

東北行政委員會教育部規定

初中臨時教材

P. **物 理**

上 册

戴運軌 著

東北新華書店印行

1 9 4 9

上册目錄

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	7
固體的彈性 虎克定律	
第三章 液體	10
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	19
物質和分子 分子力 表面張力 毛細現象	
第五章 氣體	23
氣體的壓力 大氣的壓力 托里坭利實驗 氣壓	
計 液體定律 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	35
熱和熱的來源 熱的傳導 對流 輻射	
第二章 溫度 and 熱量	40

溫度計 熱量和比熱	
第三章 物體的膨脹	44
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	50
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 濕度	
第三編 力學	
第一章 運動和力	61
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)	69
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)	74
斜面 劈 螺旋 摩擦	
第四章 運動定律	78
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	83
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	93
擺 彈性體的振動 鐘和錶 波動	
補習問題.....	98
問題答數.....	103
中英名詞對照表和索引.....	105

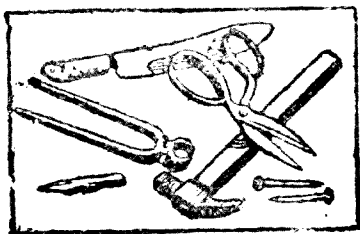
物理學

上册

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’；凡構成此等物體的，如鐵，稱為‘物質’。凡物體裏面所含物質的量，稱為‘質量’。



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

有一定的容積和形狀的物體，稱爲‘固體’；如水、油等，凡有一定的容積，無一定的形狀，隨器而成形的物體，稱爲‘液體’；如空氣、水蒸氣等，凡無一定的容積和形狀，能瀰漫容器的物體，稱爲‘氣體’。液體和氣體又併稱爲‘流體’。

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’。然現象雖有繁有簡，但若加以精密的觀察或用各種方法另作實驗，就可知道一切的變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’，凡是研究自然律的學問，稱爲‘自然科學’。

‘物理學’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’。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’。長、質量、時間

的三種單位稱爲‘基本單位’。其他各種量的單位都可由此導出。

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

‘質量’的單位用‘千克’，亦稱公斤；其千分之一爲‘克’；克的千分之一爲‘毫克’。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●爲二千克。

‘時間’的單位用‘平均太陽日’，就是地球對於太陽自轉一回所經過的時間稱爲一‘太陽日’；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’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’。

5.【密度】物質的單位容積所含有的質量，稱爲該物質的‘密度’。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

●市斤，市尺又簡稱爲斤、尺。

密度時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：

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

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’。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

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—



第 2 圖 蘋果落地由重力作用的緣故

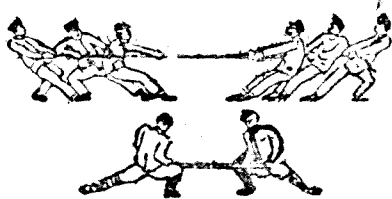
切物體的作用，這種作用稱為‘重力’。

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’。由實驗知道，在同一地點，物體的重量和其質量成正比。

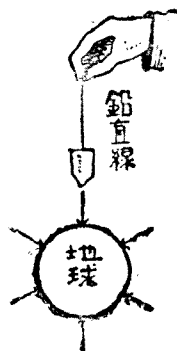
用線懸鉛錘，線在重力作用的方向靜止，此線稱為‘鉛直線’或‘鉛垂線’；和此線成直角的平面，稱為‘水平面’。

8.【力】凡推引物體的作用稱為‘力’。重力是地球作用於地面上一切物體的一種力。兩人

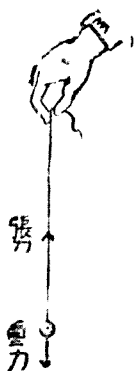
各用手推棒的兩端，作用於棒上的力，彼此相向，稱為‘壓力’。反之，兩人各用手曳繩的兩端；或用線懸錘，那麼，作用於繩上或線上的力，彼此相背，稱為‘張力’。



第4圖 下壓力上張力



第3圖 重力的方向



單位面積上所受到的壓力，稱為‘壓力強度’，

A B C D E
F
C

簡稱壓力；全表面上所受到的壓力，稱為‘總壓力’。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’^②。

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。

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。

【問 題】

1. 面積和容積的C.G.S.單位制名稱如何？
2. 密度從何種基本單位導出？又其C.G.S.單位制如何？
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？
4. 今有長5厘米、闊1.5厘米、厚4厘米的木塊，其質量為15克，試求其密度若干？
5. 1仟克的白金塊，求其容積為若干立方厘米？
6. 比重4.8的固體147克，其容積為若干？若其容積為163.75立方厘米，其比重為若干？
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？

● 此外尚有‘絕對單位’。

1. 在湖泥上鋪木板，步行於其上，則足不至沒入泥中，是何緣故？

【摘要】

1. 物體占有空間的一部分，由吾人的感覺可以辨別其存在；構成物體的實質就是物質。物質有三態，為固體、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、秒作為單位。

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。

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

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，稱為‘彈

性’。呈這種性質的物體，稱爲‘彈性體’。使其恢復原狀的力，稱爲‘彈力’。

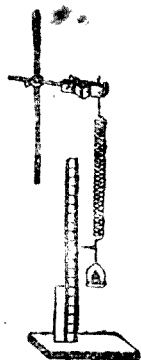
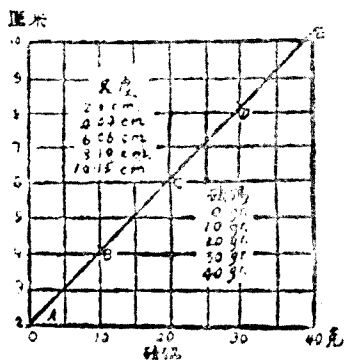
但彈性體的彈力，有一定的限制；若所作用的外力在限制以內，那麼將外力除去，就可以恢復原狀，假使過此限制，那就去其外力亦不能復原。這個限制，稱爲‘彈性限度’。鋼的彈性限度較大，故

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

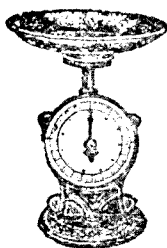
中擊成有花紋的貨幣。

11. 【虎克定律】

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，稱爲



第5圖 虎克定律的實驗(一)



第6圖 彈簧秤

‘虎克[⊙]定律’。‘彈簧秤’即利用此理造成（第6圖），若懸物體於其下端的鈎上，即可由螺絲彈簧的長度的變化，測定其重量或力的大小。

【問題】

1. 試舉應用彈性體的例若干條。
2. 作用橡皮的橡皮圈，能鬆緊自如，但若使用過久，即不能收縮，其故安在？

【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？

【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，紙上有橫綫縱綫兩種，沿橫綫每2格定為相差10克，沿縱綫每1格定為相差1厘米。由實驗所得結果，將砝碼的數值用點記在橫綫上，從各點引一縱綫，使其綫段的長各等於和砝碼相當的螺絲的延長；然後連結各縱綫的下端A, B, C, D, E, 即可得一直綫。由此可以明瞭彈力和螺絲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。

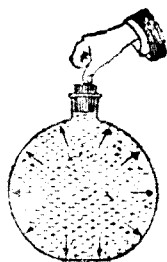
第三章 液體

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。

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’[●]。

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，就得和豆相似的結果。

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

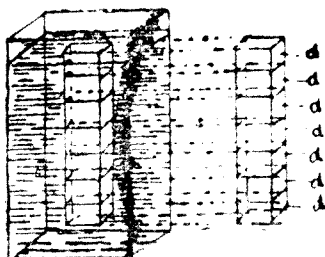
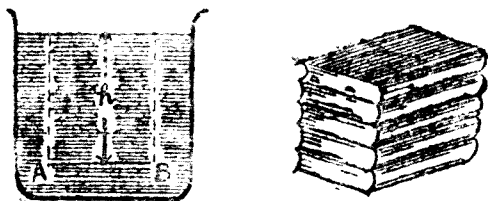


第7圖 液體的壓力



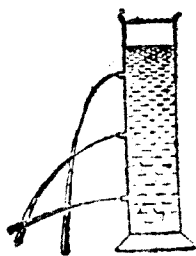
第8圖 向下加壓力，
壓力就及於左右

● 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。



第9圖 液體內的壓力

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



第10圖 液體的測壓

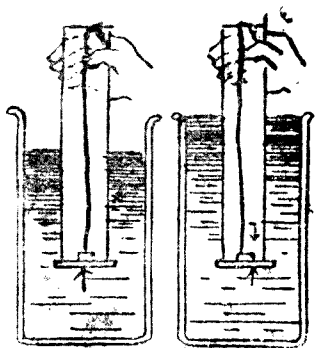
$$p = \frac{Shd}{S} = hd \text{ 克。}$$

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

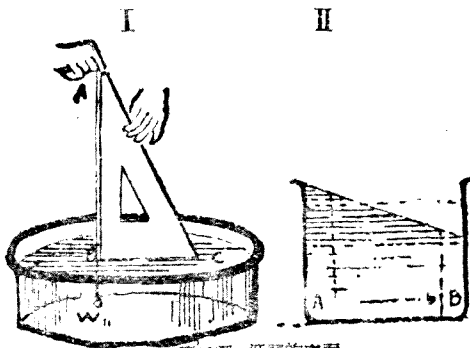
由此可知在液體內的一點，所作用壓力強度是與其點的深度和液體的密度的乘積相等；但在同一液體內，其密度既為一定，故其壓力強度與深度為正比。

14. 【液體的表面】

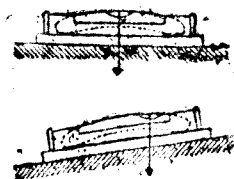
盛水於容器內，其表面和鉛直綫成直角(第12圖 I)，然後靜止，即所謂水平面。因為液體極易流動，受重力的作用，所以有此現象。若將容器內的液面傾斜(第12圖 II)，那麼水



第11圖 液體的上壓



第12圖 液體的表面

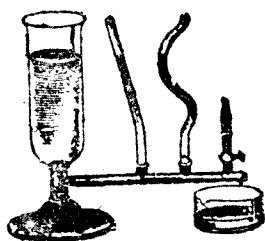


第13圖 氣泡水準

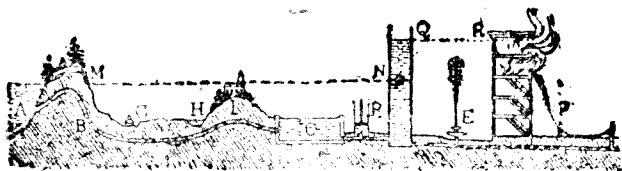
的深度不同，作用於A點的壓力必較B點的壓力為大；液體就從A點流向B點，直到兩點的壓力相等，纔能靜止，這時的液面已成水平面。

檢驗平面是否水平，常用氣泡水準，其構造為略具彎曲的玻璃管中，封入酒精、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。

15. 【連通器】將液體盛入底部相通的容器（第14圖）即連通器內，各管內的液體必達同一水平面，方纔靜止，這是因為作用於各管下端的壓力強度相等



第14圖 連通器

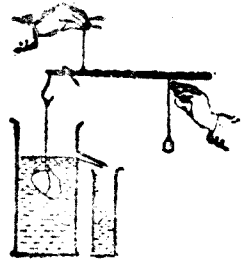


第15圖 供水與都市的一例

湖水A由水管通過道路C、小河H、小壩L的下面，流入貯水池G，用增閘P將水壓上貯水塔Q，再用水管送至各處，以供噴水E、家庭R以及救火等用。

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）。

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’。



第16圖

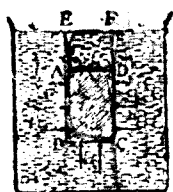
由實驗測知物體在液內所減輕的重量等於其所排去的液體的重量。這個關係，稱為‘阿基米得原理’。



第17圖 阿基米得

(Archimedes, B.C. 287-212)
希臘的幾何學家，最初發明浮力之理，
並發明權秤原理

這個原理又可由理論說明，就浸入液中的物體 $A B C$ 而論（第18圖），其上面 $A D$ 所受的向下總壓力 P 為液柱 $A D F E$ 的重量；底面 $C B$ 所受的向上總壓力 Q 為液柱 $C B F E$ 的重量；由物體的側面 $A B$ ， $D C$ 所受的壓力，彼此恰成平衡。所以物體所減輕的重

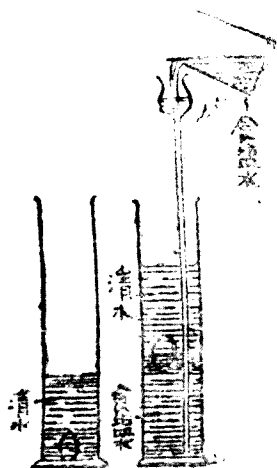


第18圖 阿基米得原理的說明

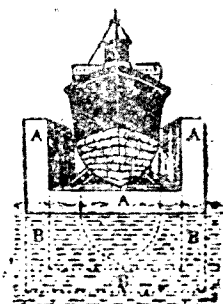
量爲 $(Q - P)$ 即與物體同容積的液柱 $A'B'C'D'$ 的重量相等，這就是液體作用於物體的浮力。

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爲大，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。

又如物體的重量較同容積的液體重量爲小，即重力小於浮力，物體當浮至液面以上，直至其所



第19圖 浮在液中的浮沉



第20圖 船能浮在水面的道理。

排去的液體重量適等於其自身的重量，然後靜止。

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20圖）。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。

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 $\frac{W}{W - W'}$ 。

測液體的比重常用‘比重瓶’（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 $\frac{W_2 - W}{W_1 - W}$ 。



第21圖 比重瓶

【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）。

3. 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。

4. 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？

5. 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？

6. 用線懸石，稱其重量為 W ；若在附有側管的圓筒內滿盛以水，再將此石沉入水中稱之（第16圖），其重量為 W' ；因石侵入水中，從側管排出水的重量為 w 。然後將石侵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：

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

$$W = \dots\dots\dots$$

7. 圓筒的下部，盛以清水，置雞卵於其中（第16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。

8. 滿盛水於附有側管的圓筒內，浮茶杯於水上，試將流出水的重量和茶杯的重量比較之。

【問 題】

1. 試述玩具中水槍的作用。

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？

3. 建築堤防，下部須特別堅牢，是何緣故？

1. * 潛水夫在海水中深10米的地方作工，其所受的壓力爲若干？（海水的比重爲1.03）
5. 試說明海面所以爲球狀的理由。
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？
7. 俗云‘水向低頭’，試言其理。
8. 茶壺的嘴須比蓋高些方能合用，其故安在？
9. 欲使比重0.8，質量100克的木塊沒入水中，須用力幾許？
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？
11. 物體在海水裏比在淡水裏容易浮起，試言其理。
12. * 紀元後三世紀初年，『曹沖』（『曹操』之子）曾用船稱象。今有船長9米，寬4.58米，載象於船上，那船就下沉10厘米，問這隻象的重量若干？
13. * 某國王曾定製金冠一頂，疑工匠混入銀質；試問用何種方法可以辨別其真偽？
14. * 設有重60克的物體，在水中測之，其重爲60克，求其容積和比重。
15. 設有一比重瓶，其重爲18.6克，滿盛以水，其重爲33.6克；代之以酒精，其重爲50.3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，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’。

分子再分割，可得與其本性不同的微粒，稱為‘原子’[⊙]。像這樣主張物質從分子集合而成的理論稱為‘分子說’。

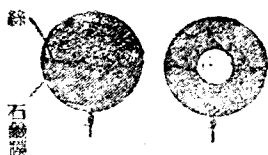
20. 【分子力】 凡物體受壓，其體積即縮小，可知分子間常保有相當的空隙。一分子對於其周

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

圍的各分子，在極短距離內，有相互吸引的力，稱爲‘分子力’。屬於同種分子間的引力稱爲‘內聚力’；屬於異種分子間的引力稱爲‘附着力’。如第22圖水能够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。



第22圖 在玻璃棒一端上的水滴



第23圖 肥皂膜的表面張力(1)



第24圖 肥皂膜的表面張力(2)

21.【表面張力】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’。

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。

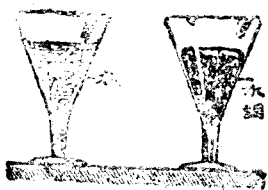


第25圖 浮在水面上的小蟲

液體因爲種類的不同，所以表面張力的大小亦不一樣。水銀的表面張力最大，

水次之，石油、醚等又次之。

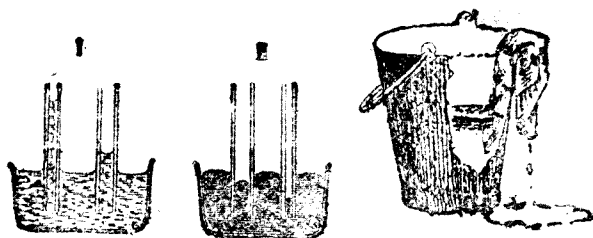
22. 【毛細現象】 靜止的液體表面固為水平面，但玻璃器內盛水，周圍的液面比中央略高(第26圖)，若改盛水銀，周圍的液面反比中央略低。這關係於容器與



第26圖 水與水銀和容器接觸部分有了不同液面

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。

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，稱為‘毛細現象’。毛細管孔愈細，液面的高低的差愈大。



第27圖 毛細現象
I 水中的情形； II 水銀中的情形

沁水紙的吸墨水，燈芯的吸油，毛筆的蘸水，都屬於毛細現象。

【實 驗】

1. 用鐵絲曲成一環（第23圖），環內繫一細綫結成的圈，至能浸入肥皂液內，取出後環上即蒙有一層肥皂液的薄膜。然後將鐵箸燒紅，刺破細綫圈中的膜面，綫外的液體膜即向外方收縮，細綫是否被曳開成爲圓形？

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？

【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？

2. 紙上的墨跡，板上的漆，何以能固着不脫？

3. 洗毛管時，毛在水中四面張開；出水後即聚爲一束，試言其理。

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？

5. 用毛巾或手帕可以拭汗，試言其理。

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。

7. 油分已經除去的棉花（消毒棉花）能够吸水，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。

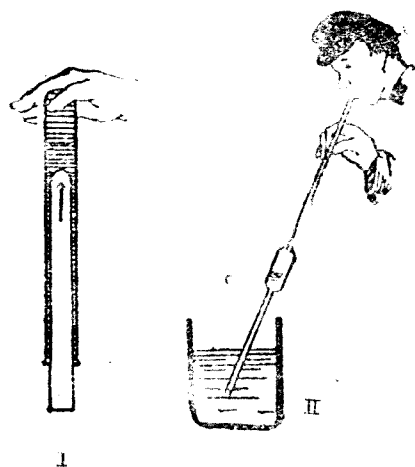
4. 毛細管在液體裏面，管內外兩液面的高差和管的半徑成反比。毛細現象由液體的表面張力和附着力的作用而生成。

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。

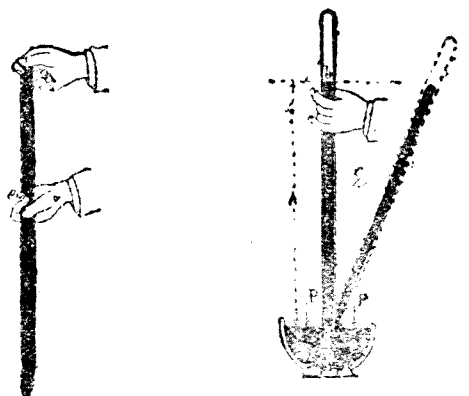
24. 【大氣的壓力】 空氣受重力的作用包圍地球，即所謂‘大氣’。由實驗得知離地面一百四十里以上的高空，尚有大氣，所以從這般高的大氣柱作用於地面上的壓力極大，這種壓力稱為‘大氣的壓力’或簡稱‘大氣壓’。

25. 【托里拆利實驗】 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



第28圖 氣壓的實驗

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29圖)。管內水銀面上的空處沒有空氣，稱為‘托里坭利真空’。由



第29圖 托里坭利實驗大氣壓力和水銀柱的平衡

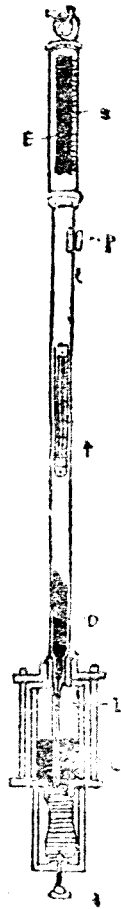
● 托里坭利 (Torricelli, 1608 - 1647) 為意大利人，大物理學家「伽利略」(Galileo) 的學生。

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厘米的壓力稱爲‘一大氣壓’，定爲大氣壓的單位。即一大氣壓爲每平方厘米所受的壓力等於 $13.6 \times 76 = 1033.6$ 克，即約爲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，這是因爲人體內外各部都受大氣壓的作用，結果恰成平衡的緣故。

26. 【氣壓計】 測大氣壓的器械稱爲‘氣壓計’。通常所用的是水銀氣壓計(第30圖)，即應用『托里拆利』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相接觸爲止，從這端測得水銀柱DE的高度，就



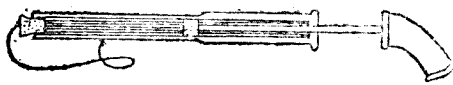
第30圖
水銀氣壓計

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，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。

27. 【波義耳定律】 空氣受強大的壓力，其

容積可以縮小，觀玩具的氣槍（第31圖）即可瞭然。



第31圖 氣槍

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 $\frac{1}{4}$ 。

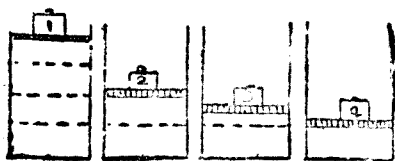
氣體的容積因所受壓力的增減而縮漲，由實驗測知在一



第32圖 波義耳

(Robert Boyle 1627-1691)

英國的物理學家，所定氣體的容積和壓力的關係



第33圖 波義耳定律的說明

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），這個關係稱為‘波義耳定律’。

例如有一定量的氣體，其所受的壓力從 P 變

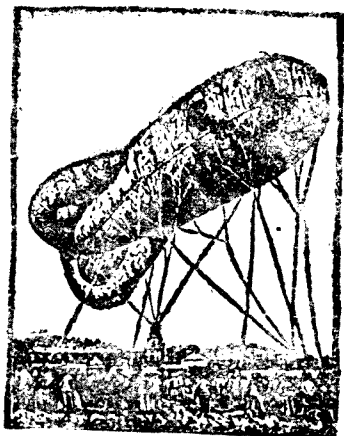
至 P' ，其容積從 V 變至 V' ，就可得關係如下：

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

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

即是一定量的氣體，其容積和壓力的相乘積，總是一個常數。

28. 【大氣的浮力】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。若物體自身的重量小於同容積空氣的重量，那麼，物體即在空中浮起。‘氣球’就是利用空氣的浮力，將氫氣裝入巨大的囊內而成（第34圖），若添裝一推進器和舵（第35圖），即成‘飛艇’。



第34圖 繫留氣球
繫留於高數百米的空中，
用以觀察遠方

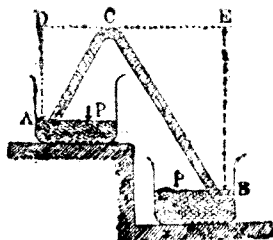
② 氫的密度為 0.000090



第35圖 飛機的內部
有多數的區劃，各裝氣囊一區於其內

29. 【虹吸】‘虹吸’為具有長短兩脚的彎曲管，利用大氣壓，不必傾側容器，就可將液體從高處移到低處。

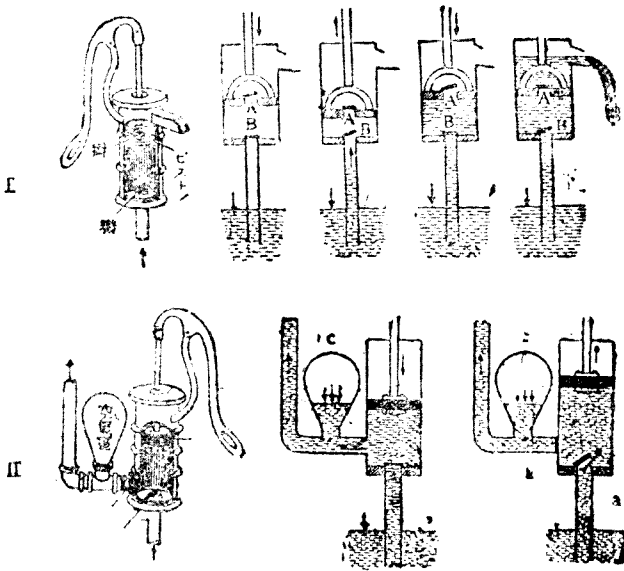
先將彎曲管的短脚插入盛水容器 A 的水面下（第36圖），然後用口一吸，使水充滿管中，水就源源不絕地從長脚流出。



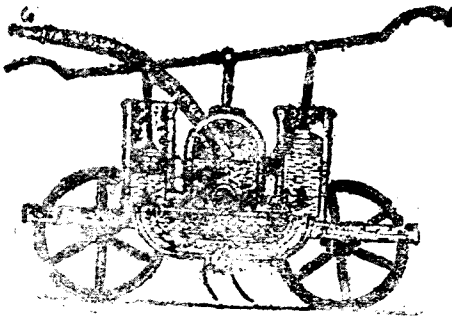
第36圖 虹吸

就作用於管內水的最高處的壓力而論，短脚 A D 內由液面 A 向上的壓力為自大氣壓力 P 減去液柱 A D 的壓力。又長脚 B E 內由 B 端向上的壓力為自大氣壓力 P 減去液柱 B E 的壓力。既然液柱 B E 較 A D 為長，所以 A 端的向上壓力大於 B 端的向上壓力，管內的水就從短脚流向長脚。

30. 【抽水唧筒】‘抽水唧筒’為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



第37圖 抽水唧筒
 I、吸取唧筒；II、壓力唧筒



第38圖 消防唧筒

同，其主要部分爲一圓筒和一活塞，還有兩個活門 A，B，都祇能向上開放。A 裝於活塞，B 裝於筒底的稱爲‘吸取唧筒’。當活塞提上時（第37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。

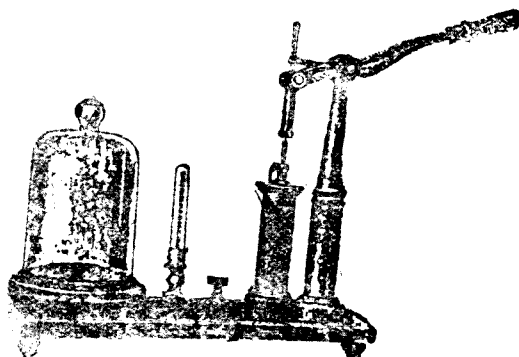
如將活塞上的活門移裝於側管內，就成‘壓力唧筒’（第37圖 II），其作用和吸取唧筒相同。

‘消防唧筒’是從兩個壓力唧筒組合而成的（第38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 口噴出，不至間



第39圖 吸取水

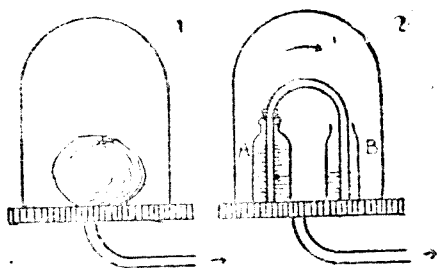


第40圖 空氣唧筒

C 爲唧筒，A，B 爲活門，R 爲玻璃鐘；
M 爲氣壓計，用以測定 R 內的壓力

斷

31. 【空氣唧筒】 欲排除密閉容器內的空氣，須用‘空氣唧筒’一名‘抽氣機’。其主要部分和吸取唧筒相同，即將活塞提上（第40



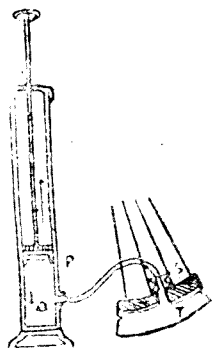
第41圖 空氣唧筒的實狀
I, 活塞的膨大; II, 水的移動



第42圖 馬德堡半球

圖)，容器即玻璃鐘B內的空氣就竄入筒內；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。

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，空氣就壓入鐘內，其作用剛和空氣唧筒相反，稱為‘壓縮唧筒’，又名



第43圖 腳踏車用壓縮唧筒 P 為壓縮唧筒的活門；c 為 P 上的軟皮；S 為氣能向輪胎 T 內開放的活門（a、b 和空氣唧筒的 a、b 相當）

‘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43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。

【實驗】

1. 盛水於試驗管，以略小的試驗管插入於其內（第28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28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。

3. 膀胱內吹入少許空氣，用綫緊緊其口，放在玻璃鐘內（第41圖Ⅰ），將鐘內的空氣抽去，膀胱即漸次膨大。

4. 如第41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。

5. 將大球與小球各置於天秤的一端，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。

6. 緊合馬德堡半球 \ominus 抽出其中空氣，球即不易分開（第42圖）。章魚和墨魚的吸盤，能吸着在他物上，亦是

\ominus 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。

這信作用。

【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。
2. 開罐頭牛乳或藍桶洋油，一定要兩個洞，方能將牛乳或洋油傾出，是何緣故？
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？
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？
5. 氣壓計的玻璃管不能過細，其故安在？
6. 用氣壓計在高山的頂上和深谷的低下測驗，有何差別？
7. 書桌的抽屜之一，急急推進，則另一抽屜有時突出，試言其故。
8. 吾人營呼吸的方法如何？
9. * 皮球裏面的空氣，在一大氣壓的大氣中，其容積為2.5升 \ominus 。若將球沉至深10米的水底，求其容積幾許？
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？
11. * 用吸取唧筒將距地面深10米以下的井水汲上，是否可能？

\ominus 我國現行的市升簡稱升，恰合1000立方厘米。

【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。

第二編 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’。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’[●]，含熱愈多，溫度愈高。

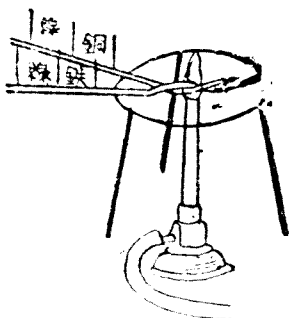
熱的來源頗多，其中最大的爲‘太陽’，赤日當空，萬物皆受其熱。一寸厚的冰塊受太陽所照射的熱，平均只需一點鐘就融化無餘。此外如炊事，燃燈所用的熱爲由柴炭、煤油等的燃料和氧燃燒而來。又賴摩擦（§ 70）或電流（§ 156）亦可得熱，

●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



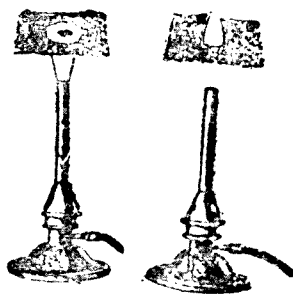
第14圖 傳導的實驗(1)

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’。

各種物質對於熱的傳導有

第15圖 傳導的實驗(2)

難有易，如金屬極易傳熱，稱為‘導體’，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’。冬季用毛、棉等禦寒，就是這個道理。



第16圖 銅的傳導

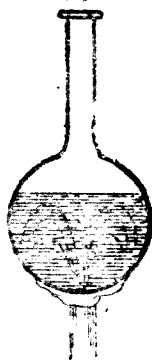
35. 【對流】水為熱的非導體，將水的上部加



第17圖 對流的實驗

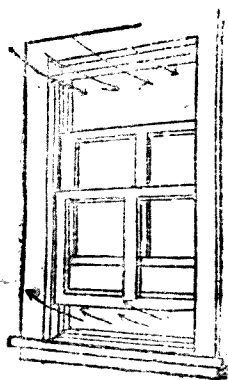
熱不能將熱傳到下部（第45圖）；若從下部加熱，熱即傳播各處，全部水的溫度都會升高起來。

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

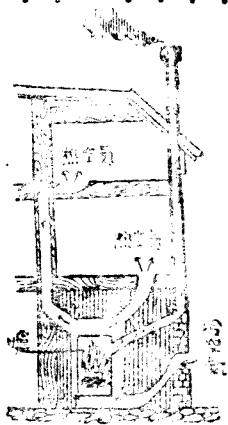


第18圖 瓶內水的對流

圖)，如是凡熱由物質自身的循環，漸次傳到全部



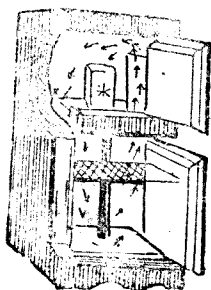
第19圖 室內的空氣將窗上下推開，使空氣起對流（從室內到室外的情況）



第20圖 暖氣裝置

的現象稱爲‘對流’。

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49圖)、暖室裝置(第50圖)、冰箱(第51圖)等也都應用對流的原理造成。此外風和‘洋流’等也是自然界裏大規模的對流作用。

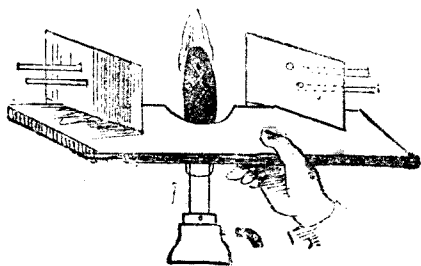


第51圖 冰箱

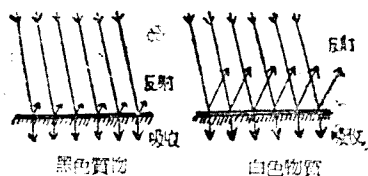
36. 【輻射】 烘手於火爐的近旁，手覺其熱。這種熱的傳播並非由傳導或對流而達於手。如是凡熱可以不依賴中間物質來做媒介，自能直接移至離開熱源的地方，這種現象，稱爲‘輻射’。

由太陽將熱移至地球上面，即屬於輻射作用。

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



第52圖 兩塊銅板受有輻射熱



第55圖 輻射熱的吸收和反射

煤或黑色物質，即被其吸收（第54圖）。但是物體的溫度，因吸收的輻射熱，即行昇高。

日常所用的‘熱水瓶’為雙層壁的玻璃瓶（第54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54圖 熱水瓶的構造

【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。
2. 用銅網一塊在酒精燈的火燭裏面橫插進去（第46圖），這時網上的火燭立即消滅，其故安在？
3. 冬日着棉衣，何以能禦寒？
4. 冰箱裏面的冰，須放在箱的上部，試言其故。
5. 失火的地方，常有風發生，其故安在？
6. 夏日雖用傘遮着太陽，但是戶外仍比室內為熱，是何理由？

【實 驗】

1. 如第44圖，將銅線和鐵線的各一端互相絞合，用蠟在各條綫上黏火柴數枚，然後在絞合的一端加熱。火柴先從何處落下？又何種金屬綫上的火柴最先落下？

2. 試驗管裏盛水，用手握管的下端，如第45圖，將管的上部加熱，上部的水雖然沸騰，但是下部卻依然未熱，其故安在？

3. 大試驗管的中央，用厚紙隔開（第47圖），分爲左右兩部，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。

4. 用塗黑的銅板和磨光的銅板各一塊，互相對立（第52圖），銅板的外側面各用蠟黏着火柴，然後將高溫度的物體（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。

【摘 要】

1. 熱由傳導、對流、輻射三種方法，移向各處。
2. 熱的傳佈，經過物質爲傳導，跟着流體移動的爲對流；不賴中間物質作媒介的爲輻射。

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’即應用這個理由造成。

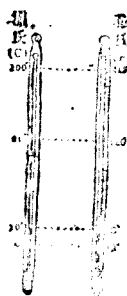
用一端有球狀或圓柱狀部分的細徑玻璃管，

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55圖)。管上的刻度，將冰點和沸點作基點(第56圖)，‘冰點’係冰塊正在融解時的溫度；‘沸點’係在一大氣壓底下沸水的水蒸氣溫度。

‘攝氏[◎]的分度法’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’。又有‘華氏[⊙]的分度法’，將冰點定作 32° ，沸點定作 212° ，兩點間的距離分作180等分，每一等分亦稱為1度。

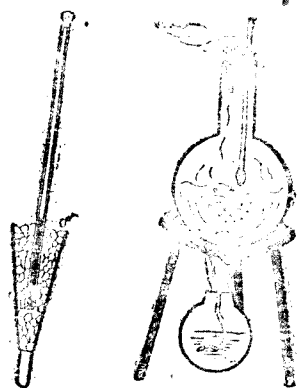
對於同一溫度，用C.表攝氏的刻度，用F.表華氏的刻度，可得關係式如下：

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



第55圖 溫度計

左，日常用的攝氏溫度計；右，用以測定液體的溫度。



第56圖 定兩基點的方法：

1. 定冰點法；2. 定沸點法

◎ 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。

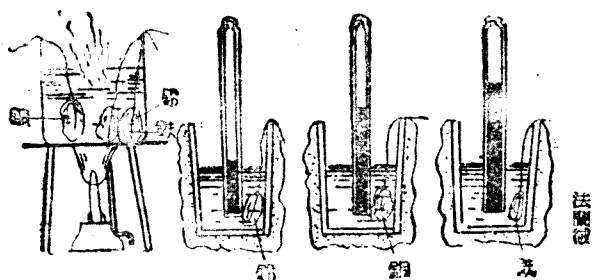


圖57
醫用溫度計
A 爲狹小部分

$$F. = \frac{9}{5} C. + 32.$$

測一定時間內最高溫度的裝置，稱爲‘最高溫度計’。日常測人體溫度的‘醫用溫度計’(第57圖)即係最高溫度計的一種。其構造爲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。

38.【熱量和比熱】欲測定熱的量，以1克水的溫度升高攝氏1°時所需的熱量爲單位，稱爲‘卡路里’，或簡稱‘卡’。例如使60克水的溫度從15°C. 升高至40°C.，所需的熱量爲 $60 \times (40 - 15) = 1500$ 卡。



第58圖 比熱的實驗

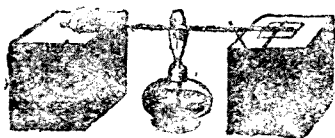
金屬等質同溫度的鐵塊、鋁塊、鉛塊所含熱量的多寡

由實驗得知使同一質量的各種物質，升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’。故水的比熱等於1。

普通的物質以水的比

物 質	比熱
鉛.....	0.03
錫.....	0.06
鐵.....	0.11
砂.....	0.19
冰.....	0.5
水.....	1.00
酒精.....	0.60
空氣(定壓).....	0.24
水蒸氣(定壓).....	0.47

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。



第 9 圖 比熱的實驗

【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？
2. 試述熱量和溫度的區別。
3. 將比熱0.11的物質150克加熱，溫度自 80°C 上昇至 236°C ，所需的熱量為幾許？
4. 夏季在海濱上，常覺晝間有海風吹來；夜間却有風從陸地吹向海面，試言其故。

【實 驗】

先將質量相等的銅塊、鐵塊、鉛塊沒入沸水裏面加熱（第55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？

【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，溫度昇高，即行膨脹；若溫度降低，即行收縮。

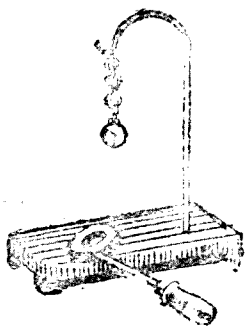


圖 39 容積膨脹的實驗

固體因熱而增加其長度的稱爲‘線膨脹’，增加其容積的稱爲‘容積膨脹’。

鐵、白金、玻璃等的長度，對於溫度每昇高 1°C 所延長的，不過其原有的長度的10萬分之一。一般固體的容積的膨脹率約爲下表的數值的3倍。

物質的溫度每升高 $1^{\circ}\text{C}.$ ，
對於其原長的延長率

鉍.....	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
鍊鋼 (鐵 34 錳 36)	0.000009

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却很大。鐵軌的接合處和鐵橋的一端(第61圖)都留有膨脹的餘地，所以

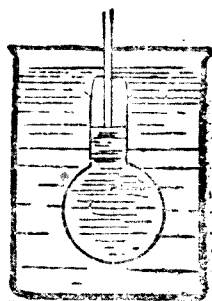


第61圖 鐵橋與金鋼架的橋墩，留有膨脹的餘地

沒有損裂的危險。

4). 【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。

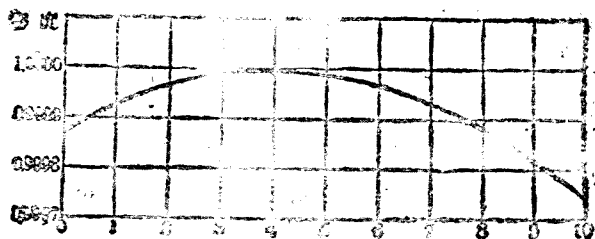


第62圖 液體的膨脹

這是最初只有玻璃瓶因熱而增加其容積 \odot ；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

\odot 通常有孔或中空的物體的容積膨脹，與同一物質將空處填相滿同。

理。



第63圖 水的密度和溫度的關係

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63圖）。

41. 【氣體的膨脹】 氣體的膨脹率較固體、液體為尤大。

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’。

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

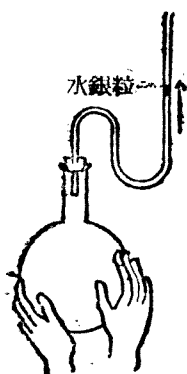


第64圖
水的最大密度
的實驗

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66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，若溫度每升高1°C，即增加其在0°C

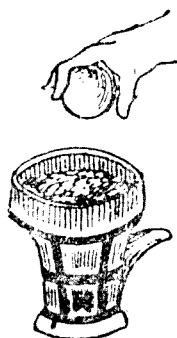


第65圖
氣體的膨脹

C. 時的壓力的 $\frac{1}{273}$ 。

氣體在『攝』氏0°和1大氣壓底下的狀況，稱為‘正常情形’。通常論氣體的密度，都是指在正常情形下的而言。

42.* 【汽油機】 將汽油的蒸汽和空氣相混合，使其燃燒，則

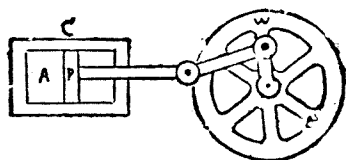


第66圖 球球於火上

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’。

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

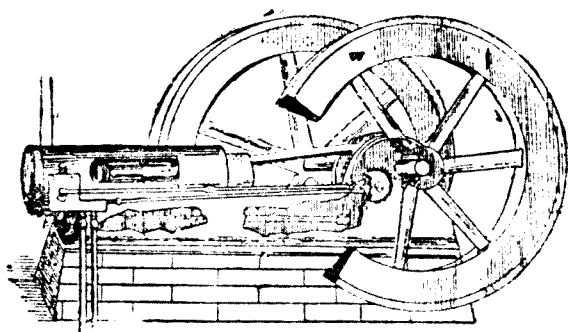
如第67圖，圓筒C內裝



第67圖 汽油機的原理

有活塞P，P和飛輪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、飛機等最為合宜。

此外用石油或煤氣以代替汽油的，稱為‘油機’或‘氣機’(第68圖)，其作用與汽油機相同。



第68圖 工場用的氣機

【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。

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。

• 3. 通常水先從表面結冰，但油却先從下面結凍，其理何在？

4. 天暖時的足球，常比天冷時硬些，是何緣故？

5. 炒豆或栗子時，其殼常致爆裂，其故安在？

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？

【實 驗】

1. 將長約50厘米的鐵棒橫放於水平的位置（第59圖），用重錘壓住其一端，他端支在玻璃板上的小針，針端刺有麥桿當作指針。然後將棒加熱，跟着棒的延長而指針轉動。

2. 如第60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。

3. 玻璃瓶內滿盛着色的水（第62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。

4. 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64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 。

5. 在空玻璃瓶的木塞上，插一彎曲的長玻璃管（第65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。

【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 ，為其原有大小的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 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，即變為液體。此種由固體變為液體的現象，稱為‘熔解’，固體開始熔解時的溫度，稱為‘熔點’。熔點隨物質的種類而不同，固體的溫度既達熔點以後，直至全體熔盡為止（第69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

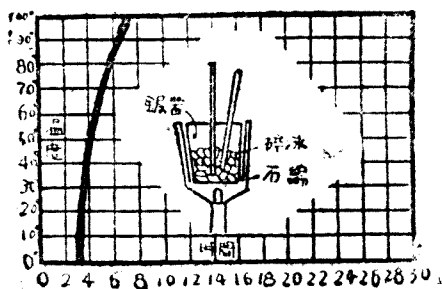
熔點和熔解熱表

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
鉑	1755	27
錫	3400 ^c	

的現象，稱為‘熔解’，固體開始熔解時的溫度，稱為‘熔點’。熔點隨物質的種類而不同，固體的溫度既達熔點以後，直至全體熔盡為止（第69圖），雖繼續加熱，其溫度並不升高，所加的

的熱量皆消耗於使固體熔化。凡使物質1克在熔

點完全溶解爲同溫度液體所需的熱量，稱爲物質的‘熔解熱’。冰的熔點爲 0°C ，熔解熱爲80卡，比一切的物質都大，因其熔解時能吸收許

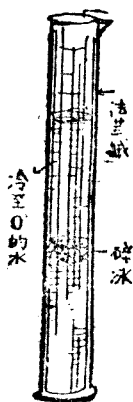


第69圖 冰熔爲水，水化爲汽 所需熱量的實驗
圖中之曲線，其與時間軸一致的直線部分，是表示冰未全溶爲水時，雖加熱數分鐘而其溫度仍爲 0°C ，即爲熔解熱的緣故。其近於直立的一部分曲線是表示冰既化爲水後，因加熱而其溫度由 0°C ，昇高至 100°C ，其最高之直線部分亦與時間軸成平行，是表示水化爲汽，時需汽化熱（845）

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，皆可變爲固體，這種現象稱爲‘凝固’；這時候的溫度，稱爲‘凝固點’。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。

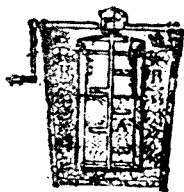
通常物質凝固時，其容積概行縮小；但有幾種特別物質，如水、鐵、錳等，到了凝固的時候，容積反而增大（第70圖）。冬季酷寒時，巖石崩潰，茶



第70圖 冰溶解時容積縮小的實驗
將冰投入冷水內使其溶解，圓筒的水面降下

杯或自來水管破裂，都因為裏面的水凝結成冰，容積突然膨大的緣故。

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的比例混合後，冰化為水，食鹽溶解於水內，其溫度為



第71圖 冰淇淋製
造器

—22°C.。如是能生出低溫度的混合物稱為‘冷劑’，用以冰却物體(第71圖)。

45. 【汽化】 液體因熱化為氣體的現象，稱為‘汽化’^{⊙*}，所生成的氣體稱為‘汽’。盆內的水，放在空氣裏



第72圖 水在蒸發時分子的狀況(黑點
為空氣分子，白點為水分子)

，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)，稱為‘蒸發’。當水沸滾時，汽由水的內部成為氣泡，昇至液面(第57圖II)，這種現象稱為‘沸騰’。

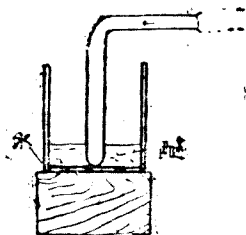
⊙ 物質不經液體的狀態，直接由固體化為氣體的現象，稱為昇華(sublimation)，如樟腦、零度下的冰，皆係實例。

物 質	沸點C. (1大氣壓)	汽化熱 (卡)
水銀……	357	68
水……	100	536
酒精……	78	205
醚……	35	83
酒精……	-34	295
鎊……	-183	58
氮……	-196	50

蒸發雖發生於任何溫度，但沸騰却起於一定的溫度，當液體沸騰時，其溫度不復上昇，此一定的溫度，稱為‘沸點’。在一定的壓力底下，沸點由物質的種類

而異。

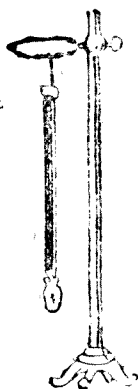
當沸騰時，雖繼續加熱，溫度不再昇高(第69圖)，因以後所吸收的熱量，皆消耗於使液體變成氣體。使1克液體變為同溫度氣體所需的熱量，稱為‘汽化熱’。汽化熱不限於沸騰時需要，即



第73圖 檢驗酒精，醚的汽化熱

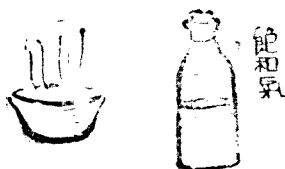
當蒸發時也不可少。水的汽化熱最大，在一大氣壓沸騰時約為536卡路里。液體酒精汽化時，也須大量的汽化熱，故利用以製冰。

46.【飽和汽】盆內盛水，放在空氣裏面，水即漸次蒸發(第74圖)，以至完全乾燥；不過，若



水 蒸 氣	
溫 度 (C.)	飽和汽壓 (厘米水銀柱)
-20°	0.1
-10°	0.3
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

將水密封在一玻璃瓶內，即久置之亦難見水量的減少。

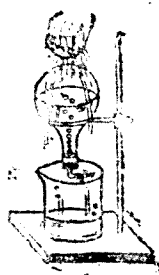


第74圖 飽和汽

因水在瓶內雖亦蒸發，但是到了液面上的汽壓力達到一定的值，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’，其壓力稱為這個溫度的‘飽和汽壓’，或稱‘最大張力’。

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）。

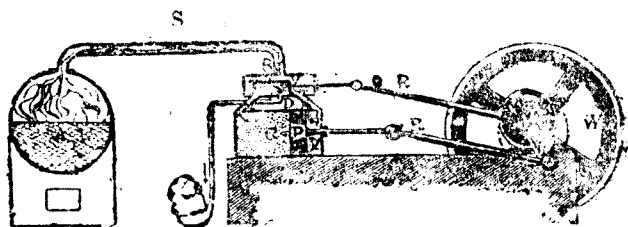


第75圖 水在低溫度時沸騰的實驗

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 180°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。

48. 【蒸汽機】‘蒸汽機’[●]的主要部分為汽鍋A，活門V和具有活塞P的圓筒(第76圖)。在汽



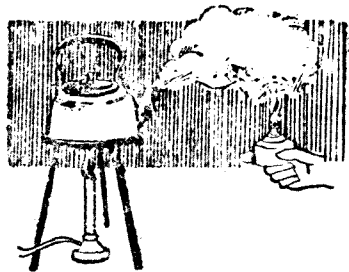
第76圖 蒸汽機的主要部分

鍋A中雖煮沸水而發生水蒸氣，但不能向外自由放出；故其壓力為通常大氣壓的數倍，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，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

● 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，水陸都享受迅捷的運輸交通。

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】飽和汽受着冷却或壓縮，其一部分即化為液體的現象，稱為液化。如第77圖由壺嘴裏噴出來的白色水蒸氣，因為冷却而變成極小的水滴。用口向



第77圖 飽和汽的液化

鏡吹氣，鏡面即罩上薄霧，亦是這個緣故。

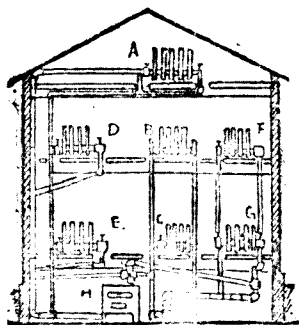
在通常的溫度，將水蒸氣加以強壓力，即呈

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

飽和狀態，當時一部分的蒸氣起液化作用。但是這個現象只起於364° C. 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’；既達臨界溫度後所需的壓力，稱為其‘臨界壓力’。

如輕氣、空氣等臨界溫度很低的物質，當液



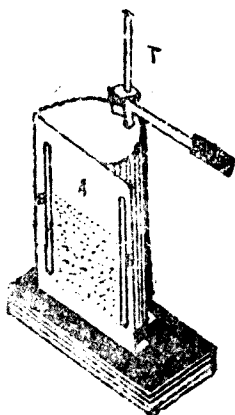
第78圖 水蒸氣的暖室裝置

化的時候，須加以強壓，同時又須將溫度降至極低。

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78圖)，使其液化，即可使室內的空氣溫暖。

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’。如是大氣中的水蒸氣，到了飽和狀態時的溫度，稱為‘露點’(第79圖)，若露點在 0°C .以下，水蒸氣即直接凝固為‘霜’。

上層的空氣，冷至露點以下，水蒸氣的一部分即起液化



第79圖 露點的測定用管次器內的鹽使其蒸發。同時A面上罩着薄紗，此時的溫度即露點，可由溫度計T所得之

作用，變成無數小滴，稱為‘雲’；由地面接近的空氣所生成的，稱為‘霧’。這種細小的水滴聚多後，水滴增大，受重力的作用自行落下，稱為‘雨’；露點若降至冰點以下，水蒸氣凝固成爲細冰，降至地面，稱為‘雪’；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，稱為‘霰’。

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’。

即 [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。

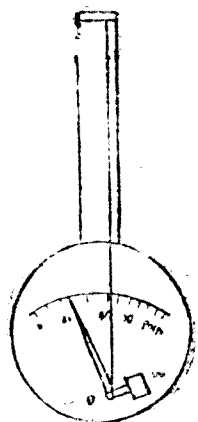
如第 80 圖利用油分已經除去的毛髮 K 因吸水分而伸長的性質，將 K 的上端固定，其下端繫於指針 H，使 K 的伸縮擴大，測得大氣的溼度。這種裝置稱為‘毛髮溼度計’。

衛生上最適宜於人體的溼度，為 60° 乃至 70° 。

【實驗】

1. 溫度計的球狀部分，裹以薄布（第73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，內盛鹽少許（第73圖Ⅱ），將容器放在水滴的上面，然後用玻璃管吹入空氣使鹽蒸發，容器就凍牢在板的上面。



第80圖 溫度計

3. 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75圖），瓶內水的溫度因在 100°C 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。

〔問題〕

1. 冬天地上的雪，當空氣的溫度雖昇至 0°C 以上，亦不能即刻熔化，其故安在？
2. 將冰塊投入溫度 40°C 的水中，克裏面，使其變為 0°C 的水，須冰塊幾許？
3. 酒精燈或揮發油的瓶，何以須加上很緊的蓋？
4. 夏日地面上撒水，即覺涼快，其故安在？
5. 洗澡之後，身體若不擦乾，往往易於感冒，試言

其故。

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。

7. 從多數人聚談着的室內突然出外，常覺寒冷，其故安在？

8. 高山上煮飯，常不能熟，是何緣故？

9. 盛熱飯於桶內，桶蓋上往往結有水滴，試言其故。

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？

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。

12. 盛碎冰於玻璃杯內，在其外面常罩着一層薄霧，其故安在？

13. 古語云：‘礎潤而雨’，試言其理。

14. * 夏日溼度大時，何以悶熱難堪？

15. * 燃火取暖，則室內空氣變為乾燥，試言其故。

【摘 要】

1. 物質熔解着的時候，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. 物質熔解或汽化的時候都需熱量。使物質1克熔解所需的熱量為熔解熱；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’。運動有‘方向’和‘速’。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’。同時表運動的速和方向的量稱爲‘速度’。

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：

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

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11.0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’。

53. 【加速度】 物體的速和方向 皆無變化的運動稱爲‘等速運動’。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’。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；那麼，速度的增加是平均每秒50每秒厘米，這個事實稱爲有每秒50每秒厘米的‘加速度’。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；那麼，速度的減少爲平均每秒40每秒厘米，這個數值也是加速度[⊖]，不過是負數罷了。



第81圖 力的圖示O，力點；OA，方向；OA的長表示力的大小

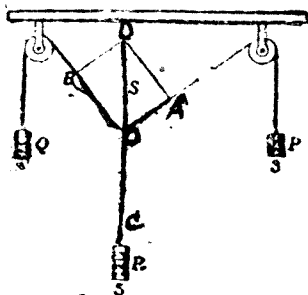
54. 【力】 凡能使物體變更其運動狀態的都是力(參看§8)。換句話說，力即

⊖ 若用C.G.S.單位制，加速度的單位爲‘每秒每秒厘米’。

以使物體生加速度的一種作用。

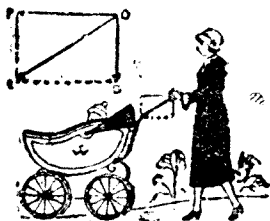
力由‘大小’、‘方向’、‘施力點’三要素而定。從施力點起沿力的方向畫一直線，稱為‘作用線’，線的長度須和力的大小成比例，並附箭頭於其先端；這樣的線就可用以表示力的三要素(第81圖)。

55. 【力的合成和分解】 由實驗可知用 $O D$ 所表的力，可以代替 $O A$ ， $O B$ 兩力，而和 $O C$ 成平衡。像這樣的 $O D$ 稱為 $O A$ 和 $O B$ 的‘合力’； $O A$ 和 $O B$ 稱為 $O D$ 的‘分力’。求合力的事件，稱為‘力的合成’；求分力的事件，稱為‘力的分解’。



第82圖 力的合成實驗

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’。



第83圖 推車時的分力

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。

56. 【平行力的合力】 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：

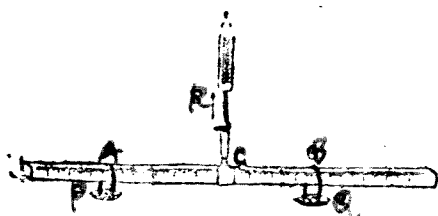
$$R = P + Q,$$

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

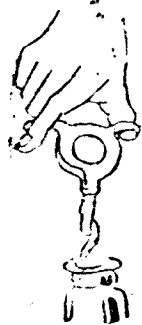
故兩力 P ， Q 的合力 S 作用於 C 點，並為和 R 成平衡的力。通常在同一方向的兩‘平行力’的合力，大小與兩力的和相等；方向與兩力的方向相同；施力點對兩力的距離，恰與兩力的大小成反比例。

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’，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



第84圖 同方向兩平行力的合成



第85圖 力偶的應用
(P, Q) 為方向相反的
平行力即力偶

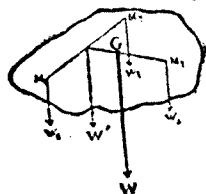
兩指挾住鑰柄或旋鑿柄的兩面同時用力，這就是力偶的作用。



第86圖 啓閉門戶的力矩
○ 轉動軸上的一點；
A. 施力點； F , 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86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’。力臂和力的乘積稱爲對於此軸的‘力矩’。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87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’。

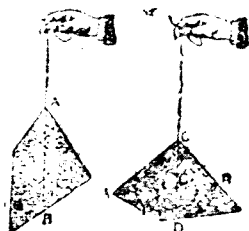


第87圖 重心
求得作用於物體各部分 m_1, m_2, m_3, \dots 等的平行力的合力 W ，此合力 W 作用於重心 G

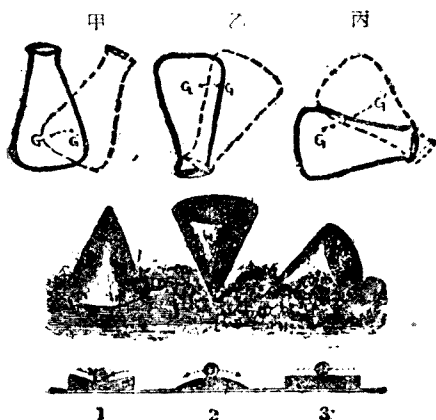
用線吊住物體上的一點 S ，重心 G 和線必在同一的鉛直線上方能靜止（第88圖甲），因爲線的張力和物體的重量恰成平衡。要求得物體的重心，可依下述的方法：

● 如戶樞的方向即爲轉動軸，門戶賴此得以啓閉（參看879）。

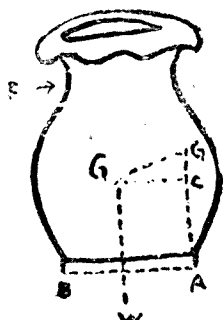
59. 【穩度】表示推倒物體難易的程度稱為‘穩度’。穩度可分為三種：如將玻璃瓶的底放在桌面上（第89圖甲），用力使其略為傾斜，力去後即恢復原狀，這種狀態稱為‘穩定平衡’。如將瓶倒立（第89圖乙）



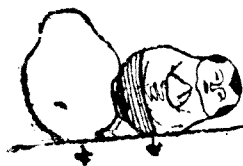
第88圖 求重心的方法



第89圖 三種穩度

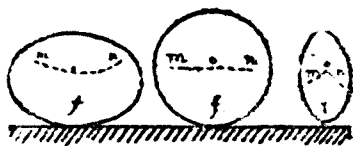
第90圖 穩度的條件
杯受力E的作用即起傾斜時，W發生向左轉動的力矩，使杯回歸原位置

，略行傾斜，立即翻倒，這種狀態稱為‘不穩平衡’。如將瓶推倒後（第90圖丙），雖除去外力，瓶却依然在橫放的位置上隨處都可靜止，這種狀態稱為‘隨遇平衡’。物體當傾斜的時候，其重心G



第91圖 不倒翁

的位置，漸次升高，即為穩定平衡；若重心的位置，反轉降低，即為不穩平衡；若重心的位置，沒有高低的變化，即為隨遇平衡。通常若物體的底面愈寬，重心愈低，並且重量愈大，那麼，其穩度也愈大(第90圖)。



第92圖 鵝卵的放法

【問題】

1. 旅行家每日能步行40千米，求其速度為平均每秒若干厘米？
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？

3. 沿着一直綫上作運動的物體，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？
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。
5. * 如第83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？
6. 試舉應用力偶的例二三條。
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？

8. 試求密度一樣的球、圓柱、立方體和環的重心位置。

9. 玩具不倒翁（第91圖），何以會不倒？

10. 如第92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。

11. 古人云：‘夫物惡有滿而不覆’，試言其理。

【實 驗】

1. 用綫跨過兩滑輪，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82圖）。

2. 立一厚紙板於綫的後面，畫綫的方向，取綫長 OA, OB, OC 各和 P, Q, R 成正比。用 OA, OB 為兩邊作一平行四邊形，畫對角綫 OD ；則 OC 和 OD 必相等，並且同在一直線上。

3. 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84圖），求其點 B 並讀出秤上的刻度，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。

4. 如第88圖乙，用綫吊住物體上的一點 A ，由 A 畫一鉛直綫 AB ；其次換另一點 C 來吊住物體，畫鉛直綫 CD ，這兩條直綫的交點 G ，即為物體的重心。

【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。速度爲速和方向合併而言的量。

2. 加速度爲單位時間內速度的變化。

3. 力是變更物體運動狀態的原因，可由平行四邊形的方法合成或分解。

4. 力偶爲大小相等，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。

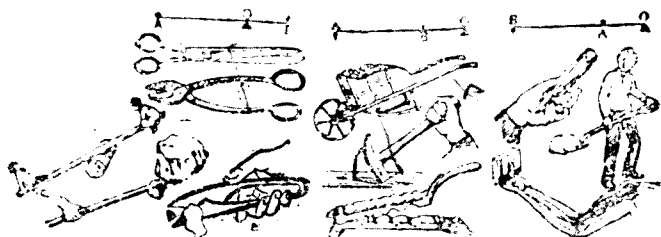
第二章 機械和工作(上)

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’。這類機械跟着人類知識的進步，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，稱爲‘槓桿’。這個定點稱爲‘支點’。

如第93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，

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

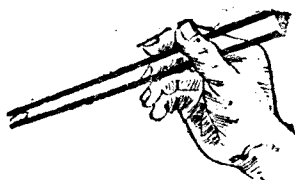


第93圖 三種槓桿(上)和其應用(下)

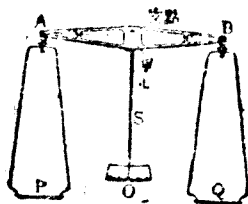
這個關係，稱為‘槓桿的原理’。C A和C B稱為槓桿的‘臂’。故將槓桿的臂 C A 和 C B 的比，選擇適當，可用很小的力使重物移動。

62. 【秤】 ● 利用槓桿原理去測定物體的質量的裝置稱為秤。實驗室所用的秤為‘天平’，日常所用的秤為‘桿秤’。

天平(第95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。



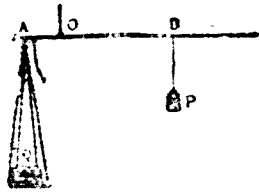
第94圖 用槓桿物



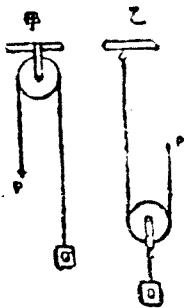
第95圖 天平

● 我國權衡器的發明，相傳始於『黃帝』，約在紀元前27世紀。

桿秤(第96圖)是以桿的一端懸物體,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,使桿成水平。由砝碼的位置,就可知物體的質量。



第96圖 桿秤



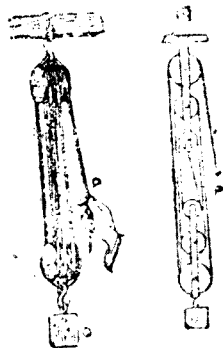
第97圖 滑輪

83. 【滑輪】汲井水時,常用如(第97圖左)的‘定滑輪’,可以看作兩臂相等的槓桿,利用以變更力的方向。

又如(第97圖右)的‘動滑輪’,在其軸上懸物體,並將繩的一端固定,他端曳向上方;那麼,物體

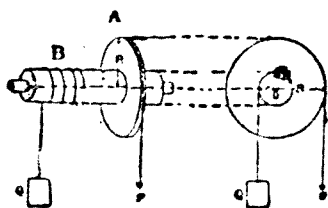
由兩條繩支住,一條繩不過受着所懸重量的一半;所以用10仟克的力,即能支住20仟克的重量。

如將兩組滑輪連結在一處(第98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 $\frac{1}{6}$ 。



第98圖 複滑輪

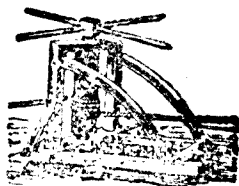
64. 【輪軸】‘輪軸’由大滑輪和軸連為一體而成。軸上的繩懸重量 W (第100圖), 用力 P 拉引在滑輪上卷着的另一條繩, 即可舉起重物。輪軸可看作以 C 點為支點的一種槓桿,



第99圖 輪軸

$P \times CA = W \times CB$. 故輪軸的半徑 CA 若比軸的半徑 CB 愈大, 所需的力即愈小。

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’。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。

第100圖 輪軸的應用
利用以舉重物

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

$$W = F \times S,$$

$$[\text{工作}] = [\text{力}] \times [\text{距離}].$$

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’。例如用手將2仟克的

物體舉高3米，這時候手所作的工當爲6仟克米。

在單位時間內各種機械作工的量，稱爲‘工率’，用‘馬力’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。

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97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97圖右)將重量W舉高若干距離，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。這個結論稱爲‘工作的原理’。

【問題】

1. 用槓桿物(第91圖)，試就桿桿的理說明之。又門戶的啓閉(第89圖)，是否槓桿的應用？

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，問其左端所生的力幾許？

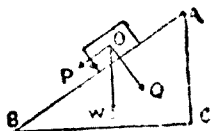
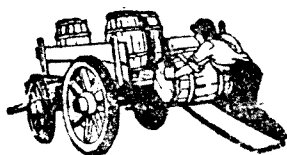
3. 重力雖因地方而不同，但同一物體，無論在何處用天平測得的結果，並無差異，其故安在？若用彈簧秤，是

否和天平一樣？

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？

5. 將5000斤克的水，汲上至高5米的水槽裏面，求所作的工若干？

第三章 機械和工作(下)



第101圖 斜面

於重力所作的工為 $W \times AC$ 。由工作的原理，兩者相等，

$$P \times AB = W \times AC,$$

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

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102圖)，通常不作直線進

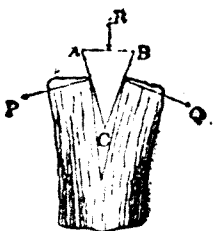
67. 【斜面】 凡和水平面成傾斜的平面稱為‘斜面’。用力 P 沿着斜面將物體由 B 曳上至 A ，其所作的工為 $P \times AB$ ；但同時物體的位置昇高 AC ，所以對



第102圖 拖車上高坡的情形

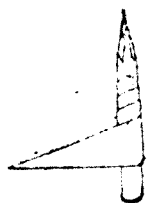
行,其所以曲折成S字形的原因,即在使斜面的長度延長,以便能用小力曳上。

68. 【劈】‘劈’是用截面為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103圖),兩邊所排開的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。



第10圖 劈

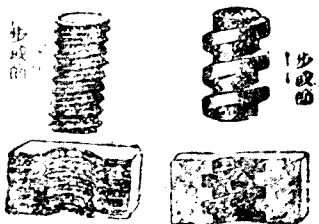
69. 【螺旋】將紙切成直角三角形,以其直角的一邊,和鉛筆桿互成垂直,



第104圖 螺旋原理

捲於其上(第104圖),其斜邊即在鉛筆桿的周圍,成一種曲線,形如螺旋紋,沿着這個曲線,有凸起的條紋(第105圖I),即成‘雄螺旋’。又在圓孔內,作恰能嵌合雄螺旋的溝紋(第

105圖II),稱為‘雌螺旋’。‘螺旋’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

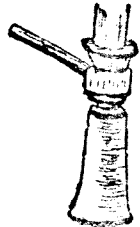


第105圖 螺旋

退，這個距離稱為‘螺距’。

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’的製成，即應用此理（第106圖）。

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’，或簡稱‘摩擦’。

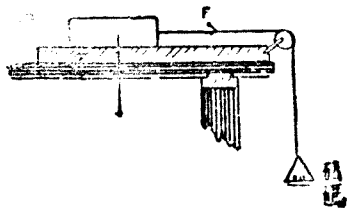


第106圖 起重螺旋

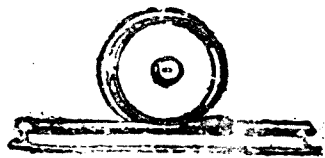
平滑的接觸面，其摩擦力小；粗糙的接觸面，其摩擦力大。

摩擦很小的物質，如油、石墨等類，可用作‘滑料’塗抹在機械上，以減小摩擦。

物體在轉動時所生的摩擦很小（第

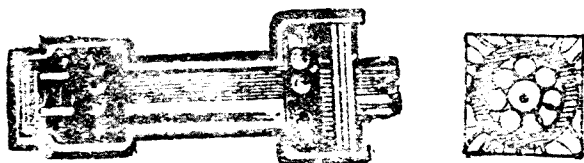


第107圖 摩擦力的測定



第108圖 滾動摩擦

108圖)，稱為‘滾動摩擦’；反之，如前所述很大的摩擦，稱為‘滑動摩擦’。各種機械裏面，在其軸承和



第109圖 車輪的軸承

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】

1. 有長5米、高3米的斜面使100斤的物體沿斜面上昇，需力若干。
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？
3. 試述摩擦力的利害。
4. 女人用針縫衣時，當將針在頭髮上擦過，有何作用？
5. 通常用車運送重物，究有何益處？

【實驗】

用第107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。

【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。

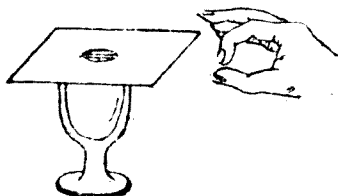
2. 機械不能使工作增減(工作的原理)。

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

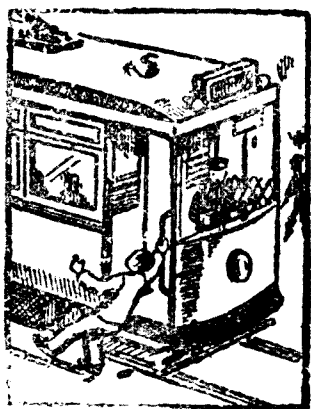
71. 【運動第一定律】 張着在弓上的箭，受弦的彈力作用，始能射出；車受馬的曳引作用，方能前進。由空中飛來的球，受網板的撲擊作用，即變更其運動；流着的水到了堰邊，就被擋住。凡物體開始運動或變更運動的狀態，其原因皆由於受外力的作用。

一切物體若不受外



第110圖 慣性實驗

用迅速抽去卡片，片上的銅圓面並不隨片前進



第111圖 面向車後下車時的危險

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’。物

體的這個性質稱爲‘慣性’，故這個定律又稱‘慣性定律’。

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。

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



第112號 牛頓

(Isaac Newton, 16

42—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，爲近代物理學、數學、天文學的始祖。

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

稱爲‘運動第二定律’，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，定爲力的單位，稱爲1‘達因’，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’。

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 達, 即

$$f = ma.$$

「力(達)」=「質量(克)」×「加速度(每秒每秒厘米)」。
1 達為很小力的單位, 約和重量 1 毫克相等。

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, 假定物體的速度為 v 每秒厘米; 那麼, 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:

$$ft = mv.$$

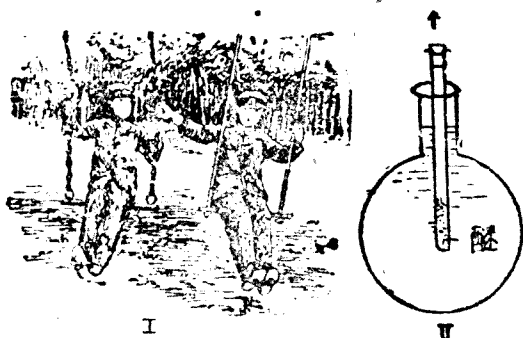


第11圖 打擊的例

物體的質量和速度的乘積稱為‘動量’。力和時間的乘積稱為‘衝量’。動量的變化愈激烈, 作用的力愈大。‘打擊’和‘碰撞’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113圖)。

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114圖 I)。



第114圖 作用與反作用

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’，後者稱為‘反作用’。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’，又稱為‘反作用定律’。



第115圖 反作用的力



第116圖 跳的運動
箭頭表示船的運動方向

人在船上，用力將篙抵岸(第115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116圖)，始能游泳。這也是因受空氣和水的反作用的緣故。

【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111圖)，其故安在？
2. 在平滑而無摩擦的水平面上，使物體運動，為什麼還要用力？
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。
4. 有質量5克的物體，受54達的力的作用，求其加速度。
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。
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？
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。
8. 放砲時，砲彈由砲口射出，同時砲身必向後退，其

故安在？

9. 用槳擊水或用橈撥水，何以能使船前進？

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§9)

【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114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。

【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。

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，故稱為‘萬有引力’。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112圖）發見，稱為‘萬有引力定律’。

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，稱為‘重力的加速度’，假定為 g 每秒每秒厘米；那麼，由運動定律，作用於質量 m 的物體的重力即物體的重量為



第117圖 伽利略

(Galileo 1564—1642)

為，則物體重量、天體重量均數均量，百餘年以前，物理學，在比等（Pisa）斜塔上，用大小重量不同的落體，證明其於地面，最初用落體試驗那天，發現大量的通電，日徑如土堆的質，此種原理的專時性。

$$F = mg,$$

〔重量(達)〕 = 〔質量(克)〕 × 〔重力加速度(每
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 $g = 980$ 每秒每厘米，故作用於 1 克物體的重力為 980 達。

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 v 每秒厘米，

$$v = gt,$$

〔速度〕 = 〔加速度〕 × 〔時間〕。

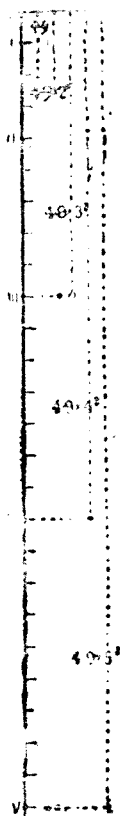
又在 t 秒間的平均速度為 $\frac{vt}{2}$ ，故物體在 t 秒間所落下的距離為

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

〔距離〕 = $\frac{1}{2}$ × 〔加速度〕 × 〔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

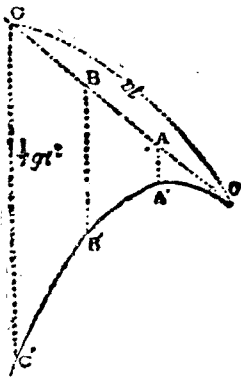
速度 距離
(每秒米) (米)



第118圖
落體的運動

平方成正比(第118圖)。

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)。欲求其 t 秒後的位置，



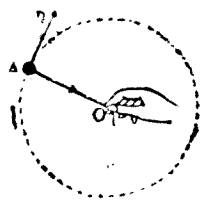
第119圖 拋射體的通路

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’。所拋出的物體稱為‘拋射體’。

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’。這種力稱為‘向心力’。物體的方向之所以時刻變更，即因向心力作用的緣故。



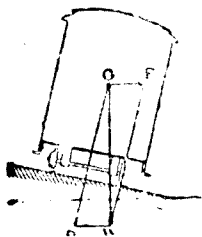
第120圖 圓周運動和向心力

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。

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，那麼作用於石上的力立刻消失，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。



第121圖 (上)轉彎中的鐵路及(下)軌道面的傾斜

火車在轉灣的地方，外軌常較內軌稍高；腳踏車當轉灣的時候，車體常傾向內側(第121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。

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，稱為‘轉動’。此直線稱為‘轉動軸’。



第122圖 陀螺AC轉動軸

若使轉動着物體的轉動軸變更

⊙ 這種反作用稱為‘離心力’。

其方向，非用很大的力不可。尤以重而且大的物體作迅速轉動時，轉的方向更不易變動。進行中的腳踏車不會翻倒，轉動着的陀螺能够直立(第122圖)，都是利用轉動體有保持轉動軸的方向的性質。

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，這種反作用稱爲‘阻力’。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爲正比；又物體



第12圖 推輪

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

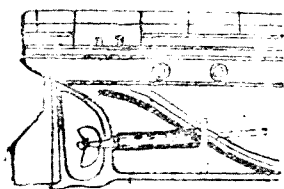


第123圖 發射中的子彈

作用，轉被擁上。至於從微小水滴所成的雲霧能够浮游於空中，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124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



第125圖 船隻的推進器



第126圖 飛機的推進器

器：由兩塊或三塊的金屬板裝在一軸的周圍(第125圖,第126圖),用蒸汽機或汽油機使其轉動,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

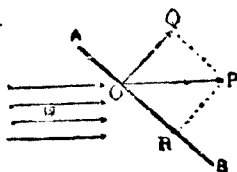


第127圖 舵的作用

OB 是舵

OP 是作用於舵面使船首向右方旋轉的水力。

等的‘舵’,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127圖)。



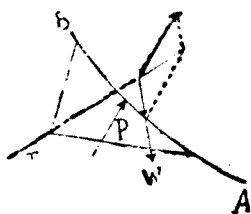
第128圖 風壓

82. * 【風箏和飛機】

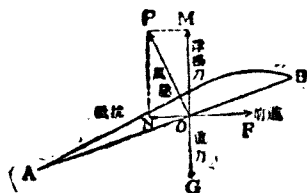
當風吹到風箏 A B 上(第128圖),只有和風箏紙面成垂直的分力 O Q 發生壓力作用,稱為‘風壓’;其他的分力 O R 則沿風箏面滑過無阻。若在無風的靜空氣中,用手急拉風箏的線使其運動(第129圖),則 A B 亦受風壓的作

用。風箏能够停留在空中(第129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(參看圖82的實驗)。

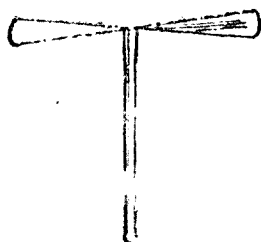
‘飛機’[●]具有和風箏紙面相當的翼(第130圖)。機體的前面有推進器，賴汽油機使其轉動，



第129圖 作用於風箏紙面上力的平衡(截面)



第130圖 作用於飛機翼上力的平衡(截面)



第132圖 竹蜻蜓

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。

飛機不但為交通利器，且在軍事上能發揮無

● 飛機是在80年前(1903年)由『美國軀脫』(Wright)兄弟的研究始告成功

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。

【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。

【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？
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？
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）
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？
5. * 附着在車輪上的泥土，當車輪轉動時，即行飛散，其故安在？
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？
7. * 玩具的‘扯鈴’（第125圖）形如啞鈴，用綫牽

着使之轉動時，何以能保持其水平的位置而不墮下？

8. * 槍、砲的筒內，刻有螺旋溝紋，使子彈沿溝紋射出，試言其故。

9. * 船上的帆和船尾的舵，有何作用？

10. * 試說明玩具的竹蜻蜓（第131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）。

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



第132圖 擺

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

83. 【擺】 將細線的上端 O 固定之，下端懸一小球(第132圖)；這樣的裝置稱為‘擺’。線長 OC 稱為‘擺長’(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’， AC 弧或 BC 弧稱為‘振幅’， AB 間往復一次所需的時間 T 稱為‘週期’。

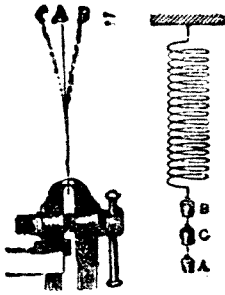
若擺的振幅不甚大時，由實驗測知：

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

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

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’[⊙]。若測得擺長和週期，由上式可算出 g 的數值。

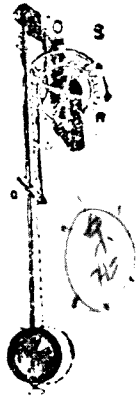
⊙ 這個性質是由『伽利略』在19歲時，看見寺院內吊燈的搖動而發見的。



第133圖 彈性振動

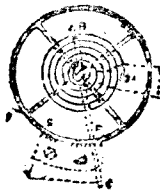
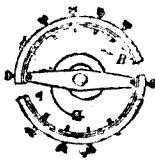
84. 【彈性體的振動】 固定螺絲彈簧的上端(第133圖), 在其下端繫一砝碼, 用手將砝碼從其靜止位置B曳下至A, 即行放開; 由『虎克』

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



第135圖 擺鐘

輪(第134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



第134圖 錶的擺輪

轉動, 然後放開, 則螺絲彈簧忽伸忽縮, 輪以靜止的位置為中心, 作等時性的轉動振動。這兩種的振動統稱為‘彈性振動’。

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

● 壺盛水以為漏, 晝夜共百刻。又古人用土圭以測日影。

用擺和彈性體的等時性，始得今日的鐘、錶^②。兩者



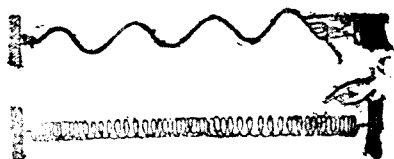
第136圖 水 波

都用發條的彈力，以轉動‘齒輪’ R 於箭頭的方向（第135圖），輪上的齒一個一個轉至鈎 mm 內，即被其軋住。欲使

鈎左右跳動，通常鐘用擺，錶用擺輪。

若把波動器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’；凹下的部分稱為‘谷’。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’。

像這樣的，凡物



第137圖 繩的振動

② 有據說始於在「伽利略」歿後 15 年由「惠更斯」（1629-1692）發明。

質的各部，由近及遠漸次作用一週期的振動的現象稱爲‘波動’。傳播波動的物質稱爲‘介質’。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，稱爲‘橫波’或稱‘高低波’。

手每一振動即生一波，每1秒間的振動次數稱爲‘頻率’，爲1秒鐘所生波的個數，所以其

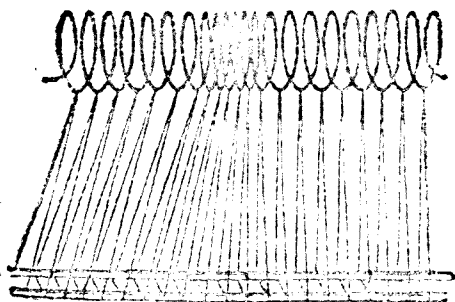


圖138 繩的振動

全長是波在1秒間所進行的距離，即等於其速度。假定其頻率爲 n ，波長爲 λ ，速度爲 v ，即得

$$v = n\lambda,$$

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

如是介質各部分振動的方向和波的前進方向完全一致時，這種波稱爲‘縱波’，或稱‘疏密波’。相鄰兩‘稠密’或兩‘稀疏’間的距離，稱爲‘波長’。波長、速度與頻率的關係和橫波的情形相同。

【實 驗】

1. 將繩一條橫放在桌上，使成一直綫；用手執其一

端急作上下振動（第130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。

2. 如第132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。但螺絲的各部只作左右的振動。

【問 題】

1. 週期2秒的擺長幾許？
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？
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？
4. 設波的進行速度為310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

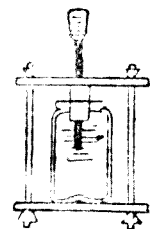
$$l = vT, \quad v = nl.$$

補習問題

第一編 物性

(1) 郵票若非潤濕，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90克的物體，則帶伸長為24厘米，求該物體的重量。



第139圖
用力壓棒而瓶破裂

(3) 如第139圖玻璃瓶內滿盛水，瓶口蓋有小孔的橡皮塞，上下用木板兩塊挾住；若由橡皮塞的小孔插入金屬棒，瓶即破裂。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140圖 鯉魚吞餌的情形

(4) 當鯉魚吞餌時，必須將嘴突出（第140圖右）

始能使餌沖入於口中，以言其理。

(5) 開鑿水井時，常有水從地中繼續湧出，試就第141圖說明之。



第141圖 地下水的分佈

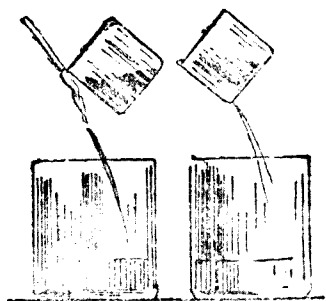
(6) 設有1尺立方的木塊，沉入水中的部分為6寸，試求這木塊的比重。

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69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142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142圖左），水就沿棒流下，是又何故？



第142圖 傾水的情形

(10) 水銀和水的小滴成爲球狀（第144圖右），

大滴就成爲扁平體（第143圖左），試言其故。



第143圖 水銀滴

(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 75.0 厘米，求煤氣的壓力強度。



第144圖
浮沉子

(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 144 圖，玻璃製球形的‘浮沉子’中間留有空氣，恰能浮至水面。用手覆在筒口以壓水，則浮沉子下沉。手若放開，則浮沉子復上昇。問此現象是屬於何種定律的實例？

(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；若鋸屑一經潤濕，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克的溫度上升 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升幾度?

(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3千克中, 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) 將濕手帕張開, 易於乾燥, 其故安在?

第三編 力 學

(1) 凡開刀開罐頭時(第145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?



第145圖 開罐頭的情形

(2) 有長1米、粗細一樣的棒, 在其一端懸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, 裁銅元於其上。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

(5) 用29.4每秒米的速度，將物體向上拋出：(a) 達最高點為止，當須時幾秒鐘？(b) 這物體能達高若干米。

(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) 35.62 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) 26556 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)，故為不
 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) 203°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 磅，50 斤。
 (7) 距離力小者 1.2 米
- 第二章 (2) 525 仟克。 (4) 24 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,

(3) 5.4 秒, 13.5 米

第六章 (1) 99.99 厘米 (4) 1.24 米, 226.7。

補習問題

第一編 (2) 14.3 克。 (3) 400 仟克。 (6) 0.6

(7) 1.82, (11) 1040.16 克 / 平方厘米, (12) 7
45 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

(一) 一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百

一 畫

- 一度 One degree,41
 一大氣壓 One atmosphere
 r25

二 畫

- 力 Force,63
 力的分解 Resolution of
 force,64
 力的合成 Composition of
 force,64
 力的重力單位 Gravitatio-
 nal unit of force,6
 力的絕對單位 Absolute un-
 it of force,82
 力矩 Moment of force, 67
 力臂 Arm of force,67
 力偶 Couple66

三 畫

- 大小 Magnitude,23
 空氣 Atmosphere27
 大氣壓 Atmospheric pr-
 essure24
 工作 Work,24
 工作的原理 principle of
 work,24
 功率 Power25

四 畫

- 分力 Component force64
 分子 Molecule,19
 分子力 Molecular force 20
 分子論 Molecular theory, 20
 公尺 (米) Meter3
 分斤 (毫克) Kilogram,3
 方向 Direction,63
 天平 Balance,72
 水平面 Vertical level,13

水平能 Horizontal radi- er,	94
毛細現象 Capillary phen- omenon	22
內聚力 Cohesion,	20
比重 Specific gravity, 4, 18	
比熱 Specific heat,	43
反作用 Reaction,	84
反作用定律 Law of reac- tion,	84
不穩平衡 Unstable equil- ibrium,	68
巴斯噶 Pascal,	11
巴斯噶原理 Pascal's pri- nciple	11
牛頓的運動三定律 Newto- n's three laws of motio n,	86
介質 Medium,	98
支點 Fulcrum,	70
水蒸氣(蒸汽) Steam, 56, 58	
毛髮濕度計 Hair hygro meter,	60

五 畫

仟克 Kilogram,	3
仟克米 kilogram meter, 75	
卡路里 Calorie,	42
加速度 Acceleration,	62
平衡 Equilibrium,	7

平行力 Parallel forces,	36
平均太陽日 Mean solar day,	3
平行四邊形定律 law of parallelogram,	64
打氣筒 compression pum- p,	33
打擊 Impact,	83
正常情形 Normal Condi- tion,	47

六 畫

米(公尺) Meter,	3
合力 Resultant force,	64
冰點 Freezing point,	40
自然律 Natural law,	2
自然科學 Natural science, 2	

七 畫

克 Gram	3
谷 Trough,	97
汽 Vapour,	52
汽化 Vaporization,	52
汽化熱 Heat of vaporiza- tion,	53
汽油機 Gasoline engine,	43
作用 Action,	84
冷劑 Freezing mixture,	52
伽利略 Galileo,	87

每秒米	Meter per sec.	61
每秒每秒厘米	Cm per sec. c. per sec.	62
吸取唧筒	Suction pump,	30
阿基米得	Archimedes.	15
阿基米得原理	Archimedes' principle,	16

八 畫

長	Length,	3
雨	Rain,	59
油機	Oil engine,	49
波長	Wave length.	98
波動	Wave motion,	98
波義耳	Boyle,	27
波義耳定律	Boyle's law,	27
沸點	Boiling point,	53
沸騰	Boiling	52
空間	Space.	1
空氣唧筒	Air pump,	31
固體	Solid,	2, 3
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,	91
虎克	Hooke,	9
虎克定律	Hooke's law,	10

定滑輪	Fixed pulley,	73
表面張力	Surface tensi- on,	21
附着力	Adhesion,	20
抽水唧筒	Water pump,	30

九 畫

秒	Second,	3
重力	Gravity,	5, 86
重力的加速度	Acceleration of Gravity,	86
重心	Centre of Gravity,	67
重量	Weight,	5
厘米	Centimeter,	3
活門	Valve,	30
飛輪	Flying wheel,	48
飛機	Aeroplane,	93
垂直舵	Vertical rudder,	94
查理定律	Charles' law,	47

十 畫

峯	Crest,	97
時間	Time	3
馬力	Horse power,	75
馬德堡半球	Magdeburg he- mispheres,	32
施力點	Point of applicati- on,	63
原子	Atom	20

浮力 Buoyancy,.....15. 28

浮沉子 Cartesian diver, 103

振幅 Amplitude,.....95

振動 Vibration,.....95

速 Speed,.....61

速度 Velocity,.....61

連通器 Communicating vessel,.....14

高低波 Universal wave,.....98

氣泡水準 Spirit level,.....13

氣球 Balloon,.....29

氣壓計 Barometer,26

氣體 Gas,2. 23

氣機 Gas engine,49

消防唧筒 Fire pump,.....31

容積膨脹 Volume expansion,.....14

十一畫

雪 Snow,.....59

氫 Hydrogen,.....29

張力 Tension,6

斜面 Inclined plane,.....76

動量 Momentum,.....83

動滑輪 Movable pulley,.....73

毫米 Millimeter3

毫克 Milligram,.....3

液化 Liquefaction,.....56

液體 Liquid,.....2. 16

現象 Phenomenon,2

推進器 Screw propeller, 92

桿秤 Steelyard,72

基本單位 Fundamental unit,.....3

十二畫

雲 Cloud,.....53

達因 Dyne,.....82

華氏 Fahrenheit,41

華氏分度法 Fahrenheit scale,41

單位 Unit,.....2

週期 Period,95

溫度 Temperature,35

溫度計 Thermometer,40

軸承 Bearings,.....79

運動 Motion,.....61

運動定律 Law of motion, 82

運動第一定律 First law of motion,81

運動第二定律 Second law of motion,.....82

運動第三定律 Third law of motion,84

等時性 Isochronism,96

等速運動 Uniform motion,.....62

最大張力 Maximum tension,54
 稀疏 Rarefaction,99
 最高溫度計 Maximum thermometer,41

十三畫

萬有引力 Universal gravitation,86
 萬有引力定律 Law of universal gravitation,86
 稠密 Condensation,99
 疏密波 Longitudinal wave,99
 滑輪 Pulley,73
 潤滑劑 Lubricant,79
 滑動摩擦 Sliding friction,39
 利克 Guericke,32
 飽和汽 Saturated vapour,54

飽和汽壓 Saturation pressure,54
 滾動摩擦 Rolling friction,79
 碰撞 Collision,83
 垂直線 Vertical line6
 垂線 Plumb line,6

十四畫

槓桿 Lever,70
 複滑輪 Compound pulley, 73
 蒸汽 (水蒸氣) Steam,51
 蒸汽機 Steam engine, ...55
 蒸發 Evaporation,52
 雌螺絲 Female screw, ...78
 對流 Convection,38
 熔解 Fusion or melting, 50
 熔點 Fusion point,50
 熔解熱 Heat of fusion, ...50

十五畫

熱 Heat,35
 熱的傳導 Conduction of heat,36
 實驗 Experiment,2
 慣性 Inertia,31
 慣性定律 Law of inertia, 31
 彈性 Elasticity,8
 彈性體 Elastic body,8
 彈性振動 Elastic vibration,97
 彈性限度 Elastic limit, ...8
 彈簧秤 Spring balance, 10
 橫波 Transversal wave, 98
 齒輪 Toothed wheels,97
 導體 Conductor,36
 質量 Mass,1, 3

衝量 Impulse,83
 摩擦 Friction,79
 摩擦力 Force of friction, 78
 膨脹係數 Linear expansion, 14

十六畫

靜止 Rest,61
 凝固 Solidification,51
 凝固點 Solidifying point,51
 輻射 Radiation,33
 隨遇平衡 Neutral equilibrium,69

十七畫

霜 Frost,58
 壓力 Pressure,6
 壓力強度 Intensity of pressure,6
 力力唧筒 Force pump,30
 壓縮唧筒 Compression pump,33
 波 Longitudinal wave, 99
 螺絲 Screw,78
 濕度 Humidity,59
 溫度計 Hygrometer,60
 頻率 Frequency,98
 總壓力 Total pressure,6

十八畫

擺 Pendulum,95
 擺長 Length of pendulum, 97
 臨界溫度 Critical temperature,57
 臨界壓力 Critical pressure,57
 計 Clinical thermometer,98

十九畫

霧 Fog,8
 穩度 Stability,7
 穩定平衡 Stable equilibrium,95
85

二十一畫

露 Dew,79
 露點 Dew point,61
 攝氏 Celsius,41
 攝氏分度法 Celsius scale,81

二十五畫

觀察 Observation and law of82

二十六畫

變速運動 Non-uniform motion,62

