而且



第 123 圖 陀螺
AC 轉動軸

大的物體作迅速轉動時，軸的方向更不易變動。進行中的腳踏車不會翻倒，轉動着的陀螺能夠直立（第123圖），都是利用轉動體有保持轉動軸的方向的性質。

〔問題7〕 玩具的‘扯鈴’（第124圖）形如啞鈴，用線牽着使之轉動時何以能保持其水平的位置而不墮下？

〔問題8〕 鎗·礮的筒內，刻有螺旋溝紋，使子彈沿溝紋射出，試言其故？

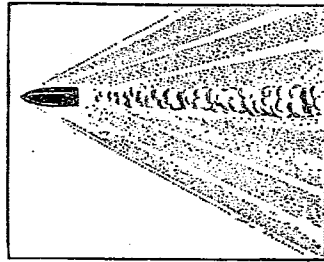


第124圖 扯鈴

80. 空氣和水的阻力

物體在空氣或水等流體內運動時，在運動的方向，受着流體的反作用，使其速度漸次減少，這種反作用稱為‘阻力’（resistance）。由實驗測知阻力的大小和運動方向成直角的物體的截面積為正比；又物體的速度愈大，阻力也愈大。羽毛和紙片之所以落下緩慢，是因其表面積比較重量大得多的緣故：一方須將下面多量的空氣排開，一方又受空氣

的反作用,轉被擁上。至於從微小水滴所成的雲霧能夠浮游於空中,也因空氣的阻力作用。又如子彈的速度甚大,空氣的阻力當然亦甚強

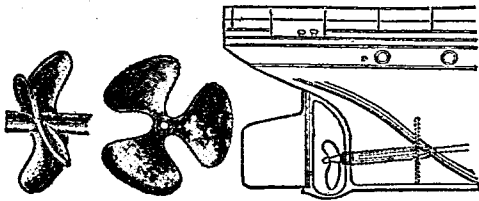


第125圖 發射中的子彈

(第125圖),所以子彈所到的距離減少尤著。

81. 推進器和舵

輪船·飛機等的‘推進器’(screw propeller)由兩塊或三塊的金屬板裝在一軸的



第126圖 船的推進器

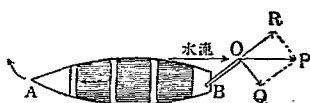


第127圖

飛機的推進器

油機使其轉動，將水或空氣推向後方，由流體的反作用，推進器被推前進，所以輪船或飛機即可沿轉動軸的方向進行。

又輪船、飛機等的‘舵’(rudder)，由板面的傾斜，利用水或空氣的反作用，以變更船體或機體的方向(第128圖)。



第128圖 舵的作用

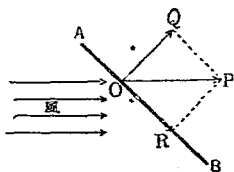
OP是和舵衝突的水力，OR、OQ即為其分力。OQ作用於能使船首向右

〔問題9〕 船上的帆和船

尾的舵，有何作用？

82. 風箏和飛機。

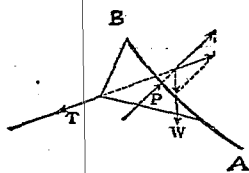
當風吹到風箏AB上(第129圖)，只有和風箏紙面成垂直的分力OQ發生



第129圖 風壓

紙面成垂直的分力OQ發生壓力作用，稱為‘風壓’

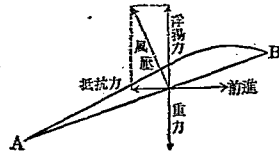
(wind pressure); 其他的分力OR則沿風箏面滑過無阻。若



第130圖 作用於風箏紙面上力的平衡(截面)

在無風的靜空氣中，用手急拉風箏的線使其運動（第130圖），則 AB 亦受風壓的作用。風箏能够停留·在空中（第130圖）是因風壓 P ，風箏的重量 W 和線的張力 T 互成平衡的緣故（參看§55的實驗）。

‘飛機’ (aeroplane) 具有和風箏紙面相當的翼（第131圖）。機體的前面有推進器（見卷首插圖），賴汽油機使其轉動，能將空氣推向後方，於是機體即可前進；同時翼的下面所受的阻力即風壓，支住機體的重量，故不致下墜。尾部設有兩種的舵：一為水平舵，司機體的昇降；一為垂直舵，司機體左右進行的方向。



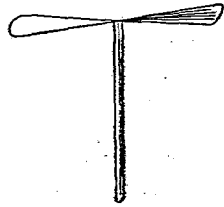
第131圖 作用於飛機翼上力的平衡(截面)

飛機不但為交通利器，且在軍事上能發揮無上的威力。戰爭時凡偵察·轟炸·戰鬥等任務，都可由飛機擔任，故欲鞏固國防，不可不有強大的空軍。

● 飛機是在30年前(1903年)由美國賴脫(Wright)兄弟的研究始告成功。

〔問題 10〕 試說明玩具的竹蜻蜓(第132圖)能在空中飛起的理由。

【摘要】 1. 兩物體間的引力和兩者質量的乘積成正比，和其距離的平方成反比(萬有引力定律)。



第132圖 竹蜻蜓

2. 在同一地點，物體的重量和其質量成正比(參看§7)。

3. 落體的重力加速度常有一定，和其質量的大小無涉。

4. 落體的公式：

$$v = gt, \quad s = \frac{1}{2}gt^2.$$

5. 物體作圓周運動時愈速愈重，則其所需的向心力愈大。

6. 轉動體能保持軸的方向使有一定。

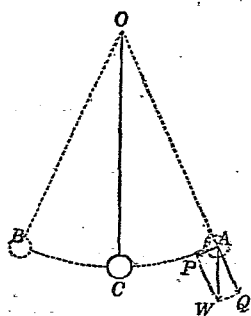
7. 流體對於固體的阻力，和進行方向成直角的物體的截面積成正比，和速度的平方成正比。

8. 推進器·舵等都是利用流體的阻力，輪船·飛機都設有這類裝置。

第六章 波動

83. 擺

將細線的上端 O 固定之，下端懸一小球(第133



第 133 圖 擺

作用於小球的重力為 W ，求其分力 P 、 Q ； Q 和總的張力成平衡， P 使小球沿箭頭的方向運動

圖)，這樣的裝置稱為‘擺’(pendulum)。線長 OC 稱為‘擺長’(length of pendulum) (l)。

用手曳球至 A ，然後放開，由重力的作用，球即在 AB 間沿 ACB 弧作往復運動，稱為‘振動’(vibration)， AC 弧或 BC 弧稱為‘振幅’(amplitude)， AB 間往復

一次所需的時間 T 稱為‘週期’(period)。

若擺的振幅不甚大時，由實驗測知：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

$$[\text{週期(秒)}] = 2\pi \times \sqrt{\frac{[\text{擺長(厘米)}]}{[\text{重力加速度(每秒每秒厘米)}]}}$$

由是可知週期和擺長有關，和振幅與小球的質量無涉。這個關係稱為擺的‘等時性’^① (isochronism)。若測得擺長和週期，由上式可算出 g 的數值。

① 這個性質是由伽利略在 19 歲時，看見寺院內吊燈的搖動而發見的。

〔問題 1〕 問週期 2 秒的擺長幾許？

84. 彈性體的振動。

固定螺絲彈簧的上端 (第 134 圖), 在其下端繫

一砝碼, 用手將砝碼從其靜止位置 B 曳

下至 A , 即行放開; 由虎克定律, 砝碼受

彈力作用, 以 B 為中心作等時性的上下

振動。又如錶內的擺

輪 (第 135 圖), 將螺絲彈

簧的一端固定, 他端附

着於輪的軸上; 若使輪

自靜止的位置略行轉動, 然後放開,

則螺絲彈簧忽伸忽

縮, 輪以靜止的位

為中心, 作等時性

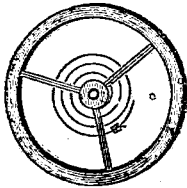
的轉動振動。這兩

種的振動統稱為 '彈性振動' (elastic

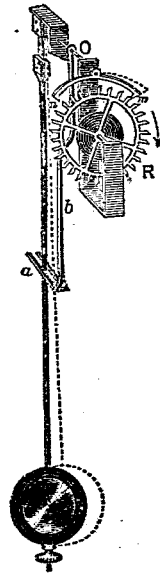
vibration)。



第 134 圖
彈性振動



第 135 圖 錶的擺輪



第 136 圖 擺鐘

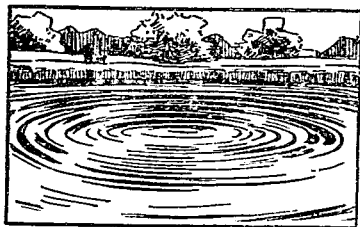
85. 鐘和錶.

測定時間，古來有種種的裝置：如漏壺·土圭等是[⊙]，但終不得精確的結果。利用擺和彈性體的等時性，始得今日的鐘·錶[⊙]。兩者都用發條的彈力，以轉動‘齒輪’ B (toothed wheel)於箭頭的方向(第136圖)，輪上的齒一個一個轉至鉤 $m n$ 內，即被其軋住。欲使鉤左右跳動，通常鐘用擺，錶用擺輪。

〔問題2〕由時鐘記時刻，夏日慢些，冬日快些，其故安在？又其補救的方法如何？

86. 波動.

在靜止的水面上投入小石，水面即以石入水的地方為中心而起輪狀的凸凹(第137圖)，凸起的部分稱為‘峯’(crest)；凹下的部分稱為‘谷’



第137圖 水波

⊙ 壺盛水以為漏，晝夜共百刻。又古人用土圭以測日影。

⊙ 有擺的時鐘在伽利略後15年由惠更斯(1624)發明。

(trough)。不久，就可看見許多的峯和谷相間着以等速度傳向四方，即所謂水波。此時在水面浮着的木葉，並不隨波前進，只在原處作上下的振動。可知波的前進不過為波形的前進，水的各部和彈性體一樣，仍在原處作振動。相鄰兩峯或兩谷間的距離稱為‘波長’(wave length)。

【實驗】 將繩一條橫放在桌上，使成一直線；用手執其一端急作上下振動(第138圖)，峯和谷以一定的速度從手傳向繩的他端，即和手作同一的振動。



第138圖 繩的振動

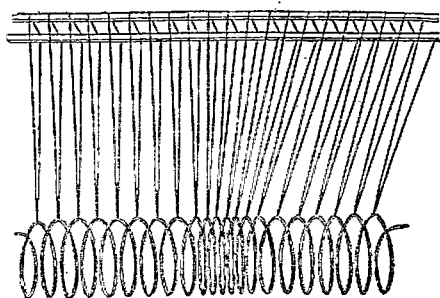
像這樣的，凡物質的各部，由近及遠漸次作同一週期的振動的現象，稱為波動'(wave motion)。傳播波動的物質稱為‘介質’(medium)。如水波和繩的波等，介質各部分振動的方向和波的進行方向成直角時，稱為‘橫波’(transversal wave)，或稱‘高低波’。

手每一振動即生一波，每 1 秒間的振動次數稱為‘頻率’ (frequency)，為 1 秒鐘所生波的個數，所以其全長是波在 1 秒間所進行的距離，即等於其速度。假定其頻率為 n ，波長為 l ，速度為 v ，即得

$$v = nl,$$

$$[\text{速度}] = [\text{頻率}] \times [\text{波長}].$$

【實驗】如第 139 圖將長螺絲懸在水平的位置，使其右端左右振動，那麼稀疏的狀態和稠密的狀態交互沿着螺絲傳向左方。



第 139 圖 長螺絲的振動

但螺絲的各部只作左右的振動。

如是介質各部分振動的方向和波的前進方向完全一致時，這種波稱為‘縱波’ (longitudinal wave)，或稱‘疎密波’。相鄰兩‘稠密’ (condensation) 或兩‘稀疏’ (rarefaction) 間的距離，稱為‘波長’。波長·速度與

頻率的關係和橫波的情形相同。

〔問題 3〕 麥田被風吹動，即發生所謂麥浪，問此時的麥穗作什麼運動？

〔問題 4〕 設波的進行速度為 340 每秒米，頻率為每秒 274，求其波長幾許？若波長為 1.5 米，求其頻率若干？

【摘要】 1. 擺或彈性體的振動為等時性，擺的週期為

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

2. 介質的各部逐次作同樣的振動時，即起波動。波動的進行方向和介質的振動相一致的為縱波，若互成直角的為橫波。其振動的週期 T ，頻率 n ，波長 l ，以及速度 v 等的關係為

$$l = vT, \quad v = nl,$$

附 錄

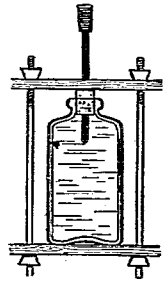
補習問題

第一編 物性

(1) 郵票若非潤溼，不能貼牢；又貼後未乾，易於脫落，試言其理。

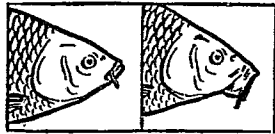
(2) 有長 10 厘米的橡皮帶一條，在其下端懸物體，帶即伸長為 20 厘米。若改懸 20 克的物體，則帶伸長為 24 厘米，求該物體的重量。

(3) 如第 306 圖玻璃瓶內滿盛水，瓶口蓋有小孔的橡皮塞，上下用木板兩塊夾住；若由橡皮塞的小孔插入金屬棒，瓶就破裂。假定作用於棒上的力為 10 仟克，棒的截面積為 10 平方厘米，瓶的全部面積為 400 平方厘米，試求瓶內壁所受的總壓力若干。



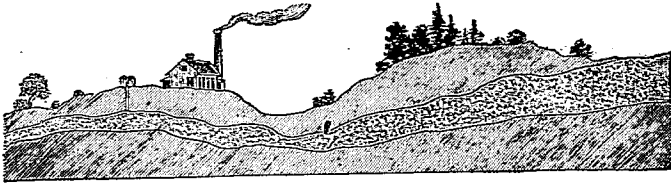
第 306 圖
用力壓棒而瓶破裂

(4) 當鯉魚吞餌時，必須將嘴突出(第 307 圖右)，始能使餌沖入於口中，試言其理。



(5) 開鑿水井時，常有水從地中，第 307 圖 鯉魚吞餌的情形

繼續湧出，試就第 308 圖說明之。



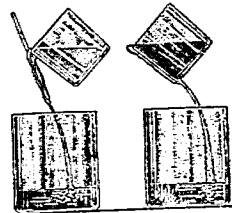
第 308 圖 地下水的分佈

(6) 設有 1 尺立方的木塊，沈入水中的部分為 6 寸，試求這木塊的比重。

(7) 設有一比重瓶，其重為 14.5 克；若滿盛水，其重為 39.5 克；又改盛硫酸，其重為 60 克，試求硫酸的比重。

(8) 浮冰於盛水的桶內，使水面升高和桶口相齊為止；如冰溶盡，則水是否外溢？

(9) 將杯內的水傾出時（第 309 圖右），水常沿杯的外壁流向底面，是何緣故？若欲防止這種情形，可用玻璃棒擋住（第 309 圖左），水就沿棒流下，是又何故？



第 309 圖 傾水的情形

(10) 水銀和水的小滴成爲球狀（第 310 圖右），大滴就成爲



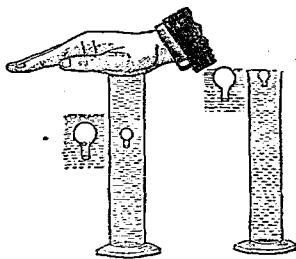
第 310 圖 水銀滴。

扁平體(第310圖左),試言其故。

(11)有一盛水的U字管,其管的一端連結於煤氣管,他端則通大氣。若通大氣一端的水面比通煤氣一端的水面高12厘米,此時大氣的壓力為75.6厘米,求煤氣的壓力強度。

(12)有潛水夫在水面下深200尺的地方,氣泡由其衣內逃出而達於水面,問此時氣泡的容積當增加若干倍?

(13)如第311圖,玻璃製球形的‘浮沈子’中間留有空氣,恰能浮至水面。用手覆在筒口以壓水,則浮沈子下沈。手若放開,則浮沈子又復上昇。問此現象是屬於何種定律的實例。



第311圖 浮沈子

(14)盛有氫的氣球,上昇後仍能落下,試言其理。

第二編 熱學

(1)洗澡時的浴水,其溫度約為若干度?

(2)溫度計的玻璃管,其口徑須粗細一樣;而氣壓計則可以不必,試說明其理。

(3)通常製造溫度計,其質量愈小愈佳,試言其理。

(4) 將手足動盪於冷水中，常覺比靜時冷些；如使手足動盪於熱水中，則反覺比靜時熱些，試言其故。

(5) 用乾燥的鋸屑撒在冰上，則冰不易溶解；若鋸屑一經潤溼，即失去其效力，試言其故。

(6) 暖室的金屬管裝在地板上，而冷藏庫的金屬管則裝在天花板的近處，試言其理。

(7) 欲使鍋中的熱水沸騰快些，須在加熱中間將熱水攪拌一二次，試言其故。

(8) 將水 3 克的溫度上昇 2°C 所需的熱量，用以加熱於 3 克的鉛或砂，問鉛和砂的溫度各上昇幾度？

(9) 設有一定量的氣體，在攝氏 10° 時的容積為 400 立方厘米；若其壓力不變，溫度昇至攝氏 25° ，則其容積當膨脹為若干立方厘米。

(10) 設在溫度 15°C 的水 500 克中，投入 0°C 的冰 10 克，問水的溫度變為幾度？

(11) 設在溫度 17°C 的水 3 仟克中，通以 100°C 的水蒸氣幾克後，始變為 37°C 的熱水？

(12) 溫度計用水銀或用酒精，試各述其優劣。

(13) 將溼手帕張開，就易於乾燥，其故安在？

第三編 力學

(1) 用開刀開罐頭時(第 312 圖), 將
 刀刃固定於距支點 3 厘米的地方, 然後用
 手加 6 仟克的力於距支點 21 厘米的刀柄
 上, 問在刃口可得力幾許?



(2) 有長 1 米·粗細一樣的棒, 在其一第 312 圖 開罐頭的情形
 端懸 240 克的物體; 如支住於離該端 10 厘米的地方, 即能使棒
 保持水平, 問此棒的重量為若干克?

(3) 將 500 仟克的水, 由地面汲上至高 15 米地方的水槽
 中, 費時 15 分鐘, 問其工率合幾馬力? 計算至小數點下兩位為止。

(4) 在桌上放紙一張, 載銅元於其上。將紙片沿水平的方
 向, 急行抽出, 則銅元仍留原處不動; 如緩抽之, 則銅元跟紙片亦
 起運動, 其故安在?

$\frac{2940}{980} = 3$ (5) 用 29.4 每秒米的速度, 將物體向上拋出: (i) 達最高點
 為止, 當須時幾秒鐘? (ii) 這物體能達高若干米? 4.4

(6) 當火車頭的車輪因溜滑而不能開行時, 往往在鐵軌上
 撒以砂, 試言其故。

(7) 擺經幾次振動後, 常行停止, 是何緣故?

問題答數

第一編 物性

第一章 (4) 每立方厘米 0.5 克。 (5) 46.51 立方厘米。

(6) 30.62 立方厘米, 每立方厘米 0.8 克。

第三章 (4) 1030 克。 (9) 25 克。 (12) 4122 仟克。

(14) 20 立方厘米, 4。 (15) 0.78。

第四章 (7) 消毒棉花的吸水是屬於本書第 27 圖 (I) 的毛細作用; 普通棉花的不吸水是屬於該圖 (II) 的毛細作用。

第五章 (4) 26956 斤。 (9) 1.25 升。 (10) 吸取唧筒。

(11) 因大氣的壓力不過 1 仟克(參看 § 25), 故爲不可能。

第二編 熱學

第二章 (1) 97.7°F., 68°F., 104°F. (3) 2475 卡。

第三章 (6) 303°C.

第四章 (2) 50 克。 (11) 15.15°C.

第三編 力學

第一章 (1) 46.296 每秒厘米。 (2) -100 每秒每秒厘米。

(3) 2 每秒每秒厘米。 (5) 17.32 斤, 10 斤。

(7) 距肩力小者 1.2 米。

第二章 (2) 525 仟克。 (4) 21 斤。 (5) 25000 仟克米。

第三章 (1) 60 斤。

第四章 (4) 10.8 每秒每秒厘米。 (5) 4900 達。

(7) 5.6 每秒每秒厘米, 84。

第五章 (1) 705.6 米。 (2) 5 秒, 49 每秒米。

(4) 5.4 秒, 13.5 米。

第六章 (1) 99.39 厘米。 (4) 1.24 米, 226.7。

補習問題

第一編 (2) 14.3 克。 (3) 400 克。 (6) 0.6。 (7) 1.82。

(11) 87.6 厘米。 (12) 88.7 倍。

第二編 (8) 66.7°C ., 10.5°C .. (9) 421.3 立方厘米。

(10) 13.1°C .. (11) 100.2 克。

第三編 (1) 42 仟克。 (2) 60 克。 (3) 0.11 馬力。

(5) 3 秒, 44.1 米。

中英名詞對照表和索引

(排列依畫數次序,字右的數字表頁數)

一 畫

- 一度 One degree, 47
一大氣壓 One atmosphere, 29

二 畫

- 力 Force, 7, 73
力的分解 Resolution of force, 75
力的合成 Composition of forces, 75
力的重力單位 Gravitational unit of force, 8
力的絕對單位 Absolute unit of force, 95
力矩 Moment of force, 78
力臂 Arm of force, 78
力偶 Couple, 77

三 畫

- 大小 Magnitude, 74
大氣 Atmosphere, 27
大氣壓 Atmospheric pressure, 28
工作 Work, 86
工作的原理 Principle of work, 88
工率 Power, 97

四 畫

- 分力 Component force, 75

- 分子 Molecule, 22
分子力 Molecular force, 23
分子說 Molecular theory, 23
公尺(米) Meter, 3
公斤(仟克) Kilogram, 3
方向 Direction, 74
天平 Balance, 83
水平面 Water level, 7, 15
水平舵 Horizontal rudder, 109
毛細現象 Capillary phenomenon, 26
內聚力 Cohesion, 23
比重 Specific gravity, 5, 21
比熱 Specific heat, 49
反作用 Reaction, 98
反作用定律 Law of reaction, 98
不穩平衡 Unstable equilibrium, 89
巴斯噶 Pascal, 12
巴斯噶原理 Pascal's principle, 12
牛頓的運動三定律 Newton's three laws of motion, 99
介質 Medium, 114
支點 Fulcrum, 82
水蒸氣(蒸汽) Steam, 64, 67
毛髮溼度計 Hair hygrometer, 69

五 畫

仟克 Kilogram, 3
 仟克米 Kilogram meter, .87
 卡路里 Calorie, 48
 加速度 Acceleration, 73
 平衡 Equilibrium, 8
 平行力 Parallel forces, 76
 平均太陽日 Mean solar day, 4
 平行四邊形定律 Law of parallelogram, 75
 打氣筒 Compression pump, 38
 打擊 Impact, 96
 正常情形 Normal condition, 55

六 畫

米(公尺) Meter, 3
 合力 Resultant force, 74
 冰點 Freezing point, 46
 自然律 Natural law, 2
 自然科學 Natural science, 2

七 畫

克 Gram, 3
 谷 Trough, 113
 汽 Vapour, 60
 汽化 Vaporization, 60
 汽化熱 Heat of vaporization, 61
 汽油機 Gasoline engine, 55
 作用 Action, 98
 冷劑 Freezing mixture, 60
 伽利略 Galileo, 101

每秒米 Meter per sec., 71
 每秒每秒厘米 Cm. per sec. per sec., 73
 吸取唧筒 Suction pump, 85
 阿基米得 Archimedes, 18
 阿基米得原理 Archimedes' principle, 18

八 畫

長 Length, 3
 雨 Rain, 68
 油機 Oil engine, 56
 波長 Wave length, 114
 波動 Wave motion, 114
 波義耳 Boyle, 31
 波義耳 Boyle's law, 32
 沸點 Boiling point, 61
 沸騰 Boiling, 60
 空間 Space, 1
 空氣唧筒 Air pump, 36
 固體 Solid, 2, 9
 物質 Matter, 1
 物質的三態 Three states of matter, 1
 物體 Body, 1
 物理學 Physics, 2
 阻力 Resistance, 106
 虎克 Hooke, 11
 虎克定律 Hooke's law, 11
 定滑輪 Fixed pulley, 84

表面張力 Surface tension, 24
附着力 Adhesion, 23
抽水唧筒 Water pump, 35

九 畫

秒 Second, 4
重力 Gravity, 6, 100
重力的加速度 Acceleration of gravity, 100
重心 Centre of gravity, 73
重量 Weight, 6
厘米 Centimeter, 3
活門 Valve, 35
飛輪 Flying wheel, 56
飛機 Aeroplane, 109
垂直舵 Vertical rudder, 109
查理定律 Charles' law, 54

十 畫

峯 Crest, 113
時間 Time, 4
馬力 Horse power, 37
馬德堡半球 Magdeburg hemispheres, 37
施力點 Point of application, 74
原子 Atom, 23
浮力 Buoyancy, 17, 33
浮沈子 Cartesian diver, 120
振幅 Amplitude, 111
振動 Vibration, 111

速 Speed, 71
速度 Velocity, 71
連通器 Communicating vessel, 16
高低波 Transversal wave, 14
氣泡水準 Spirit level, 16
氣球 Balloon, 33
氣壓計 Barometer, 30
氣體 Gas, 2, 27
氣機 Gas engine, 56
消防唧筒 Fire pump, 35
容積膨脹 Volume expansion, 51

十一 畫

雪 Snow, 63
氫 Hydrogen, 33
張力 Tension, 7
斜面 Inclined plane, 88
動量 Momentum, 97
動滑輪 Movable pulley, 84
毫米 Millimeter, 3
毫克 Milligram, 4
液化 Liquefaction, 65
液體 Liquid, 2, 12
現象 Phenomenon, 2
推進器 Screw propeller, 107
桿秤 Steelyard, 83
基本單位 Fundamental unit, 3

十二 畫

雲 Cloud, 68

達因 Dyne, 95
 華氏 Fahrenheit, 47
 華氏分度法 Fahrenheit scale, 47
 單位 Unit, 3
 週期 Period, 111
 溫度 Temperature, 40
 溫度計 Thermometer, 46
 軸承 Bearing, 92
 運動 Motion, 71
 運動定律 Law of motion, 95
 運動第一定律 First law of motion, 93
 運動第二定律 Second law of motion, 95
 運動第三定律 Third law of motion, 98
 等時性 Isochronism, 111
 等速運動 Uniform motion, 72
 最大張力 Maximum tension, 63
 稀疎 Rarefaction, 115
 最高溫度計 Maximum thermometer, 47

十三畫

萬有引力 Universal gravitation, 100
 萬有引力定律 Law of universal gravitation, 100
 稠密 Condensation, 115
 疏密波 Longitudinal wave, 115.

滑輪 Pulley, 84
 滑料 Lubricant, 92
 滑動摩擦 Sliding friction, 92
 葛利克 Guericke, 37
 飽和汽 Saturated vapour, 63
 飽和汽壓 Saturation pressure, 63
 滾動摩擦 Rolling friction, 92
 碰撞 Collision, 97
 鉛直線 Vertical line, 7
 鉛垂線 Plumb line, 7

十四畫

槓桿 Lever, 82
 複滑輪 Compound pulley, 85
 蒸汽(水蒸氣) Steam, 64
 蒸汽機 Steam engine, 64
 蒸發 Evaporation, 60
 雌螺旋 Female screw, 90
 對流 Convection, 43
 熔解 Fusion or melting, 57
 熔點 Fusion point, 57
 熔解熱 Heat of fusion, 58

十五畫

熱 Heat, 40
 熱的傳導 Conduction of heat, 41
 實驗 Experiment, 2
 慣性 Inertia, 94
 慣性定律 Law of inertia, 94
 彈性 Elasticity, 10

彈性體 Elastic body, 10
 彈性振動 Elastic vibration, 112
 彈性限度 Elastic limit, 10
 彈簧秤 Spring balance, 11
 橫波 Transversal wave, 114
 齒輪 Toothed wheel, 113
 導體 Conductor, 42
 質量 Mass, 1, 3
 衝量 Impulse, 96
 摩擦 Friction, 91
 摩擦力 Force of friction, 91
 線膨脹 Linear expansion, 51

十六畫

靜止 Rest, 72
 凝固 Solidification, 58
 凝固點 Solidifying point, 59
 輻射 Radiation, 44
 隨遇平衡 Neutral equilibrium, 80

十七畫

霜 Frost, 68
 壓力 Pressure, 7
 壓力強度 Intensity of pressure, 7
 壓力唧筒 Force pump, 35
 壓縮唧筒 Compression pump, 33
 縱波 Longitudinal wave, 115
 螺旋 Screw, 90
 螺距 Pitch, 90
 溼度 Humidify, 69

溼度計 Hygrometer, 69
 頻率 Frequency, 115
 總壓力 Total pressure, 8

十八畫

擺 Pendulum, 111
 擺長 Length of pendulum, 111
 臨界溫度 Critical temperature, 66
 臨界壓力 Critical pressure, 66
 醫用溫度計 Clinical thermometer, 48

十九畫

霧 Fog, 68
 穩度 Stability, 79
 穩定平衡 Stable equilibrium, 80

二十一畫

露 Dew, 67
 露點 Dew point, 67
 攝氏 Celsius, 47
 攝氏分度法 Celsius scale, 47

二十五畫

觀察 Observation, 2

二十六畫

變速運動 Non-uniform motion, 72

中等物理學問題詳解

許 每
雪 冊
樵 二
編 元



函購免收郵費
寄書利便
即寄
本行
經銷
各種
新書
歡迎
各界
人士
踴躍
訂閱

本書搜集問題二千五百則，依據中學物理

學分部之次序，分爲六大類四十一目。凡初

中物理教本，高中中英交教本及大學專門

學校之物理學入學試題均盡量採入，材料

甚爲豐富。解釋詳明，計算精細，圖畫正確，學

者得此一書，勝讀物理學的參考書多種。普

通人取而閱讀，亦可增進不少的物理新知。

開 明 書 店
行 印

內政部著作權註冊執照警字第五三八八號
民國廿四年八月六日教育部審定執照教字第七十二號

初級中學學生用

“開明物理學教本”

〔上册〕

民國廿一年一月初版

民國廿四年十二月重版

有著作權

*

不許翻印

定價大洋四角五分

(外埠酌加郵費)

編著者 戴 運 軌

發行者 章 錫 琛
上海福州路開明書店

印刷者 美成印刷公司
上海梧州路三九〇號

總發行所 分發行所

上海福州路二七八號 南京廣州北平漢口長沙

開明書店 開明書店分店

B開物理上

