

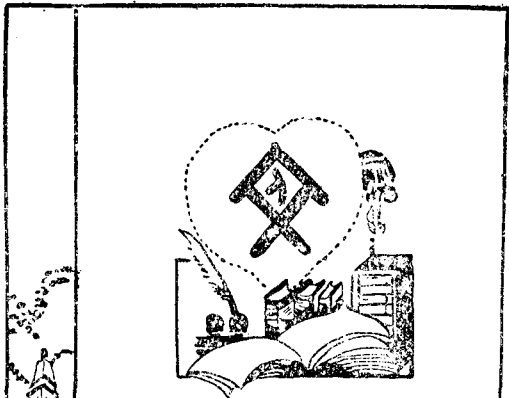
336

國防物理学講話

蘇聯·皮萊曼著
崔尚辛譯



✓80
985-11



鴻英圖書館

登記 65771

書碼 530/935-2

到期 27/8/11

價格 \$.40

備註

上海图书馆藏书



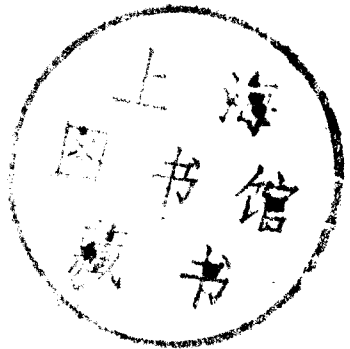
A541 212 0023 9841B

65771

國 防 物 理 學 講 話

蘇 聯 · 皮 萊 曼 著

崔 尙 辛 譯 述



~~1571591~~

乙 項： 第105 號

出版物： 第0202號

1938, 5, 1, 漢初版

1——3000 冊

上海雜誌公司發行

總店： 漢口，交通路62號。

支店： 廣州，梧州，宜昌。

重慶，上海。

分店： 武昌，長沙，成都，

西安，漢中，昆明。

每冊實價四角

國防物理學講話

目 錄

第一章 速度 — 動力的加算

我們動得怎樣快？	1
比太陽和月亮還快	6
秒的千分	8
時間的放大	13
日還是夜呢	13
馬車輪的謎	16
車輪最慢的部份	17
不是開玩笑的問題	18

第二章 重力與壓力

請起來！	21
步行與奔跑	23
從車子裏出來要向前跳嗎？	26
用手抓住礮彈	28
西瓜彈	29
在天平台上	33
物體在那裏會較重	34
當物體下墜的時候有多少重量？	35
從大礮到月球	38
飛機帶信	41
轟炸	43
為什麼尖銳的東西會刺人？	44
鯨魚的類似	46

第三章 環境的抵抗

子彈與空氣	49
超遠程的射擊	50
紙鳶為什麼會飛起？	53

活的滑翔機.....	55
植物之無發動機的飛翔.....	56
降落傘跳躍家滯延的跳躍.....	59
“婆曼琅”(Boomerang).....	60

第四章 旋轉 “永久的發動機”

熟蛋與生蛋的分別.....	63
魔輪.....	63
黑旋風.....	66
被驅的植物.....	68
“永久發動機”.....	69
“障礙”.....	73
“怪與不怪”.....	75
再談“永久的發動機”.....	77

第五章 液體與氣體的本質

兩把茶壺的課題.....	79
古人所不知道的事情.....	80
液體向上流.....	81
那一方比較重.....	84

液體的自然的形態·····	85
散彈爲什麼是圓的？·····	88
“無底的”盪·····	89
煤油奇異的特性·····	91
入水不沉下去的銅幣·····	93
泡在技術上的功用·····	95
臆想的“永久的發動機”·····	97
“永久的時鐘”·····	100

第六章 熱的現象

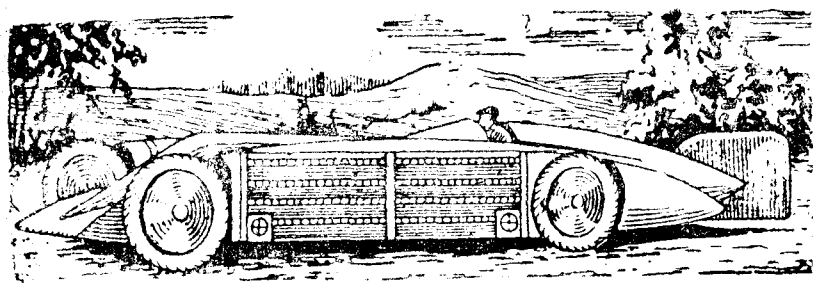
“十月”鐵道有多少長·····	103
不罰的盜劫·····	105
愛伊費列夫塔的高度·····	106
從茶杯到量水器的管·····	107
澡堂裏的鞋子故事·····	110
放在冰上還是放在冰下？·····	111
在我們腳底下是一年的什麼時候？·····	112
將夏季的陽光來溫暖冬季·····	114
自然界唯一滑的物體·····	120

第七章 光的反射與曲折

潛望鏡·····	122
有節約的迅速性·····	124
光爲什麼和怎樣曲折?·····	126
什麼時候走長的路會比走短的路快?·····	128
借助於日光·····	132
巨人的目力·····	134
保護色·····	136

第八章 聲音與聽覺

怎樣搜索回聲?·····	139
從海底來的回聲·····	141
槍聲從那裏來·····	143
怎樣測量噪音·····	145
大鼓的電報·····	148
聲的雲層與空氣的回聲·····	149



第一圖 一九二九年創世界記錄之美國「金箭」號汽車
一小時為三七〇千米

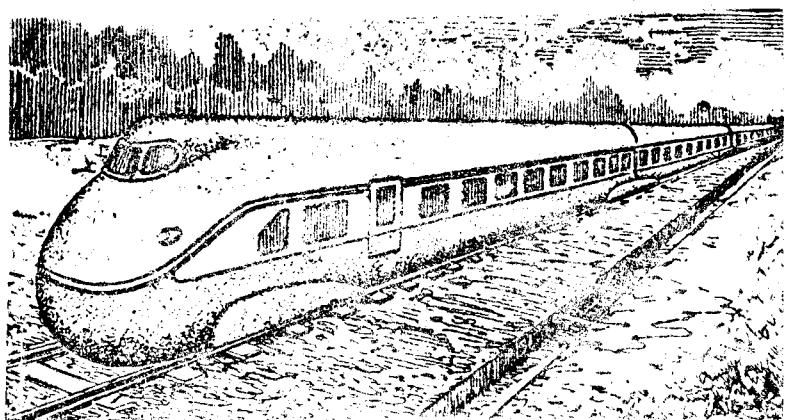
第一章 速度—重力的加算

我們動得怎樣快？

法國運動家梁杜美 (Zhul Lyadumeg) 於一九三四年到俄國來，對莫斯科人表演自己賽跑的技藝，他是建立了世界聞名的，沒有人能夠打破的世界記錄：在一千米的距離內他只跑二分二三·六秒！和我們步行的通常速度每秒一·五米相比較，那梁杜美是

每秒鐘內跑了七米。可是這不能完全相比：步行可以走得很長久，整整幾小時，每小時行五千米，運動家只能在幾分鐘之內跑得非常快，步兵的跑是比運動家慢得三倍；一秒鐘走二米，或是說一小時跑過七千米多些，所以如果要完成較長的距離，他也許比這運動家優勝。

把人的正常的步伐和那些走得慢的動物，如蝸牛或龜相比較，那也很有趣，蝸牛是走得有名的迂



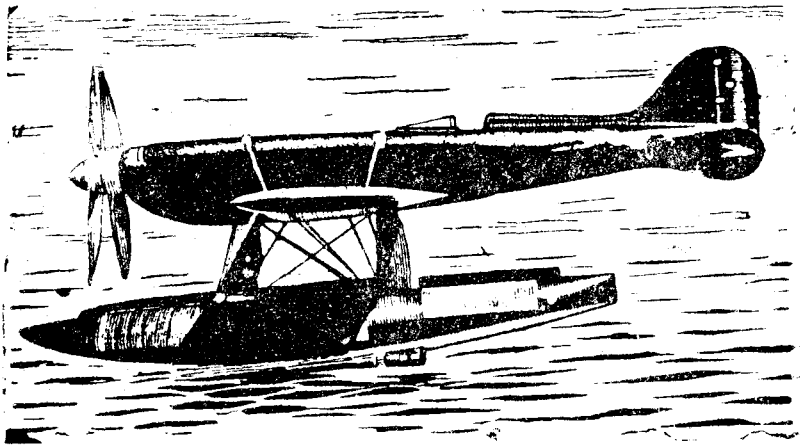
第二圖 蘇聯高速度列車(工程師波魯揚設計)

緩，一秒內走一·五耗，或是說一小時五·五米，比人慢得一千倍，龜比蝸牛稍快，一小時走七米。

人與蝸牛、龜同行，那是很敏捷的，可是如果與周圍的自然界即使動得不很快的東西相比，就另一

番情景了。的確，人還能追上很平坦的河流，比穩和的風也不會多少落後，但是和一秒飛過五米的蠅競賽起來，那人只有溜雪。和野兔，獵狗競賽起來，那你就是騎着馬也趕不上，和鷺鳥比起來，那人只有乘飛機。

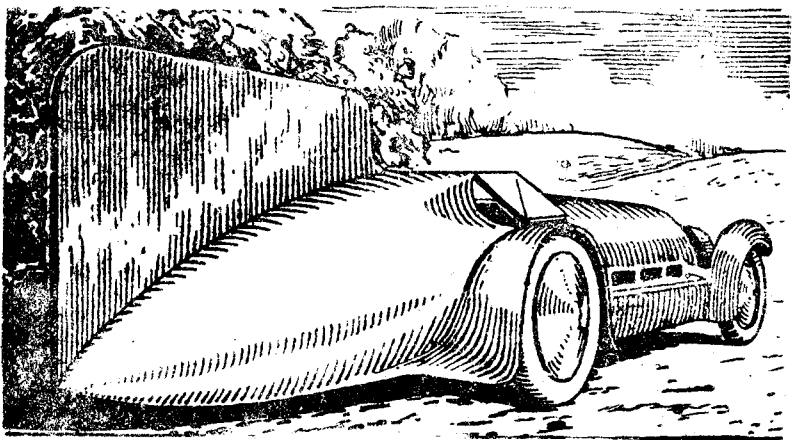
總括說起來，人造成機器，靠機器的幫助，成爲世界上動得最迅速的生物，人在陸上走比在水裏走得快，輕巡洋艦有一小時走七五千米的速度，可是現在外國有一種電氣列車，在軌道上能一小時行一七五千米。把車輛加以完美的裝置以後，竟有一小時行二〇六千米的速度，在蘇聯構成了高速度列車（爲工程師波普揚（Popuyan）所設計），在通常的軌道上，



第三圖 一九三四年爲意大利飛機師創立世界記錄之水上飛機

每小時能行二五〇千米 汽車是快得更了不得。在競賽中的最高記錄是一小時四三五千米，這汽車的主人，把他稱爲“青鳩”他還想要達到更大的速度，一小時能行四八〇千米。

一切這些進步，都被空中的交通工具所掩沒。驅逐機的普通飛行速度每小時三六〇千米；水上飛機表現得更快，一九三四年秋，意大利飛機師亞特扎洛 (Adzhelo) 創立水上飛機的速度的世界記錄，每小



第四圖 一九三二年在美國創立世界記錄之汽車 青鳩號
每小時爲四三五千米

時七〇九千米，他自己是打破了以前的六八二千米的記錄，這種速度也幾乎可以和子彈的速度相比，即使不能和步槍的子彈比，却能和手槍的子彈比。因爲一九三四年的這一記錄，相近於每秒二〇〇米！

讀者們且看看下面的個一速度表，倒很有意義的。

蝸牛	一秒內	15耗	一小時	5.5米
龜	，	20	，	7
魚	，	1米	，	3.5耗
人的步行	，	1.5	，	5
騎兵常步	，	1.7	，	6
騎兵速步	，	3.5	，	12.5
蠅	，	5	，	18
溜雪者	，	5	，	18
騎兵的疾馳	，	8.5	，	30
大型軍艦	，	13.5	，	50
野兔	，	18	，	75
輕巡洋艦	，	22	，	80
鸞鳥	，	24	，	86
獵狗	，	25	，	90
火車	達	57	，	206
驅逐機	，	100	，	360
汽車 (破記錄的)	，	120	，	435
水上飛機 (破記錄的)	，	197	，	709
空中的聲音	，	330	，	1200
地球的環行	，	30000	，	108000

這樣，用人手所造成的機械，以飛機與汽車為最

速。

可是槍炮的子彈是更快了，子彈從槍膛中飛出有每秒八〇〇——九〇〇米的速度（最近西歐發明的“防坦克鎗”（Antitank-Riffl）有一六〇〇米速度）所以甚至在赤道上能“追越太陽”，現代有所謂“超遠射”的武器。他的子彈發射之初發的速度更大，第一秒達二〇〇〇米，後來子彈進行的速度當然逐漸減少。

在不久之前曾舉行各種鳥飛行的競賽，本來以為燕子的速度，能一小時達三〇〇餘浬，可是新的觀察說明了這種規定是錯誤的，飛禽類中最迅速的飛行，一小時不超過九〇千米，信鴿——每秒一九米，鷺——二三至二四米，燕子——二四米。

比太陽和月亮還快

一八九六年舉行巴黎與勃萊司脫（Brest）之間的汽車疾駛，法國的曾達每小時二〇浬的速度，當時已作為汽車之巨大的勝利了。但過了一年，速度倍增，而至一九〇七年則速度已增至五倍，即每秒三〇米或稱每小時一〇八浬，為明瞭這一秒三〇米速度

的情景，那你拿一顆小石子，竭力拋出去，石子飛去的第一秒內還比牠慢一倍——一五米。

但這速度正還沒有止境，一九二三年達到每小時二一九呎的速度。一九二九年美國汽車的一種特殊的裝置，進展到空前未有的速度，每小時三七〇呎，或稱每秒一〇〇米，可是一九三二年“青鳩”號汽車以一四〇〇匹馬力，突破了一小時四三五呎的速度！

這種汽車至少在極地的緯度上能夠“追以太陽”（較確切些說，是追越地球）在緯線七七度上（新地島）這種汽車與地球繞地軸旋轉以同一的時間內完成牠所經過各地點，這種汽車的乘客，不會看到天空太陽的變動，不會遇到日沒，所以如聖經上所傳說的被伊蘇斯·那溫（Iisus-Nawin）那時所完成的奇蹟，現代技術是真正地活現了。

若依月球繞地球的速度來說，那麼這種汽車“追越月亮”還更容易，要完成上述同樣的奇蹟，一點也不要揀取極地，也不要以為必須以令人目眩的速度，月球繞地球旋轉的速度，比地球繞軸心的自轉慢二九倍，（這自然是“角的”速度而不是線的速度的比

較)，因此普通每小時能行二五——三〇杆的輪船，在適中的緯度上，也已能“追越月亮”，

由此，使我們想起馬克吐溫(Mark Twain)在自己“國外的素人”一篇記事中所說的景象，當他沿大西洋由紐約到亞速爾羣島(AzoresIs)的旅程中，“晴麗的夏季，夜裏比白天更好，我們看到奇異的現象，月亮是每晚出現於同一時間內的同一點的天體上。這一種奇特的情景，在起初對我們是一個謎，後來我們想到，這是由於我們每小時推進向東的經度二〇分，我們正走着與月亮並行的速度”。

秒 的 千 分

我們日常生活中測量時間說到秒的千分那是等於說零的，有時候甚至把分也看得太纖微，不值得計量的。古代的人們，過着迂緩的生活，他們的時鐘，有日的(日晷)水的(銅漏)沙的(沙漏)沒有特殊分割為分的，只在十八世紀初葉，開始字面盤上有分針，到十九世紀，人們生活日漸複雜，要更敏捷，於是有秒針了。

對日常生活的使用，測量時間到一秒，這已很夠

了，而在科學上使用就嫌不足，為研究工廠內工人生產的運動(依喬里勃萊特(F. Dzilbret)的方法)使用着把時間的分，分割為一千分的時鐘。而在職業心理學實驗室(Laboratory of psycholexnik)內我們就可以看到在使用把秒分割為一千分的時鐘！



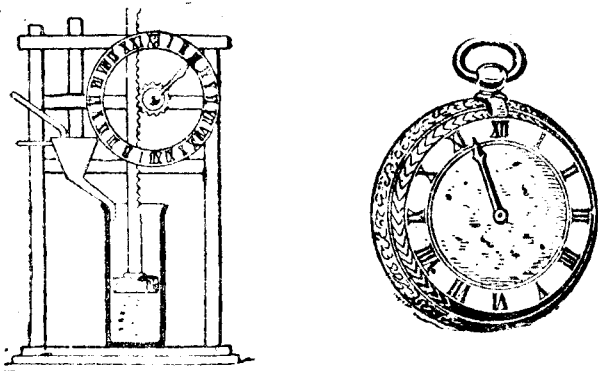
第五圖 以日影的長短規定時間

可是秒的千分之一內究竟有什麼好完成呢？很多！特快列車在這一時間內會走一——一·五裡，飛機進行至一〇裡，聲浪跑過三〇裡。地球繞太陽在這秒的千分之一內走三〇米。而光波則竟達三〇〇浬。

環繞我們的小生物——如果牠們會想——大概牠們也不會以秒的千分之一為時間的纖小距離，譬如在昆蟲類中牠們易於感覺到這一限度的，蚊子在一秒鐘內把他的小翼翅做着五〇〇——六〇〇次的

全振動，就是說在秒的千分之一以內，牠能完成掀上或放下一次。

人不能把自己的器官作這樣迅速的移動，我們最靈活的動作，是目的一瞬，我們所謂“轉瞬之間”，就是這句話之原始的意義。這種動作的迅速，即為我們視野所不能一時看清楚，可是有些人很知道所謂不可設想的迅速之同義語“一瞬”實在經過也非常慢。如果在秒的千分上來測量的話，整個“一瞬”比較正確的測量（維克多，享利Viklor Anri）平均為秒的五分之一，即千分之四〇〇。“一瞬”，可分為下列的姿態：眼瞼放下（秒的千分之七五——九〇）眼瞼放下後停止狀態（千分之一三〇——一七〇）眼瞼又提升（約千分之一七〇），那末你們看，所謂“一瞬”之



第六圖 左為古時人所用之水漏，右為古式的無分針的錶

真正字義的解釋，眼臉還一點沒有安息。時間已化得這麼多。我們要取得比較清楚的秒的一千分限的印象，只有輕快的一瞬時間，若我們的神經系統，也有這樣的構造，那我們去觀察周圍的世界，也許都變了形態，或成爲完全不認識了。英國作家威爾斯 (Wells) 在他的“最新的催促者”一篇故事中，故事的主人公具有這種神經系統，就給予我們那時所見的奇異的情景，我們且舉故事中的幾個例子：

“——你看到此刻窗幃遮在窗子上是怎麼樣動作呢？”

我一看到窗幃，他完全是凝結着的，不管牠因風吹，角裏有些卷曲。

——永遠沒有見到過——我說——這是如何奇異呵！

——看這個呢？——他——壁說，一壁把拿着的杯子放開手。

——我期待着，以爲杯子就跌下敲碎，可是竟一點不動，像定懸在空中。

——你自然知道——希勃倫 (Hibberm) 說——物件的下落，在第一秒時是五米，而此刻杯子還只在

這五米中，而且還未跑過秒的百分之一呢，這你可懂得我的“催促者”的力量。

杯子慢慢落下，希勃倫用手在杯子上下繞轉着。

我憑窗一望，看到有輛腳踏車在一處凝結着，牠後面的塵烟也凝結着，將追及的那輛馬車，看牠一英寸也不動。

……我的注意力引到一座大公用馬車(Bonnie-bws)，完全像僵化一樣，輪蓋，馬足，馬鞭，馬夫的下顎(他只像在伸懶腰)都是動得非常慢，至於那笨重的座廂是完全凝結着，裏面的乘客和彫像一般。

……這些一切所講的，都是從這個“催促者”透入我的機體(Organism)之後，在其他人的“一瞬間”之宇宙萬象。

大概讀者們會知道現代科學上所用的測量時間縮小到如何限度是有趣的吧。還在這一世紀的初端已能測到秒的一〇〇〇〇分，現在物理學實驗室內能測量到(以電氣的方法)秒的一〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇分，把一秒分割的倍數，等於三〇〇年的秒的倍數。

時間的放大

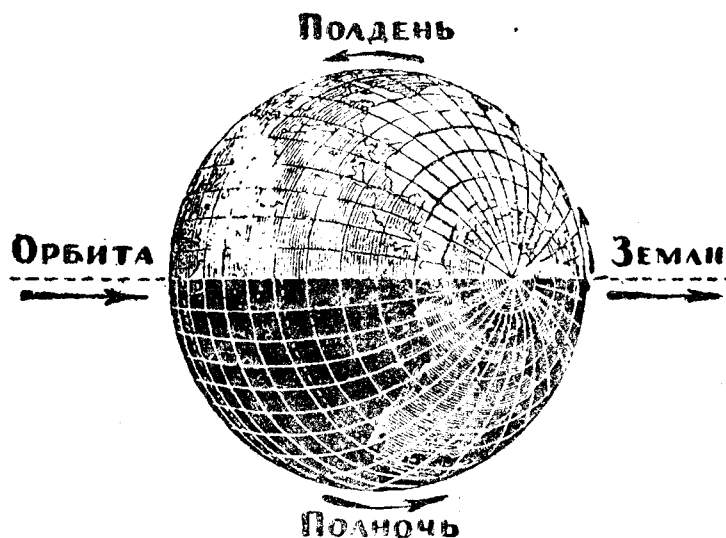
當威爾斯描寫這“最新的催促者”故事的時候，想不到他所寫的會在實際上實現的。可是終究給他等着了，他現在可以用自己的肉眼去看。的確，這只有在銀幕上，在銀幕上把普通活動很迅速的現象，以緩慢的速度表演出來，這種稱爲“時間的放大”。

“時間的放大”，這是一種攝影機（Cine mas graph）上的攝影的手續，不使如普通一秒內攝十六次，却增加許多倍。如果把攝取的片子，放在銀幕上，依舊以一秒一六片的速度而放開軟帶，那觀者就會見到各種景象的延長，比通常的動態緩慢到幾多倍，大概讀者們也看到過有許多超自然的輕快的跳躍，變爲非常緩慢的景象。更施行複雜的手續，那就可以達到威爾斯所描寫的那種緩慢的重演。

日還是夜呢？

在巴黎的日報上，有一次登出了一個廣告，說每人只要付二五“生的”（Centin等於法郎百分之一的小銅幣）就可告訴他很便宜而又一點也不疲勞的旅

行方法，有許多輕信的人居然送去了三五“生的”，



第七圖 地球在夜的一半時間內，人在太陽周圍比日裏過得快

他從郵局收到下面的一封短短信：

“先生，請安定地躺在床上，要記住，地球是在旋轉，在巴黎的緯線上(四九度)你們是每一晝夜跑過了二五〇〇〇里以上。你如果喜歡看看一路的風景，那請你揭開窗幃，去贊嘗這星空的美景吧”。

這件曾被人控告詐欺，且處被告以罰金，被告是熱烈地重述着伽里略(Galilio)的話。

——牠終究是在旋轉呵！

的確，被告是雙重的正確，因為每一個地球上的住民不僅是繞着地球軸心在“旅行”，并且同時以更大的速度，被地球所帶着在繞行太陽，我們的行星，帶着他自己所有的一切住民，每秒鐘在天體上跑三〇千，同時還自己繞軸心旋轉。

因此，現在可以提出一有趣的問題：當我們向太陽繞行是日裏較迅速呢？還是夜裏來得快呢？

問題是要引起誤會的，因為地球永遠是一面在日裏，另一面在夜裏，我們的問題有什麼意義呢？

問題不是在這裏，我們不是問什麼時候地球轉得快，而是問我們這些地球的住民，在星空中什麼時候過得快，我們在太陽系中完成兩種運行，地球繞太陽與繞軸心，這兩種的運行是同時重疊進行，結果各有不同，你且去看這書上的插圖第七，你就會懂得在夜裏，地球自轉的速度要再加上地球前進的速度，而在日裏則相反，可減去這前進的速度。

所以，我們在太陽系中的運動，是夜裏比日裏快。

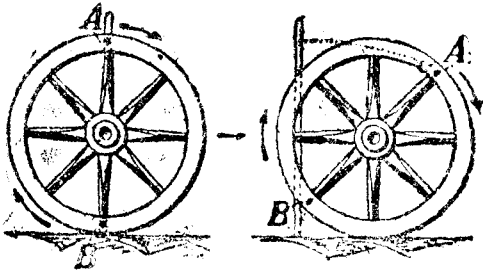
馬車輪的謎

你試把彩紙紮在馬車輪的側邊(或腳踏車輪邊)當馬車發動時候。你就可以看到一種奇怪的現象：當彩紙滾在車輪的下部，是很清楚地可以分離。可是當滾在上部時，就滾得快至不能分離了。

發見到似乎輪子的上部比下部動得快，你去看無論那輛馬車在疾駛時的輪骨，也可看到上部的輪骨是混成一片，而下部還可看出是分隔開的，依然發生車輪上部比下部動得快的情景。

究竟這一奇異現象的祕密在什麼地方呢？事情是簡單的，實實在在車輪轉動上部比下部來得快。我們在驟視之下，加以簡單的判斷，以為是不大可信的，但事實是這樣，輪子的每一轉動點也完成兩種運動，繞輪軸的運動，同時把輪軸帶往前進。於是發生兩種運動的加算，正如我們說過的地球的運行一樣，上下兩部有不同的結果，輪子上部的旋轉，要加上向前進的同一面的動，而下部輪子的旋轉是向反面，因之是減少前進的。所以輪子的上部在不動的旁觀者看起來比下部動得迅速。

我們還可以做一下簡單的實驗，來證明這理論的正確。請插一條棒在地上，與馬車輪相並列，且要正對軸心。在輪子的正上和正下部用粉筆或墨做一記號：自然這可依棒對直。那末現在把車輪稍推向右（如插圖第八）。使軸心離開棒約二〇——三〇厘米



第八圖 由此證明車輪上部比下部離開不動的軸來得快

光景，你就可以看出。你所畫的記號的移動了。上部的記號 A，離棒很遠下部記號的 B 離棒只一點兒。

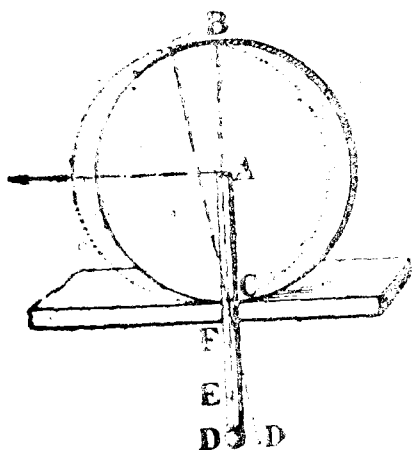
車輪最慢的部分

這樣 車輪在轉動的各點，並不是動得一樣快。究竟是那一部份動得最慢呢？

這是不難想像的。車輪所轉動的最慢的一點即在於當牠與地相接觸的部份。嚴落地說，當車輪與地面相接觸時的這一點 是完全不動的。

我們所講的這些話，當然只有對於在駛行的車

輪是正確的，而不是對於向不動的軸心旋轉的車輪，譬如飛輪(Flywheel)的上下部的側面動點，都是一樣的迅速。



第九圖 輪向左離間時 F, E, D 的伸出點是向着反面的方向動

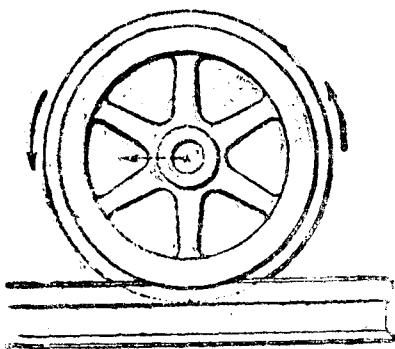
不是開玩笑的問題

有一個很有趣的問題（曾被“自然界的逆說”(The paradox of nature)的作者漢普遜(Hampson)所想到過的)：我們譬如說從列甯格勒到莫斯科來的疾駛的列車，車輪對路床(Road-bed)的關係上，有沒有一種向後退的回歸點呢？

在每一動的時節，每一輛車廂有着四個（或八個）這樣回歸點，他們究竟在什麼地方呢？

你們自然知道火車輪子外邊，有着凸出的緣。而這緣的最下部在火車移動中，完全不是前進，是後退的——這很可以輕巧的實驗來證明的。去拿一個小小的圓形的東西，——銅幣或鈕扣——再拿一根火柴用蜜蠟粘着，要正接到他的半徑，另一端有許多伸出在緣外。現在再把這圓形直放在平尺的邊緣，（如插圖第九）於是開始由右向左推動，那在圖上的 F. E. D. 這幾點，就不是向前而是向後的離開。這一圖形物的邊緣離點愈遠，前進中的後退愈看得明白。

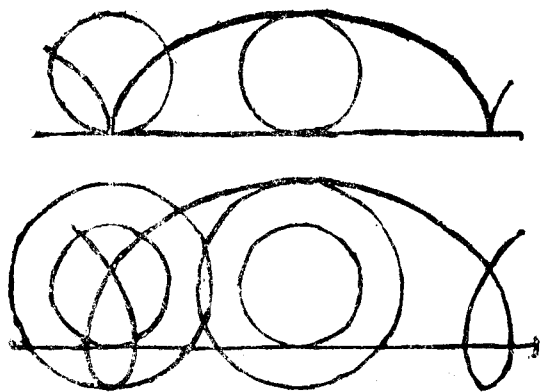
火車輪子上的回歸點，和我們實驗中火柴伸出部份的動一樣。



第十圖 火車輪向左動時其突出的邊沿的下部是向右動

現在你們不會奇怪了吧，在疾駛中的列車，也有不是前進，而是後退的動點。的確，這種動作只在秒的極纖微的分限上，然而這種疾駛列車向後移動的

事實，終究是存在的，不管這和我們日常的觀感是相反，（插圖第十，第十一可參閱）。



第十一圖 回歸綫的題示

第二章 重力與壓力

請起來！

如果我對你說：“請坐在椅子上，即使不來縛住你，你也不能立起來”。你一聽，就覺這是笑話吧。

好！請坐着，照插圖第十二那樣地坐着。即胸軀

垂直，把兩足放得平直，只要軀體不傾斜，兩足地位不動，你且試試站起來看。

怎麼，終於不行呢？你不屈曲兩足，不把軀體傾前，不論你用盡所有的力氣，你終不能站起來。

要懂得這是什麼原因，我們就要來講講關於一般物體的平衡

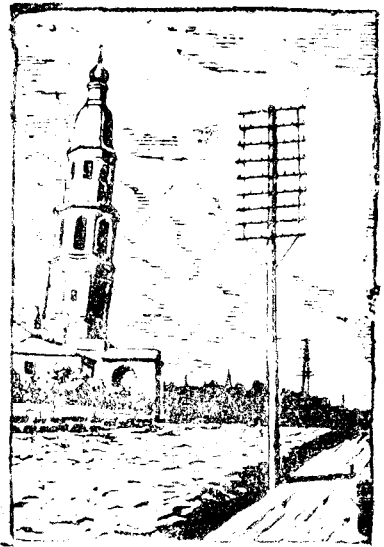
問題。凡是立着的物體，只有當他的由重心的牽制的



第十二圖 照這樣坐，
就不能從椅上起來

垂直線，通過物體基本的內部時候。他纔不傾倒。因此如傾斜的圓管是不會倒下的；又如在比薩（Pisa）與波龍納（Bolsne）的“斜塔”，以及在亞勒散得有所謂“傾斜的鐘樓”雖然是仄斜的，牠們不倒下來的原因，就因為被牠們重心所牽制的直線，還沒有越出根本的境界。（自然，還有其他原因，如牠們的根基是深埋地下，但這是第二義的）。

立着的人不倒下來，也只有當他的重心在空間成直線的時候。因此用獨腳站起來是很難的。至於立在繩索上是更困難：因根基很狹小，垂直線易於越出境外。你們看到過“老水手”走路時奇怪的姿態嗎？他們一生在盪盪的船上過活。在那裏是他們身



第十三圖 在阿勒山得的斜塔

體重心的直線。每秒鐘有越出他們所佔據的空間境界的可能。所以水手們生活中習慣於把自己行走的步態，儘量能佔取廣大的空間。（兩腳擺得開），使在

搖盪的甲板上得到穩固。自然，這一習慣當他們在陸地上行走的時候也保存着的。我們也可以再舉一相反的例子，說明力學上如何制限着人們步行的姿態。你們注意到過頭上頂着重物的人的步態嗎。頭上頂着重物，必要把頭部與軀體對直。稍有傾斜，平衡即被破壞，重物就要落下。

現在再回轉來講坐的人站立起來這一實驗吧。坐着的人，他的重心是在軀體內部，相近於背脊骨的臍部上二〇後的地方，由此點出發的垂直線，通過椅子，在兩腳蹠的後面，人要立起來，就應把這直線移到兩腳蹠的中間。

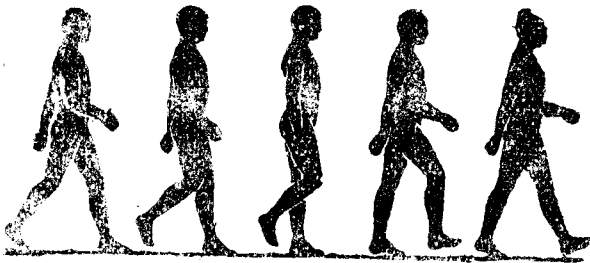
所以我們要站起來，就應當或是把胸部前傾，把重心移過，或是把腳移動到後面去，作為重心的支柱，這是我們通常從椅子站起來的時候這樣做的，不然，就沒有辦法。

步 行 與 奔 跑

在你的一生，每天要做數千次的事情，大概總是明瞭的吧。可是仔細一想，倒又不盡然，我們且舉一最好例子——步行與奔跑，這二個動作，你們是再熟

也沒有了吧。但有許多人能說明白做這兩種動作，自己身體的表現有什麼不同嗎？且聽聽生理學上講的關於步行與奔跑的話，那我相信，有許多人會覺得新鮮的。

譬如人以右足一足站着，同時把左足提左腳的腳踵，軀體向前，這種狀態之下，自然由重心所出的垂直線，離開了作為支柱的根基。人就將向前倒，可是剛要倒下，停留在空中的左足就迅速地前進，於是

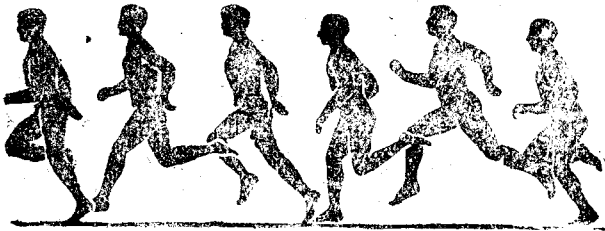


第十四圖 人在走時身體應有的姿態

由重心所出垂直線，即被兩足聯合所形成的支柱所支持，而保持得平衡。人就得一步前進。

在這種狀態之下，他本也可以休止的，但如要繼續前進，那再把自己的身體向前傾，由重心所出的垂直線移置於支柱的境界以外，這時人仍有傾倒的威脅，於是復用足進前，可是這次已不是左足，而是右

足，這又完成了新的一步。這樣，步行不是別的，是不斷的一系列的傾。停在後面的足適時地移動進前去恢復支柱。



第十五圖 人在跑時之姿態，前進時兩足不落時

我們把事情再仔細地加以觀察，當我們的右足還未離地而左足已前進著地的時候，如果步伐是不很短的，那右足跟就要提起。正因這一足跟的提起，使身體可傾前與破壞了平衡，隨着左足整個足底的着地，右足就完全舉起空中，同時膝部稍有彎屈的左足，由於大腿骨肌肉的緊縮而改直，且立刻成爲直線。這也正可使右足不著地而半屈前進，隨着身體的移動，把足跟灑在地上。這樣，就恰巧地完成次一步伐。

奔跑與行步的區別，就在於站在地上的脚，以他筋肉的突然的緊縮，盡力地把身體拋向前面，人身在一霎那之間是完全離開地面的，身體在空中，兩足交互地落在地上，所以跑是兩足交互地一系列的跳



躍。

至於人在平面上行走，力的消耗當然並不是等於零的。每一步必要把身體的重心舉起幾釐，大概在平面上行走的工作，是相等於登高的步行十五分之一。

從車子裏出來要向前跳嗎？

把這一問題去向無論那個人提出，他們大都會這樣說：“如果要穩當，就必須這樣，因為這是合於惰性的法則”。這樣的回答大概你們不會感到滿足，還須請他再詳細些說明一些惰性的法則，但事情是一點也不要爭論，且請他自己先去試試看，立刻會自己疑惑起來，正因為惰性的結果，這跳出來恰恰是要向後的。

事實上，所謂惰性法則在這種場合，是演着次要的作用，還有其他另一種主要的原因，若是忘了這一主要的原因的說囑，那就只有得到向後而不是向前的結論的。

譬如說，我們在車輪失事的情況下，我們必要在車子進行中跳來下，那事情怎麼樣呢？

當我們從在動的電車中跳下來。我們的身體離開了車輛。依慣性是我們身體有傾向前的某種速度的。我們若向前跳。那自然不消滅速度。而是增加速度。所以我們要向後跳。決不是向着車輛進行的前方。因向後跳。依慣性所給與我們身體的速度可以消滅。我們身體著地。不致有強力傾倒的危險。

可是這一說明的理論。又和實際的情形相矛盾的。在實踐上。我們仍堅決地勸告讀者們。從在行動着的馬車裏跳下來。向後跳是很不利的。

這到底是怎麼一回事呢？

問題是在於回答沒有充分。無論向前跳或向後跳。如果身體上部還在動。而著地的足部已停止了。那終是有傾倒的危險的。這種動的速度。向前跳比向後跳要大得多。可是重要的事實。是在於向前跳而傾倒下來。比向後倒要少危險性。因為我們已習慣於把我們的足提前去以預備傾倒。我們在一生中已相習了的。從力學上我們已知道行走就是我們身體之一系列的前傾。以足提出去預防傾倒的動作。所以向後倒。我們的足就沒有這樣靈活可靠。而且。即使倒下來。我們向前倒。還可伸手去撐。往後倒就很難支持。

這樣，從車子裏出來向前跳，危險性較少，並不多多少少依慣性的法則而使我們的身體得到調整得快，所以你們投行李要向後而自己跳下來要向前。

有經驗的人們——如電車上的賣票員與檢票員等，他們往往以背朝着跳的一面向後跳下，這是可以得到兩重的便利：既可使依慣性所賦予我們身體的速度減輕，且可預防向後傾跌的危險。

用手抓住礮彈

當帝國主義大戰的時候，法國的飛行家曾在報上宣佈着一種奇聞：他在二千米高度飛行的時候，看到有一小東西撲向他的面上來，他以為這是昆蟲吧，於是用手去抓住，抓來一看，使這位飛行家驚駭了，原來他抓到的……卻是德國的炮彈。

這像童話中閔豪生伯爵（註）手撈炮彈的故事，真的有這回事嗎

實際上，這位飛行家抓到炮彈，一點也沒有奇怪。

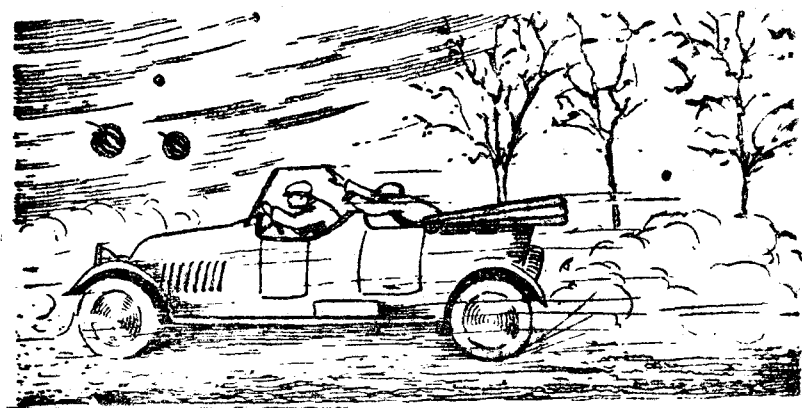
（註）閔豪生伯爵是德國一個著名的故事閔豪生奇遊記中之主人翁，該書內容極怪誕而極興趣，中文已有譯本。

子彈進行的速度 並不是常常有和他初發時一秒八〇〇——九〇〇米的速度。由於空氣的抵抗力，他逐漸降低飛行的速度，到後來只一秒四〇米。而這種速度却為飛機所常有，所以當飛機與炮彈同一速度，飛行家會看到炮彈不動，或只看到微動。他自然可以用手抓住。尤其是飛行家戴上手套，子彈在空中已燃燒過降到一〇〇度，這種子彈，飛行家抓住是完全無礙的。蘇聯物理學家扶奴柯夫 (V. Pvnukov) 他告訴我們他在戰爭中，好幾次拿自己的帽子，兜着這種子彈。

西 瓜 彈

子彈在某種條件之下成為無害。可是在某種相反的情況之下，“和平的”物體，以緩慢的速度被拋擲出去，却會發生極損害的作用。當一九二四年舉行由列寧格勒至第佛利司 (Tiflis) 汽車疾駛的時候，高加索鄉村裏的農民，歡迎在他們身邊跑過的汽車，投給汽車的乘客們以西瓜，甜瓜，蘋果。可是這些誠摯的禮物，却表現可怖的結果，西瓜和甜瓜，敲碎了汽缸，落在乘客車上的蘋果，却使他們受了嚴重的創

傷。這因由是很容易明白的。汽車本身的速度，再加上西瓜與林擒所拋擲給牠的速度，就變成危險的，有破壞力的子彈。而且這容易算出，以一小時駛行一二



第十六圖 對迎面疾駛的汽車投以西瓜，西瓜即等於砲彈

○呎速度的汽車，投以四○呎重的西瓜，這正和一○克重的砲彈具有同樣的動力。

西瓜在這種條件之下，其貫穿的效能，當然不能和砲彈相比。因為西瓜沒有這種堅硬性。

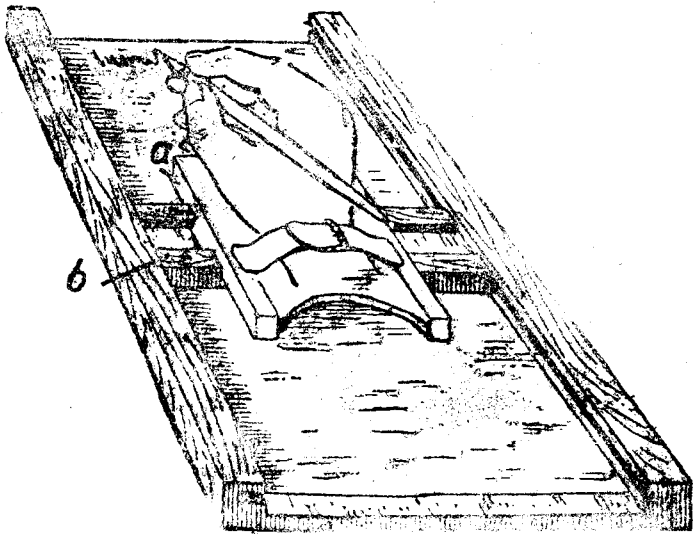
高空層的飛航，飛機的速度達到一小時三○○○呎，也相等於子彈飛行的速度。每種物件落於這種超速度飛行的飛機上，都可變成有破壞力的彈藥。如果有一顆子彈，只是簡單地從別一飛機上掉下來，還不是迎面飛來的，那也等於遭受到機關鎗的射擊。因

爲這種衝擊的破壞力的效果是相同的。

我們已經知道，子彈跟着飛機後面的飛行，以同樣的速度，這時飛行家是毫無損害，幾乎以相等的速度，向着同一目標進行的物體，即使接觸也不會發生打擊與損害。於一九三五年機師波爾舒乞夫(Borshchev)曾巧妙地利用這一法則而避免列車的失事，事情是發生在南方鐵道上由葉里尾柯佛至奧利山克(Elinikov-olshank)這一段行程，波爾舒乞夫所開的列車前面，有另一列車，這前面的列車因蒸汽不足而滯留了，機師於是把車頭帶着幾輛車開向前去，把其餘的三十六輛，丟在路上，可是這些車輛沒有放下制動機，自行向着斜坡以一小時一五卅的速度後退，這與波爾舒乞夫這列車有撞擊的危險，他看到這危機，就機警地立刻停止前進，並且向後退，也駛着一小時一五卅的速度，正賴着這一動作，居然給他把三十六輛列車接受在自己的列車上。沒有遭受些微的損傷。

根據這同一的法則，構成有非常便於在進行的列車中書寫的儀器，列車在開行中書寫的不便，是只因為軌道結合點的推動，傳達於紙與筆端不是同時

的，如果使紙與筆頭同時受到震動，那就相互不妨礙而等於安定時的書寫一樣。因此而有如插圖第十七那樣的儀器，拿着筆的手扣住於 A 的板上，這板可以在 B 的橫檔上依着騎縫左右移動，而這 B 的橫檔又可依着擺在車廂小台上的底盤的兩旁活縫，使板上下移動。我們試看，我們書寫依舊可以一字一字一行一行地自由移動，而達於紙上的每一推動，也以同



第十七圖 適用於列車中寫字的靠手板

一時間，同一力量，達於我們拿筆的手，這種條件之下，列車在進行中的書寫，與坐在不動的車廂上一樣方便，只是頭與手所受的推動不能同時，目光滑過紙上不能平穩。

在天平台上

只有當你立在天平台上不動的時候，纔能真實地秤出你身體有多少重量，你且把身體彎曲一下，那你身體的重量在天平上會表現減輕。爲什麼呢？這是因爲上身曲折，筋肉把身體下部提曳上去，就表現到對身體支柱上的壓力減少；反之，如果你停止曲折，把全身筋肉著力，身體全部都向下壓的時候，那跟着在天平台上身體下部壓力的增大，就顯現重量的增加。

在敏感的天平上，甚至你舉起手來也會引起秤量的搖動，影響你體量有稍微的增大，手向上高舉，筋肉靠在肩頭上，因之使體部向下壓，而天平台上的壓力即隨着增高，如果手仍舉在上，把筋肉做成相反的动作，便提曳到肩上，一若傾向於指端去，那這時你體量就減輕。

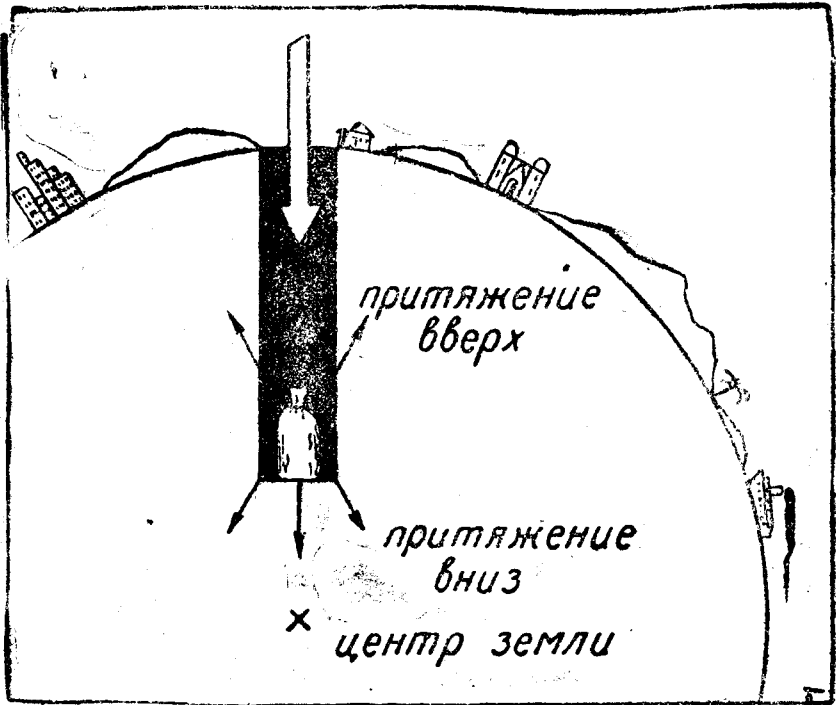
總而言之，以內部力的動作，我們可以增加或減少我們的體量，——自然，這是指着一種對支柱上壓力的量而言。

物體在那裏會較重？

物體被地球所吸引的一種力量，隨着物體之高離地面而減少。如果我們舉起一千克重的砝碼在六四〇〇呎的高點，即離地心至牠的兩個半徑之遙，那引力就減少至二乘二，即減至四倍。這時在秤桿上的砝碼，就只以全重二五〇克代替牠的千克了。根據引力的法則，地球吸引外面，是全量集於中心。這種引力以物體向外距離的自乘而減少。那我們上述的例子，砝碼離地面為一二八〇〇呎，即離地心三倍，引力減少至三自乘（九倍），於是千克重砝碼，這時全重只有一一一克了。

由此產生了一種推想，以為砝碼愈接近於地心，引力愈強，於是砝碼愈在地的深處，重量愈大。其實這種推想是不正確的。物體愈深入地內，不單重量不增加，且反而減輕。要說明這一理由，是在地球的牽引部份，不只限於物體的一面，而是各方面的。請看插圖第十八，那你可以看到置在地球深處的砝碼，一部份被吸引於下，同時一部份也被吸引向上。因此可以明白：引力的作用，只發生於這物體所在地離地心等於

半徑的限度內，所以物體愈深入地內，物體重量愈減，若直達地心，重量會完全消失，因物體周圍以同一力量吸引其各部份。



第十八圖 在地的深層內引力減低的原因

我們可以看到，所有大的物體，近於地面上去秤量，把牠離地稍高或過低一些，都會減少牠的分量。

當物體下墜的時候有多少重量呢？

你注意到過，當你站在起重機上開始放下來的

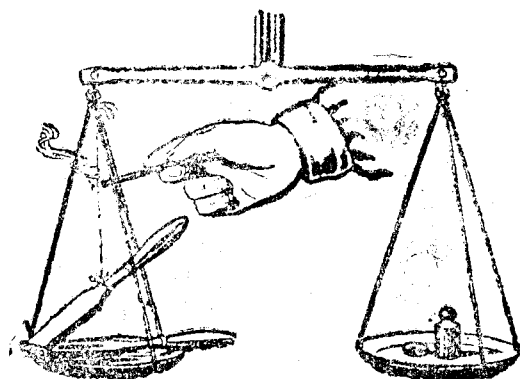
時候，受到一種如何奇異的感觸呢？只感到自己非常的輕飄，似乎人在鴻溝中飛墜……這不是別的，而是無分量性的感覺。當你的足部，已放下地面的時候，你自己已不感到這種速度，你身體還幾乎不能立刻踏着地上，因為還感覺自己分量很少，過了一剎那，這種奇異的感覺斷絕，你身體落下的速度似乎比在平勻的起重機上要快，靠着了地，又重新感到自己有完全的重量。

你試把砝碼掛在有彈簧的天平的鉤子上，看天平帶砝碼一起迅速放下去，看天平的指針怎樣在動，你可以看到指針所表示的砝碼的全重量，要減少得多，若聽其自由下墜，那可以看到指針只在零點上，和沒有分量一樣。

這不是指針不可靠，而實際上下墜的砝碼，稱不出分量來。最重的物體，只當牠在下墜的時候，成為完全無分量，這很容易明白，我們所謂重量，是物體被我們去提曳牠或壓在於自己支柱上的力。可是下墜的物體，天平的彈簧上一點不發生曳伸，也一點沒有憑靠，因此，如果問：物體下墜時有多少分量，也等於問：物體不懸掛時候有多少分量？

力學建立者伽里略還在十七世紀的時候，就寫道：“只有在我們肩上的重物努力不使牠下墜的時候纔感覺到重量，如果我向下去，和我肩背上重物同樣的速度落下去，那我還有什麼負擔呢？同樣，譬如我要把標槍投射那在我前面跑的人，而這個人跑的速度和我的標槍槍動的速度同樣，還有什麼用呢？”

我們再可以下面的輕易的實驗，證明我們推論的正確。用一桿商業上普通使用的天平秤，在一個秤盤上放着撥開兩腳的鉗。一鉗腳用線掛在秤桿的



第十九圖 下墜的物體有無分量性的實驗

鉤子上(如插圖第十九)，另一秤盤上放着砝碼使維持其平衡，於是再擦一根火柴把這線燒斷，那上面懸空這一鉗腳就下墜盤上。

這時天平上會發生怎樣變化呢？當鉗腳正下墜

的時候，這一秤盤提起還依舊保持平衡呢？

如果你們已知道物體下墜沒有重量的，那就會預先正確地回答，這秤盤在這一剎那是會提高的。

事實上，這上面的鉗腳，雖然和在下的腳合併可是終與不動的狀態中給與較少的壓力，鉗的重量減輕，自然這秤盤有一時的提高。（這是羅森倍柯 (Rozenbety V.L) 的實驗）。

從大礮到月球

在一八六五——七〇年時期內，法國出版了一部柔利·勃倫 (Zhiuli Bern) 著的幻想小說“從大炮到月球”，他說出了一種極稀奇的思想：把載着活人的“砲彈車廂” (Shell-waggon) 裝在大炮內！柔利·勃倫自己做成儼乎其然的設計，大多數讀者，大概會發生問題：這一種思想，難道真的不會實現嗎？

到現在已算過了一世紀四分之三的時光，對於巨砲的裝置方面，技術上已有大步前進，如爆裂物體力的增大等等，法國小說家的這一幻想能相近於具體化了嗎？

對於這問題，我們談談倒很有趣吧？

我們是否能夠把炮彈送到月球裏去？

首先我們考察，即使只從理論上說，從大炮射出去的炮彈，能否永遠不落地上。理論上是不懷疑這一可能的事實上，為什麼大炮從地平線上射出去的炮彈，結果終於落在地上呢？因為地球吸引着炮彈，彎曲了牠所走的路。所以炮彈不是依直線飛，而是依着曲線（或稱弧線）向地球上來。因此遲早總要碰着地面。的確，地球的表面也是曲線的，可是炮彈曲線的路程比牠短得多，如果炮彈的曲線和地球表面的曲線同一程度，那這種炮彈，將永不落到地球上！牠將繞地球以同心圓的旋轉，換句話說，做了地球的伴行者，和第二個月球一樣。

但要大炮所射出的炮彈，也走着與地球表面曲線同程度的路，這怎麼可以達到呢？必先要有充分的速度，且注意畫着地球斷片的插圖第二十，在A點的高山上擺着大炮，若炮彈水平線地射出去，經過一刻而至B點——這是譬如設地球沒有引力的話，可是引力的存在，改變了這一事情，在引力作用之下，炮彈經過一秒，不是在B點，而是在比B點低五米的C點，五米——這是每一自由下墜的物體，在接近地

面的重力作用之下，在第一秒內所經過的途徑。如果炮彈低落五米，那還表示與地球差A 點的距離相同，



第二十圖 砲彈要永遠離開地球的計算

也就是說，牠還依着地球圓周作同心圓的曲線飛行。

現在我們要計算 AB 一斷片的即炮彈在一秒內依水平線所通的路：（插圖第二十）我們必要知道，爲要達到這目的，那從砲口射出去的砲彈，要有每秒鐘如何的速度，從 AOB 三角計算起來也並不難 即：

OA = 地球半徑（約 6,370,000 米） OC = OA
BC = 5 米。 因此 OB = 6370005 米

由此根據畢沙古拉氏 (Pythagoraou) 的理論，有如下的公式：

$$(AB)^2 = (6370005)^2 - (6370000)^2.$$

算出這未知數的速度是：AB = 每秒約 8 千

這裏還沒有把強烈阻礙砲彈迅速運動的空氣計入，由砲口射出以每秒八千米速度的砲彈，將永不落地，環繞着作爲地球的伴行者。然而大砲能達到這樣

速度，是不能夠的，現代的（不論如何超遠射的）大砲所能給砲彈的速度更增大——那牠到那裏去呢？在天體力學上證明，如果從砲口飛出每秒至八或九，甚至一〇浬速度之下。那可描出爲在地球周圍的橢圓狀，初發的速度愈大，橢圓形愈伸得開，如果砲彈在每秒約一一浬速度之下，那牠將不是橢圓狀，而爲拋物線狀，將永遠離開地球。

由此，我們可見從砲彈內飛到月球去，在理論上是可以推想的，只要有極充分大的速度。

（這一推想沒有考慮到抵抗砲彈運行的大氣（Atmosphere）的作用，在現實條件下，有大氣的抵抗，很難有得到這樣的高速度，也許是完全不能達到的）。

飛 機 帶 信

你們且設想着，你們是坐在迅速地滑過地面的飛機上，下面是你所認識的地點。此刻，你如果快要飛越在你父母所居住的屋頂上，“要給他們一個平安信吧”——你腦海裏這樣一觸動，立刻寫好幾個字在一張摘記本紙上，把紙縛在石頭上，等到正滑過

屋頂時，就放下石頭。

你大概完全相信：石頭會恰恰落在你家的庭院裏吧。但是實際上牠決不會落到你所要落下的地點去的。

考察從飛機上牠的下墜，你會看到奇怪的現象，降下來的石塊，同時也停留在飛機底下，好像對牠有繫着不可見的線，當石塊達到地面的地點，却是離開你的目標很遠的前面。

這裏就表現了惰性的法則，當石塊在飛機內時，牠是被機器帶着一起走的，你投下牠，牠離飛機降落來，不會消失自己原始的速度，在下降的同時又要繼續完成剛纔前些時在空中的運動，直線與水平線的兩種運動的積累，結果，石塊下降是依着曲線，所以實際上，石塊飛下來和水平線地拋擲出的物體一樣——如從水平線的槍落下子彈一樣，畫成弧形。

如果飛機飛得很高，速度又很大，在無風的氣候中，飛機在一〇〇〇米高點，以每小時一〇〇浬的速度，石塊降下在飛機垂直線下面前四〇〇米的地點。

計算起來並不困難，（若不顧到空氣的抵抗力）石塊從一〇〇米高點投下來。應需時：

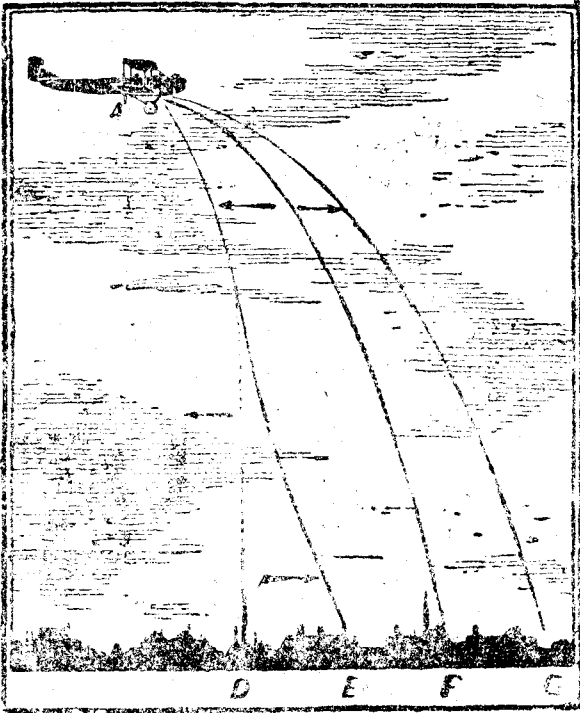
$$\frac{2 \times 1000}{9.8} \text{ 即 } 14 \text{ 秒}$$

在這一時間內，能向着水平線移行

$$\frac{100000}{360} \times 14 = 390 \text{ 米}$$

轟 炸

看了上面所講的以後，就可明瞭，空軍人員得到指令在某一預定的目的地上投炸彈，任務是並不容



第二十一圖

易，他必要計算到飛機的速度，重物下降的條件，以及風的速度等。如在這上面的插圖，即畫出了炸彈在不同的條件下有各個路線，如沒有風，炸彈走的曲線是AF，在向前順風時是依着AG，在穩和的逆風時，依着AD一線，如果風向上，向下相同，曲線的下落依着AF一線。

爲什麼尖銳的東西會刺人？

你們想到過這問題嗎？爲什麼針是容易刺入物體？爲什麼小針易於刺入紗布或厚紙，而粗釘就難穿過去？雖然這兩種動作，都使用同等的力。

力量是同樣的，可是壓力並不同樣，在前者是壓力集中於針端；在後者則壓力分佈於佔廣大面積的釘端；因此，雖然我們用力一樣，而針的壓力比粗釘的壓力要大得多。

每個人都可看到，帶二六個齒的犁耙比帶着六〇個齒的犁耙，耘土要深得多，因每個齒的重壓量，前者比後者要大。

一般，當講到壓力的時候，必要時常注意到這力所作用的面積；正如我們說某人拿到一〇〇〇元的

薪水，我們還不知道是一年還是一月計，怎麼能說是多還是少呢？同樣力的作用要知道牠分配在平方糞上，還是集中在平方糞的百分之幾上。

人穿着雪鞋（Ski）可以在脆雪行走，沒有雪鞋就要陷落，爲什麼？因爲前者比後者身體的壓力分配在較大得多的地面上，如果雪鞋的面積比我們腳蹠佔大二〇倍，這就是雪鞋在雪上的壓力比腳蹠小二〇倍，所以脆雪能支持前者而不能支持後者。

根據同樣的原因，在沼澤地做工作的馬，在馬蹄上要套上特種的“鞋”，使增大腳支點的面積，減少在沼澤地上的壓力：馬足不陷入於沼澤中，在有幾處沼澤地上的人們也用同樣方法。

在薄的冰河上，人往往可以爬行過去，這也是因爲人身的重量，分配於廣大的面積上。

最後，我們再講到一種特殊的坦克車和無限軌道的（Caterpillar）曳引機，不會沈陷在鬆脆的河底，不管牠本身有極巨大的重量。這種原因的說明，仍由於把重量分散在廣大的支點面積上。這種無限軌道曳引機，有八噸多的重量，表示在泥地上每一平方糞不過六〇〇克重的壓力，在加里甯城“五一”汽車工

廠內製成這種曳引機，用作沼澤地上的運貨。牠負載着二噸重的貨物，表現在每一平方糞泥地上的壓力爲一六〇克，因此牠在泥炭的沼原上或砂地上能夠順利地進行。“這種貨車——這一工廠的工程師寫着——在亞斯脫拉干邊境與中亞細亞等的沙漠上工作的成就，逐漸排擠出那裏以駱駝轉運的方法”。

從我們上面所講的看起來，那末尖銳的物件易於穿入，只因爲牠分配壓力於極小的面積上。

同樣的原因 刀鋒銳利的比粗鈍的易於斬割，也因爲力量集中於極纖微的鋒度，而壓力增大。

鯨魚的類似

爲什麼我們坐在簡單的條櫬上覺得吃力。坐在同樣木製的平滑椅子上就一點也不覺吃力。爲什麼我們睡在兩端縛着粗繩的網的吊床上覺得很輕鬆？爲什麼我們臥在有彈簧墊子的沙發上就覺非常舒服

這要瞭解並不難。並在平面的粗製的條櫬上，我們的身體和牠相接觸的只是微小的面積。我們全身的體量就集中在這小面積上面。椅子是凹形的座位，接觸身體的地位大得多。更可分散開身體的重量，在

每面積的單位上愈少受壓力。

事情就是在於壓力之是否能更均衡地分配，當我們睡在鬆軟的榻上，使相合於我們不平直的身體都入深陷狀態，身體表面壓力的分散達到意想不到的均勻，每一平方糎，只佔着幾克重量，所以自己感覺到非常舒服。

普通一個成年人全身的面積約二平方米，或稱二〇〇〇〇平方糎，當我們睡在榻上的時候，且說牠着面約四分之一，即〇·五平方米，或稱五〇〇〇平方糎，我們全身的重量（依中等計）約六〇斤，或稱六〇〇〇克。那末每一平方糎只佔到一二克，當我們睡在平板上，那我們身體所接觸的支點要有些減少，因之在每一平方糎的壓力就要增大，這一分別是我們身體自己易於覺得的，說我“很著力”。

但即使是最堅硬的床上，也會感覺到一點不吃力。如果能把壓力均勻地分配於廣大面積上的話，譬如你先臥在輕鬆的粘土上，你身體的凹凸的痕跡就印在上面，現在你站起來，加果再用大石照着這模型琢成大床，你照先前那樣睡下去，那你就和睡在軟蒲團上一樣。洛蒙諾梭夫（Lomonosov）曾有一首鯨

魚的故事詩：

臥在磷峒的石上。

一點也不顧到牠的堅硬，

爲着有極堅強的力，

在牠以爲是臥在鬆軟的粘泥上。

但是我們以爲不覺吃力的原因，不是在力的堅強，而是把體壓分散於廣大的面積上。

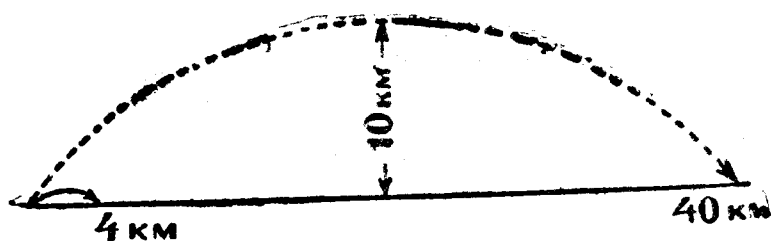
第三章 環境的抵抗

子彈與空氣

空氣阻礙子彈自由的飛行，這是大家知道的，但空氣的阻滯作用如何巨大，恐怕明瞭的人還不多，大多數人以爲像空氣這樣溫柔的環境，我們普通幾乎不會感覺到，對鎗彈趨向的飛行有多少明顯的阻滯力。

你們且去看看插圖第二二就會明瞭空氣對於子彈的阻力，真是非常厲害，在這圖上所描出的大弧形，就是在沒有霧圍氣的存在，現代步鎗所飛行的途徑（四十五度角度之下，初發的速度爲六二〇米）子彈所畫出的弧線，高點達一〇呎，距離達四〇呎，實

際上，在四〇呎之下，這弧緣還並大，從初發時幾乎看不出空氣有這樣反應作用的！



第二十二圖 子彈在空中的飛行綫

若沒有空氣作用，步槍子彈落於四〇呎距離點的敵人，相等於從一〇呎高點所落下的鉛雨！

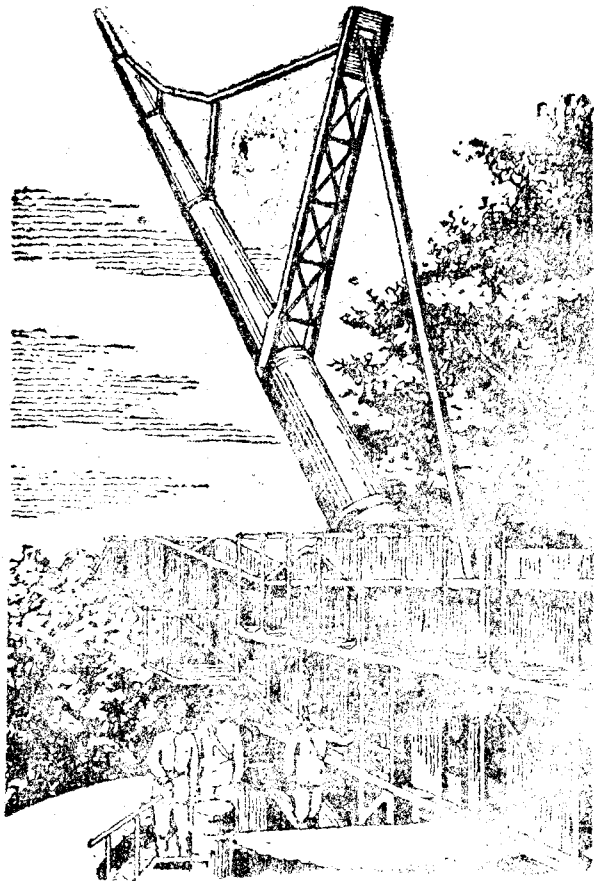
超遠程的射擊

在現代的武器裝置條件之下，有一種大炮，能射及一〇〇呎以上的距離點的敵人，這種炮首先實行於帝國主義戰爭終結時期（一九一八年）德國的炮隊中。當時因英法空軍的進步，德國人的空襲失了效用，於是德國參謀部去發明另一種炮攻的方法，使能從陣地上距離至一一〇呎的法國首都被射擊到。

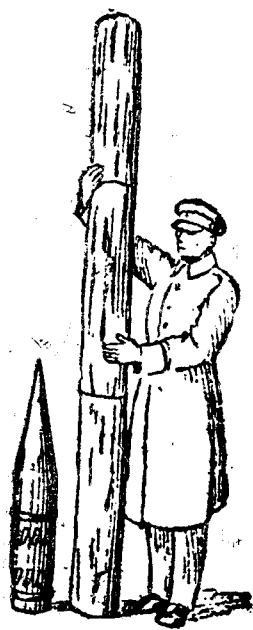
這是誰也沒有試驗過的完全一種新的方法，從炮的巨大口徑，以高舉非常大的角度射擊之下，被德國炮兵偶然地發現了射擊的高度由二〇呎而達到四

○杆，表示子彈急峻地向上飛出，以極大的初發速度，使牠達到與雲圍層和隔絕的高點。因為到那裏空氣的抵抗力異常減少，使炮彈更可飛越極遠的途徑，然後急轉落下。插圖第二十五 就顯著地表示着彈道在各種高舉的角度之下 有如何差別。

這一德人超遠射巨炮設計的目的，是要射及一



第二十三圖 德國超遠射砲之外形

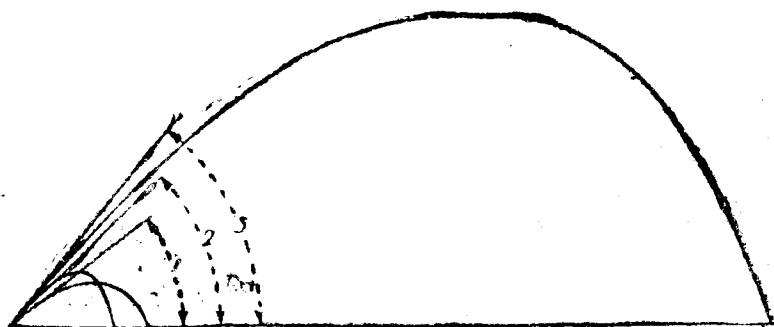


第二十四圖 砲身與彈

一五千米距離的巴黎。一九一八年夏，這巨炮已被迅速地裝置完竣，對巴黎曾發出三〇〇個以上炮彈。

在最近幾年來，這一巨炮裝置的祕密，已傳及各國，（德人自己也公佈過牠的構造的圖案與各種射擊的條件）。我們在這裏且說說牠幾種有趣的報導。

砲身是巨大的鋼管，長三四米，厚達一整米，基部內壁的厚度為四〇釐，砲的重量為七五〇噸，牠的一二〇噸重的炮彈，長及一米，厚為二一釐。內裝火藥一五〇噸，壓



第二十五圖 超遠射器在各種角度下彈道的變化

力為五〇〇〇的“亞脫摩司費爾”（Atmosphere 大

氣之壓力每方寸有十四又十分之七磅) 炮彈初發的速度每秒二〇〇〇米, 是高舉在五二度角度之下, 弧線的最高點約離地四〇呎, 已遠入高空層, 由炮位至巴黎——五呎的途徑飛行三分半的時間, 其中三分爲在高空層的飛越。

這是首創的超遠射巨炮, 能射出一〇二呎以上的炮彈。這裏的插圖第二十三, 第二十四, 卽顯示牠一切的外貌。

炮彈初發的速度愈大, 空氣抵抗力也愈大; 但這不是與速度成正比例的增長。飛行至其次與更高階段時, 而飛行更迅速, 飛行力與速度成正比例而增大。

紙鳶爲什麼會飛起?

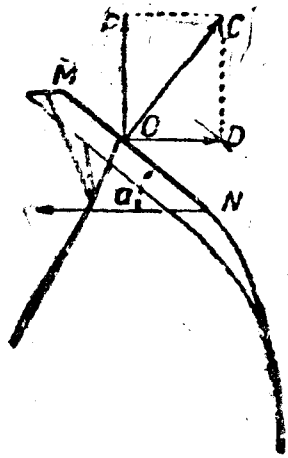
你們想去說明白, 爲什麼紙鳶當我們把線索往前一拉的時候, 就會飛起的道理嗎?

如果你能回答這一問題, 那也已瞭解了飛機飛行的原因, 楓樹子在空中飄揚的道理, 甚至你也會一部份去說明澳大利亞人所使用投鏢式的軍刀“婆曼琅”(Boomerang)之奇異的運行的法則, 這些一切,

都是一個系統的現象。對於子彈的飛行具有強大抵抗力的空氣的本身，不僅限制了輕浮的楓樹子與紙鳶的飄盪并限制了載着數十旅客的重大飛機的飛航

爲要說明紙鳶上升的原因，且來畫出簡略化的圖象（插圖第二十六）。我們且以MN的一線爲紙鳶的斷面。放在地上的紙鳶，當我們拉動牠的牽線的時候，牠就動起來，爲着尾部的重心，就呈現斜形。我們且說這運動自右至左。我們在這裏所顯示的紙鳶平面的斜角，就經過A而至水平線。我們看這種情況之下是怎樣的力，作用於紙鳶的上面呢？空氣是阻礙牠運動的，對紙鳶表示某種壓力，這壓力我們在這插圖上是畫成OC的指針，空氣是經常垂直線地壓到平面上，而OC一線對MN被形成直角，OC一線的力分散到兩方面，於是形成所謂力的平行四邊形，把OC的力代替爲OD與OP兩種的力。由於OD的力把紙鳶推向後，因此減少牠的原始的速度。另一種OP的力把紙鳶引向上：這就意味着減輕牠的重量，如果這一力已充分強大，能克服紙鳶的重量，那就會把牠提起。所以當我們把紙鳶的牽線，向前拉着的時候，紙鳶就會向上高升。

飛機，和紙鳶同樣，不過我們的動力，更換在空氣中自己旋翼推動的推進器的工作，使機器向前運行，至於牠高升的原因，那和我們前面所講的完全一樣。關於限制飛機上升的其他條件，當然更要有詳盡的圖解，這裏恕不細談。



第二十六圖 作用於紙鳶上的那種力量

活的滑翔機

你們看，飛機的構造，並不如我們通常所想像的以為和鳥一樣。倒和栗鼠與飛魚有些相仿。這些動物，利用自己的飛行膜，並不是為着要高升，而只是想完成巨大的跳躍，——和飛行家所表現的“滑翔”一樣。牠們所有OP的力（參閱第二十七插圖）還不能充分與牠們體量維持均衡，只能有助於牠們從高點上完成大的跳躍。栗鼠能從一棵樹梢跳到另一株樹下部的葉枝上，躡越至二〇——三〇米的距離。在東印度與錫蘭等處，有一種大種的飛鼠（Taguan）和

我們貓差不多大小，當牠展開自己的“滑翔機”的時候，其闊有半米，這樣闊幅的飛行膜，使牠不顧有比較重的體量，也能完成五〇米的跳躍。

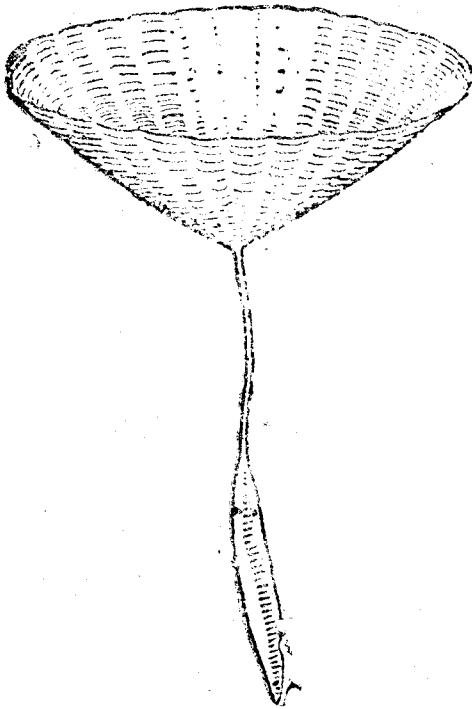


第二十七圖 栗鼠的跳躍姿態

物植之無發動機的飛翔

植物間也有很多借助於滑翔的作用，為散播自己的種籽。有許多種籽或具有纖毛絲，（球生類的蒲公英(Dandelion)羊鬚草(Goatee)棉籽等）牠們的動作和降落傘相彷彿，或者把幼芽的形式保持平面形。這種植物的滑翔機，我們還可以看到如針葉、楓樹葉，榆樹葉，白楊樹葉，菩提樹葉和其他傘形植物等。

在凱涅爾·封·馬里拉溫 (Kerner-Von-Marilaun) 的《植物的生活》,這一本名著上,我們可以讀下面一節話:

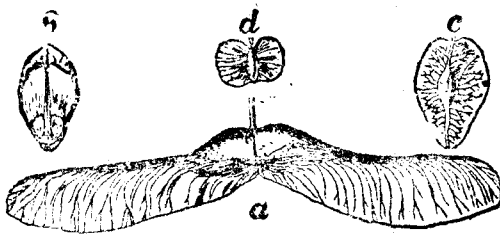


第二十八圖 羊鬃草的種籽

“在無風的晴日,許多種籽能垂直地乘氣流而升達非常高的高點,可是一到日沒,普通又在不遼遠的處所落下來。這種飛翔的方法,重要不只在於多少爲植物的廣播,而尤其重要在於這些植物移居於屋簷上在峻峭的裂縫中,在垂直的斷崖上,不能有其他方

法到那裏去的。水平地在流着的氣體，能夠把這些種籽，帶往空中飄翔而至極廣大的距離之外。

“有幾種植物，只有在飛行的時候是翼和傘與籽相聯結的。薊 (Thistle) 的飛在空中飄翔的時候是穩定的，可是飛到阻礙物，籽就離傘而落地。這就可以說明，所以薊的發芽往往在牆腳根”。



第二十九圖 幾種備有滑翔機的植物種籽

我們在這裏所描的第二十八第二十九的插圖，就是牠們備有“滑翔機”的幾種種籽。

植物的滑翔機在許多關係上，甚至比人造的還完美，牠們與自己體量較重得多，可是牠們能高舉起來。此外，牠和汽車的構造也有區別，譬如印度的茉莉 (Jasman) 種籽，把牠翻向了，牠仍舊會掉轉來，把凸出的一面向下，如果遇到障礙物，牠也不失去牠的平衡，不落下，而是平穩地放下。

降落傘跳躍家滯延的跳躍

我們在這裏必須記住我們降落傘跳躍運動中幾個英勇的跳躍家，從絕大的高點脫身而下，不撐降落傘，直等飛越過大部份路程，才去拉住降落傘的環，只在最後的百米高度上，才放開自己的傘，一九三四年愛夫獨基摩夫（Evdokimov）從八千米的高度跳下來，完成帶降落傘的滯延跳躍之世界記錄。

許多人以為人不撐開降落傘從上面飛下，好像在真空裏墜下來的“石頭”，如果真的人的身體在空氣中，和在真空一樣，那末滯延的跳躍比實際所能完成的更要短少，而終末的速度更要增大。例如七九〇〇米的路（愛夫獨基摩夫所做過的），身體在真空的速度，每秒達四〇〇米，共需時四〇秒，愛夫獨基摩夫的沒有放開降落傘的下墜在同一距離內而費時一四二秒，速度到末了減少至七——八倍。

這一差別的原因，是很容易使人瞭解的：空氣的抵抗力，阻止了速度的增長，跳躍家身體下墜的速度只在最初十數秒的數百米長度內，滯延的速度是增大的，空氣的抵抗力跟着速度的增長而加大，到速度

增大到不能再大的時候，運動由促進而成爲均等。

所以可以畫出總括圖象來計算。從力學的觀點來講，滯延的跳躍。跳躍家只在最初十二秒（這視他的體量與裝置或稍減少）延長他的急促的下墜。在數十秒之後，他已降下四〇〇——五〇〇米，可以節約速度至每秒約五〇米，在以後的路程上就可以帶着這種被節約的速度，以平均的運動而經過。

我們也可以把雨點的下墜作例子。下降的最初階段，速度非常大，這樣繼續約一秒之後，最後雨的速度比跳躍家滯延跳躍的速度，就並不大得怎麼樣多，視各種水滴之差異，約每秒有由二至七米之間。

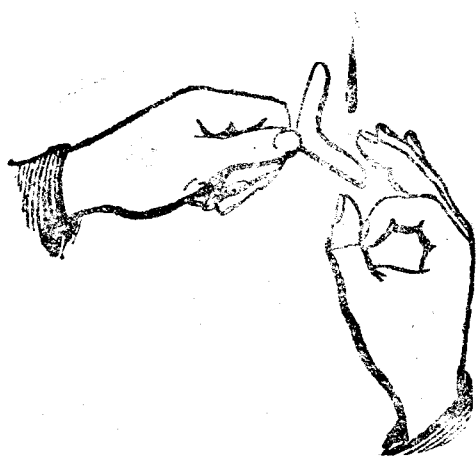
“婆曼琅” (Boomerang)

這是一種獨特的武器——原始人的最完美的工藝製品——久已引起學者們的驚詫。的確，奇異的雜亂的形狀，會使“婆曼琅”在空中具有令人驚歎叫絕的功能。

在現在關於“婆曼琅”飛行的理論，已被學者們曝露淨盡；我們在這裏不想作詳細的敘述，只想說明“婆曼琅”飛行的奇特的路徑，是由下列三種情況協

動的結果：一、原始的拋擲；二、婆曼琅的旋轉；三、空氣的抵抗。澳大利亞人本能地能夠把這三種要素聯貫起來，他們更人工地改變“婆曼琅”的斜角，使牠的力量與拋擲的方向，可以得到自己所願望的結果，而且每個人可以應用這一技藝。

爲要做室內的實驗，用紙製的“婆曼琅”就很可以了，把郵片截切成如插圖第三十的形式，每翼的長度約五釐，闊約一釐，用大姆指的指端捏着種紙製的



第三十圖 紙製的婆曼琅於它的實驗方法

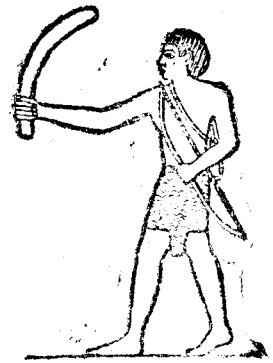
“婆曼琅”彈牠的一端，爲要向前彈去，和要稍高，“婆曼琅”飛過五米，均勻地畫出曲線，有時很奇妙，如果在室內沒有其他任何東西的阻當，就會落在他的腳旁。



第三十一圖 紙製的
婆曼琅之另一種形式

還可做一個較優美的實驗，把“婆曼琅”的幅度製成如插圖第三十所固有的大小，且使牠的翼扭成旋螺形。（見插圖第三十一）這種“婆曼琅”，在有些熟練使用之下，能使牠在空中畫成極複雜的曲線，而回歸於起飛點。

總之“婆曼琅”並不如我們平常所想像為澳大利亞武裝住民之獨有的武器，在印度各地都使用牠的，依壁畫上的推測，也曾為亞細里 (Assiri) 民兵的武裝，在古埃及與奴比 (Nubii) “婆曼琅”亦為衆所周知，不過澳大利亞以具有的特性，是使“婆曼琅”易於達到螺旋形的拋擲，所以澳大利亞的“婆曼琅”，即使應用時不中目標，也能以奇妙的曲線，回歸於投射者的足下。



第三十二圖 古埃及人所使用的婆曼琅

第四章 旋轉——“永久的發動機”

熟蛋與生蛋的分別

如果不敲碎蛋壳，你怎麼能斷定這是生蛋還是熟蛋呢？力學的知識會幫助你解決這一小小的困難。

事情就在於生蛋與熟蛋旋轉起來不是同一的樣式，我們就藉此來解決我們的課題，把所要實驗的蛋放在平面的金屬板上，用兩枚指頭把牠旋轉起來，那時就顯明地可以看出來，熟蛋的旋轉比生蛋來得快



和時間較久，生蛋甚至有使牠旋轉也不容易，熟蛋旋轉的快，能使我們目光分不出牠的輪廓，只成白色的橢圓形的一片。

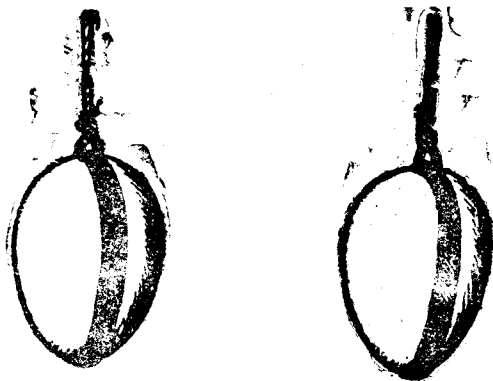
這一原因，就在於養熟了
的蛋，旋轉起來是作一個整體，

第三十三圖把蛋旋轉起來

而生蛋有牠流體的內容。牠的堅硬的外殼演着阻滯作用而有惰性運動的結果。不能使牠一時就得旋轉。

熟蛋與生蛋在旋轉的停止過程上也有分別，在旋轉中的熟蛋。如果一觸着手指，牠就會立刻停止，生蛋就要再經過一剎那，即一觸以後，手指拿開蛋還要轉幾轉，這依舊是由生蛋內容流體惰性作用的結果，外壳雖已安定，而內部還要繼續的動，熟蛋的內容是與蛋殼同時停止的。

也可以用另一種方法去實驗，把生蛋和熟蛋用橡皮圈“依子午線式”套起來。再用同樣的兩條繩索把牠們吊起來。對這兩條繩索，作同一次數的扭轉而



第三十四圖 在懸空中生蛋與熟蛋扭轉的區別

放開。這就顯現了兩者的區別：熟蛋回轉到原狀，因扭轉的惰性，轉到相反的方向去，但又轉回來，這樣

來扭轉幾次，旋轉數也漸少，生蛋來去扭轉不息，要到好久才能停止。

“魔 輪”

如果撐開雨傘，你把傘柄倒立在地板上，再用手把牠旋轉起來，你就可見到牠是轉得非常快，現在你且把橡皮球或揉縐的紙團，丟到傘裏面去，那牠們就不會停落在傘裏面，反從裏面拋離出來，這曾被不正確地稱為“離心力”，其實只是一種惰性的表現，皮球的被拋出，不是向着半徑的路，而是切線的走着環行的路。

在許多娛樂場內有所謂“魔輪”（Decilswheel）

也根據於這種旋轉運動的功效，身試魔輪的人們自己會體驗到惰性力之不可抗的作用。人們散處於圓形的平場上，隨便坐，立，臥，置在場下的隱秘的發動機，均勻地繞着垂直的軸心而旋轉。起初是緩慢的，到後來漸快，速度增加，於在惰性作用之下，所有站在平盤上的人們，都被滑到牠的邊緣上的。這一種運動，起初是不易被察覺的，可是因這些“旅客們”離中心愈遠，落於周圍的徑線愈長，

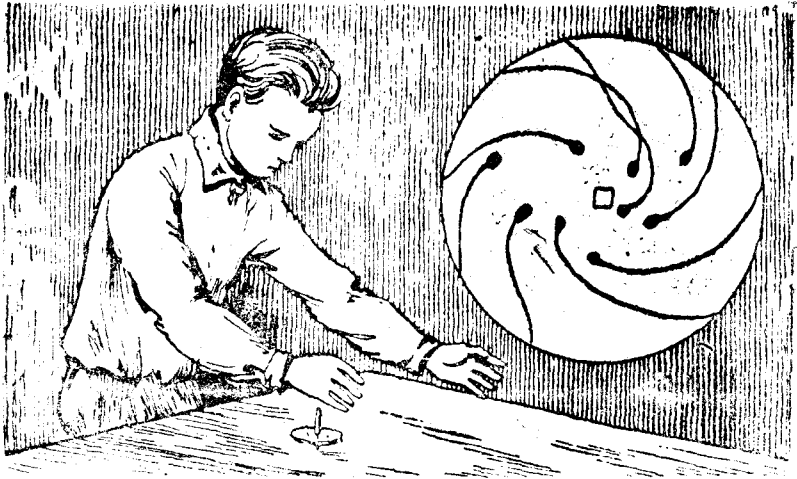
因之，這墮性運動就逐漸表示明顯，任何的努力，不能阻止人或物從“魔輪”中離散。地球在本質上也和魔輪同樣；不過牠是在極巨大的重量上而已，地球，當然不把我們拋開去，但終于減少我們的重量，在赤道上旋轉速度最大，因此重量減少至三〇〇分之一，同時，由於另一個原因（地球的壓縮）每一物體在赤道上重量減少約百分之〇·五，即 1:200，這樣，一個成年人在赤道上秤起來比在極地上要減輕三〇〇克光景。

“黑 旋 風”

用平滑的白色的原紙剪成一個圓片，再以削尖的火柴桿穿過牠的中心，那你就取得了（如插圖第三十五，大小和牠一模一樣）陀螺，要使牠靠着削尖了的火柴尖端那一端旋轉起來，這並不難，只要火柴桿捏在手指中間捻一下放在平地上就行。

用這種陀螺可以做出很顯著一種實驗，在未捻放之前，先在圓片的上面畫出幾個小黑點，不過不要使墨瀋乾，在未乾之前就旋陀螺，當她停止的時候，可看到從每一墨水點拖開了螺旋式的線條，卷曲如

旋風。



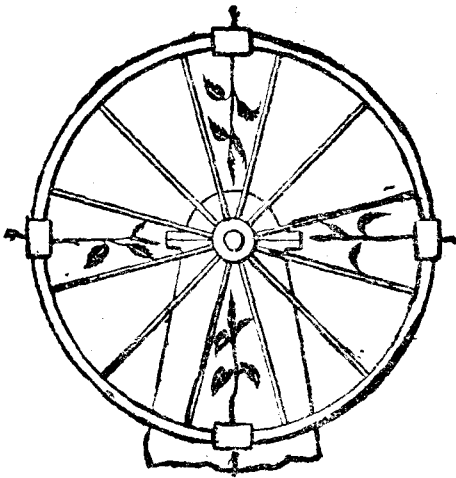
第三十五圖 圓紙片旋轉時所曳開之黑線

厚紙片上墨水的曲線，這並不是偶然的，但這是什麼原因呢？這就是墨水點運動的蹤跡，墨水點所經歷的也和旋的魔輪的圓盤上人所經驗的一樣。一種離心的作用，把牠投開到更大旋轉的速度的圓盤，好像墨水點比圓片要落後，離開徑線而後退，不過退的路是扭曲的，我們看到了圓片上曲線運動的痕跡。

由於高處大氣壓力而被分散的氣流（在“反旋風”。(Anticyclon)，或由壓力而聚降於低處（在“旋風”中））也都是同樣的遭受，墨水的黑旋風，不過是巨大的空氣旋風之縮小的模仿。

被騙的植物

在迅速的旋風之下，離心效力的巨大，竟能使重力移置。我們這裏有一有興味的實驗，表示在普通輪盤旋轉下拋離力發展有如何巨大。我們知道，幼小的植物，常常把牠莖向着與物的重力相反那一面發展

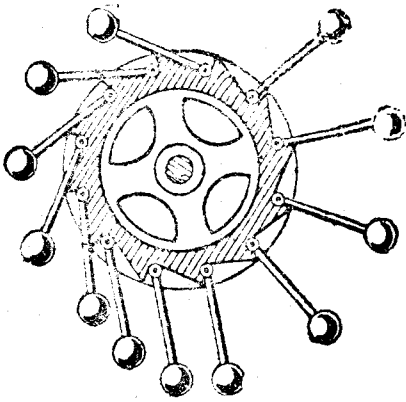


第三十六圖 植在旋轉着的輪緣的植物幼芽，莖向軸心，根向外的簡單說 向上升長。但如果把植物的種籽，栽植於迅速旋轉的輪盤的邊緣，如百年前英國植物學者奈德 (Nait) 所做過的，那你就可看到極驚異的現象，植物的幼根會向外伸展，而莖是向內，沿着輪盤的徑線。

我們好像欺騙了植物，強使牠以其他的力量來代替重力，使牠起由輪盤的中心而向外面展開的作用，常常與重力相反面而發展的幼芽，這時牠吸引爲由輪緣而至軸心，這表示我們人造的重力比自然的要強，幼小的植物在這種作用之下生長着。

“永久發動機”

關於“永久的發動機”或“永恆的動”，常爲我們



第三十七圖

古人所臆想的永久發動機

在直接和轉借的意義上所說的一句話，可是對於這句話本身的瞭解，很少有明確的概念，“永久的發動機”，這是一種要永久不停地自動着而且能應用各種有利的工作（如舉重）之理想上的

機械，這種機械還沒有人能創造過。雖然要發明牠的這種嘗試，是已很久很久有人在努力了。永久的運動，倒底是不經人力而要不停地在動的啊。

如插圖第三十七所描出的，是臆想的自動機，是

永久的發動機之一最古的圖案，且往往為現在一般為這一理想而失敗的空想家們所複習。把輪子的邊緣附連着能自己拋開去的棒，棒端有重物，在任何情況之下，牠的右方終是比左方離心遠，因此這一方會經常地引曳着左方，而使輪子旋轉。這樣，輪子就會永久的旋轉，發明家是這樣的想着，但如果造成這樣的發動機，牠仍不會旋轉的，這發明家究竟什麼地方算錯了呢？

因為，雖然右方的重物永遠比左方離心來得遠，可是在這一情形之下，必然這重物的數量比左方少，我們看第三七的插圖，依着右方的總數為四個重物，向左的為八個重物，如果重量在一方比他方超越，那自然輪子不能旋轉，搖擺幾下之後仍歸原位。（註：這裏是採取了所謂契機的理論。）

現在更急要說明，要造成永遠自動而且能執行任何的工作，這是不可能的。埋頭於這樣的課題上是完全無望的失敗。從前，特別在中世紀，人們絞盡腦汁，想來解決這一難題，化在發明這“永久的發動機”（Perpetuummobile-拉丁語）上是許多的時間與精力。想領有這種發動機，人們甚至比“點石成金

”的技藝還要羨慕。

在普希金的一篇“騎士時代的場面”故事中，我們可似找到像勃爾陀特(Bertald)這種的憧憬者。

“——什麼叫做永久發動機？——馬頓(Nartald)問：

——永久的發動機，——勃爾陀里持答——這是永久的運動，如果我找到了永久的運動，那我將不見到對人類有創造的界限了……你看，我的親愛的馬頓——鍊金子這是很值得羨慕的，也許是有趣的很有利的，但你找到永久的發動機……啊……”

從前曾想出了這種百數個的“永久的發動機”

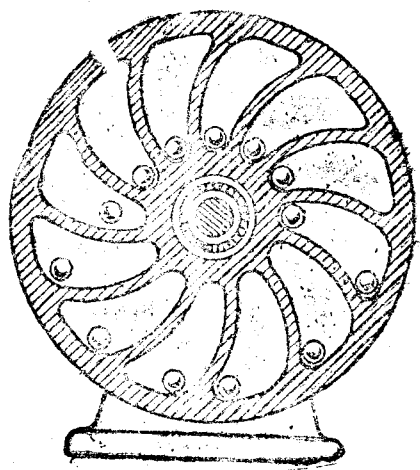
可是沒有一個是會動的。我們還可舉出他們這些發明家，每個人在一切發明的設計上，是疏忽了那種條件。

還有一臆想的“永久的發動機”的模型：是輪子上有來往迴轉的重量的小球(如插圖第三十八)這一發明家以為小球必有一面，經常站在輪子的邊緣，於是以自己的重量，迫使輪子旋轉。

顯然，這依舊是枉然，和第三十八插圖所設想的犯着同一毛病，可是在美國，現在為着咖啡店攝引買主而建立一個與前面所說同樣的極大的轉子。(參看插圖第三十九)當作廣告牌，自然這一“永久的發動機”是由隱祕的機械裝置而在活動，雖然觀眾們還可

見到小球在輪子的空格中滾動，這種機械模型，我們還可以在列寧格勒科學陳列館去參觀，在鐘錶店的櫥窗中也擺着這種作為廣告的“永久的發動機”，可是都是暗地裏以電流去使牠們活動的。

有一次，這一作為廣告的“永久的發動機”，使我發生不少的驚慌。我的學生，他對於我所說“永久發動機，不可能的理由，表示非常冷淡。小球的迴轉而使輪子旋轉的外貌，使他不相信這一臆想的機械，會靠城中的電流而行動，可是在有一次我們散步中，終於把事情完全明瞭，我們知道這天是停止電流的，



第三十八圖
裝鐵球的永久發動機

我就勸他同我一道到街上的陳列窗裏去看。

——唔，你看到這發動機嗎？

——不。——他紅着臉回答，——報紙蓋着，我看不見……

於是物理學上力的保護的法則，終於剋服了他的信念。



第三十九圖 在美國加利福耶作為廣告牌的臆想的永久發動機

“障 礙”

有許多俄國無師自通的發明家，也努力想這一有魅惑性的“永久的發動機”的問題，有一西伯利亞農民舒乞格洛夫（Alexsander Shcheglov）被描在“現代牧歌”的故事中，作者賽特林（Shehedrin）怎樣敘述關於這一發明家的訪問記呢：

市僧普萊盛多夫是三十五歲人，瘦癯的蒼白的臉，有大的能沁思的眼睛，髮長披及肩，他的小屋內很蕭條，有半間都已被這種「輪盤」所佔據，所以我們這一批人終算很侷促地容下了。輪子的軀是有空隙而透明的，輪的緣是很廣大的，用薄板裹成像箱子，裏面似乎是空的，機械在什麼地方，這就成為發明家的秘密，當然秘密並不十分聰明，如盛滿了砂粒的袋作為相互維持均衡，從空心的輪輻中相貫通，使輪子停留。

——我們聽到你已實際上應用了永久的運動的法則對嗎？——

我問的問——

——我不知道叫什麼，——他有些似慚愧的回答——好像是…

——可以給我們看看嗎？

——這！榮幸得很……

他給我們看這輪子，於是再撥着輪，忽前忽後。

——會旋轉嗎？

——大概會旋轉的，好像是有些任性的…

他以兩手抱着輪緣把牠上下旋轉幾次，最後極力地搖一次而放下了，輪子是旋轉起來了，起初幾轉是迅速而且平均，聽着似乎輪內「沙袋」，忽而撞着隔擋，忽而又拋開去，後來旋轉漸漸輕靜，又聽到亂音最後輪子就完全停止。

——裏面有「障礙」吧……發明家慚愧地說着，再揮動和旋轉輪子，第二次依舊是同樣的結局。

——也許有意外的毛病？

——毛病是都計算到的，不是有毛病，好像隨牠的高興，突然會

發起性子就停止了，

似乎和用真正物材製成的輪子而有某種斷裂一樣。

當然事情並不在有什麼“障礙”並不在於製成輪子的材料 而是在牠根據於虛偽的力學的觀會 輪子受推動以後(發明家所給與的)會旋幾轉。可是等到外來的力消耗盡的時候 就必然地要停止起來。

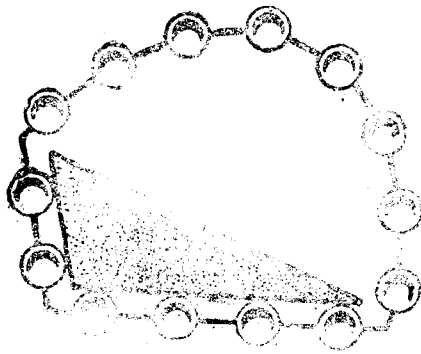
“怪 與 不 怪”

爲造就“永遠的發動機”有許多人遭受了悲慘的結局，我知道有一個工人，把自己所有的工錢與積蓄，消耗在這“永久的”發動機的模型的製作上 結果至一無所有，後來還襤褸求乞於人，以冀這一模型的完成，他的悲哀，我們只能說他是由於缺乏物理學基本知識的結果。

但事情倒很有興味的，若能鑽研“永久的”發動機不能有成就的原因，去瞭解牠的不可能性，倒有許多得到物理學的發見。

我們可以舉一例子，如十六世紀末十八世紀初的著名的荷蘭學者司梯文 (Stenin)，他發見了斜面上 (inclined plane) 的力的平衡的法則，這一法則，

因為後來人們時常利用牠，完成許多重要的發見，所以很著名。例如對小數的發明，在代數學上作為應用的例證，如液體靜力學，(hydrostatics) 的法則，因此又得到派司加雷 (Paskoly) 新的發見，這一斜面上力的平衡法則的發見，並不根據於平行四邊形的法則，而只是藉助於如這裏第四十圖那樣的圖象，以



第四十圖 怪與不怪

十四個同樣的球結成聯貫的環，圍繞在三面的三稜體上，這將發生怎麼結果呢？下部如陰珠般地下垂以自持其平衡，環的其餘二部份如何相互維持其平衡呢？換句話說右方的二個球能支持左方四個球的平衡嗎？自然能夠的，不然，則環將永遠地自右至左而奔跑，因為小球所跑過的無論何種地點，都不能得到平衡，將永不停止，但我們知道，如圖上所示那樣的

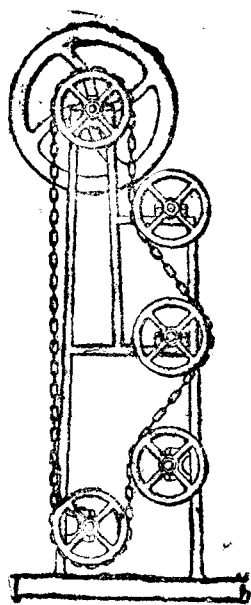
圍繞，決不會自動的，二個球的確能夠與四個球持得平衡，所以似乎得了一個“奇蹟”二個球提曳的力和四個球一樣。

從這一司梯文的臆想的奇蹟而引出了力學上重要的法則。他推斷以為上面的二節環，一短一長，重量不等，這不等是與積體面長短不等之倍數相合。那由此可知，一般這兩方面重量在斜面上能維持均衡，是只要牠的質量與這斜面的長度是成正比例的。

同時也可以知道力學上的一種著名的法則。為要在斜面上支持物體的重量，要有一種力量作用於面的斜度上，那力的作用於物體重量能幾倍減輕，就視這度的長度比牠的高度大幾多倍，這就是從研究永久的發動機之不可能性而得到的力學上之重要的發見。

再談“永久的發動機”

你們且看看這第四十一的插圖上，通過於各個輪子的重環，環的右半部在任何情況之下終比左半部來得長。因此——發明者以為：——牠應當為壓平左半部而不停地落下去，於是整個機械就活動起來，



第四十一圖
這能永恒的動嗎

事情竟是這樣嗎？

自然，不是這樣，我們可以看，如果右半部的環在各種角度之下，力被分散了，是很容易與左半部的重環去維持平衡，環的左部成直線地曳引着，右半部的環雖然重，可是斜面的分佈着，牠決不能去曳動左半部的環，所以依舊不能得到“永久”的運動。

這般最聰明的“永久發動機”的發明家，曾於前世紀的六十年，在巴黎展覽會上陳列自己的發明，有一盤旋着鐵球的大輪，發明家以為無論誰不能停止輪的運動，各個參觀者都想去停止輪，可是一拿開手牠立刻又旋轉，誰也猜不透這旋轉的原因，可是到牠的後面一看，纔知道正裝置着隱秘的發條。

第五章 液體與氣體的本質

兩把茶壺的課題

在你們的前面，放着兩把茶壺（插圖第四十二）是同樣的廣度，不過一把高，一把低。是那一把能多盛一點呢？



第四十二圖 那一把茶壺可多容水量？

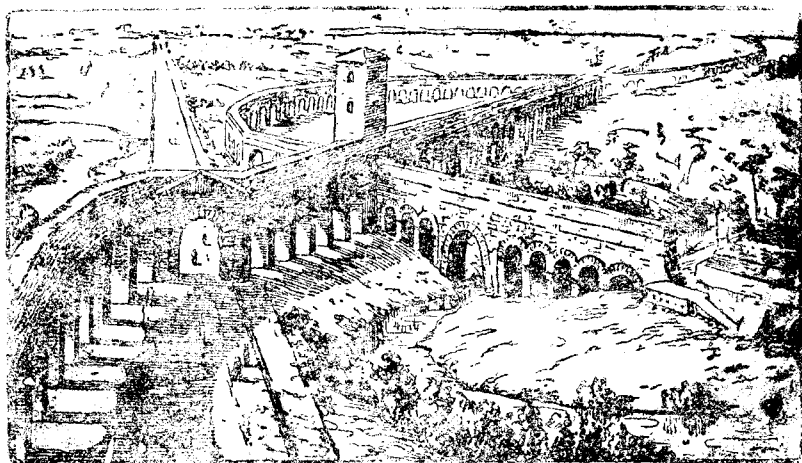
大概有許多人，不經過仔細想，會回答，高的茶壺能有多的容量吧。但你如果倒下液體在較高一把茶壺內，你只能瀉到茶壺嘴口的限度上，再瀉下去就要溢出。因這兩把茶壺嘴是同樣的高，於是低的茶壺與

身高嘴短的茶壺有同樣的容量。

這事情是很易明白的，不論在茶壺裏及嘴的小管裏，不論在其他一切盛器上，液體終是站在同一水平線，——不問盛在嘴裏液體比茶壺的其他部份，只佔很小的一部份，如果嘴沒有充分的高，那你無論如何不能倒滿，一滿水就要溢出，所以普通茶壺嘴甚至要比茶壺沿口來得高，使內容不至外溢。

古人所不知道的事情

現在羅馬的居民，一向利用他們古人所建築的自來水管工程的遺物，這是羅馬奴隸所造成的堅固的水利工程。



第四十三圖 古羅馬水管工程之原始狀態

關於指揮這些奴隸的羅馬工程師的智識，似乎不值得談的。因為他們好像對物理學的基本法則，認識還不夠，你們只看到第四三的插圖，這是我從繆亨（Miunhan）的“日耳曼博物館”裏所抄來的。你們看，羅馬的自來水管，不是裝在地下，而是裝在地上，好像高起的石砌的馬路。為什麼要這樣做呢？難道像現在把水管裝在地上不更簡單嗎？自然，現在是簡單得多了。但那時的羅馬工程師他們對於容器的法則，有非常模糊的概念，他們懼怕接着很長的水管，裏面的水不能站在同一的水平線上，如果把水裝在地下，隨着地面的斜度，在有幾處地方，水就要往上跑，羅馬人就怕這水是不會往上跑的，因此，他們把接水管都漸漸傾向一方。有一個水管，名阿克瓦·馬里茨（Akva-Moritci）計長一〇〇杆，同時這兩端直徑的距離，都要短兩倍。

這五〇杆石砌的水道，都只爲着不懂得物理學的初步智識而枉費的！

液 體 向 上 流

即使沒有研究過物理學的人，也知道液體向下

流，可是牠會向上流，就有許多人不相信了。我們只拿一普通的燈罩，就可試驗出這一動態，剪成一圓形厚紙片，其大小使恰可蓋住燈罩口，於是把一端放在玻璃缸裏倒下水去，如插圖。

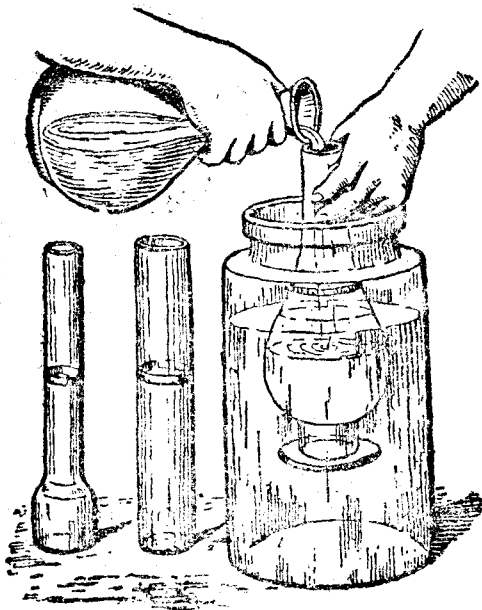
爲使用一厚紙片在盛水時不脫落，可以從紙片的中心，穿過一條線，就把線拉住，或只用手指抵着，倒下玻璃缸的水到相當的深度，你們就可見，這一厚紙片的底。不要用線去拉，也不要用手指抵，就因有被壓着自下而往上的水在支持。



第四十四圖 水自下而
往上之簡易的實驗

你們甚至可以測量出這向上壓力的大小。你再小心地向燈罩管裏去加一些水，水只注到管裏的水準相接近於外面缸裏的水準時，紙片就脫落了，這是意味着水由下向紙片的壓力，被管裏的水由上壓力而壓下去，水的高度等於紙片在水底的深度，液體壓力的這一法則在任何容器內都是如此。這就由此而產出了液體內重量“損失”的所謂著名的“阿爾希米

特法則”(Arhimed Law)。用各種不同形式的燈罩，只爲底口是同樣的大小，你們也可做出關於液體壓力的另一法則，就是液體在容器底的壓力完全視底的面積與水準的高度而定，與容器的形式完全無關，實驗的方法，就在各種形式的燈罩管裏，盛下同一深度的水，你們就可見到，紙片在每一次達到玻璃缸中



第四十五圖 液體對底的壓力只視底的廣度與水準的高度而定大小

之同一水準時就脫落，正意味着只要底口與高度相同，不問管的形式不同，壓力是同樣的。這裏所要注意的是水的高度，不是管的長度，因爲長的斜行的

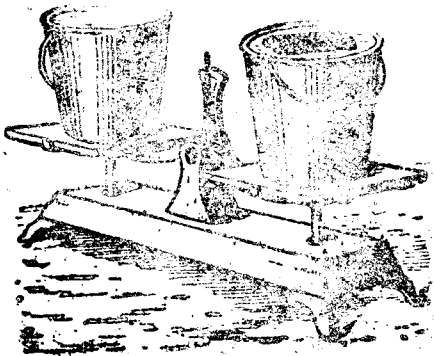
管與短的垂直的管，高度相同，壓力也相同，只要底的面積相等。

那一方比較重？

在一隻桶裏盛滿了水，放在天平盤上，再拿同樣大小的另一隻桶，也盛滿了水，不過在上面浮着一小木塊，也放在天平盤上，那末這時兩方會發生怎樣情形呢？那一盤來得重？

我曾經把這一課題，去問過各種人，回答都不同，有的答浮着木塊的那一天平盤來得重，“因除了水之外還有一塊”，有的回答相反，因“爲水是比木塊重”。

事情是這個那個都不對，兩方的天平盤，都有同樣的重量，的確，這第二隻桶因浮着木塊，不得而被



第四十六圖 兩只水桶同樣滿不過有一只加盛木片

擠出了一些水量，所以比第一桶的水來得少。但根據航行學的法則，一切浮游的物體，因自己的容納而排擠出液體的幾何重量，也等於這物體的所有的幾何重量。所以這兩方的天平盤，重量依舊是均衡的。

我們現在可以來解決另一個課題，我把盛着水的杯子，放在天平盤上，同時並排地放着一塊砝碼，稱出它的幾何重量，可是我們若再把砝碼丟在水杯裏，那這時天平稱上的重量將發生如何變化呢？

依阿爾希米特法則，砝碼在水裏比在水外來得輕，那是否這一水杯就因此減量了呢？可是實際上天平依舊保持着平衡，這怎樣去說明呢？

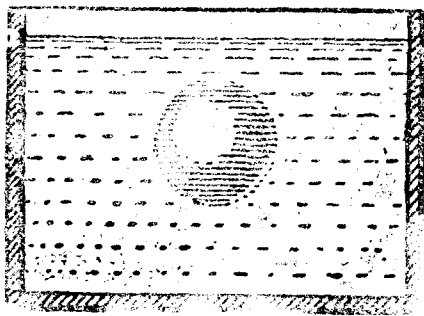
我們所得到的不正確的結論，是由於我們只瞭解阿爾希米特法則的一半，而把另一半忘了。

這另一半是說着，被容載的物體之所遭受到由於液體方面來的壓力，有幾多力量——根據反應的法則——牠自身也給與液體以幾多力量，因此，被物體所失者即被液體所得，體碼有多少減輕，水杯即有多少加重，總量不變，水杯的分量不會有搖動。

液體的自然的形態

我們通常以為液體是沒有什麼自己的形態的。其實這完全不確。任何液體的自然形態是球形，普通因重力的關係，阻止液體採取了這一形態，流散而成為薄片，這是說沒有容器而流溢於地面的話，若被納入於容器，即採取了容器的形態。若站在其他液體的整體之內，依阿爾希米特的法則，液體會“失去”自己的分量，牠好像沒有重量。重力對牠沒有作用的，當液體採取自己的自然的形態的時候，牠是球形。

橄欖油在水面會浮，在酒精裏會沉下，因此以水和酒精所製成的混合體，使這油不沉亦不浮起，我們用注射器注一些油在混合體內。我們就可以見到很奇異的現象。油會收斂成一大圓點。不浮起亦不沉



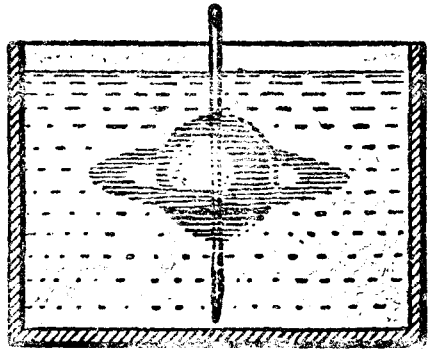
第四十七圖
容器內的油形成球形

下，在中間不動地懸着。

這一實驗是要耐心與仔細去做，因否則油不成為一大團，而為較小的數個球。可是做成這一實驗非常有趣的，在他凝成一大團之後，

你且拿一根長的小木桿或針，去貫穿過這液體

的油球的中心，當作軸心那樣地旋起來。油球也會參加旋轉，在旋轉的影響之下，球開始逐漸成爲扁平，再過幾秒鐘，就自行離開而形成環，這被分開的部份也



第四十八圖

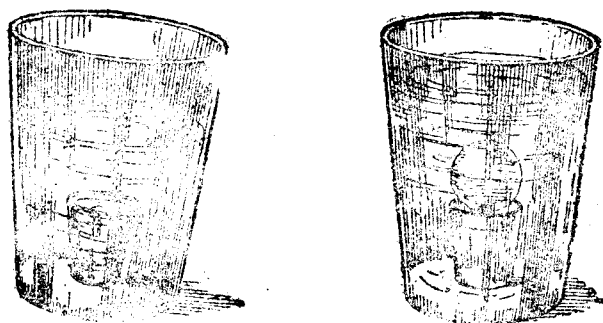
油球旋轉開來的環形

不是無形式的各小塊，而依舊是新的球形的小點，繼續在繞着中心而旋轉。

比利時的物理學家柏拉妥 (Plato) 是第一個做這一有意味的實驗的人。

柏拉妥曾以古典的手法，描出他的實驗。近已逝世的列寧格勒物理教授羅森堡 (Rozenbery) 更以輕易簡明的而且同樣有意味的方法，提出自己的實驗：“小小的玻璃杯，淨除了水，注滿橄欖油，把牠放在大的玻璃杯底裏，於是再小心地向大的玻璃杯裏注入酒精，使小杯依舊容載着牠所有的重量，再用匙舀一些水，小心地倒入大杯子裏去。小杯裏的油開始向上浮，跟着攪入水量之加多而逐漸由小杯中高浮，形成懸在酒精與水的混合體內之大形的球（插圖第四十

九)。

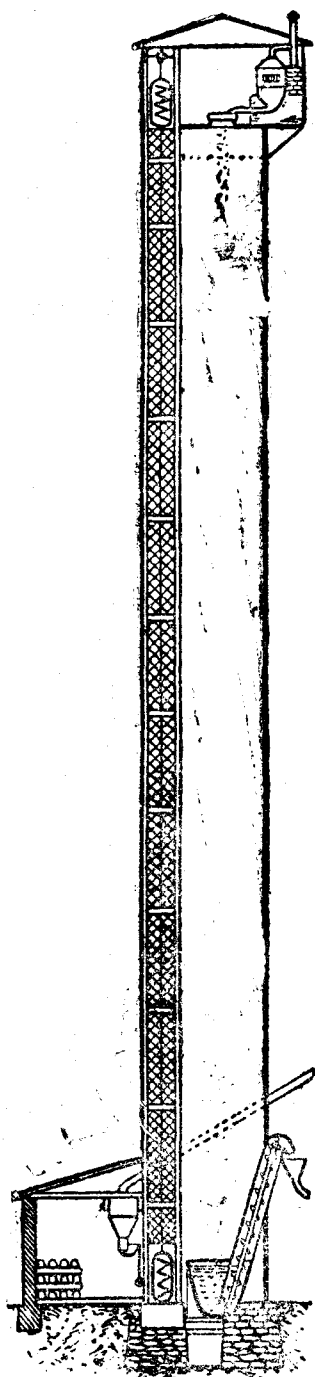


第四十九圖 柏拉 實驗之簡單化

如沒有酒精 用靛青(Anilin)也可做這實驗。因這是在普通溫度之下比水重的液體 若在攝氏七五——八五度則比水輕。

散彈 爲什麼 是圓的？

我們曾講過一切液體，一解脫了重力的作用，就採取了自然的形態——球形。如果我們還記得前面講過，下墜物體之無分量性。那末液體下墜的起初，也可不顧到空氣極微的抵抗力而形成自己應得部份之球形。的確，落下的雨點是球形的。我們所謂散彈，不是別的，就是被溶化了的鉛之凝結點，以人工製造的方法，使牠從高處以點滴下降於冷水，一到它硬化，就成爲定會正確的球形。



第五十圖 散鍋廠的鉗彈塔

鑄散彈有所謂一種“塔”就是牠的鑄造所，是使從這塔的高頂下降。鑄散彈工廠的塔是以金屬建築，高達四五米，在最高頂部份置鉗鍋，鍋中的溶解體降落於下面的槽。溶鑄散彈還有一種精選機。溶化的鉛在下降時，就已成爲散彈了。水槽內的水，只是爲着減輕散彈下降時的所受打擊，與預防球形之扭歪。

“無底的”盅

你們在玻璃盅裏注滿了水，滿到口沿，盅的傍邊擺着許多小針。也許在盅裏再放下一枝或二枝小針還有地方呢？且試試看。

丟下小針自己要計數，而且要很謹慎地丟下去，小



第五十一圖

盅裏盛針的實驗

心地先把針端插入水裏，再慢慢地放開手，沒有一點推動與壓力，爲使水一點不發生波動與揚散，一，二，三枚小針落在底——水準依舊不變，十枚，二十枚，三十枚小針，液體仍不外溢，五十，六十，七十枚……整百枚的小針已落在盅底，可是水仍舊不從盅裏溢出來。

不僅沒有溢出，甚至在盅的沿口上也不見有一點高起。繼續丟入小針去，二百，三百，四百枚的小針落去，小針已在盅裏露面了，還是沒有一點水溢出盅口。到此刻纔可以看見，水的面有些腫起，稍稍高起在盅的沿口之上。這些一切奇異的現象，都可以從這稍微的浮腫中去說明，水是很難去沾溼玻璃的，尤其是有些沾過一點油膩的盅，我們所試用的盅，也和其他容器一樣，它的沿口也必然因接觸過手指而遭到油跡，玻璃盅裏的水因被小針所排擠，達到不着溼（Moisten）的沿口，於是形成凸起狀，這凸起狀雖然看起來是沒有多少，但如果你能夠化自己的勞力，去計算小針的容量與這些所凸起的

容量相比較，那你就會知道前者是比後者小數百倍，所以盛滿了水的盅，還有容納數百枚小針的地位，盅愈廣大，能容針愈多，凸起處的容量也愈大。

我們且舉例演算出來，針的長度為二五耗，牠的厚度為半耗，這樣一圓柱的體積，依着幾何學的公式可以算出：

$$\frac{AD^2h}{4} = 5 \text{ 立方耗}$$

再加上針頭的面積，總不超過 $\frac{5}{2}$ 立方耗，現在計算這盅口凸起層的容量，盅的直徑九耗，即九〇耗，這樣周圍的面積約為六四〇〇〇立方耗，我們且把這凸起層的厚度作為只一耗，那已有六四〇〇立方耗的容量，比針的面積大一二〇〇倍，換句話說，“滿的”水盅，還能盛受一千枚以上的小針——實際上，如果小心地投下小針，可以投下千枚，我們看起來，好像針已占據了全盅地位，甚至已伸出盅面，而水還是不溢出的，似乎這是破壞了物質“不透性的法則”。

煤油奇異的特性

凡是使用過煤油燈的人，大概都知道因煤油有

一種奇異的特性而感到惱恨的事情，你且把燈盤裏注滿煤油，再揩燥外面，過了一小時，依舊是溼灑灑的。

這是由於你還沒有把燃蓋燃扭得緊密，煤油就要散發出，爬出到燈盤的外面來，你如爲要避免這一惡作劇，那你就只有把燃蓋燃得更緊。

煤油這種蔓延性，在船上是被人們感覺到最厭惡的。如果不採取適當的手段，就不能裝載各種商貨，因爲這種液體，會從油槽中爬出來，經過不能明察的空隙，不僅散溢於油槽本身的表面，并透入各處，甚至散入乘客的衣履，把自己這種不能被人撲滅的氣息，傳染於所有物件，而且想設法消除，往往毫無成效。

英國的幽默家齊龍（Dzherom）曾一點不誇張地講着如下的關於煤油的笑話“小舟中的三個”：

“我不知再有像煤油那樣會到處蔓延的東西，我們本來把牠放在船頭可是牠由此而爬出到船尾，凡是在路上遇到牠的一切，都染上了牠的氣息，牠散溢出去透過表面飾物，滴入水裏，損毀了空氣與天空。去毒殺生物，有時吹着北方的煤油的風，有時是南方，東方或西方，總之無論何處，凡是牠所飛過的地方就

潛生着都被的氣息所醞醉了，到晚上這一氣息會消滅黃昏的魅力，可是月光倒漸漸會把吸吸去……我們靠着橋下椽，我們到城市中去遊玩，但這可怖的氣息追隨着我們，似乎全城又被它染遍了”。（自然，實際上被它所染着的只是這些游客們的衣衫）。

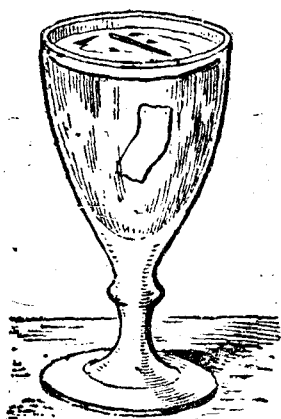
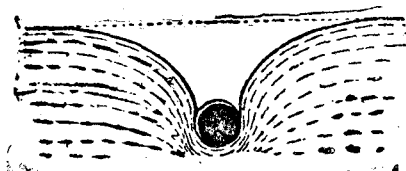
因煤油的這種蔓延能力——從燈盤內而沾染到外部，時常會使我們發生不正確的意見，以為煤油似乎能透過金屬與玻璃的。

入水不沉下去的銅幣

這不是在故事中，而是在實際上，你如做過幾次輕易的實驗，就會肯定。開始先用細金屬——針，似乎這種鋼針是不能浮在水面的。但實試一下，倒並不難，先把舊的捲烟紙放生水面，紙上再放下完全乾燥的針，現在小心地把捲烟紙從針底下拿開，這可以用另一枚針漸漸戳穿其中部，舊紙全浸濕，自沉水底，而這時針將依舊浮在水面，如這時再拿磁石拿近於玻璃杯的杯邊與水準同一高低，那你甚至會指揮浮在水面上的針的運行。

做這一種實驗，也可以使小釘（只要廣度不超

過二耗)或輕的鈕扣——細小的平面的金屬片，浮游於水面，俟試驗純熟之後，即可試把銅幣去浮在水上。



第五十二圖 針浮水面的實驗

在手術相當熟練之下，可以不先用捲烟紙來墊，只簡單地用手指拿着針的中段，輕輕地放落在水準不很高的水杯上。

這種金屬品能浮游的原因，就在於水是不會很迅速地去沾濕曾被我們手握過的金屬的，這種金屬已蒙了薄的油層，因此在浮游着的針的水的周圍，形成了一種壓縮力，液體的表膜要去矯正牠。(或說向

牠不受屈折)於是表示一種向上的對針的壓力,就支持着牠了。根據浮航學的法則,液體這種支持針的力量,也和這液體衝出的力量一樣,針由下用力衝擊的力量,是和水把牠排擠出的力量是相等的。

爲使實驗更簡單化,使針浮游,如先把針上塗一點油,那就可以直接放入水面,牠也不至沉下。

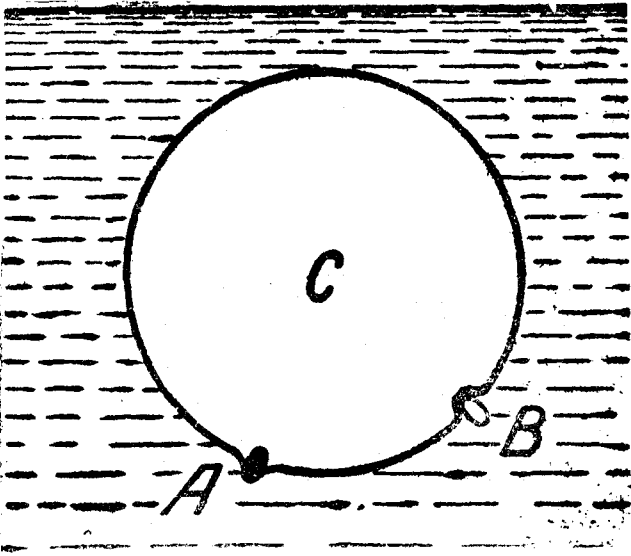
泡在技術上的功用

鋼針與銅幣使浮游於水上的實驗,和在冶金工業上所利用着爲增多提取鑛中有價值的成份這一手續相彷彿的,技術上爲多提取鑛產有許多方法,我們此刻所講的是稱爲浮泛術(Flatation)。

這是比其他方法更被一般人們所順利應用的。

“浮泛術”的本質,構成有如下的手續,把薄的和細碎的礦物片,放在盛着水的杯子裏,并放下能把礦物中有用的物體去包上薄膜使不受水的油質,這樣的混合體,能有力地與空氣起化合作用而形成許多小泡,於是礦物中被薄油膜蒙着的有用成份,去與空氣泡相接觸,粘附和浮懸於小泡上,和一種平底船(Gondoha)被氣球提升大氣中一樣,(插圖第五十

三) 而其餘無用的滓土, 不粘附則留為液體。我們要注意, 空氣泡的面積是比有用的礦物成份的面積要



第五十三圖 浮泛術的由來

大得多, 因之充分能漂載固體而舉於上面, 所以結果凡是礦物中 useful 成份, 幾乎都表現於覆在水面的小泡中。於是吸取和指使這些小泡去完成第二步“凝聚”。(Concentrate) 的手術, 這樣, 有用礦物的構成成份比原始的礦產, 增富至數十倍。

目前的浮泛術, 已經過了精細的改良, 凡是混合在液體中要提取的物質, 任何成份, 都能各別地分提出來而淘汰滓土。這種必要的混合物的製備, 各提鍊

工廠都對外保守祕密，可是蘇聯的化學家，已獨自找到了能製備精美與廉價的作為浮泛液體的藥劑。一點也不亞於舶來品。

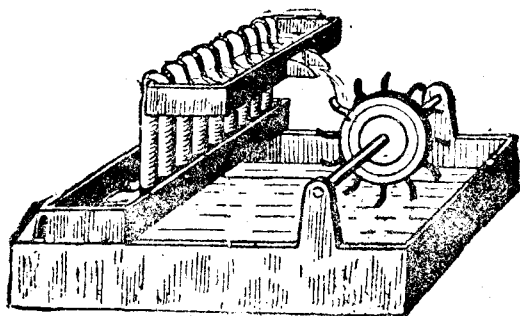
不論浮泛術廣大地應用於工業上，可是這一過程物理學方面的解釋，大家都還語焉不詳。這裏是實踐超越了理論。浮泛術本身這一觀念也不是由於理論推究的結果，而是產於偶發事實之精細的考察。

前世紀的美國女教師愛威爾孫 (Kari Ewerson) 為要刷去皮靴上的油垢，這皮靴是從前曾藏在銅礦內的，她注意到銅礦的苗浮出了一種石礮的泡，於是對鍊礦的浮泛術給與一個推動力，至目前纔被廣泛地應用。浮泛術的的裝置並不複雜，且不需大量的工人。

臆想的“永久的”發動機

在一本書上，有描寫着似乎真正的永久的發動機，這一機器的構造是：在一盤上盛着油(或水)用導管(Wick)把牠升入上層的一盤中，而於此再由導管引到更高的盤中，在高的盤上裝着溜斗，(Gutter)液體就從溜斗嘴下瀉到旋輪的浴水齒上，於是使輪子

旋轉了，流瀉到下面盤上的油，重新又被導管引上，這樣油由溜斗瀉到輪齒上一秒鐘也不間斷。那輪子就應當永遠地在運動了。

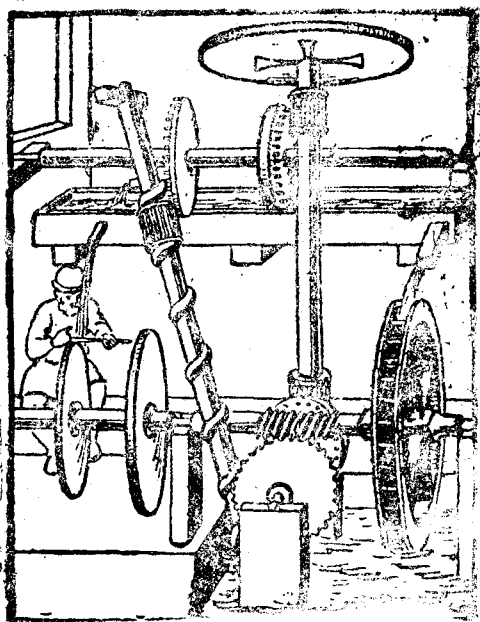


第五十四圖 不能實現的旋轉器

如果這旋轉器的發明家，能自己費一些辛苦去依圖構製起來，那自己會明瞭，不僅輪不會旋轉，而且一滴液體也不會被吸升到上面的盤子去。實際上，這發明者以為油應被上面導管彎曲部份所引導上去，無非為毛管引力（Capillary Attraction）能尅伏重力，把液體溯導管而上升，但根據於同一的原因，當導管被沾濕的時候，就會阻滯液體的下滴，即使這一旋轉器的上層的盤，由於毛管力的作用能得到液體，那我們必要承認，把也仍能把這些液體拿回到下面去。

這一應想的“永久的發動機”，會令人想起和三

百餘年前（一五七五年）被意大利機械師斯泰爾希（Stard Starsh）所想出的那種“永久的發動機”相彷彿（插圖第五十五）以螺旋升水器（Archimeder Wattr-Screw）把水上升於高處的槽內，復由槽的溜嘴下瀉於旋輪的浴水齒上，由於這水輪的旋轉去推動琢磨機，同時藉這動力去促動各種許多齒輪，仍使螺旋升水器盤繞不已，螺旋器去轉動水輪，而水輪又



第五十五圖 水的琢磨機之古人的設計

去旋動螺旋器！如果這一設計是能實行的話，那可以做其他許多機械，如最簡單的構造，如用搓緊了的繩

子，繞過滑車，把繩子兩端繫在同樣重量的稱錘上，那末繩子一鬆弛，稱錘就下落，同時另一端繩子扭緊，稱錘即上提。如此即可上下不息，可是事實上終究爲什麼不永久的動呢？

“永久的時鐘”

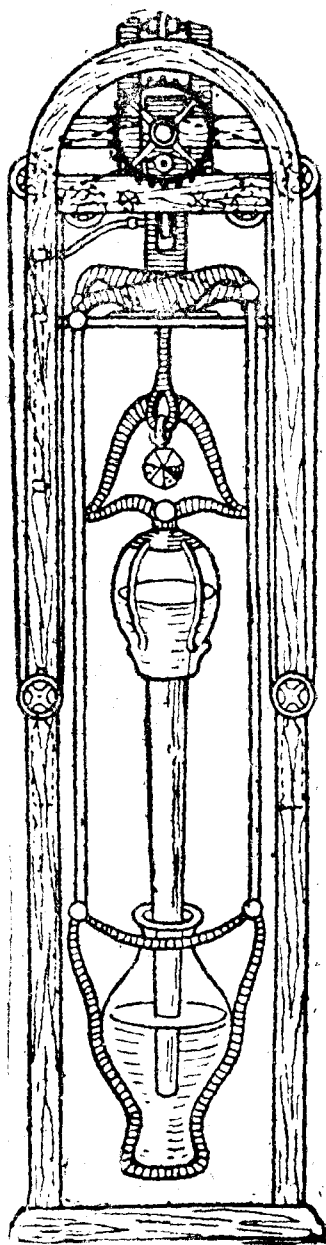
我們在這一本書裏已看過了幾種“臆想的永久發動機”并闡明了這些發明家計劃的失敗性，現在我們再來談與這些相彷彿的所謂“無值的(Gratuitous)發動機”，即不需我們任何的照顧，而能不停地工作。由於牠在周圍環境中可吸收牠所需要的無盡藏的力。

這是說一種水銀的或金屬的氣壓計，由於大氣壓力的變更，水銀的則忽上忽下，而金屬的則指針不停地搖動，在十八世紀，把這種氣壓計的運動，應用於鐘表機械的製造上，使鐘表不需任何的照顧，而能不息地進行。英國著名的力學家與天文學家費爾秀遜(Ferhussan)曾見到過這一有興味的發明，(“插圖五十六)寫下了他的感想，我觀察到這一時鐘，水銀的升降發生不息的運行，成爲一種特殊的氣壓

計，我們不會想到它有停止的時候，因對它所蘊藏的動力，是非常充足，整年可以支持下去。即氣壓計到用到陳舊要廢棄的時候，這動力還是存在，我們坦白地說：如果把這機械詳細地展示與認識以後，那無疑可作為一種最聰明的機械。無論在理想與在理論方面。”

可惜，這一時鐘到現在並沒有保存。牠在當時被人竊去而下落不明了，只剩下了被這天文學家所回憶起的牠的講圖。把牠有重新製造的可能。

這一時鐘機械的構成，是可當作一大規模水銀氣壓計看，有一懸在橫架上的水銀玻璃壺，又倒插在壺裏的



第五十六圖
十八世紀之無值的
發動機之構造

有盛着約一五〇克水銀膽瓶 (Retort) 的長頸玻璃管，這兩個容器是活動地相連接着。作為一種巧妙的槓桿，大氣壓力增長時玻璃管的水銀放下而水銀壺就高升；壓力減少時即相反的結果，由這兩個運動，可迫使小輪齒經常地向着一方旋轉。於是只完在全不變動的大氣壓力之下，輪子纔不動，可是當時鐘機械要休止時，就有預先積儲着的錘子下降的力去活動。的確，為要使錘子上升時，同時使這機自行下降，這構造並不容易，而我們所說的這一個古時有發明天才的鐘表匠，是擔任了這一難題的，事實上我們知道甚至大氣壓力的搖動力也難於應用，因錘子是上升比下降迅速，要有規律地升降，仍須要特殊的適應。

這一“無值的發動機”與以前所講的“永久的發動機”，很顯然可見有重要的原則上的區別，“無值的發動機”不是如“永久的發動機”的發明者所想那樣動力。牠是吸收外來的，——周圍的大氣，被日光所積聚，如果在獲取力的比較上，並不很貴，那是有利的。

第六章 熱的現象

莫斯科與列寧格勒間的鐵道
在冬季長還是在夏季長呢？

“十月”鐵道有多少長？有人回答這一問題：

——在平時是六四〇千米，在夏天裏比在冬天裏長三〇〇米。

這一意外的回答，並不是瞎說的，如果我們說鐵路的長是軌道全面的長，那實際上應當夏季比冬季長，我們不要忘記，由於暖熱的關係，每一度，就要自己增長一〇〇〇〇〇分之一以上，在炎熱的夏天，路軌的溫度能增高三〇——四〇度以上，有時被太陽晒得熾熱會燙傷我們的手，而在冰凍的冬天裏，路軌會減冷溫度達二五度以下，如果我們把冬與夏的差別為五五度，那六四〇千米的鐵路綫之〇。〇〇〇

○一乘五五 就得三分之一的千米！所以莫斯科與列甯格勒之間的鐵路夏季比冬季長三百米。

當然，我們這裏所說的這種變化，不是說路的長度，而只是說全路軌的長度總量；這並不同名異稱，因鐵道的路軌並不互相密接的，在它們之間的接合點 (Joint) 留有微小的空隙——這就是備爲路軌於



第五十七圖 鐵軌因劇烈膨脹而損壞路綫

燠熱之際自由伸張的餘地，我們所指全路軌長度總量的增大，就靠這些空隙的總長度去填補，所以一般地計算起來“十月”鐵道在炎夏與嚴冬相比 的確是長了三百米。

不 罰 的 盜 劫

在由列甯格勒至莫斯科的路綫上，到了每一屆冬天，總要完全無影蹤地失去了數百米長的電話與電報綫，雖然交通機關很明白誰是盜竊者，可是沒有人對這件事著慌。

自然，你們知道，這一盜竊者就是嚴寒，我們講路軌的情形，完全可適用於電綫，其差別只在於銅的電話綫因熱而增長，比鋼鐵大一·五倍，同時電話綫一點沒有空隙的間隔，因此我們可以爽直地說，列甯格勒莫斯科的電話綫冬季比夏季短五〇〇米。所以我們說嚴寒在每一冬季無懲罰地竊去了幾及半千米長的電綫，可是對電話與電報工作，一點也不發生搗亂，而且一到夏季的來臨，這被竊去的贓品又謹慎地來送還了。

這種由寒冷而緊縮的現象 不僅發生於電綫上，且發生於橋樑上，往往為一般人所易覺察，在一九二七年十二月間，報上曾載着下面的消息：

“近數日來在法國是作為罕有的寒冷，引起了在巴黎中心遜納(Sena)河橋樑嚴重的損害，鐵橋樑因

嚴寒而壓縮，於是把蓋在橋上的木屋撤開了，橋上不得不暫時禁止車輛的通行。

愛伊費列夫塔^(註)的高度

如果現在有人問我們，愛伊費列夫塔有多少高，那我們在回答他“三〇〇米”之先，要問清楚：

——在怎樣的氣候下，——冷天還是在熱天？

這樣巨大的鋼鐵建築物的高度，在各種溫度之下，當然不能同樣的，我們知道，長三〇〇米的鐵軸，增熱每一度，即能伸長三釐，在暖熱的晴天，巴黎的塔上的金屬，約達四度的溫度，在冷的雨天，降下一〇度，冬天則降至〇度，甚至上下一〇度，（巴黎少有嚴寒天氣）由此可知溫度〇下至四〇度左右，那末愛伊費列夫塔高度能上下於三乘四〇等於一二〇釐 即一二釐之間。

如果我們在愛伊費夫塔上去實地測量，若在暗曇的天氣中突然出現了日光，溫度的變動還要顯覺，要測出塔高度的變更，必須用特種鎳鋼合金的測量線，這種合金能在各種溫度之下，不變自己的長度，

註：愛伊費列夫塔在巴黎，爲黎巴之高塔，上有天台文，

拉丁語稱爲(Inyar)。

從茶杯到量水器的管

有經驗的主婦，他要把茶瀉入茶杯之先，爲要顧着茶杯的完整，必牢記着把茶匙放入杯中，尤其是銀裝的匙，這種日常生活的經驗，是完成很正確的手續。爲什麼要這樣做呢？

首先應當說明茶杯受熱水而爆破的原因。

這原因是由於玻璃不平勻的膨脹，瀉入杯中的沸水，不是一時地燙熱牠的邊壁，起初是燙熱牠的內層，同時牠的外面還沒有熱，已燙熱了的內層立刻膨大，外層依然不變和在經受着，因之內部發出有力的衝擊，爆裂就發生了。

但是你不要以爲只用厚的玻璃，就可避免這樣的驚愕，事情恰恰相反，越是厚的，倒越易爆碎，很明白，薄的壁能一時全部燙熱，迅速地消除溫度的不平均而達到同樣的膨大，厚的杯子，燙熱玻璃層就緩慢。

有一點不要忘記，選取薄的玻璃容器，不僅牠的邊壁要薄，杯底也要薄，沸水瀉下之際，最重要還在

於底，若底厚則邊壁不問如何薄，亦易於碎裂，玻璃與陶器製的茶碗，在下都有厚的環形凸出部的，也易於碎裂。

愈是薄的玻璃容器，愈經受得起牠的燙熱，化學家使用着很薄的玻璃容器，用酒精燈燒沸牠內部的水，不損害牠的完整。

自然，理想的容器應當是在任何燙熱之際而不會發生膨大，透明的石英，膨大力異常小，比玻璃少一五——二〇倍，所以用透明的石英製成厚的容器，便於燒熱而不破碎，即把石英的容器燒紅了立即拋入冰水中，也不怕有闕碎。

我們當然還記着，杯子的碎裂，不僅因迅速的燙熱，而且爲着急轉的冷化，其原因就是不均勻的緊縮，已冷化了的外層，強烈地拉緊，壓迫着尙未冷卻與正在緊縮的內層，因此盛着燒熱了的果醬的壺，不可急使牠受冷，或放在冷水中。

我們再回轉來講爲什麼杯中放一柄茶匙，就作爲預防的動作呢？

註：石英容器對於實驗室內的應用很方便，因它不易被溶化，只在一七〇〇度之下她有些鬆軟。

只有當極沸的水，一時地瀉入杯中的時候，那時候內外層被燙熱的程度，有急劇的差別。溫水就沒有急劇的差別。而玻璃各部份的伸張也不引起劇變。普通容器盛溫水，不致碎裂。但杯子中放下茶匙，這有什麼意義呢？燒沸了的液體落到底裏首先燙熱玻璃，（牠不會巧妙地傳出熱）如果插下一柄金屬，那就給與自己一部份的熱以很好的傳達者。熱水可變為溫水，於是成為完全無害。至於以後瀉下去的沸水，就並不有多大燙熱的力了。

總而言之，杯中金屬的匙是解消杯內燙熱的急劇性，能預防玻璃的碎裂。

但為什麼最好是銀子的匙呢？因銀匙比其他金屬品能更迅速地從水內抽去熱。我們記得，在沸水杯內的銀匙，會燙傷我們的手，那銅匙是不會燙傷手指的。

玻璃層不勻的膨大，不僅為損壞茶杯完整，威脅對於蒸氣鍋內量水器的管也不能避免。這種玻璃管的內層，被沸的蒸汽與水所燒熱比外層要膨大得多，再加上管內蒸汽與水強大的壓力，於是易于破碎。為預防計，所以量水器的管，用各種玻璃的質材，

製成不同的兩層，內層比外層之膨大的係數較少。

澡堂裏的鞋子故事

“爲什麼冬季日短夜長，夏季則反之呢？冬日的短，是和有形無形的一切其他物體一樣，遇寒則縮，而夜裏則由於燈火的燃燒，就擴大了”。

這是從契訶夫著的故事中“一個頓河的退伍兵”所說的稀奇的見解。大概會使你們覺得不合理的可笑吧。但正有許多對這種“學者”高見發着嘲笑的人們，自己創造着和他差不多的理論，凡是讀過澡堂裏鞋子的故事的人，大都以爲鞋子穿不進燙熱了的足，似乎是爲着足受溫熱而增大了它的體積，這一例子是非常典型的，然而給與我們以完全謬誤的說明。

首先，在澡堂裏人體的溫度，幾乎不增高的人體的組織能與周圍環境熱的現象作順利的鬥爭，保持自己的溫度在一定的點上。

在身體受熱增加一度或二度之際，我們身體體積的擴大是極微細的，決非在穿鞋子時所可顯見。人體堅硬與鬆軟部份係數的擴大，不過幾萬分之一，因

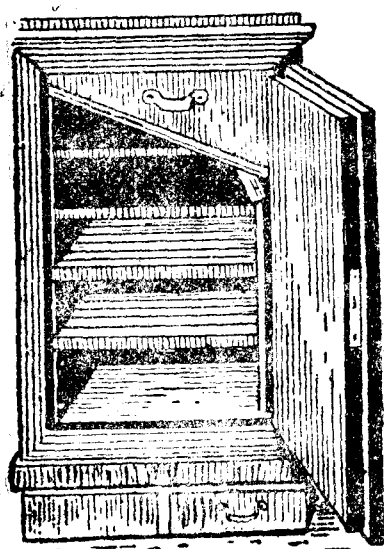
註：澡堂裏體溫增加至多一度或二度。

此脚白的幅與脚脛的厚也許能增至米厘的百分之一
難道我們鞋子製成的準確性達到 0.01 種——一
髮之厚嗎？

自然，事實是不許人懷疑，洗澡後鞋子穿進去很
困難，但這原因不在於受熱而膨大，而在於血的灌
注。當外面皮膚浸溼因血的充滿而膨大，這和受熱則
漲是毫無關係的。但水的導熱性是非常微薄。

放在冰上還是瓊在冰下

你如要燒熱水，必要把盛水的器皿放在火焰上。



不要置焰側，這動作是
很對的，因被火焰所燃
熱的空氣，大大減輕，於
是從容器的各方面擠出
來向上跑，所以我們把
要燃燒的物體放在火焰
上，我們正利用着原來
的熱。

第五十八圖 家用冰箱的內部

可是我們若要用冰
把物體冷化，那要怎樣

做呢？

許多人依習慣是把物體放在冰上的。譬如許多人把牛乳壺置在冰上。其實這是不對的。因在冰上已冷化了的空氣，現到下面去。而代之以周圍的熱的空氣，所以在實際上。如果要把沸水冷化。或把食物冷藏，不應放在冰上。而應放在冰下。

再說得詳細些。如果把盛水器置在冰上，那所冷化的僅液體之最下層。其餘部份仍為尚未冷却的空氣所包圍。反之，若把冰塊置在水器之上。則其內容的冷化非常迅速。這是有兩種原因的，第一被冷化了的液體的上層，將自行下沉，直到容器內液體全部的冷化。第二，冰周圍冷化了的空氣，亦將向下沉放而包圍容器。所以室內的冷藏箱，大都把冰放在上部而不放在下部。是有理由的。

在我們腳底下是一年的什麼時候？

譬如說。我們地面上是在夏季。那在我們腳底下，深入地層三米的地方是什麼季節呢？

你也許想同樣是夏季吧。錯了！地面與地層內的季節，並不如我們所想那樣是同一的，地層是很不會

傳熱的。列甯格勒的自來水管深入地層二米，在嚴寒不凍。地面上所發生的溫度的變動，傳入於地層深處，極緩慢地傳達於各層。曾舉行過實地的測量，譬如在斯魯茨克(Slutsk)在列甯格勒區——在離地面三米的深處，一年最溫暖的時節，要比地面遲七六天而後發現，而地面最冷的時節，地層內卻要遲一〇八天。就是說若地面以七月二五日為最熱，則三米深的地層內要到十月九日纔降臨——如果最冷的日子為一月一五日，那在地層內將在五月降臨——在更深的地層，溫度的傳達自將更遲緩。

隨着地層的深入，溫度的變更，不僅挨遲而變動性非常薄弱，在某幾種深度之下，在數十百年之間，有只在一種經常的溫度——中等的季節溫度之下。

所以我們所立足的地面，永遠沒有和我們足下三米深地層內同一的氣候，地面已臨冬季，地下三米深的處所還是秋天。——的確，這不是地面上以前所經過那樣的秋天，而是溫度的降低是更要輕微的，當地面已屆夏季，而地層內則屆臨嚴冬薄弱的反響。

這種情形，常我們講到地下動物（五月甲蟲之類）及地下植物等之生存條件的時候，是很重要的，

我們也不必驚詫於樹根細胞的繁植，完全的寒冷的時節，而一種纖維質的老死，幾乎在一切溫暖的季節裏，與土地上的樹幹所表現的恰恰相反。

將夏季的陽光來溫暖冬季

我們先來講幾個有趣味的數目字，學者們能夠測量出太陽光照的某一地段上，是給與了幾“加洛里”（Calorie 力的單位），譬如拿莫斯科來講，每一平方米的場所，在三個冬季的月份（十一月，十二月，一月）從太陽那裏受得三〇〇〇〇“加洛里”，於春夏季這數月內，受得五〇〇〇〇〇“加洛里”，那末這一都市佔地多少平方米，即可由幾平方米去乘五〇〇〇〇〇“加洛里”而知道了在一年的溫暖的季節裏太陽所給與的熱力。但取得這大量加洛里的熱究到那裏去了呢？大部份是當熱積儲的時候仍失去和耗散於當天的一晝夜間的，只極小部份溫暖到不很深的地層內，而且積入不久，幾乎一到秋寒，積儲地層內的熱就要分散。

：簡單地說說日光所給與我們的寬大的恩賜不被我們所保存着，恰似不相關地丟棄了，是否我們可以

把在我們手裏空溜過去的大量的熱力，能保存起來利用呢？

最近年來，卓越的莫斯科物理學家米罕爾松（Miharsou）教授，對這一問題，曾作理想上的推考，（他已逝世於一九二七年二月）他的思想，曾流露於嚴密的設計中，想利用莫斯科夏季的日光的熱為溫暖冬季的住宅，且逐漸改他們（蘇聯）國都的氣候，這一已逝世的學者，曾擬成精細的草案，公佈於當時的專刊“實用物理雜誌”上。

米罕爾松是根據於下列的調查而構成自己的計算，佔地一千平方米的莫斯科的屋，在七個月（春與夏）受到太陽 $500000 \times 1000 = 500000000$ “加洛里”為溫暖這所房屋，在秋冬的五個月內，要消耗 360000000 “加洛里”。

“因此——他結論說——一般日光所給與每一建築物的熱量，用作為溫暖冬季還有餘裕，我們的課題，即在於如何吸收春夏所給與的太陽的熱而保存之，到冬季，則將這些預存的熱安全地散發出來”。

依米罕爾松的草案，想把這些日光的熱，藏在地下二〇米以上的深層內。

我們驟然一看，似乎要把太陽光深藏於昏暗的地下是愚蠢的，可是事情倒並不是無謂的。如果我們還記得地層是最會保存熱的，地層是優越的熱的隔離器，牠透熱非常遲緩。

“如果我們能夠——米罕爾松寫着：——把這一時期的太陽的熱力，埋藏於城市二〇——三〇米之間的地下層，這熱到冬天從各方面散發出來，還只能達地下的一〇米，不及地面”。

他怎樣設計想把太陽的熱積儲利用呢？

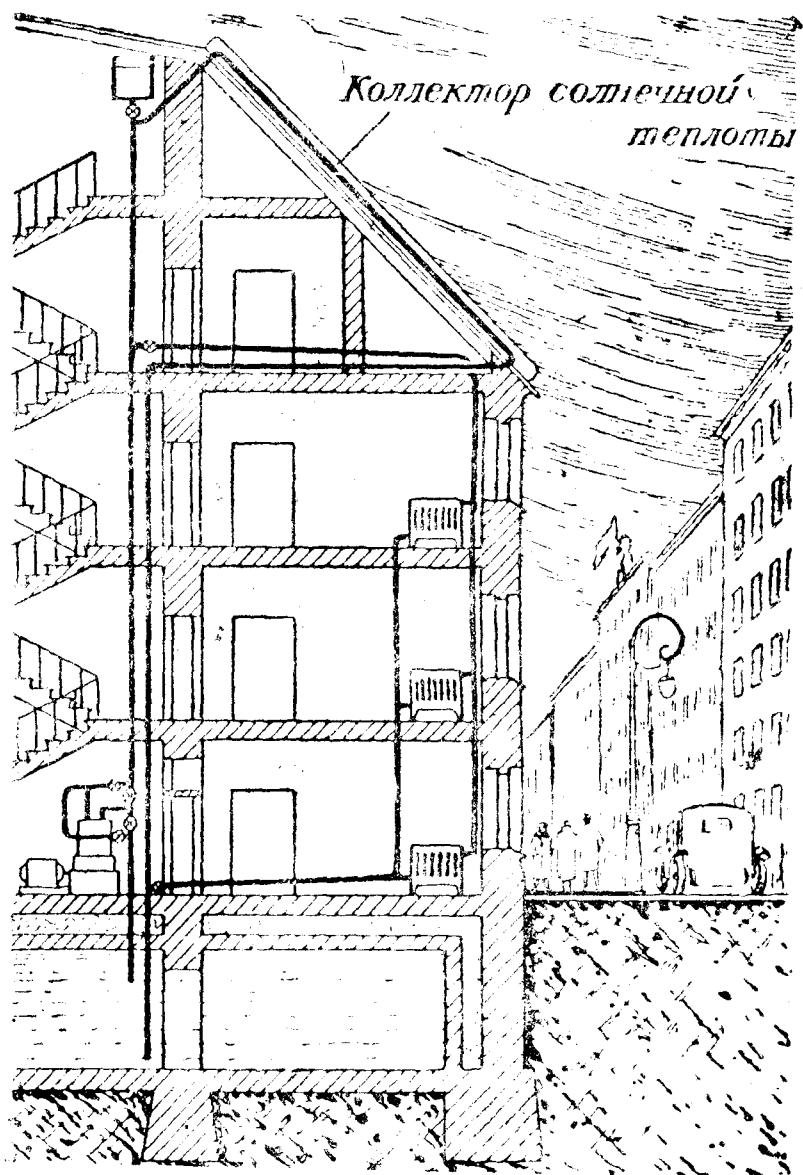
爲要瞭解這個聰明設計的根本的概念，必先得懂得兩個基本的物理學上的事實。大家都知道冷氣在蒸發時的現象；在蒸發着的液體，會使周圍的物體冷化（我們可想到穿溼衣服的寒冷），即能把它們的熱吸去。一般人較少知道的是相反的現象，濃厚化的蒸氣，重新化爲液體，歸還熱，來溫暖周圍的物件，蒸氣機發明者的瓦特，已驚異地注意到：“水變爲蒸氣狀態，把牠濃密化，使熱到一〇〇度，牠會變比液體水的重量大六倍，再注意另一事實，即在壓縮之下的氣體（Gas）會發煖。現在我們再來注意到米罕爾松的設計。

春夏之際，我們房屋頂被太陽光所炙晒，自然把這些溫熱了，這些熱在夜間屋頂冷卻之際就消失，發射於周圍的空間，米罕爾松的理想就在於如我們所講過，爲使這些熱不給它無效果地消耗，而保存它到冬季去利用。於是要在屋頂裝置水管系統，使被陽光所晒熱的水，不斷地引入於地基下二〇——三〇米深的地層內。

在這樣深的地層內，外面溫度的變動不會透入，這是不變的溫度層。在屋頂上晒熱的水，經水管環行於地下，有熱的剩餘仍能抽出而散發於屋頂，總之陽光所給與的熱，將保藏於房屋基地下深層（如插圖第五十九）。

我們現在說，這埋藏在地下的煖爐，將怎樣再去利用使溫煖住宅呢？米罕爾松提出一種裝置的設計，屋頂的水管，到冬天裏扭開來，溫煖的地下水，進入特種的容器（蒸發器），是裝有大汽管（Pipe）的。在那裏因用人工以降低壓力，蒸發某一種液體，（如酒精），酒精的蒸汽吸收了水的一部份的熱，再由另一唧管，散發於另一容器（濃化器），在那裏因壓力的提高，使重新濃密結成液體，於是把這熱的水傳達

於汽管中，地下的水 只要經過上述的過程即能煖到五度，這已可作為溫暖住宅用的水了。



第五十九圖 將夏日的熱作溫暖冬季住宅的設計

自然，也必要消耗一點燃料，（或電力）爲使保持其循環流行。可是這是很微細的——屋頂的水到地下層，到蒸發與濃密化之際，要有唧筒的工作，這一消耗也並不大，依米罕爾松計算，比現存的發煖制度要便宜三倍，一般說起來，是燃料經濟到六〇%，如果我們想起溫煖住宅所消耗的燃料，佔工業上用的全量之大部，那我們所講的這一方法的施行，更有重大的經濟意義。

當然，要實現這一制度，先要求有基本的地下層的工作。

米罕爾松更發展他的思想，講到整個城市氣候的改造：

“地面每年的中等溫度，將逐漸提高，冬天的冰凍期將縮短，經過許多年，因地層內熱的累積，能顯著地反映到城市的氣候，且逐漸擴大能煖冬的地段，白雪的掩蓋將比周圍區域早消緩積。一般地面溫度的提高，空氣也減少了煖熱的要求，因此，地層內熱的積儲，將改變城市的氣候，加速牠的步調，全城市若沙漠中的良田，一若把南方的緯度搬到北方來了。”

自然界唯一滑的物體

摩擦過的地板比通常的地板來得滑。你們也許以爲平面的冰比嶙峋凹凸的冰塊上的冰也滑得多。

但如果你拿着有柄的雪橇，去通過不平勻的、突兀的冰面，那你會認定與預期相反，雪橇滑過那種冰面是比平滑的冰上，更容易滑過。這原因的說明，在於冰的浮滑性不依於平面，而完全依據於另一種原因，即在於冰的融解度於壓力增大之際而降低。——

當我們扶着雪橇或穿着跑冰鞋的時候，那只踏着很小的地場，——總不過幾平方米，我們的體量就整個壓在這小小的場所。如果我們還記得前面所講過關於壓力的話，那就會懂得，跑冰者壓在冰上是含有強大的力，冰在巨大壓力之下即較低的溫度也能融解：譬如，冰有零下五度的溫度。跑冰鞋的壓力降低了它的融解點，被冰鞋所踐踏的這零下五度以上的一部份就要融解，這有什麼呢？即在冰鞋與冰之間有一薄層的水，可以利用了，只要跑冰者的脚換過另一地點時，那裏就發生了同樣的水，跑冰者脚下隨處把冰變成薄層的水，僅在冰中所具有的這種物體的

本質，一個蘇聯的物理學家稱牠爲“自然界唯一的滑體”。

現在我們再來解題。我們知道重量壓在於較小面積的是較有力。那末我們立於平鏡面的冰上與站在突兀的凹凸的壓面上，那一處壓力大呢？自然是後者壓力較大，因後者只踏着凸出的表面，而冰上的壓力愈大，愈富於融解性，於是冰更有滑性。

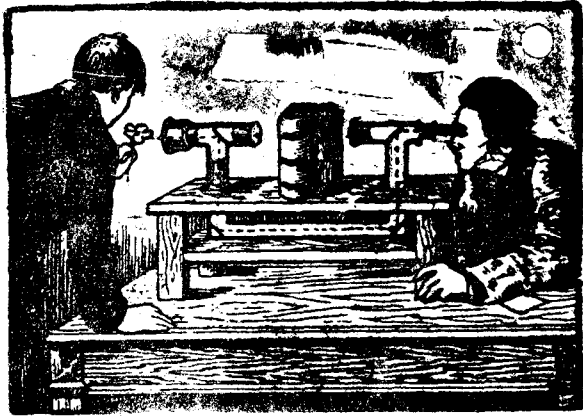
在強烈的壓力之下，冰的融解點降低了，這也由我們日常生活中其他許多現象可以說明。賴着冰具有這一特性，各個小塊如把牠用力壓縮能凝成一起，小孩子們在雪天裏用手捏着雪團玩，這正無意識地利用小冰粒的特質，使其在壓力之下，降低它的融解溫度而凝合起來，滾雪團做“雪僧”，我們也正利用着這指出的冰的特質，雪在密團之下，由於大衆 (Mass) 的重壓而凝結，現在你們可以懂得，在行人道上的人腳壓力之下漸漸，堅結爲冰，雪塊凝成爲堅層。

第七章 光的反射與曲折

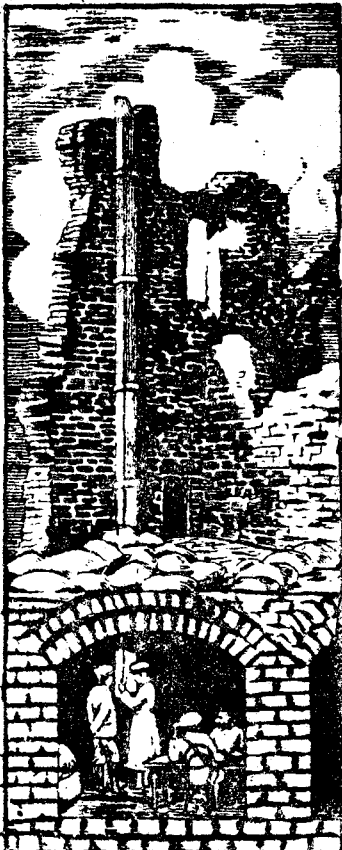
潛 望 鏡

在前世紀的九十年代，曾有大聲叫賣的一種所謂“X光器”，我記得我在學生時代，也曾拿到過這一聰明傢伙，這是一條管，給我們能看見為不透明物體所阻隔的東西，我們不但曾把厚紙隔起來，甚至連真正X光器也不能透現的厚厚的書，如果你仔細去觀察如這裏插圖第六十所描寫的那種管，那你懂得這一玩具，是並不十分祕奧的，有四面斜裝着四五度角度的鏡子，使光反射幾次，是越過了不透明的物體。

在列甯格勒的愛拉根(Elagin)半島上，為我所設計建築的科學陳列館的展覽品，也根據同樣的學理，參觀者能見到透過自己面前伸着的手掌，遠望着自己所不能猜着的情景。



六十圖 假的X光鏡



第六十一圖 第一次世界大戰時德人所用的潛望鏡

在軍事上，也曾被廣泛地利用着這種儀器，如果我們能從“潛望鏡”（Periscope）中去窺探敵人（如插圖第六十一）可以不伸出頭在地上，也不受敵人炮火的威脅，因此成為極厲悍的戰具。

從潛望鏡所突出地點起到觀察者的目，這一條光線的途徑愈長，在儀器中所見的視野愈小，為增大這一視野，採用光學上的玻片，使透入潛望鏡的一部份光，被攝收在玻片上，景物能更加明

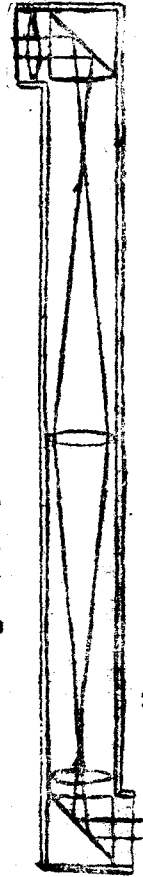
確。潛望鏡是有一定的高度，二〇米為最高的界限，更高則所與的視野非常細微，在陰暗的天氣裏，更看不分明。

潛水艦的艦長，他要去觀察想被船所襲擊的敵艦，也用潛望鏡，長長的管伸出在水上。這潛望鏡比陸上所用的複雜得多，可是本質上是同樣的，在潛望鏡的突出部被映入的玻片（或稱稜鏡）由此所得的光反射通過管，重新反射到潛望鏡下部，於是，被投入於觀察者的目中（如插圖第六十二）。

有節約的迅速性

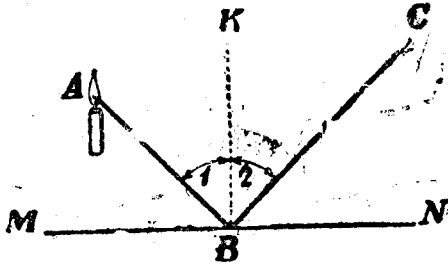
我們知道，光在單純的環境中，是直線地傳播開來的，即依着最迅速的道路。可是更有趣的事情是光能揀選最迅速的道路，即在那場合，光不是由這點直接傳到那點，是光經鏡子的反射而達到。

我們且察看這一條路，如插圖第六十三所繪 A 表示光的原泉，MN 線——鏡子，ABC——光到我們目中來的路線，(C 指我們的目) KB 是當作到 MN 的



第六十二圖 潛水艇內之潛望鏡輪廓

垂直線。



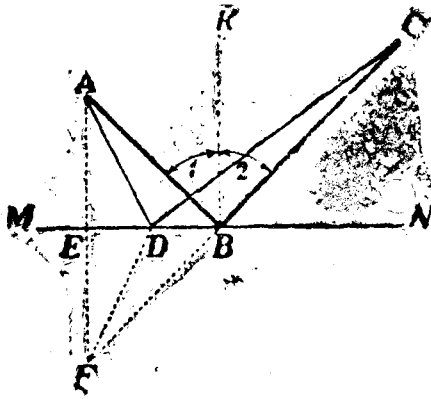
第六十三圖 墜角與反射角相等

依着光學的法則，反射角 2 是等於斜角 1 的，知道了這些就很易證明，由 A 到 C 的一切可行的路，以順便地達到 MN 鏡面之 ABC 一路是最簡捷的。我們且把 ABC 的光線的路與其他任何一條相比，譬如與 ABC 一路（見插圖第六十四）且以 AE 為由 A 點至 MN 之垂直線，而要繼續達到與 B 線相交的交點 F，把 F 與 D 也聯起來，我們首先就可見到 ABE 與 EBF 這兩個三角形是相等。牠們的直角線都依準 EB 綫面。此外，EFB 與 EAB 的角也互相均等，和 1 與 2 的角相等一樣。（KB 與 AF 綫是平行綫）由此產生直角的三角形 AED 與 EDF 的尖角與底面的相等，同時 AD 與 DF 也相等。

因此，我們可以把這 BAC 的路代替以相等的 CDF 的路（亦如 $AB = EB$ 而 ADC 相等於 CDF ，我



們把 GBF 與 CDF 的長度互相比較就可見 CBF 直綫比 CDF 折綫來得短。



第六十四圖 反射出的光着捷徑

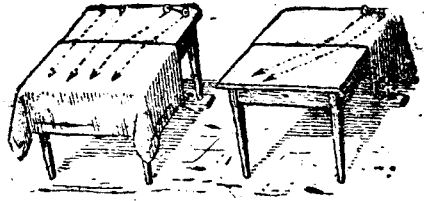
只要射角與墜角相等，在 D 點上無論怎麼去找，ADC 的路終是 ABC 的路來的短，所以光是真實地揀着最短與最簡捷的途徑，在其從出發點到鏡子以及反射入我們目的中間這一途程。

光爲什麼和怎麼曲折？

光綫從某一環境轉到另一環境時會打破自己的途徑，許多人以為這是自然界的奇異的特性，爲什麼光要到新環境去的時候，不保存原始的自己所有的方向而揀着走不規則的道路，似乎是莫名其妙的事情，凡是經過仔細實驗與視察的人，他會帶着滿足地認識，光綫所走的路，也和軍隊的大隊行軍那樣，會繞越過不便行走的沼澤而趨於平坦的大道。

我們以小範圍來實驗光在台子上曲折的明顯的例子。（插圖第六十五）把一塊白布蓋住台子的半面，再把台子放成斜形，使在台子面上滑下去一對裝着軸的小車輪。（這種車輪可以從弄壞了的玩具中去取來）你就可以從那裏得到光學法則的說明，光在台子平面上走是直線的，車輪的運行方向如果碰到台布邊緣是在直角之下，那不會發生進行的曲折，但如果斜的進行到台子布的邊緣，車輪的路就要曲折，因在這分界處動的速度有差別，就顯然可見從台上動的速度較大部份（不蓋布部份）移行到速度較小部份（蓋布的部份）進行的方向（也是光的方向）是接近於直線的下降。

從這一我們所視察的現象中，正可汲取重要的指示，即曲折是被兩方環境中光的速度的分別所制限着的，速度的差別愈大，曲折也愈大。表示光曲折限度的所謂“曲折指表”就不是別的，只表明對速度的關係而已，當你讀到“曲折指表”上寫着：光由空氣入水中如 $\frac{3}{2}$ ，那你立刻就可知在空氣中的運動比在水中是快 $\frac{1}{2}$ 倍。

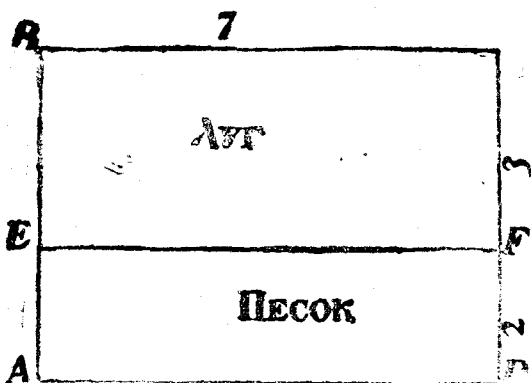


第六十五圖 說明光曲折的實驗

什麼時候走長的路會比走短的快？

難道走曲折的路會比走直路來得快嗎？對的，有這種場合，只當在各部份道路上運動的速度有差別的時候。你看住在鐵路線旁兩個車站之間的農村，村裏的居民要到他們鄰近的較遠的車站上去，他們怎樣走來得快呢？他們先乘馬車走着目標相反的路，先到較近的車站，再趁火車到目的地。顯然，因用馬車直達路是短的，可是他們甯走遠路，乘馬車後趁火車，達目的地較快。這就是走長的路比走短的快。

且請再注意到下面一個例子，騎兵應當從A點到指揮官的駐紮地G點去報告（插圖第六十六）騎兵所在地方與營幕相隔兩個地段，一個是厚的沙地，一個是草原，兩個地段間以EF一直綫相劃分，在沙地上馬走着比草原上慢兩倍，那騎兵為要在最短時間內到達，應當選取怎樣的道路呢？



第六十六圖 騎兵要由A至C找捷徑的課題

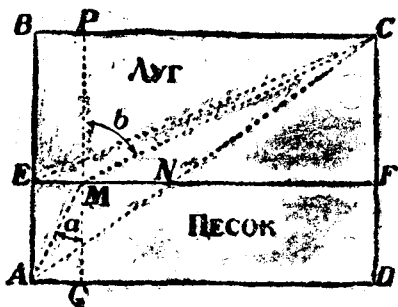
驟然一看，似乎從A到G的直線是捷徑，但這錯了，我想騎兵是不會揀這條路的。騎兵正確的思想，是要想儘量縮短這難走的沙路上的斜線，同時可儘量延長第二部份的草原的路。因草原是動得二倍的迅速，雖然路是加長，可是在總的計算上，可以減少時間上的距離，換句話說，騎兵的路應當到兩個地段分界處曲折，使草原的路比沙地上更帶大的角度而直行。

凡是認識幾何學的人，即以畢沙古拉氏學說亦可證明AG的直路，實在不是最短的路，如顧到地段的廣度與距離，迅速能達到目的是依着AEG的曲折（見插圖第六十七）。

在插圖上指示沙地長為二千米，草原為三千米，

BC 之距離為七千米，那 AC 的全長度依畢沙古拉氏的理論為 $\sqrt{5^2+7^2} = \sqrt{74} \approx 8.60$ 千米，AN 一即依沙地的路——這一段為全程之 $\frac{2}{5}$ 即 3.44 千米，但因沙地上的行走比在草原上慢兩倍，故即等於草原之 6.88 千米，而 AG 全程之 8.60 千米，相等於草原路 12.04 千米。

現在依 AEC 的曲折路來計算，AE 部份為二千米，相等於草原之四千米， $EC = \sqrt{3^2+7^2} = \sqrt{58} \approx 7.61$ 千米，其總計為：4 + 7.61 = 11.61 千米。



這樣所謂短的直路是一二·〇四千米，而長的曲折路等於同樣地面上的一一·六一千米，走這條曲折路是便宜了〇·四三千米。

第六十七圖 騎兵應當走 A. M. C. 一條路

但我們講到這裏，還沒有指出最迅速的道路，上述的理論，怎樣告訴我們最迅速的道路，我們仍要注意到三角法，——正弦 (Sine) 角 b 對正弦角 A ，當作草原對沙地的速度，即 2:1，換句話說，必要選取方向使 b 比 a 大二倍，為此跨過這兩個地段的分界線必要在 M 這一點，距一千米的地方，

於是這關係是。

$$\text{Sin}b = \frac{6}{\sqrt{3^2 + 6^2}}$$

$$\text{而Sin}a = \frac{1}{\sqrt{1+2^2}}$$

$$\frac{\text{Sin}b}{\text{Sin}a} = \frac{6}{\sqrt{45}} : \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{3+5} : \frac{1}{\sqrt{5}} = 2$$

那末這路的長度“照草原上”將得多少呢。算出如下：

$$\text{AM} = \sqrt{5} = 2.27 \text{ 千米, 相等於沙地 } 4.54 \text{ 千米}$$

$$\text{MG} = \sqrt{45} = 6.71 \text{ 千米}$$

$$\text{總長} = 4.54 + 6.71 = 11.25 \text{ 千米}$$

這樣，比前面所算的曲折路又短了七九〇米。

你們看，這樣條件下的曲折路，是有如何便利，而光線却正揀選着這條路，因光線曲折的法則，也嚴格地要求有數學課題的解決，曲折的正弦角對下射，正弦角的關係，是光的速度在新環境對牠所離開的環境的關係，另一方面，這關係你是相等於“曲折指表”上所指示的。

借 助 於 日 光

在冬天裏我們可以做一種輕易的實驗，在將被日光所要溶解的雪上，並着蓋下兩塊同一大小的舊布，一塊透明有光的，一塊是黑的，等過一、二小時，你就會看到，黑布陷落在覆蓋着的雪裏去，透光的布，依舊在以前那樣的高度。去找出這差別的原因，並不難，黑布下的雪是更易於溶解，因黑布能吸收投給牠的大份分陽光，而透光的布則反之，牠會分散光線，在牠底下的雪不易溶解。

爲北美合衆國獨立而奮鬥的戰士，發明避電針的不朽的物理學家法蘭克林，他是第一個做了有意義的實驗。他寫道，“我拿了各色的數塊正方形的紗布有黑的，深藍色的，淡青色的，綠的，紫色的，紅的，白的及其他各色，在一清朗的晴天早晨，我把這些布都並鋪在雪上，經過數小時，黑的一塊布，比其他溶解得最強烈，陽光似已深入得不能再深入了，深藍色的幾乎和黑的差不多，淡青色的就溶解力少得多，其餘則依然留在上面，毫不下陷。

“如果我們對這種情形毫無利用，那這種理論有

什麼意義呢？難道不是由這一實驗中說明我們在溫暖的日光下穿黑大衣，是比穿白的不利，因要強烈地燃熱你的身體。如果再加上自身發的熱，不是成了多餘的熱嗎？男女戴的夏帽，不是也要白色，為抵抗陽光所給與一些熱。再，刷黑了的牆壁，不是可使牠吸收整日的陽光，到夜裏還保留相當暖熱，而防果實的冰凍。我們不是還可以把這一現象做各重要實用嗎？”

一〇九三年德意志人的北極探險隊在“豪烏斯”（Houns）巡艦上，也顯示了這種有利的應用。巡艦是被凍結在冰裏了，用了各種方法，都不能解救。爆炸物，鋸刀，炮彈等，只能把數百立方米的冰塊打得遠一些，終不能救出這隻巡艦，於是不得不借助於日光了，黑灰炸與煤在冰上鋪一塊長二千米，闊數十米的地帶，由艦端直達冰塊的開裂處，經過北極夏日數天的照射，冰溶解了，打開了這里煤灰鋪着的地帶，艦得救了。

蘇聯的氣象學家屠柯夫（zhukov）在不久以前曾應用這一物理學上的現象，獲得意外可驚的成就。他目的是在想人工地能解開中亞細亞冰河的蓄

積使增加這些爲冰河所供結的河流的水量，於一九三四年天山老察隊應用這種實驗，即在塗黑的冰面上，夏季冰溶解加速，在晴天增四·五倍，而在陰天則增二倍。

從以黑布溶雪，到人工的溶解水山而增富許多河流的水源，這是社會主義條件之下，應用物理學以闡發自然之優美的例子。

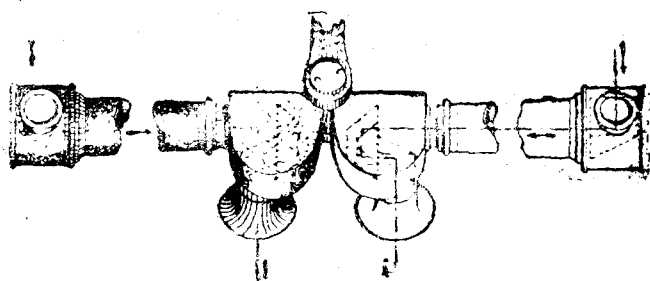
巨 人 的 目 力

站在離我們很遠——四五〇米之外——的物件我們就不能對牠有分明的印象。遠遠的築物，山陵，風景，在我們看來好像是平面的，由於同一原因，天空所照射我們的所有星座，似乎都在同一的距離，雖然月比其他行星近我們許多。

一般，凡遠在四五〇米以外的物體，我們完全失去了直接吸取浮彫（Relief）的能力，牠們對我們左眼與右眼都似同一的，因兩目瞳子六米厘的距離與四五〇米相較，是距離太微小了，所以在這種條件之下，顯體鏡（Streoscope）上的照片不能有浮彫的顯露。

但這是有方法可以補救的，當攝取遠景的時候，只要把顯體鏡上兩個小圓點隔離開比平常雙目的距離稍遠些，這就是顯體鏡攝取遠景的秘密。

讀者們大概就會想到，如果我們要在兩個視察管所見的一種景物，見到牠直接的原形，而不是平面的照片。有一種儀器，叫做顯體管，兩個管的距離比我們平常目的距離大得多，而兩方的景象，經過能折光的稜鏡，都能同時投入我們的眼內（插圖第六十八）。如果經驗過這種儀器的人，就有異樣的感覺，一切自然都變形了，遠遠的山陵，都成為浮彫，樹木，岩石，築物，海中的船舶，都是圓周體的（Rounded）凸出的。



第六十八圖 顯體鏡的視管

不像在平面的幕片上，在普通的管子上你們看到遠方船舶是不動的，這時就看到牠在行動，在這種情形之下，對一切地上的景物，自己好似神話中的巨

人。

如果把管增大十倍，視管的距離比雙瞳的距離增加六倍（等於 $6.5 \times 6 = 39$ 米厘），那末我們在這裏所視到的景物比普通未熟練過的目光，要明刻到六〇倍，這也就是說，即使遠離二五千米的景物，也能顯現明白的浮彫。

這對於土地測量員，海員，砲兵，旅行家，必須備有這種視察管，如果再用顯體距離尺，更能獲美滿的効果。

保 護 色

達爾文時代在動物學上稱為警衛色，我們在軍事學上稱為保護色，在動物的宇宙內，我們真可找到無數千的實例來說明，如居留於沙漠上的動物，大部份是帶着黃的“沙漠色”，如獅，鳥，蜥蜴，蜘蛛，……總之，都可作為沙漠系的代表。又在北方雪原上的住民，為避免野熊的侵襲，穿着白衣，不使在雪的背景上看出他們的身體，停在樹皮上的蝴蝶與毛蟲，牠們也有與樹皮極相類似的色澤。

在自然界中這一“手段”，許多動物是超越了人

的發明能力，有許多動物能隨着周圍環境的更改而變換自己的保護色。譬如在雪的背景中的銀鼠，銀白色的，在雪中不易被人發見，可是等到雪一溶解，就把這一保護色完全褪去，每一屆春季，換上了一件灰色的新皮，與雪已溶解過的土壤，有理想上的融合。

人們也曾採取了這一有利的技藝，把自己與周圍的背景融合，不被人家所見，古人的彩色斑斕的裝飾，在各種戰爭圖畫中可以看到，但是保護色單一色終是排除了彩色，灰色的軍服，戰勝了刺繡的裝飾，在未來的戰場上，將不見一明顯的班點，現代軍艦灰色的外身，也同樣為使與海的情景相混合之保護色。

這裏我們要講到所謂“策略上的掩蔽”(Tactical Comouflage)，把各種物件——陣營，武器，坦克，軍艦作軍事上的偽飾，或以人工的煙霧，使敵人迷亂，以特種的網飾營幕，網上編纏着叢草，兵士穿着樹皮色的外衣，并飾以花草等等。

現代空軍上對偽飾也廣大地利用着，德國的技術雜誌上，曾有如下的論述。

“在飛機上面塗着肉桂色，深綠色與紫色，這樣在牠的上面看起來，就很難與地面的背景相分辨。

在飛機下面塗着與天空相混合的顏色，淡灰色，淡玫瑰色，白色，從地上看起來就難分辨，這種色澤在七五〇米高點，即為不易見的斑點，在三〇〇〇米高點，就全然不見，飛機在夜襲時必需塗黑色。”

能反射背景的鏡面作為保護色，在各種境況中都有利，因能與周圍環境的色澤自動地吸取應用，遠距離內成為不可見。德國在世界大戰時，在齊柏林飛機上都漆着光澤的鋁，能反射天空與雲霧，如果不傳播發動機的騷音，很難瞭望到牠們的飛行。

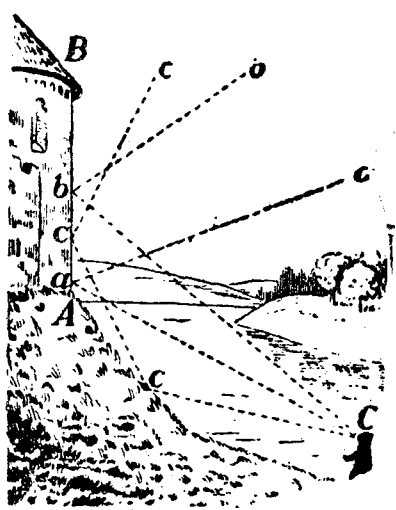
這就是我們童話中所謂“隱身術”，在自然界與軍事技術上的實施。

第八章 聲音與聽覺

怎樣搜索回聲？

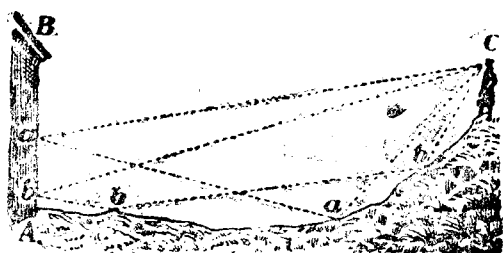
你們知道回聲是怎樣發生的呢？回聲，——G 不是另外一種什麼，只是音波由於某種障礙被反射而回轉來，和光的反射一樣，“聲線”（音波依此而跑過去的方向）的墜角與反射角相等。

現在你們且假定自己立在山麓（如插圖第六十九）會反射聲音障礙物站着在你高，如 AB 點，那你就易於見到，音波是依着 CaCbCc 的路線而傳達過去，不會反射到你的耳朵，



第六十九圖 不生聲回

而是依着 aabbcc 的方向分散於空中。如果換一個境地，你站在障礙物同一水準或較高地點（如插圖第



第七十圖 有回聲

七十) 聲音依着 $CaCb$ 方向往下行，立刻依着 $CaaC$ 或 $CbbC$ 的折線而反射到你，從地面一次或二次射折，發聲點與反射點之間地面愈深，發回聲愈能清晰，反之，如 GB 二點之間是伸出的，回聲愈弱，或完全沒有，也如凸鏡上的光線分散一樣。

在不平坦的境地上搜索回聲，要求有相當的熟練，要在適當的地點喚起回聲。首先要注意，不要立在離障礙物過近，使聲音可跑過充分長的路，——不然回聲回來過早與本聲相合。我們知道聲音是一秒內跑過三四〇米，那顯然，你如果站在離障礙物八五米距離內，你發聲後之半秒內即可聽到回聲。

雖然一切聲音在空中都會發生反響，但這反響並不一樣清晰，荒林中的獸吠呢？還是號角的哀鳴？

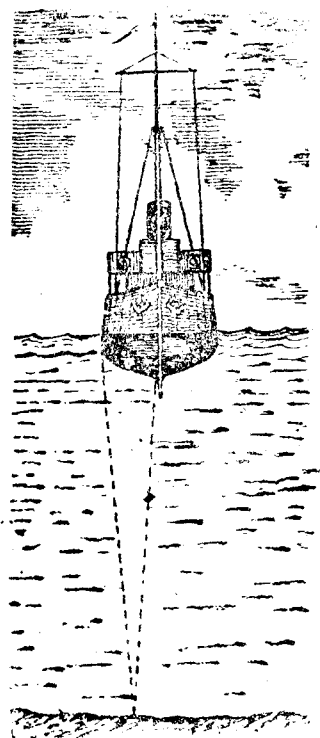
雷的轟鳴呢？還是寺外處女的高歌，愈是激厲與斷裂的聲音，回聲愈清晰。拍掌最容易發生回聲，人的發聲，尤其是男子聲，不大會發回聲的。婦人與孩子聲的高調，能給與極響亮的回聲。

從海底來的回聲

好久以前，人們不知道回聲有什麼可以利用，二十年以前，還沒有想到測量海洋深度的方法，這一發明是偶然的。一九一二年“吉丹尼克號”（Titanik）航海巨輪，幾乎帶着全輪的乘客沉沒了，這是由於偶然觸着大冰山，爲使其他船舶不發生同樣的災禍，於是想利用回聲無論在霧天與夜間可以明瞭輪船所到處冰結的障礙物。這一方法實際上沒有得到什麼效果，後來人們又轉到另一個想頭，即想藉海底所發出的回聲，來測量海的深度。這就得了很好的成果，現在許多航輪上，連破冰船等也在內，都備有這種技術上的裝置。

你且看這插圖上的點線，在船舶的一方船艙內相近於船底（或稱龍骨）的地方，放着彈藥，彈藥因着火而發出猛烈的聲音，這音浪傳出去，透過水的厚

積，達到海底，於是海底再反射過來送回自己的回聲，這回聲被敏感的儀器所把握住，準確的時鐘，可



第七十一圖
回聲測鉛的圖象

以依彈藥聲所發出與牠回聲所到達的時間上的間隔，測量起來，知道音波在水中的速度，即容易算出障礙物所反射過來的距離，即又確定海洋的深度。

且說彈藥的爆發與回聲的回轉是經過二·四秒，於是要去乘音波在海水內的速度——每秒一四三五米，那就是：

$$1435 \times 2.4 = 3444 \text{ 米}$$

爲要知海的深度再除一下：

$$3444 : 2 = 1722 \text{ 米}$$

過去的測深計，只在船舶不動的條件下，并費時很多，現在有了這種裝置，是海洋測量技術上發生了一個大的變革。測鉛（Lead）測量時用輪子放下去，繩索在輪子上捲着的，放下去很慢（每分鐘一五〇

米)同時又要這樣慢拔起來,測量三千米的深度要化去一小時的四分之三。若用回聲測鉛(Gounding lead)在這同一距離內只需數秒鐘,而且船可以在全速的進行中,其成績還無可比擬的穩當與準確。在巨大深度上有準確的測量這對海洋地理學有極重要的意義,在航海術上作為保障安全的最現實的助手。

在最近這種回聲測鉛裝置的進步,其準確性可以完全超過各種機械的測量器,德國探險隊所乘之“米台奧爾號”(Meteor)在大西洋上曾以新方法實施七〇〇〇次測量。

蘇聯的回聲測鉛,牠是首先裝置於“愛爾馬克”(Ermak)號的破冰輪上,於一九三四年由列甯格勒出發至摩爾孟司克(Murmansk)即利用此以測海的深度,表示這儀器成績優良。

回聲測鉛現在航空上也有順利採用的企圖,為要確定飛機離地面或水面的高度,其他工具不能給予穩靠的答覆時,就可應用。

槍聲從那裏來?

當聞着一種爆聲的時候,我們所確定的錯誤往

往不是距離，而是方向。

我們的耳朵，能清楚地分辨出槍聲由我們左邊來，或右邊來，但如果聲音發出我們的直前與背後，就無力辨出這聲音的來源，在前面射出的聲音，往往會從後面傳過來。

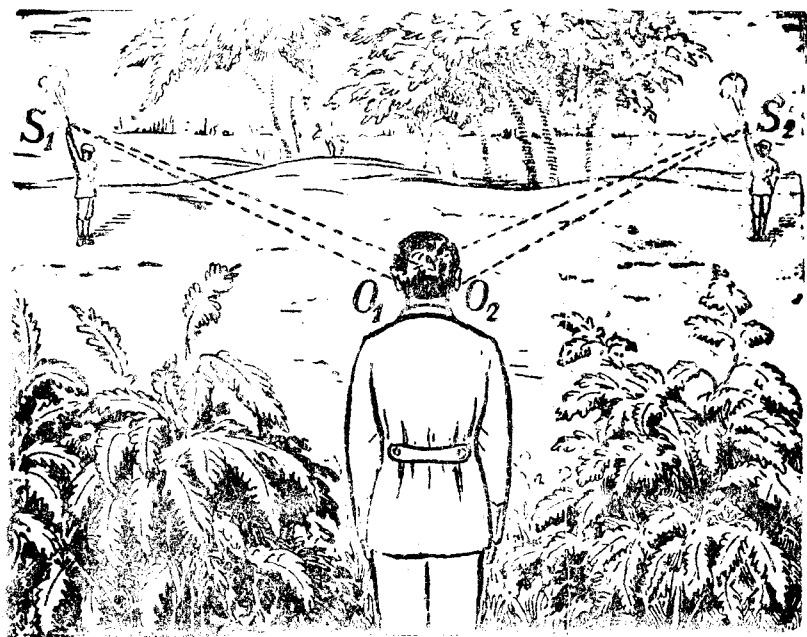
在這種情況之下，我們所能分辨的——依着聲音的力量——只能分辨出自近而遠的射擊。

有一種很有意義的實驗，即叫一人坐在室內包住他的雙目，請他安定地坐着。不扭轉頭，你手裏拿着兩個銅幣，把牠們在平地上分置開相間隔地在受實驗者頭部前後方敲擊，且讓他去分辨被擊的銅幣在什麼地方。結果往往是相反的指示，聲音發生這一方，而他指到那一方去，如果把他的頭稍側一下，他就能正確地指定。

這一實驗正可說明草叢中的蟋蟀。從右方路旁發出尖銳的鳴聲，我們向那邊去看，一無所有，聲音若自左方來，等我們回轉頭去，聲音又在第三個地點了，你頭愈扭得快，蟋蟀愈表演牠樂音奇異的跳躍。事實上，牠依然坐在一個地點上，只有由於被聽覺所欺騙而產生的想像。在這種條件之下，我們可以知

道，錯誤只在於方向，即蟋蟀聲自前面傳來，而你就跟着錯誤指到相反的方向去了。

由此可得一實踐上的結論。當我們要判定蟋蟀聲，鼓聲，以及其他遠處的響聲，你不要先扭轉頭向着聲音的方向去，而是向着聲音響的相反方面去，這就是所謂我們要鎮靜。



第七十二圖 槍聲從何處來？

怎樣測量噪響？

音有一定的高度，有每秒鐘一定的振動數，這在

研究音樂的調子上是有很重要的意義，但要研究噪響——經常變動的無數聲音的混合物，這有什麼意義呢？不久之前，幾乎沒有人對噪響作科學的研究，在最近，纔作為各方面研究的對象，是因為一般人們明瞭了巨大的聲音，有害於人的健康，而且顯著地降低了他的生產能力，（依國際聯盟勞動部的調查，噪響會降低勞動生產能力至百分之四〇）於是首先要確定噪響高聲的估計，以顯示牠的數量，因此又要規定一種聲量的單位。

作為噪響聲量的單位的是“倍爾”（“Bel”——電話發明家的名字）——“倍爾”等於一〇“台茨倍爾”（Detsidel）普通實用的都以後者為準，與你耳朵相距兩步遠的低語，與輕風下樹葉的微鳴，有一〇“台茨倍爾”的聲量，大聲的交談為六五“台茨倍爾”，離我們耳朵一〇米遠的機器噪音，相近於一〇〇“倍爾”。這種估計聲量方法的特點，即在於聲量一“倍爾”對聲音力的關係上為一〇，二“倍爾”則為一〇〇，如果你知道輕汽車所發的噪響為五“倍爾”，而樹葉的微鳴為一“倍爾”，那汽車所產生的聲音，物理上的力量比樹葉的力高過的不是五倍，而是 10^4 ，即為

一〇〇倍。

下面舉出幾種自然界與生產上的噪響之估計的實例：

微風中的樹葉低響	10 台茨倍爾
離耳120米處的平常的低語	20
晚上冷靜的街	30
離耳10米遠的輕汽車	50
離耳1米的平常的會談	65
尼阿瓜拉瀑布最響地點	90
離耳10米的機器的軋擦	97
無悶音器(Muffler)的飛機發動機	100

在八〇或八〇“台茨倍爾”以上的噪響，有害於人的健康，破壞心臟的韻律，提高血壓，所以必要與這有害的噪響作鬥爭，怎麼樣呢？

關於這問題的專家魯采夫金（Rzhevkin）教授，曾給與下面的回答：

“與噪響作鬥爭，可以把最發噪響的機器，裝置於音浪隔離化的牆壁與基地上，地下鐵道的噪響減少，以車輛的特殊構造與裝置隧道面的吸音的材料或可達到目的，飛機座廂音的隔離化特別在美國，曾

有巨大的成績”。

大 鼓 的 電 報

以音的信號，作為傳達消息的工具，在現在非洲，中美洲，玻里內西亞諸地的原始社會內的住民，都很流行，原始部族在傳達消息中使用一種特殊形式的大鼓，藉此傳達音的信號，及於信號所能達的巨大的距離點，在某一地聽到信號以後，即照樣敲一遍以達於更遠處，所以在很短時間內能把重要的消息，通告於廣大的區域。

意大利與阿比西尼亞第一次戰爭的時候，意大利人軍隊的調動，能迅速地被阿王美納里克（Nehns Menelik）所知道，意大利的總司令部，不知道敵人有這種大鼓的電報，常被阿人所窘。

意阿戰爭第二次開始時，在亞迪司安培（Adis-Abebe）以同樣的方法，頒布全體動員令，過了數小時之後，國中最遼遠的邊境也都明白了這件事。

當英國與南非洲蒲蘭人（Boor）作戰爭，也可看到這種同樣的電報，一切軍事情報，以極迅速傳播於全加普倫特（Kapleind）的住民，而正式的公文

經過數晝夜的飛脚纔能追及。

許多旅行家都證明，音的信號在幾個非洲部落內有精密的佈置。在他們以爲這種電報比歐洲人現代電報未發明之前的光報來得便利。

數十年前在一雜誌上，英國博物院的考古學家哈賽頓（R. Haselden）寫着，在黑人國中心的伊巴特城（Ibad），日夜不斷地聽到鏗然的大鼓之音，有一早晨，一個考察家聽到了，只見黑人們在熱烈的會議，於是去問，一個頭目來回答：“一隻白人的大船沉沒了，許多白人死了”。這顯然是由海岸來的大鼓的報告，經過三天，他纔收到了因交通被阻而遲延的電報，說某人的死亡，至此他更明白大鼓言語的忠實，而且牠是廣播於全國的，更可令人驚異的是：這大鼓言語的輾轉傳遞，甚至在言語全不相同，互相殺戮的各部族間，也能互相會通。

聲的雲層與空氣的回聲

聲音不僅從堅硬的物體上會反射，就是從柔和的物體上，如雲層中也會發生反射，甚至完全透明的空氣中，在某種條件之下，也能反射出聲浪，即能使

聲音與空氣中其他的羣體 (Mass) 分離出來，從看不見的障礙物而反射出來的回聲，往往使人迷惑於聽到不知從何處的聲響。

汀達爾 (Tindal) 曾在海岸上試驗音的信號時第一次見了這奇異的事實。“從完全透明的空氣中得到回聲，——他寫道——回聲達到我們這裏來，宛如出於一種魔力，而是從我們所見不到的聲的雲層裏發出的”。

聲的雲層！這是被英國物理學家所指為空氣的某一部份，阻滯了聲浪，使牠反射出來，產生了“空氣中的回聲”。

聲的雲層是經常地浮游於空中，與平常的雲，霧沒有一點關係，最透明的大氣，也許被牠所充滿，這種雲層會因氣流多種煖熱的差異與內涵蒸汽量的不同而產生”。

對於聲音不透性的聲雲之存在，有時在戰場上會給予我們幾種奇異的現象，一八七一年普法戰爭的參加者，曾有下面一段的記載：

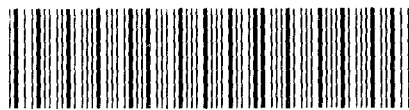
“在六號早晨，發現了是與昨天完全相反的天氣，昨天是嚴寒而且濃霧，半海哩以外就任何不能明睹，今天呢？清明而晴和，

昨天的空中被聲音所充塞，今天是被寂靜所支配着，一若亞爾加提 (Arkadii) 已不知戰爭，我們互相在驚視，難道巴黎已把要塞，砲壘，轟炸已無影蹤地消滅了？……我到了蒙莫我倫斯 (monmorans) 我極目望到巴黎北：展畫，(Panormo) 那裏是死一般的寂靜，我遇到三個兵士，我們開始討論時事，他們都預備退役，因從早晨以來沒聽到一聲槍聲，和平似已在開始談判了……

我出發到哥納司 (Goness)，可是帶着非常驚訝，因知道德國砲兵從今早八點鐘起會劇烈地開火，南面同時之發生轟炸但是我們在摩莫倫斯却一無所聞……這一切都因為今天空氣傳達聲音，也像昨天那樣鈍拙。

在一九一四至一九一八年的世界大戰中我們也常常可遇到同樣的現像。

上海图书馆藏书



A541 212 0023 9841B

