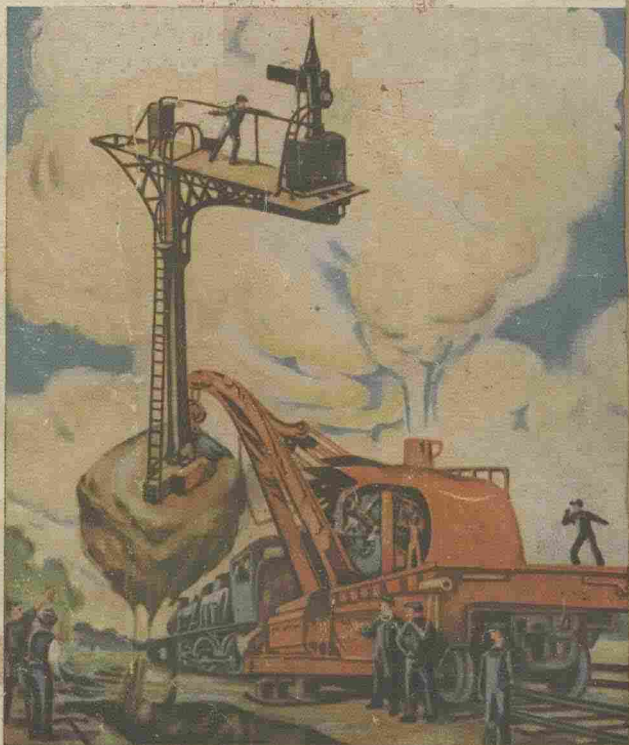


少年自然科學叢書

第六編

物性·力·運動



商務印書館發行

弁言

自然科學是一切學問的基礎。工醫農林等學科，不消說是自然科學的應用；即哲學文學，或批判自然法則，或讚美自然現象，亦非有自然界的充分知識不可。欲養成自然界的充分知識，非於少年時代致力研究觀察驗證而培植其根基不爲功。

我國講學，素來好談玄理，不尙實際，一般國民本沒有研究自然科學的習慣，而輓近教育者又不曾注意初等自然科學教育，以致設學多年而學術的不進步如故，工藝的不發達又如故。欲救此弊，當先求自然科學的普及。欲謀普及，專靠學校教科決不敷用，而良好的補充讀本遂爲社會上一大需要。

初等自然科學的補充讀本，要怎樣纔算得良好呢？我以為要合下列

幾個條件：(1)取材要得宜；(2)程度要適合；(3)例證要切實；(4)敘述要有層次；(5)說明要能透徹；(6)文字要淺顯；(7)趣味要濃厚；纔算得理想的少年讀本。

我早想編這一類的書，好久未能下筆，曾經取歐美日本先進各國出版的初等自然科學叢書多種參照研究，雖覺得各有特點，然因文明程度和地方事物的不同，每不適合我國少年之用。和我們的要求比較適合的，當推日本最近發刊吉田弘和芳澤喜久二君所著的自然界之話一部叢書。此書共分十二冊，由宇宙說到地球，由地球上的現象說到人類的生活，將自然界的知識一切包羅在內。全書有一個秩序的大組織，而各卷之中又各有秩序的組織，而且甚注意於兒童的知能和心理，凡兒童所會生疑的事必一一設問，而後羅列事實，由實驗引出理論，使

能理解其所以然。至於兒童所不會生疑，不知生疑的事，亦必一一反問，先使兒童覺得可疑，而後加以相當的解釋，由近而遠，由淺而深，舉例行文都極富有趣味，使讀者如聽奇談，如遊新地，步步入勝，處處逢源，不知不覺之間，已將自然界的重要現象和法則，凡平常在教室中所難解的事理，都輕輕地而且深深地印於腦中。確非對於初等自然科學教育有充分經驗的人，不能編得如此恰合。

我對於這一部自然科學補充讀本，覺得相當的滿足，遂捨去自編的計劃，急和二三同學着手翻譯。唯是兒童用書，總不免帶些地方色彩，所以加些功夫，將日本固有的材料一律改用我國相當事物，封面插圖特加精選，內容亦有所訂正，行文力求通達雅潔，名詞標點概歸一律。雖由數人分功編成，我曾經全部校訂一遍，總算得盡相當的注意，以期無負

於愛讀的少年

這書的程度，恰合新制後期小學和初級中學參攷的，尤以採用道爾頓制以及教授混合自然科學的學校爲最切要而適當。即使未曾受過學校教育，或修過前期小學不能繼續升學的人，用心讀這部書，雖沒有教師指導，也能窺相當自然科學的門徑。在自然科學教育極不普及的社會，我相信這十二卷小冊子能幫助一般少年增進許多自然科學的知識。如果讀者能自行實驗，將說明記於練習簿中，養成簡單記述科學原理的習慣，則於自然科學教育前途更有莫大的利益。

鄭貞文十四年七月廿一日

目次

一 重力·····	一
(1) 物體和物質·····	一
(2) 物體的重量·····	三
(3) 沒有重量的世界(一)·····	六
(4) 重力 宇宙引力·····	十一
(5) 重量和質量·····	十二
(6) 上和下·····	十四
(7) 鉛直線·····	十七
(8) 海水爲甚麼不逃出地球以外呢·····	十八
(9) 地球不會落嗎·····	十九
(10) 沒有重量的世界(二)·····	二十

(11)	水平面·····	二十二
(12)	大氣的海·····	二十八
(13)	大氣的壓力·····	三十
(14)	唧筒·····	三十一
(15)	物體的穩度·····	三十四
(16)	重心·····	三十六
(17)	不倒翁·····	三十九
(18)	重心的位置·····	四十一
(19)	利用重心的玩具·····	四十四
(20)	自會登坂的玩具·····	四十六
二	物的性質·····	五十
(1)	物和非物·····	五十

(1) 物質的不可入性.....五十一

(3) 分子.....五十五

(4) 分子引力.....五十五

(5) 微管引力.....五十七

(6) 附着力.....六十一

(7) 凝聚力.....六十四

(8) 液體的表面張力.....六十七

三 力和運動.....七十一

(1) 物和運動.....七十一

(2) 物體不會自動.....七十四

(3) 運動着的物體不會自止.....七十五

(4) 慣性和力.....七十六

(5)	動量·····	七十八
(6)	摩擦·····	八十
(7)	摩擦的種類·····	八十二
(8)	這世界如果沒有摩擦便成怎樣·····	八十三
(9)	力生運動·····	八十五
(10)	牛頓和重力·····	八十五
(11)	亞里斯多德和伽利略·····	八十七
(12)	落體和空氣·····	九十二
(13)	離心力·····	九十五
(14)	月的運動·····	九十八
(15)	轉動的陀螺·····	一百
(16)	作用和反作用·····	一百〇三

四 機械.....一百十

(1) 機械的發達.....一百十

(2) 槓桿.....一百十二

(3) 槓桿的種類.....一百十五

(4) 滑輪.....一百十七

(5) 輪軸.....一百十九

(6) 斜面.....一百二十一

(7) 螺旋.....一百二十三

(8) 楔.....一百二十五

五 振動.....一百二十七

(1) 擺.....一百二十七

(2) 擺的定律.....一百三十

(6) 振動的種類

一百三十一

六 音

一百三十五

(1) 怎樣會發音

一百三十五

(2) 空氣傳音

一百三十八

(3) 傳音的東西

一百四十

(4) 音高甚麼

一百四十一

(5) 音的速度

一百四十三

(6) 音的強弱

一百四十五

(7) 音的高低

一百四十六

(8) 沒有空氣的月世界

一百四十八

(9) 山的反響和雷鳴的轟聲

一百四十九

七 熱

一百五十二

(1)	物質的分子運動不息	一百五十二
(2)	物體受熱則膨脹	一百五十三
(3)	熱是分子的運動	一百五十六
(4)	蒸發	一百五十八
(5)	海水何故含有食鹽	一百六十一
(6)	沸騰	一百六十二
(7)	凍結(結冰)	一百六十四
(8)	溫度計	一百六十六
(9)	物體的三態和分子運動	一百六十八
(10)	熱的傳導	一百六十九
(11)	覺得熱冷的理由	一百七十一
(12)	對流	一百七十四

少年自然科學叢書

第六編 物性·力·運動

一 重力

(1) 物體和物質

試睜開眼睛，便見有種種物體存在於我們的周圍。有犬在那裏走着，有馬拉着貨車走着。到了春天，便見有桃花李花，紅的白的，爭妍鬪豔地在路傍開着。花下有許多人們徘徊觀賞。

然而我們要知道有物，非由眼見不可嗎？雖在黑暗的房裏，走到和面相觸的地方，或是牆壁或是門窗誰也都會知道。這時我們並不是用眼

來看，是由頭撞着的感覺或由手摸着的感覺曉得。此外，我們還可以用鼻來聞，用耳來聽，用舌來辨與其說由這些作用能够知道物的存在，不如說這些機官是爲着辨識物的存在而用的爲愈。不消說，用眼來看和用體來觸的作用是用以辨識物的存在，是我們辨物最重要的作用。我們把犬馬等類叫做動物，桃李等類叫做植物，加上許多區別。然而我們由眼耳鼻舌的作用和體觸的作用來辨識他們的存在的事一些也沒有不同，他們都是具有形狀的物體。在以下我們所欲研究的物理學中，不把生物和無生物的分別放在腦裏。凡由我們的感覺能够認識存在的東西，都叫做「物體」，或叫做「實體」亦可。

和「物體」最易混同的名詞，便是「物質」。這樣想來就能分別：欲問小刀這物體是由甚麼東西做成的，可答道是由叫做鐵的物質做成的；金

邊眼鏡這物體是由叫儼金的物質稱叫做玻璃的物質做成的由這兩句話應該會知道物體和物質稍爲有點區別。又如說這是小刀，那嗎，一定非小非不可。如說這是鐵，那嗎，不論是小刀，或是火箸，或是將小刀打碎成爲細片，都沒有不可。由這些事情想來，物體和物質的差異諒來可以明白。

(2) 物體的重量

我們的周圍一切的物體都有重量，不必說明，誰都知道。然而想到何以物體有重量的人恐怕不多。我們現在要討論這件事。

我們周圍一切的物體都有重量。物體有重量是當然的事情，一些也沒有奇異。素常我們遇着和普遍不同的事，便覺得奇異。譬如天上普通的星誰都不覺得奇異。忽然有彗星出現，便會吃驚。會問「那是甚麼？」會

想到何以有這東西出現？」

物體有重量是當然的事，誰都不覺得奇異。你們如果聽到有物體在無重量的地方，誰也都會吃驚。事實上有這個地方，在這個地方，沒有上，也沒有下，因為一切的物體決不會落下的緣故。如果有人住在這個世界，他的頭無論向那一方都行，好像住在水中的東西有的向上有的向下有的向橫似的。住在無重量的世界的人們，頭可隨便向那一方，和住在地球上頭非向上的人們比較實在自由得多。我說這些意外的話，你們或者以為我是說夢話也未可知，或者以為是說童話也未可知。然而決非夢話童話。由學問的想來，實在有這樣的世界。

要想研究沒有重量的世界之前，請先想想物體何以有重量。我們將物體載在手上，便覺得他向手壓着。何以物體會向手壓着呢？可以答道

因為物體要向地落下，所以用手支着他，他就有重量；也可以說因為物體有重量，所以他要向地落下。那嗎，何以物體要落下呢？何以物體有重量呢？那是因為我們所住的地球有一種「力」將載在上面的物體引向中心的緣故。如果縛線於物體來引，則物體必向所引的方向而進。這時雖沒有看見有線引着，然見一端所縛的物體移動，便能想到有線引着。地



地球的中心
地球的中心
地球的中心

球引着地球上面的物體也是這樣，雖不能見有引着的力，然由地球上一切物體都向下落一節想來，也會知道地球有力引着。地球引物體的力叫做「重力」。照第一圖所示，這力常向地球

的中心作用着。

(3) 沒有重量的世界(一)

由地球直向太陽飛去，到十六萬英里左右的地方，便遇着奇妙的世界。在那裏一切物都沒有重量。說到世界，好像有人住在那裏似的，其實不過天空中一個場所而已，甚麼東西都沒有。

假定現在我們做一種機械能够飛到那世界去，而在那世界上旅行。因爲空氣的高不過到地球上二十里左右，所以在離地球十六萬英里的地方完全沒有空氣。我們乘這機械旅行時，非將日日的食物飲料水和呼吸所必需的空氣帶去不可。如果我們所乘的機械像氣船的船艙那樣，那嗎，到這世界時應當覺得怎樣奇異？

我們在船裏步行，若是身體浮了起來，不至頭撞着天花板不止。等到

頭撞着天花板，便又沈向地板。也不知道天花板是在上面還是地板在上面，因為不知怎樣動時是昇，怎樣動時是降。

不消說，在這個所在，沒有上，也沒有下，也不知道甚麼叫做橫向。這事若用水壺注水於杯裏來試驗，便能明白。在地球上，杯口向上，用水壺注水，則水由壺流出注入杯中。如果我們跑到沒有重量的世界，便不是這樣。在這世界上，不知道杯口要向那裏纔能由水壺注水於杯中。不只不知道而已，實在是做不到的事。無論水壺的口向天花板那一方，或向地板那一方，或向周圍的壁那一方，一些都沒有區別，水壺中的水一些也不會流出來，和我們所住的世界大不相同。無論如何要水來飲，水也不會流入杯中。縱使杯中有水，將杯拿到口裏，水也不會流入口裏。

雖說不大文雅，除卻用手探入杯中將水掬出以外，別無他法。水即用

手攤出，也決不會滴下，因為沒有水應滴落時下方的緣故。那嗎，要想飲手上的水時，應該怎麼辦呢？飲是不可能的事。除卻將水拿到口邊張開口來吃以外，沒有辦法。一旦嚙到咽喉之下，卻不會塞在那裏，應當能夠潤潤咽喉。

吃剩的水始終留在手上，決不會流去。要想除去這水，只要將手一揮，便能把水投出。揮出的水直飛向空中，終遇着周圍的壁，不再流下。雖會將壁溼了，然而好像石花菜似的附着壁上。不消說，不是圓形。水沫散向四方，照樣黏着。

地球上變戲法的人拚命耍的手技，在這世界上誰都會耍。不消說會飛簷走壁，並能向空中走動。即在地球上平常做不到的事，都會容易舉行。如果有大象，我們不特能夠騎上象背，即象的腳部腹部無論那一

部分都能沿着乘坐。我們能夠將站在地板上箇的象脚不費多少力量移向天花板那方。象在途中無論用多少力量不能使身體翻向地板上。象以那麼大的身體且動且翻，慢慢地浮向天花板去。我們將象舉翻時，縱使我們的身體被象的大脚所踐踏，一些也沒有甚麼危險，因為道個世界完全沒有重量一些不感得甚麼的緣故。

這世界完全不要椅子，能夠在空中臥着，也能够在空中坐着。比我們坐在地球上的安樂椅上還要樂些。夜裏睡時，能夠將毯包纏身上懸在空中睡着。魔術師所常演的空中浮身術，這世界上誰都會演。便是一夜站着睡，也不覺得辛苦。比在地球上的床中睡着還要樂些。我們常聽老人說睡了一夜覺得身體會痛。無論甚麼老人在這世界，或站在牀上或臥在牀上睡着，決不會覺得疲勞。好像竹筍的牆壁生出似的，我們翻使



沒有重量的世界

站在壁上或天花板上睡着
一些也沒有變動，能夠安安
樂樂地睡了一晚。

十

吃飯時也沒有用櫟的必
要。將盛食物的盤碗放置空
中，便浮着不動。盛湯的碗口
即使向壁那方，盛菜的碗口
即使向地板那方，一些也不
要緊。聚幾個人共同吃飯，一
個的脚向天花板那方，一個
向壁那方，一個向地板那方，

都不要緊，幾個人隨便坐在空中，那裏都可以吃飯，然而將食物夾到口裏時，非大加注意不可。用箸夾食物時，稍一不慎，夾不着食物，食物便會自由飛向各方，或向天花板或向壁飛去，直至遇着板壁，又會彈向反對的方向。如果所請的客舉動不甚文雅，那就大不得了，由盤碗飛出的多數食物會向空中飛舞。如果更要簡單一點，一切食器都可以不用。飯哪，湯哪，菜哪，都可以隨便放在房中，好像池內金魚在水中取餌似的，一張口便將散在房內的食物恰好吃了進去。跑到洋菜館去要吃一塊珈琲時，洋菜館的侍者祇要將珈琲一塊向客人那方一投，珈琲便會一直飛到客人口邊，客人一張開口便能吃了進去。這樣的世界不極有趣麼？你們不想到這世界來遊嗎？

(4) 重力 宇宙引力

前說物有重量，是因為地球有重力的緣故。所以剛纔所說的世界是沒有重力的世界。宇宙中一切物體都有牽引他物體的力，這叫做「宇宙引力」。構成物體的物質的量叫做「質量」。物體的質量越大，牽引他物體的力也越大；然而這兩物體間的距離越遠，則牽引的力弱得很多。

我們所住的地球的質量甚大，用很強的力引着一切物體。地球上一切物體向下方下落，便是這個緣故。物體有重量也是這個緣故。

(5) 重量和質量

我曾用過「重量」這個名詞，現在又用「質量」這個名詞。這兩個名詞好像相同，實際上各有各的意慮，非把這不同的地方弄明白不可。

物質能存在於宇宙間，都有質量，但不能說都有重量。如果走到剛纔

所說滿有重量的世界，使不是沒有重量。而事實的太有相似相消的質
量，假如到了滿有重量的世界，質量雖和地球之時相同，然而重量則
全然減無。

月的質量比地球的质量小得很多。月表面比地球表面的重力，不過
六分之一。所以從地球上九十度重的人跑到月球裏面不過有十五
斤。這人由地球跑到月球減輕了六分之五，不是他的身體小了，他的身
體和前一一樣，質量一些也沒有變化。

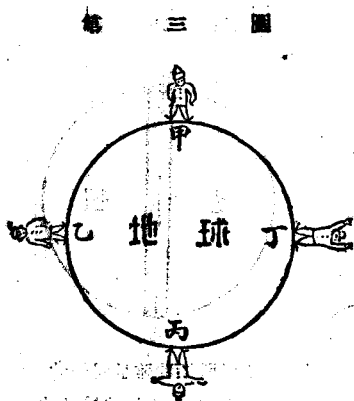
全無重量的物體，無論到那裏都不會。如果找這種東西，那嗎，無論
在地球的世界，或月的世界，隨便甚麼世界，在理都沒有重量。這樣想來，
可以明白物體所具有重量，是因為有質量的緣故了。地球有很
大的質量，我們的身體也有質量，我們的身體和地球用很大的力互相

吸引。我們會由巖上落下，是因為地球和我們的身體互相吸引着的緣故。這時我們的身體會落下而地球不會上來的理由，是因為地球過大，便是稍微引上也不會覺得。譬如用力推浮着海中的大船，自己的身體反被推退，船雖然畧微一動，也是異常的少，不過覺得身體反被推退而已。

(6) 上和下

我們常常說向下落或向上昇的話。你們曾經想過甚麼叫做「上」甚麼叫做「下」沒有？

在地球上住時，見物體向地面落去便說物體落下，見月在頭上天空便說月在上照着。如果我們住在月世界，那嗎，見物體向月世界的表面落去時一定說物體落下，見地球在頭上輝映着一定說地球在上照着。

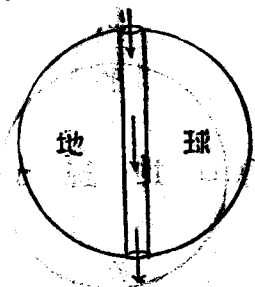


地球上各處的人立着的狀態

地球上所謂「上」的方向，在月上便變做「下」的方向，無論在那一個世界都是一樣。在地球上所謂「上」或「下」的方向，無論在那一個世界都是一樣。在地球上所謂「上」的方向，在月上便變做「下」的方向了。

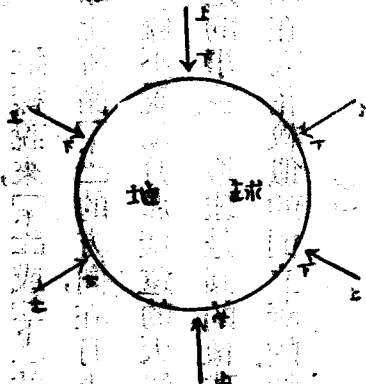
就不說像月那樣遠的天體的話，便在地球上面也有把上下弄不清楚的事實。地球是圓的，像球那樣。無論在那一國，怕沒有人覺得好像站在天花板似的倒立着的。然而事實上，如第三圖，站在甲處的人如果認為普通狀態，那嗎站在丙處的人便是倒立的了。站在乙丁兩處好像壁上立着棒的樣子。可是住在中國的人，和住在反對方向的美洲的人，以及英國人印度人都覺得自己是向上立着。那嗎，上哪下哪這句話不極曖昧麼？

第四圖



箭頭所指的雖是同一的方向，然而入的時候叫做下來出的時候叫做上來

第五圖



距地心最近的一方為下較遠的一方為上

假如我們向地中開孔，竊掘而下，通過地球的内部，直到地球的反對方向出來時，往往周圍的人們一定會說：「看怪人由地下跑到地上來了。」自己以為下去，人家都以為上來，那不是很奇怪的事麼？照第四圖所示，於同一的方向，在地球隧道的入口叫做「下去」，在地球隧道的出口叫做「上來」。

然而事實上，在中國物體是落向地，離，剛在美洲在英國在印度都是落向地，離，照著地圖看來，無論何地都是落

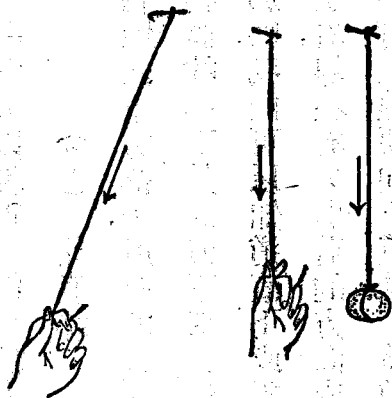
箭頭的直落地面無論那一個地方都說物體下落。這樣想來，上下的意思應該會自己明白。物體落的方向叫做下，反對的方向叫做上。這一個思想，不但在地球上而是如此，一切的天體上面都是一樣。物體所以落下，是重力作用的緣故。所以物體落的方向便是重力作用的方向。說難一點，可以說重力作用的方向叫做下方。

(7) 鉛直線

物體向下方落去，所落的方向是重力的方向，已經說過。更嚴格些說來，物體的落下是向直下落去，決不橫斜着落去。

那嗎，我們可以知道直下或重力的方向嗎？照第六圖繫線於釘，用手引引看，線在有力引着的方向成爲筆直。次用重石縛線的一端，將他端繫在釘上，線便向下直垂。將線一端繫在釘上，用手引引，無論上下，

第六圖



求法的方向的重力

是橫向，是上向，線的方向常和引的方向一致。然而縛有石的線，無論何時，都是向下直垂。如此，縛有石的線，雖然沒有手引着，好像直下有力引着的樣子。這由下引着的力便是重力，所以線的方向即是重力的方向。

指示重力方向的垂直的線叫做「鉛直線」或「垂直線」。平常說竹竿直立或說柱子直立等語，都是說立在鉛直線的方向。

(8) 海水爲甚麼不逃出地球以外呢？

哥倫布在還沒有發見美洲以前曾說地球是圓的。當時的人們聽着

這話都笑着說：「這是很可笑的話。如果所說不錯，那便怎麼得了。地球如果是圓的，那嗎，一邊的海水不會流去嗎？」

他們不知道地球上的水所以會由高處流向低處是地球的重力將水引向地球的中心的緣故。

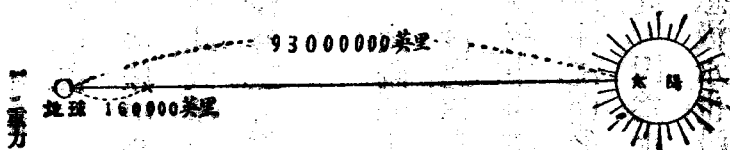
(9) 地球不會落嗎？

地球是圓的，運動於天空之中。那嗎，何以不會落下來呢？怕誰都會生這疑問。你們諒也可以答應說：「天空中沒有上下。由中國看來，在我們頭上的天空固然是上；由我國反對方向的美洲看來，他們頭上的天也是上。在中國的人們想來，地球應落到美洲那邊的天空下去；在美洲的人們想來，地球應落到中國這邊的天空下去。換句話說，地球應落的下方在世界上總覓不出。如果要說下方，無論那一國都是指地球中心的方

向。那嗎，地球逐漸冷縮，或者可以認做地球落向下方。

然而地球冷縮是地球表面各部漸漸落下，譬如石由高處落於低處，並非地球全體會落向甚麼世界去；因為說到地球全體，就沒有可落的下方。着眼於天空之中時，說到下方，便是向地球的方向。如果說地球要落於下方，那嗎，非地球落在地球自己的方向不可。然而落向自己的方向，是可能的事嗎？結果，和不落一樣。

地球被太陽用很强的力引着，這是你們知道的事。那嗎，在理地球應該向太陽落下。所以地球可落的下方，應是太陽的方向。然而事實上決不會落，因為地球用每秒三十浬左右極快的速度在太陽的周圍繞行。至於用很快的速度繞行時，便不會落，要到講遠心力的地方再說。



地球和太陽間無重量的所在

前說地球向太陽行去，到十六萬英里的地方，便遇着物體沒有重量的世界。何以到這裏會沒有重量呢？物體的重量是由天體的重力作用而生。現在所說的地方，是太陽和地球的中間，如第七圖所示的地方。在這地方，地球重力的強度和太陽重力的強度完全相等，各向正反對的方向作用，其結果和重力全不作用一樣，好像力大相等的兩個人各扯住棒的一端，拉着結果棒一點也不會動一樣。

在地球和太陽之間離地球十六萬英里的地方，與重力不作用相同，所以物體沒有重量。不只地球和太陽之間有這樣世界，凡兩個星之間都有這樣的世

界存在。

地球中心的部分也是沒有重量的世界。其他天體中心的部分也是如此。天體中心的部分全無上下，所以物體不會落。物體不會落，是因為沒有重力作用，所以也沒有重量。

(11) 水平面

太陽的重力和地球的重力相等的地方水不會由一處移至他處，前已說過。通常在地球上常說「水從方圓的器」水注於方斗中便方，注於圓瓶中便圓。但在沒有重量的世界不能如此。在地球上，無論水注斗中，或注洗面盆中，水面都是平的。在沒有重量的世界，不用手來壓決不如此。因為水不能流，所以存在槽中的水不能由鐵管運到各處，而且要想汲水也汲不上。要水的時候，當跑到河邊用鋤或鈎來掘。如果有汽

船通過海上，船底不會沈在水中而生痕迹，人溺海中也不會沈入水裏，人和動物都能在水上步行。

地面上雖然有水，不會流入河裏，井水怕也會被人掘乾，因為井的周圍即使有水也不能流入井中的緣故。

然而事實上在我們地球上，井水雖經屢汲也不會即時乾涸，水槽中所貯的水會流於鐵管之中，如果有人跳入水中，水便將他包住，遭了沒頂的禍，水面即時平合，河中的水不斷地流向海中，這是甚麼緣故？不消說，是因為水有重量，地球的重力作用於水的緣故。水決不能留在高處，常向低處流動，這是因為地球的重力在下面引着，換句話說，便是水有重量的緣故。

石頭和木片都有重量，何以能夠放在斜坂上面？何以獨水不能因為

水是液體，所以會流。

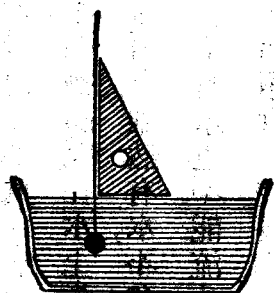
水都向下流着。水的表面一時雖會生穴，附近的水即時流入穴中，立使表面平合。而且表面一些也不會傾斜，無論那一方都沒有傾斜。這平面叫做「水平面」。

水平面是和前所述的鉛直線成爲直角的平面。照第八圖所示，盛水於水槽，用線懸錘垂入水內，水面和線所成的角，如用三角板來量，便知

道恰是直角。

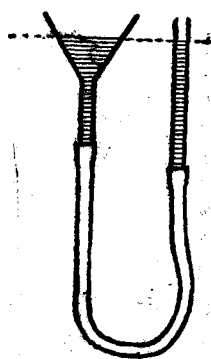
水所以常保着水平面，不消說，是因爲地球有重力的緣故。照下實驗，更能明白。取二三尺左右的橡皮管，一端插玻璃漏斗，他端插五六寸長的玻璃管，盛水，照第

第八圖



水平面和鉛直線成直角

第九圖

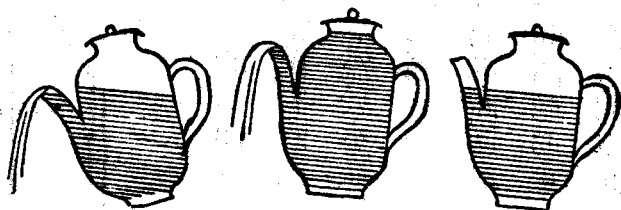


水平面保常水

九圖那樣放置便見漏斗那方的水面和玻璃管那方的水面同高。無論將玻璃管那一端提高或將漏斗那一方提高，兩方的水平面即時變成同高。因為

一方的水面高時為地球的重力所引流入他方的管，所以兩方的水平面常保着同高。盛水於器中，無論器形怎樣，其中的水總保着水平面。將水盛於水壺中來看，照第十圖所示，常見水壺內的水面和出口的水面同高。如果水漸多了，壺中的水面比出口的水面高時，因為要使兩方的水面同高，所以所餘的水由出口流出，直至壺內的水面和出口的水面同高而止。我們欲由水壺取水時，要照上圖那樣使水壺略傾，是使壺內的水面高於出口的水面以便流出。

第十圖

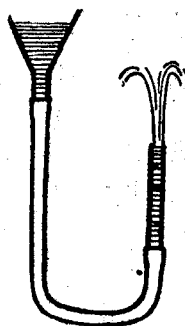


因爲水常保持其水平面，所以能由壺中流出

爲着水有常保水平的性質。

如第十一圖，則水由玻璃管的尖端噴出。這也是因爲水有常保水平面的性質的緣故。照理由玻璃管噴出的水非昇至漏斗的水面不可；實際上，沒有昇到那裏，是因爲地球上有空氣使水不能盡量噴上。井水不會汲乾，泉水繼續湧出，噴水常以很強的勢噴上，水道開了水便流下，都是

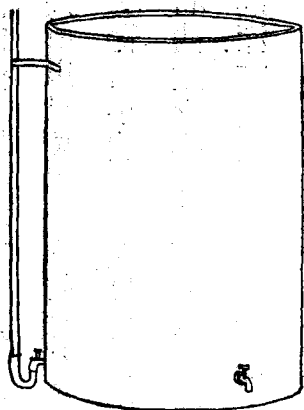
第十一圖



噴泉的理

用第九圖的裝置，將漏斗那端舉高，玻璃管那一端放低，

第十二圖



顯示筒內液面高度的法

以上說過盛在器中的水常保持着水平面的話，不特水是這樣，凡酒，醋，油等一切叫做「液體」的東西都有這個性質。懂得這事，對於以下的話諒可解答。

有兩個人談着說：「要想即時知道大石油槽中到底有油沒有，有甚麼方法？」如果石油槽是由玻璃製的，那嗎，由外面看來也會知道；可

是石油槽是鐵製的，不能由外看進。而且如果石油槽很小，那就可由上面看下；可是石油槽是很大的東西，不能由上面看下。所以這時兩人開始議論。其中一人說：「照第十二圖那樣，於槽底開

一個穴，插一枝長玻璃管通入槽中。因為槽中的石油應和管中的石油同高，所以只要看玻璃管便知道石油盛至那裏。」那一個人說：「不然，玻璃管甚小，油槽甚大，只要槽中有一些油，由這重量便會將玻璃管中的石油壓上很高。即使看着玻璃管中石油的高，也不能說便是槽中石油的深。」這兩個人的話誰沒有錯？

(12) 大氣的海

我們的地球上面有「空氣」包圍。這地球的空氣全體叫做「大氣」。那嗎，這空氣是沒有界限到甚麼地方都有的麼？那又不然。我們可以呼吸的濃厚的空氣不過到地上二里左右而已。世界上最高的飛機也不能昇到二十里以上。我們實際上是住在這樣大氣的海底。

像空氣那樣，手不能捉，觸着也不覺得的東西，叫做「氣體」。氣體和水

酒等液體大不相同。水雖從方圓的器，其表面總是水平。一升的水總是一升。注入一斗的斗中不會溢出。像空氣那樣的氣體固然也從方圓的器，然而一合的空氣盛入一升的器中則變成一升，盛入一斗的器中則變成一斗，無論所容的器有怎樣大的體積都能充滿。即全無空氣的房子，放入一合的空氣，也會充滿一室。所以知液體雖能由所容的器而變形，然而體積終不能變。氣體不特會因容器而變形，且能自由變其體積。

空氣具有這樣性質，那嗎，在地球上，上面應該無限地彌散天空，何以大氣僅到地上二十里的高處，便沒有呢？何以大氣不無限地彌散天空呢？不消說，這是因為地球有重力，大氣為地球所吸引的緣故。換句話說，便是因為空氣有重量。如果地球沒有重力，那嗎，地球上的空氣一定無限

地擴散於天空，地球的表面的空氣怕會稀薄到我們不能生存的程度。

(13) 大氣的壓力

空氣一立方尺的重量約爲一·一三三兩。我們的頭上在理有很重的空氣壓着。然而這重量不只自頭下壓而已，或自橫向，或自下向，都有同樣的力壓着。將這壓力計算來看，每一寸平方約有十七斤十兩左右。我們的身體受着這樣的力壓着，爲甚麼一點都不覺着呢？爲甚麼我們的身體不會壓壞呢？那是因爲我們的身體裏面也有空氣，和由外向內壓着一樣，也由內向外壓着。血液中也都有被壓縮的空氣，隨着血液循環於身體之中。

如果我們的身體臥在地面，將體內的空氣取去，那嗎，我們的身體會變做和板似的扁平，終被壓壞。

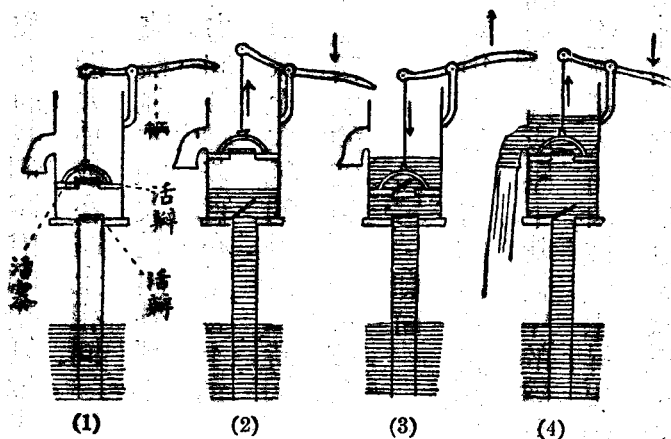
如此，將我們體內的空氣取去時，由外壓來的大氣壓力非常的大，和十二匹大馬載在體上相同。

這樣強大的大氣由外部壓着我們的身體，內部也有和他一樣強大的力向外壓着，實在是想不到。如果我們突然飛入沒有空氣的室中，或由地球上大氣的海飛出時，因為由內部強壓的力，我們的身體一定會像魚雷似的破裂到不可收拾。

(14) 唧筒

利用大氣壓力的器具裏頭，最重要的是井中汲水的唧筒。將唧筒的柄提高或壓下時，筒中的空氣逐漸抽出，水面的大氣壓力將井內的水逐漸壓入筒內，被壓上昇，更由唧筒的機官汲出筒外。唧筒汲水的道理，和我們用麥蘘吸飲汽水的道理完全一樣。我們吸汽水時，將麥蘘

第十 三 圖



吸 上 唧 筒

中的空氣吸去，汽水便由其中被壓上。唧筒汲水，是由上下唧筒的柄將管中的空氣抽出。試看第十三圖，來解以下的質問，唧筒的道理自然可以了解。

照第十三圖(2)和(4)那樣，將唧筒的柄壓下使活塞上昇時，何以附在活塞的瓣會閉而附在下面的瓣會開？

照第十三圖(3)那樣，將柄提起而活塞降下時，何以活塞的瓣

會開而下面的瓣會閉。

何以井水會昇入唧筒的管內？

將唧筒的柄壓下時，水何以會通過下方的瓣而入？

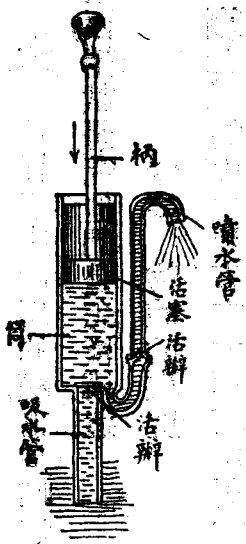
唧筒的柄要如何運動時水會由唧筒的口流出？

第十三圖所表示的唧筒叫做「吸上唧筒」。第十四圖所表示的叫做

「壓上唧筒」。這裏不過載一個圖。至於水如何纔會壓上，你們試想一想。

送空氣於腳踏車的橡皮輪中以及送空氣於軟庭球中使最彈性等

第十四圖



壓上唧筒

事，都是用唧筒的裝置。怎樣將瓣配上唧筒的構造應該怎樣纔會將空氣送入？試畫一圖想想看。手

一 壓力

鞴，足鞴，以及打鐵店所用的鞴，也是唧筒的裝置。如果你們手邊有這種東西，請試研究他們是怎樣構造。

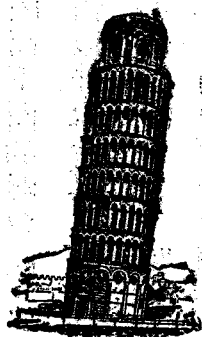
(15) 物體的穩度

意大利的比薩地方有大理石所製的塔，幾百年以來便是像圖那樣要傾倒的樣子，然而現在還是高聳不動。這個比薩斜塔是歷史上很有名的塔，費了二百年以上的工夫建的。在建築中，一方的基沒入地內，所以傾斜。那時的工程師確信雖然傾斜決不會倒；他已經知道我們現

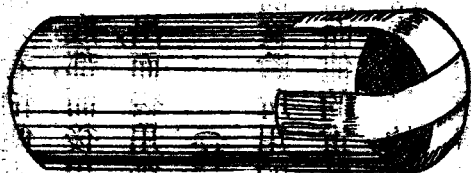
在所要研究的「穩度」的法則。

一切的建築家和設計者，欲行他們的事業，決不會忘這個法則，否則建築物便會傾倒。我們的身體生後不要

第十五圖



比薩斜塔



不倒翁的理

比薩的斜塔何以不會倒下？乘着竹馬何以不好走路？人站在扁艇中何以易倒？欲使不倒要怎麼樣纔行？這些疑問如果知道穩度的法則便

易說明。我們試行以下的實驗來看。

取薄紙板切成闊五寸長九寸的圓邊形，將長九寸的邊緣捲做圓筒，使筒的周圍的大小恰好放入一個呼人鈴內為準。將做成的筒裝入鈴中，照圖那樣用紙黏着。那嗎，鈴即變成圓筒的底，成一個圓而重的底。

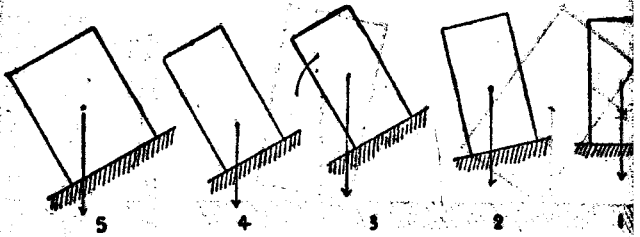
等到糊乾了，試將筒推翻，一定會又起來，像不倒翁似的。其次，以新聞紙少許塞入筒的上部，更

推翻來看，怕便不會起來。次將上面所塞的紙取出，用重而平的石子放入底部，而後用紙塞入，推翻來看，那筒又會起來。又次將石和紙全部取出，而後用紙塞入底部，加石於其上，推翻來看，怕就不會起來。

(16) 重心

前實驗所用的圓筒的中心，無論其中有紙與無紙，都是在一定的地方。然而他的重量的中心，則有物在內時和無物在內時不同。沒有東西在內時，重量的中心在近底的所在，因為鈴是金屬重些而紙輕得多的緣故。這重量的中心我們叫做「重心」。

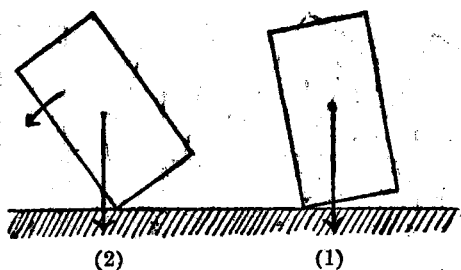
用紙塞筒的上方時，重心移到上方。然底面有石時，則重心仍舊在近底之處。如先將紙塞入筒底而後置石於其上，則重心又移到上方。想到這些道理，更行前的實驗，便知重心近底時會起上來，重心移到上方



條件的穩和不穩

重心越高越易倒下，越低越不會倒，是甚麼緣故？一切物體如果重心在底面的直上便能立着；換句話說，由重心所垂下的鉛直線如果通過底面便不會倒，如果由重心所引的鉛直線離卻底的部分便會倒。照第十七圖（1）所示立平處的物體，及（2）所示稍斜的臺上的物體，重心在底面的直上，所以都不會倒。如（3）所示，重心離卻底面的直上，便會倒。如（4），雖與（3）同樣傾斜，但因重心較低，在底面的直上，所以不會倒。如（5），重心的高和傾

第十八圖



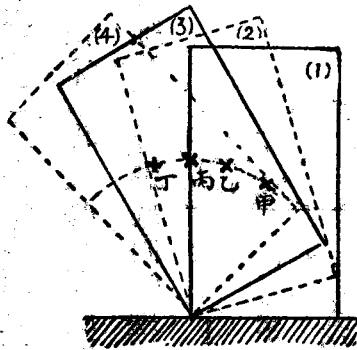
(2) 穩 和 不 穩 的 條 件

斜的程度和(3)相同，然因底的面積較廣，重心在底面的直上，所以不會倒。以上是就物體在斜處來說，物體在平處而要推倒時，也完全相同。如第十八圖(1)，通過重心的鉛直線在通過底面的範圍以內，便

不會倒。如(2)，傾斜過甚，致使通過重心的鉛直線出於底面以外，便會倒。換句話說，物體的倒不倒，由通過重心的鉛直線離卻底面與否為決定。所以欲使物體不倒，即欲使物體置得較穩時，須注意下列三條件便可。

- (1) 物體的重心越低越穩。
- (2) 物體的底面越廣越穩。
- (3) 物體越重越穩。

第十九圖



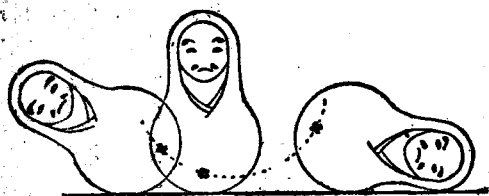
物體顛覆時其重心位置的高低變化

動搖，所以安穩。紙匣易被風吹倒，木匣補推不易即倒，是我們日常見慣的事。懂得這些事，那嗎，比薩斜塔之所以不倒以及其他的疑問自會說明。

(17) 不倒翁

物體的重心越低底面越廣則位置越見穩定的話前經說過。現在試想像物體到要顛覆時重心的位置是怎樣變更。照第十九圖那樣四角的物體來論，要想推倒他時，在(1)的位置時重心在(甲)，(2)時在(乙)，(3)時在

第 二 十 圖



由 理 的 能 翻 不 倒

(丙) (4) 時在 (丁) 而且在 (1) 和 (2) 時，重心在底面的直上，故復原狀；在 (4) 時，重心離卻底面的直上，故即顛覆；在 (3) 時，通過重心的鉛直線恰好經過底面的邊緣，所以恰在倒與不倒的境界。當物體傾於

(1) (2) (3) (4) 時，試注意他的重心位置的變化，便知重心畫了甲乙丙丁的圓形。在倒與不倒的境界 (3) 時，重心在最高的地方丙。如果重心較丙稍傾於右，則物體復歸原位，稍傾於左則顛覆。這樣想來，可見物體的重心常有欲降於低處的性質。降於山的西方的雨流於西方的山脚，山的東方的雨流於東方的山脚，降於山頂的雨不能知道其向東或向西流，恰和這事一樣。

和水欲向低處流下的道理一樣。物體的重心常欲向低處降下。利用這道理的玩具有種種，不倒翁便是一例。看第二十圖便知道不倒翁越傾則重心越高，所以倒時較不穩定。重心常欲降向低處，所以無論如何使他倒下，他總要起來。

物體的重心常欲向低處降下，不消說是因為地球重力作用於物體的緣故。

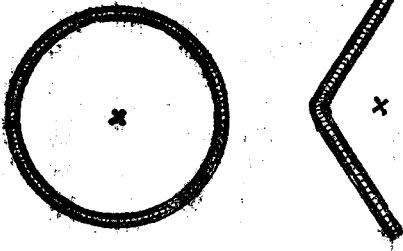
(18) 重心的位置

我常用過重力中心或重心這一句話。我們隨便看見一個物體，到底有何方法能夠知道他的重心的所在沒有？我們取一本書或一塊板，用指頭向中間支着，當見這物體不會顛覆，載在指頭上面。如用指頭支於以外的地方，便即顛覆。這樣能用指頭支住的地方就是重心。重心不

過一點，所以即用鉛筆尖支住重心，物體也不會顛覆。

鉛筆的重心大抵在筆的中間。然如筆頭附有橡皮，或其他金屬，或他一方曾經削去，則其重心當偏於有橡皮的那一邊。鍋蓋那樣圓形板的重心大抵也在中間。

圖二十一



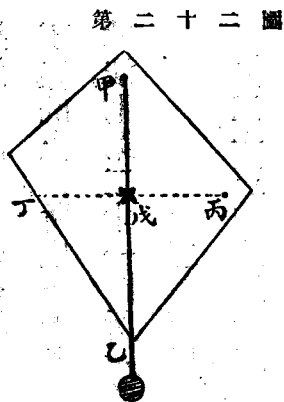
輪和曲棒的重心的所在

知道重心的所在。像第二十一圖似的彎曲的棒或輪，便不能如此。彎曲的棒的重心在離棒以外的所在，輪的重心在輪的中間，所以不能用物支住重心來看。那嗎，怎樣能够知道這重心的位置呢？

欲求這些形狀的物體的重心以前，試先研究求板的重心的方法。第一非先研究重

心的性質不可。物體支着重心，決不會顛覆。一事和物體的重量全

集於物體的重心相同。無論物體多大，他的重量全部集在一點而載於指頭上面，其結果和將同重量的小砂粒載在指頭上相同。所以物體的重量散布於全物體，和全部集於重心，有同樣的作用。恰和繫石於



重心的求法

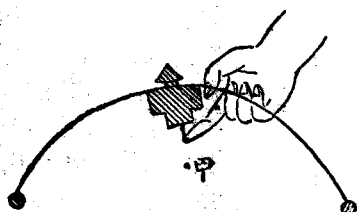
線端而懸時石必向下一樣，如果將厚紙開一個孔掛於壁間的釘上，則厚紙板的重心必在釘所支的點的直下。如將這厚紙板和繫有石頭的線掛在同一釘上，則重心必在這線的上面。如第二十二圖，支在甲處則板的重心在甲乙線上，又如支在丙處，則繫石的線

通過於丙丁，所以板的重心也必在丙丁線上。即重心必在甲乙線和丙丁線的上面。所以我們所欲求的重心必在二直線相逢的戊點。如用此法，則第二十一圖所示的曲棒以及圓輪的重心都可以找得出來。

(19) 利用重心的玩具

第二十三圖所示的玩具，載在指頭上面，無論如何，不過左右擺動着而已，決不能使他顛覆。這玩具也是利用兒童心理的一種。

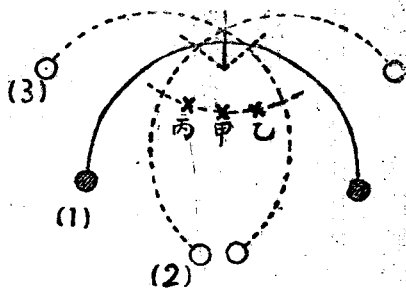
第二十三圖



豆偶何以不會顛覆？

第二十三圖指下的甲點便是重心，完全在物體的外面。其所以不顛覆的理由如第二十四圖的說明。這種玩具叫做「豆偶」，僅有鐵線和石便能製造。將鐵線弄彎，兩端縛同大的石頭，於鐵

第二十四圖



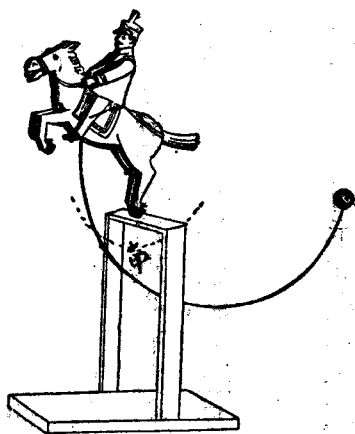
豆偶不會顛覆的說明

線的中間另以一鐵線爲足縛牢便成。用指支豆偶的足，則重心在指的直下，所以豆偶不會落下。豆偶在(1)的位置時，重心在甲；稍爲傾向右邊在(2)的位置時，重心便移於乙；稍爲傾向左邊在(3)的位置時，重心便移於丙。所以豆偶傾於左右，則重心的位置畫着甲乙丙的圓形而移於左右。重

心在甲時最低。因爲重心有務必向低處移動的傾向，所以豆偶雖傾於左右然而總要回歸原處，即，這豆偶也是利用重心務必向低處下降的性質。

第二十五圖所示的玩具叫做「奔馬」。如圖，靜載在臺上時，重心在馬

第二十五圖



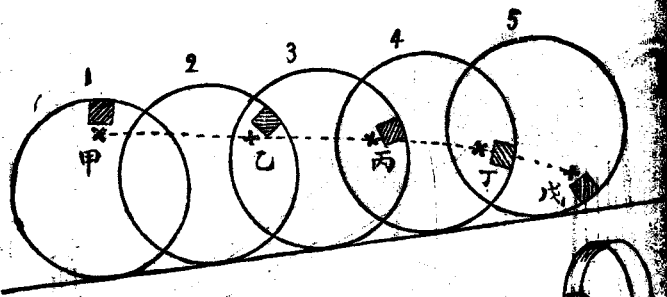
奔馬

(20) 自會登坂的玩具

後腳的直下押處，若將馬頭上下移動，則和豆偶相同，重心照點線所示畫成圓形而左右移動。然而重心在甲時最低，所以無論將馬頭如何移動，好似跑馬一樣，數次之後，仍歸於圖的位置而不再動。

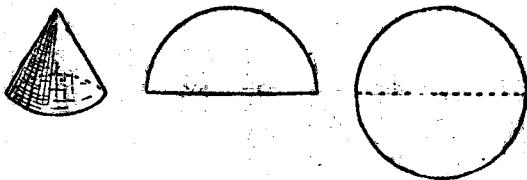
製照第二十六圖下面所示那樣的東西，用闊二寸長二尺左右的厚紙造成圓環，於環的裏面安很重的物件，便可照第二十六圖上面那樣，將環攜到坂的低處，將安有重物的位置朝上放下，環便照(1)(2)(3)(4)(5)的次序轉向上方。諸君裏面怕還有沒見過會向上方滾的

一 筆方



東西的見着這樣玩具，恐怕不能不覺得
 怪異。地球的重力是向下引着，他卻向上
 滾去，不是可怪異的事麼？
 具然而仔細想來，一點也沒
 有可異。他也是因為受地
 球的重力作用纔會發生
 這個運動。請看這東西
 的重心，環在(1)時在甲，
 (2)時在乙，(3)時在丙，
 (4)時在丁，(5)時在戊。
 隨環回轉，他的重心通過

第二十七圖



以網摺成圓錐的方法

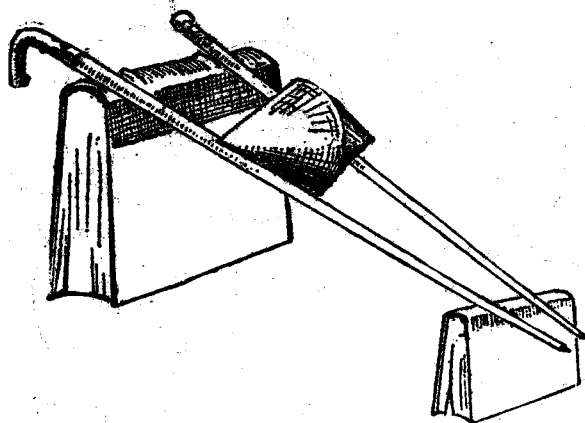
四十七

點線所示的甲乙丙丁戊的道路而移動。看這點線的路，便會悟到重心由甲到戊漸低下去，所以環雖向坂上滾，而重心仍舊受地球重力的作用，逐漸向低處移動，所以縱使環

會滾上也沒有甚麼奇怪。

一切物體極力要使重心降低而運動。第二十八圖所示的實驗也是一例。先將圖畫紙或厚紙照第二十七圖裁成小圓形，再割為兩半，以這兩半製成兩圓錐，而後將同大的兩個圓錐貼成第二十八圖的形狀。再取兩本書，一

第二十八圖



向上滾的玩具

方要寬些。今試將所製圓錐體放置於手杖低處的中間，便見他向上方轉進。向上方轉進是很奇怪的事，然而這是因爲手杖成爲斜坡，我們的眼被他瞞騙的緣故。認真看來，圓錐體是逐漸向低處下降。圓錐體欲使他的重心降低而運動，決非和重力反對。這樣看來，表面上好像和重力作用反對的運動，其實也是受重力的作用。所以我們在地球上不能找出不受重力作用的影響的物體。

二 物 的 性 質

(1) 物 和 非 物

這書的前面說了些關於「物」的話，但還沒有說到「物是甚麼？」「物是占有地方的東西，」由我們的眼見或手觸可以知道。地球和上面的生物或石，在空中照着的太陽月亮和星，都是由物質所成的物。

物是甚麼我們已經知道了。那嗎，有不是物的東西麼？譬如「想像」

和「夢」便不是物。你們曾經見過存在箱中的「想像」和「夢」沒有？任你跑到甚麼店裏能夠買到「夢」麼？「夢」和「想像」要觸不能覺，要看不

能見，要嘗沒有味。雖可以聽見人家說「夢」，然而直接聽不到「夢」。像這樣的東西便不是物。「悲」「歡」「苦」「樂」等類都不是物。花草木石等

不見，然而也是物。

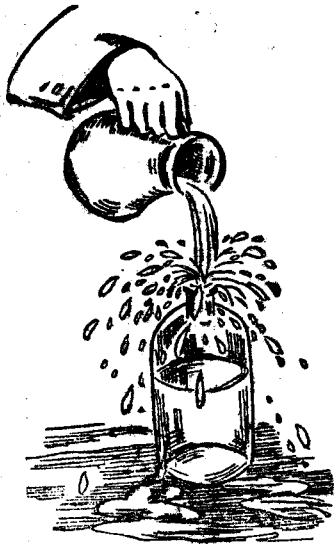
(2) 物質的不可入性

物質的「不可入性」說來很不易懂，然而一切物質都有這個性質。

一個小孩用白墨將恰能容自己的足的地方畫成一圓而站在內面時，其他的小孩能夠也站在這圓的內面麼？我想你們都會答道「一定沒有這事，怎樣能夠同時站在同一的所在！」不錯，這便是我們所說的物質的「不可入性」。

插短蠟燭於木塞放在水面而點火，如第二十九圖，將玻璃杯倒覆於蠟燭上面，試用力將杯向水中壓下，便見蠟燭的火不即熄滅，而共進入水中，這是甚麼緣故？這是因為杯中有空氣，所以水不能流入。如果用

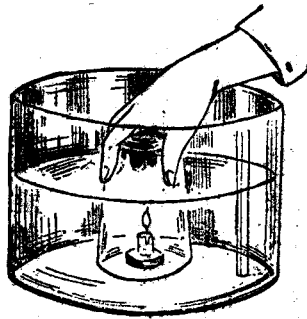
第三十圖



注水於小口瓶中

瓶，便見注入的水少，而流出瓶外的水多。這也是和前述的實驗有同一的道理。瓶中的空氣不出外，則水不能注入裏面。試將瓶浸入水中，盛水，便易了。

第二十九圖



火在水底的杯中燃著

線香的火來代蠟燭，便見好久不會熄滅。因為蠟燭燃時用的養氣較多，杯內空氣中的養氣用完得快，所以不能燃得長久。炭酸氣聚積，火便消失。

解釋內漸漸放出泡來水繼續漸漸流入。由這些實驗可見空氣那樣

眼不能見的氣體也和固體液體同樣，有不可入性。

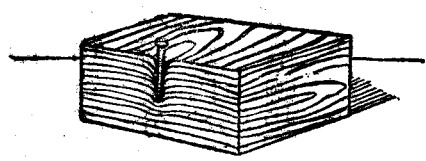
打釘入於木中，也不是釘和木占有同一的場所，是釘將木排去而入其內。如果物質沒有不可入性，那就非常便利，電車火車客滿時，甲所

站的地方乙丙和丁也都能站着。不幸，因為物質有不可入性，所以坐滿的電車火車不能更乘。

(3) 分子

用鐵錘打石頭，可使碎為小粒。更打石的小粒，可使碎為粉末。一點粉末還能碎為更小。這樣想來，一塊石頭可以碎為極多數的小粒。像水那樣的液體，以及氣體，和石一樣，也能分為更小。然而不能沒有限度。超過

第三十一圖

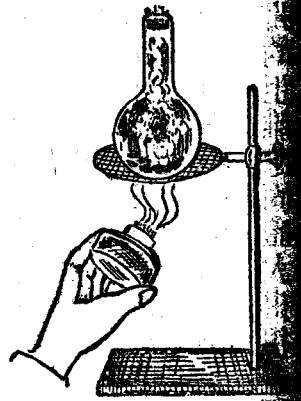


釘入木片的釘

一定限度，便不能更分。更分便失卻石的性質，或水的性質，全然變做其他的物質了。這樣到更分便成其他的物質為止的小粒，叫做「分子」。將水盡量分到極小時，就是水的分子；將玻璃盡量分爲極小時，就是玻璃的分子。分子極小，決非我們的眼所能見。

試溶鹽些少於玻璃杯中，嘗時，覺得有些鹹味，知道其中有鹽。然而無論怎樣注意，總不見鹽的微粒。那嗎，鹽是沒有了麼？那又不然，嘗時確有鹽味。那嗎，何以不見有鹽呢？更加些水嘗時，也有鹹味，而且不論那一部分的水都有鹹味。這樣看來，可知水的各部分都有鹽的微粒，所以不能不看作溶在水中的鹽變成眼不能見的分分子混於水中。

溶染粉於杯中，見水着色，然決不見染粉的微粒。這也和溶鹽於水中一樣，雖然不見染粉分子，但見水會着色，可以想到染粉的分分子有色。



如第三十二圖置碘的小片於燒

片 瓶中，用酒精燈徐徐加熱，則固體的
 碘 碘片即時變為美麗的紫色氣體。燒
 熱 瓶底的碘片所成的氣體充滿於燒
 瓶之中。然而紫色氣體裏面決不見

有碘的微粒。但是不能不認做變成紫色的碘分子充滿於燒瓶裏面。

形成物質的分子，不消說是眼不能見的極小微粒。現在我們所能製造的一切顯微鏡都不能直接看得見，可知分子是極小的東西。

(4) 分子引力

折木要相當的力，因為形成木的分子間有相引的力的緣故。這相引的力叫做「分子引力」。折鐵線比折木片費力，至於鐵棒，便非手所能

折。所以不能不想像鐵的分子引力大於水的分子引力。

玻璃本片等物，一旦破壞，無論如何不能使再黏上。既有分子引力，好像應該可以黏成原狀，其實不然，又是甚麼緣故呢？因為分子引力僅能在分子間距離極小時作用。破後，無論如何強合，總不能使分子間的距離恢復到有作用的程度。

然原來分子間距離較大的物質，即破開爲二，亦能使他復合。例如糊和土等黏質，水和油等液體，便是這些物質，與其說破開爲二，通常不如說分開爲二。但就物質的分子方面看來，水分爲二和玻璃破爲二，毫無不同，都是將集在一處的分子分爲兩羣。

糊和飴等不是液體，也不是固體，是中間的物質。這種物質和液體分子間的距離比固體大得很多，所以分開爲二之後，只要將他放在一處，

不必用力來壓分子間的距離，即能恢復原狀，復合爲一。液體容易接合爲一，所以我們欲接玻璃棒或鐵棒，要先加熱，使欲接的部分柔軟，而後接合。

(5) 微管引力

微管引力的話，怕你們不曾聽過。然而微管現象，則和我們的生活有密接的關係。如果沒有這微管現象，我們便異常困難。第一，我們着衣，好像着雨衣似的，汗會不斷的流下，不會爲衣所吸收，非時時入浴不可，實在大不愉快。又如用毛巾拭汗或蘸湯，毛巾一些也不着水。入浴後要用毛巾拭體，一些也沒有效力，因爲毛巾不能吸收一滴的水，和用浸油的布拭體一樣。

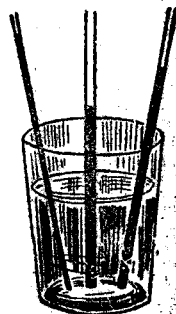
如果沒有微管現象，不消說不能以筆蘸墨寫字，即自來水筆也不能

用，鋼筆也不能用。蘸在筆上的墨和鋼筆上的墨水都滴滴落在紙上。而且墨和墨水決不會滲入紙中，好像滴在油紙或玻璃板上，即時飛散。然而一些也不要顧慮，紙上的墨水容易拭得乾淨。紙的污點雖然可去，但不能寫字在紙上，實在困苦不過。無論墨水瓶翻倒書上或衣上，能够像刷子除塵埃那樣將墨水除去，一些不留污點。

如果沒有微管現象，則遇雨不怕濡濕。即在雨中步行，也不要雨衣雨傘。靴破足不會溼，不必穿橡皮靴，這確很好。然而下來的雨全部流到地中深處，地上極乾，草木只有坐待枯死。縱使草木根邊有水，也不能由根吸入體中。沒有植物的世界，動物也不能生存。這樣想來，微管現象不可說是人類生命的根源嗎？

以上說了許多微管現象和微管引力極爲重要的話。然而微管引力

第三十三圖



第三十四圖



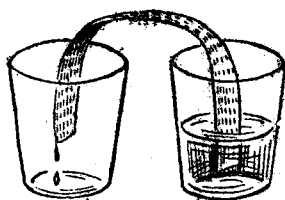
燈心的下部插入水中 插大小玻璃管於水中

到底是甚麼呢由以下的實驗便可以知道。注水於杯中，滴點紅墨水使帶紅色。用孔大小不同的玻璃管數枝插入，又用破溫度計的玻璃管（孔的直徑約一耗）插入。試看各管裏的水會昇到那裏，那個管裏的水昇得最高？

前述實驗終了，取出玻璃管，如第三十

四圖，用新洋燈心插入，使一半露出水面。試觀察浸在水中和露出水面各部分的燈心怎樣變化。其次，如第三十五圖，以燈心下半浸入水中，上半垂出杯壁而入其他空杯裏面，隔一夜至次日，請注意生怎樣變化。燈心由線編成，其間有小隙，而且線這東西本來由綿紗的小纖維所

第三十五圖



由燈心移杯中的水

成，這些纖維裏頭亦有極小的間隙。這間隙和小孔的玻璃管相同，會將液體吸上。小粒的間隙，譬如糖塊土塊以及毛巾海綿吸水紙等的小間隙，都會將液體吸上。如此，通過小管或小間隙吸上液體的力，叫做「微管引力」。

在前述的實驗，可知玻璃管的孔越小吸上的水昇得越高。故知孔越小，微管引力越大。由種種試驗的結果，知直徑減半則水昇高二倍，直徑減成三之一則水昇高三倍，水昇的高度與管的直徑為反比例。液體何以會通微管而上昇呢？因為液體黏着於細管壁的「附着力」和液體自相黏着的「凝聚力」相互作用，纔成微管引力。以下請述附着力與凝聚力的話，想更可以作理解的幫助。

(6) 附着力

「附着力」沒有甚麼難懂。糊和膠到處可以黏着，便是有附着力的緣故。如果世界上沒有附着力，又怎麼樣？那嗎，窗子上所貼的紙都會落下。要想洗澡，水也不會着體，而且不必洗澡，因為污物不會着體，即使有垢自會落下。無論墜入怎樣不潔的地方，都不怕被污。着衣跳入水裏，不怕淋溼，水也不會滲入衣中。這樣想來，微管引力可以說是附着力的一種。衣服淋溼一事，到底是水附着，或是水為微管所吸，實在是說不清。微管引力和附着力有不可離的關係，於此可見。

沒有微管現象，則汗不會滲入衣內。大見困苦的話，前經說過。如果沒有附着力，卻不要緊。汗濡身體，纔覺不快。在沒有附着力的世界，雖出汗，好像水銀灌頂似的，即時流向地上，毫不覺得不快。隨你怎樣出汗，既不

必拭，也沒有入浴的必要。

那嗎，附着力到底是甚麼呢？請行以下的實驗。注水於皿中，以指觸水的表面，然後略略舉出來看。注意舉指時，水隨指而舉呢？或是要離開指

呢？其次以指插入水中，而後舉起一

試。附在指尖的水大約會變為水滴落

下。水是全部落下麼？大概會落下幾滴，

還有薄膜附着於指尖使指濡濕。

尖 指 黏 水

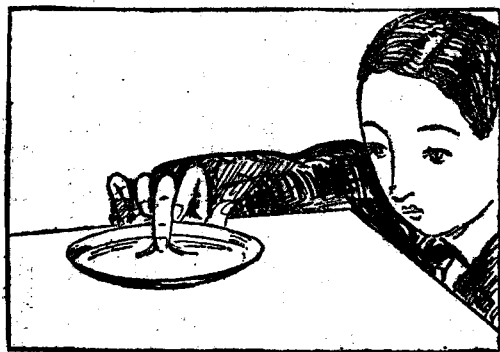
水黏於指的附着力，和引水下落的

重力，那一種大呢？如果重力大，則水應

全落，指尖必乾；如果附着力大，則一滴

的水也不應由指落下。然而實際上自

圖 六 十 三 第



水中取出指尖，只有數滴水落下，而不全部落下。濡濕指尖這又怎麼解呢？

離指極近的水，附着力大於重力；較遠的水，重力大於附着力。所以一部分的水成爲水滴落下，而近指的水附着於指尖。所以附着力可以說是極近的二物質黏着的力。

乾的紙片不黏於壁，以水濡濕的紙則黏於壁。這是近紙的水膜黏着於壁，使紙和壁非常接近的緣故。銀行計算紙幣，以指濡水而數，又用濕指翻書較快，同是這個理由。我們的身體夏天比冬天易污，亦是此理。夏天身體表面出汗，飛來的塵埃近於汗膜，汗膜黏住塵埃的一部使不離去。

問題

物壞非用膠不能使黏，何故？

能用白墨寫字於黑板，何故？

郵票濕則易貼，何故？

(7) 凝聚力

這世界上如果沒有凝聚力，比沒有微管現象或沒有附着力更苦。第一我們的身體不能安然無事，頃刻散為塵埃。房屋山巖頃刻散成微塵。發出來的音響能使世界的人們一時都成聾子。世界中的一切物體如草木動物陸地一切都不能安然無事。怒號狂吼的海濤打到一切物體所碎成的塵埃上面。塵埃變成細泥，沈於海底。世界中一切的海底都被填滿。地球為水所包，成爲水球。這樣想來，凝聚力的存在，我們非對天感謝不可。

上文說沒有凝聚力的世界會變爲包着海的水球，這海和現在我們所見的海全然不同。包着地球周圍的水球自身也要粉碎，不能看見水面。水散於空氣中，找不到那裏是水，那裏是大氣的境界。雲本是小水點的集合體，在沒有凝聚力的世界，水滴也要碎成更小的微粒，變成眼不能見的水蒸氣，所以這世界上沒有我們所見的雲。不但如此，地球自身不能凝結，漸漸變大，海水一切變爲眼不能見的水蒸氣，生物山巖一切變爲氣體。今日有美麗的生物生長爲美麗的景色所充滿的地球，不能不變爲極大的氣體球，變爲死的世界，寂寂寞寞，旅行於太陽的周圍。

實際上沒有這樣可怕的事，因爲我們的世界有凝聚力的緣故。凝聚力是某物質的粒和同物質的其他的粒互引的力，你們所讀的書的

紙，所用的棹都由無數叫做分子的微粒集合而成。分子間相引的力，叫做分子引力，前已說過。凝聚力不消說和附着力。微管引力同樣，都是分子引力的結果的表現。他們不同的地方如下：微管引力，譬如燈心吸油，是通過小間隙吸引液體分子的力；附着力譬如以手濡水，是某物質分子和他物質分子極接近時相引的力；而凝聚力則為同物質的各分子相引而凝聚於一處的力。即，微管引力和附着力是異物質間所表現的分子引力，凝聚力是同物質分子間所表現的引力。

手入水中而濡濕，是因為水和手的附着力較強於水和水的凝聚力。換句話說，水的分子和手相引的力較大於水的分子自相吸引的力。但以下的實例可以證明有的凝聚力大於附着力。

盛水銀於皿中，試以指尖觸水銀面，研究水銀會附着指尖否，又探指

於水銀中而後取出研究水銀會附着指尖否又以手巾或紙入水銀中研究水銀會附着否。

由此實驗可知水銀不會附着手或紙或手巾。這是因爲水銀的凝聚力強於和這些物體的附着力的緣故。

問題

芋葉或蓮葉上面的水何以成爲圓球形？

雨滴何以爲圓球形？

敲釘於地面上何以比敲釘於木材上較易？

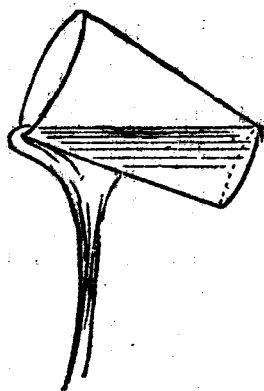
鋼鐵較堅於木材，何故？

油紙或羽毛入水不濡，何故？

(8) 液體的表面張力

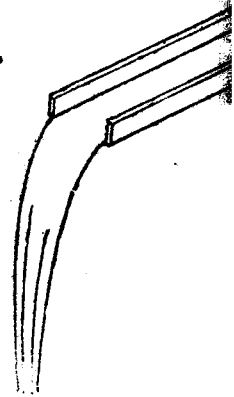
雨或蓮葉上面的水，因其凝聚力常欲凝攏，故成球形。一切有體積的物體，以成球形時表面的面積最小。常欲凝攏，即力求縮小的作用。液體不能使體積縮小，故只變更形狀使表面積達於最小限度。這樣，液體欲使表面縮小的力，叫做「表面張力」。表面張力也是凝聚力的一種，似乎不必特別說明。不過物理學上常用表面張力這個名詞，所以要略述一二。

第三十七圖



水由杯流出

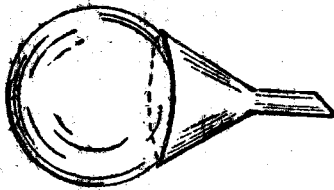
水由杯徐徐流出時，如第三十七圖，在出口處稍為引後一點，由槽流出時，如第三十八圖，在出口處如板，其下如棒。如第三十九圖，作肥皂球於漏斗的口，置燭火於口邊，肥皂球漸縮時，肥



水由槽流出

出，致焰幾熄滅，也是表面張力的作用。

又如第四十圖，以銅線作框，



二 物的性質

縮 浸入肥皂液中而後取出，則肥皂膜成爲有趣的形狀，即成爲肥皂膜的表面積最小的形狀。

漸 以針塗油靜置水面，針決不會沈於水中。因

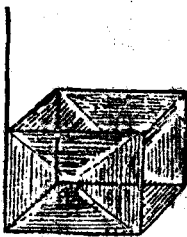
爲水的表面張力勝過

針的重量，所以支住不

沈。如果針有一些入水，

則水膜爲其所破，針即

第四十圖



銅線框浸肥皂液

迅速沈於水底。

水能保持水平面，也是表面張力的結果。若就地球全體的海面來想，海雖成爲球狀；但就一部分的海面來看，則可以把他當作水平面。若就小桶中的水面來想，因爲平面比有凹凸的表面表面積較小，所以也成水平面。這樣說來，無論怎樣着想，知道水因表面張力纔保持水平面。

三 力和運動

(1) 物和運動

以上就物的性質加以種種的研究，知道物質占有地位，或有形狀有大小和重量。又物質由眼不能見叫做分子的小粒集合而成。各分子互相吸引，所以欲壓之使碎或折之使彎時，會生多少抵抗，各有「硬性」和「彈性」。

物質以外還有「非物質」。如和非物質比較，物質的意義更易明瞭。實際上物質是由我們的眼和其他感官所能注意的對象。所以可以說有感官纔有物質。如果沒有物質，則我們的感官也無所用。我們感官的對象甚多。住在地球上的動物植物固不消說，圍在地球表面的大氣，浮

在上空的雲，高懸在天空的日月星，以及石土水金大地自身等，都是我們感官所感得到的物質。實在我們的周圍是充滿物質的世界，是物質團體的大宇宙。沒有物質，便沒有我，沒有世界，沒有大宇宙，一切皆無，便是天空也不能想像，即空間時間都不應有。前說物質以外還有非物質，但如無物質，則非物質也不能有。我以為宇宙的源是物質，非物質也是伴着物質纔能表現。

我們既已研究物的性質，還有關於物體的重要事實不能不加以研究，怕你們未必想到這世界中一切的物體都是運動不絕，實是可驚的事。世界中的河水不絕流入於海，地面不絕有風吹着，木葉不絕搖着，炊煙直上是很不易見的事，都是運動的證據。海面湖面沒有小波是極少的事，水面常有波動着，海水常成海流，海濱常見海潮漲落不絕，站

在海邊，怕沒有不見海波打向岸邊的人。

你們無論怎樣靜坐在安樂椅上，決不能說沒有運動。這樣說來，怕你們不會相信，然而決非虛言。因為你們坐下的地球每日迴轉一次，周圍幾萬里的大地球二十四時迴轉一次，非常迅速，這世界上無論怎樣快的飛機都趕不上。如果有飛得一樣快的飛機自東向西飛行，那嗎，坐在飛機上的人決不會見日落。所以元旦由北京出發環行地球的周圍，無論經過一年二年乃至幾百年坐在飛機上面，還是元旦。如果有這種飛機，坐了百年，又降回北京，自己還不到一日，而北京的變化恐怕會在「爛柯」的古事以上。

更有可驚的事，是地球自身用更快的速度繞轉於太陽的周圍。因為都用不變的速度運動，所以我們都不覺得。然而太陽自東向西運動，

誰都知道，譬如坐火車通過山傍覺得山向後退一樣，可作地球自西向東迴轉的證據。以上是地球自己迴轉的證據，我們如果注意天空的星一年間怎樣移動，便可知道地球怎樣在太陽的周圍運動。

(2) 物體不會自動

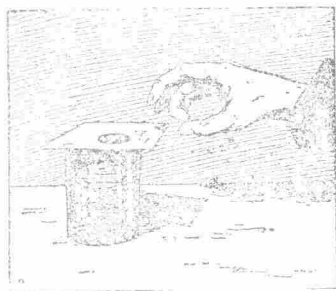
物體不能自己忽動起來。如果棹上的茶杯自己忽跑到那一邊去，你們必會嚇一跳。似此，物體有不能自己變更場所即不能自行運動的性質，諒你們可以用許多法子來證明。

禹 陵



庭前的大石決不會自動。大風吹倒的樹永久倒在那裏。大禹的陵寢自夏

第四十二圖



銅幣何以不和名片同飛呢？

朝建築至今三千多年還在同一的地方

然不動。

一切物體非由外部加相當的力決不會動。地球空氣水巖石以及汽車飛機等機械，如果非由外部有某種的力作用，決不會動。如第四十二圖以名片或厚紙載在杯上，更置銅幣於其上，用指彈名片的一端，便見名片飛去，銅幣落於杯中，因為所彈的力只作用於名片而不作用於銅幣的緣故。

(3) 運動着的物體不會自止

物體恰和當靜止時不能自動一樣，一經開始運動之後便不能自止，運動着的物體，如果沒有力由反對的方面作用，有永久繼續運動的性

質。山頂滾下來的大石決不在中途停止，因為沒有妨礙這運動的力的作用的緣故。用全速度走着的火車，即使關閉發動機，一時不會即止，因為運動着的物體有繼續運動的性質的緣故。

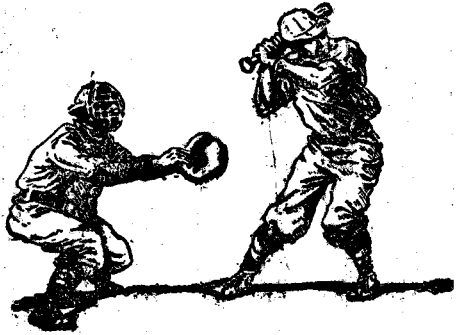
行駛大洋的輪船遇着可怕的冰山時，雖逆轉螺旋推進機，輪船也不會即停。人自巖上或屋上的高處誤跌下來時，無論怎樣想停住不落，對於外部作用的大引力到底沒有法子。

畫線於庭中，自距線十呎處起跑來，恰好跑到線時試急停止身體，必不得不越過此線而前進。

(4) 惰性和力

似此，靜止的物體不加外力永久靜止，運動的物體不加外力永久繼續運動。物體的這種性質叫做「惰性」或叫做「慣性」或「惰力」。

第四十三圖



靜止着的物體不加外力不能運動

不能想到有「力」

問題

火車電車當開始運動時，須用大力。既動之後，便容易使他走動。何故？

然而外部如果有外力作用，則靜止的物體開始運動，運動的物體忽然靜止，運動快的變慢些，慢的變快些等等，都是打破惰性。「力」這東西本看不見，如果不知不打破惰性即不變更運動的狀況，便不知「力」曾作用沒有。由此看來，可說有「惰性」纔有「力」，沒有「惰性」則

乘坐火車或電車，忽開行時，我們的身體覺得怎樣？又車忽停止時怎樣？這是何故？

(5) 動量

諸君，「動量」這一句話怕以前沒有聽過。運動着的物體和他物體衝突時，由所衝突的力的大小定「動量」的大小。積石河畔，欲投石將他打壞時，用輕的石不如用重的石容易。又即用同樣的石，飛得快時容易打壞積石，容易打壞是因為動量大而衝突的力強的緣故。

所以知運動的物體越重則動量越大，越輕越小；又物體運動越快越大，越慢越小。譬如這裏有同重的二物體運動，甲快於乙二倍，則甲的動量為乙的動量的二倍。甲和乙同快時，甲重於乙二倍，則甲的動量為乙的動量的二倍。如果甲的快和重都二倍於乙，則甲的動量在快的方面

二倍於乙在重的方面也。二倍於乙其結果甲的動量爲乙的動量的四倍。似此，運動物體的「動量」可由物體的「速度」和「重量」的積表示。物體越重越快則動量越大的事，諒必知道。現在姑舉二三事實如下。兩個小孩自對面步行相觸，不致跌倒。如果一個小孩乘着自行車和步行的小孩衝突，那就大不得了，僅僅跌倒還算僥倖，怕會大傷；而且自行車走得越快則衝突得越見厲害。

浮在大海的冰山，大的周圍常有數英里，雖然流得極慢，然而因爲甚大，所以有很可怕的動量。如果輪船和他衝突，那就大不得了，即時船體破碎而沈沒。這事報上偶有看見。

輪船傍碼頭時，船行雖極慢，然稍不加注意，則棧橋會被衝壞。這是因爲船的動量大的緣故。

第十四圖



用錘打釘

用手不能將釘推進板中，如用鐵錘則容易打進，也是因為動量大的緣故。

問題

試舉物體運動快時比慢時動量較大的實例。
二物體以同速運動時，重的物體比輕的物體動量大呢，小呢？試舉實例說明。

(6) 摩擦

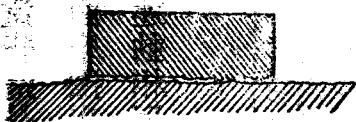
運動的物體不自外部加力決不停止，前已述過。然而實際上一次開始運動的物體永久運動的事，我們卻不經見。這是甚麼緣故？

置大部書籍於棹，以手引看。照理，書既移動之後，不必加力自能移動。然事實上，欲使書籍繼續移動，須用相當的力。何故妨礙書的運動的是

甚麼東西？又試將棹上的書輕輕一推，則書稍動即止，何以書不繼續運動？

一物體在他物體的表面或地面運動時，常有妨礙運動的力，因有此力，所以像以上實驗運動的物體終會停止。這種妨礙的力，我們叫做「摩擦」。摩擦常向物體運動的反對方向而作用。

第四十五圖



由物理的摩擦生

物體和物體之間何以有摩擦？因為物體表面無論怎樣平滑，仔細看來，如上圖，總有些凸凹。又因物體有重量，兩物體的凸凹互相嚙合，所以一物體在一物體上運動時有妨礙運動的力作用。

滾轉木頭於庭中，因地面的摩擦，木頭的速度漸減，終至停止。若在光板迴廊上滾轉木頭，則比在庭中滑

得遠些。這是因為板面比地面摩擦較小的緣故。若在冰上滾轉，因冰的表面摩擦更小，所以滑得更遠。由這三事看來，摩擦雖有大小，然而常向運動相反的方向作用終使木頭的動量等於零一點也沒有不同。

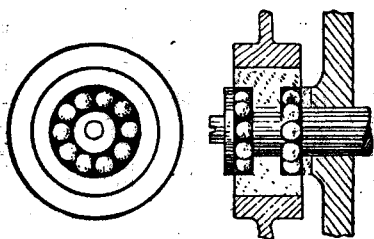
(7) 摩擦的種類

第四十六圖



滾動摩擦小於滑動摩擦

第四十七圖



車軸和軸承間置鋼球使摩擦減少

我們知道球在地面滾動，比平板在地面滑溜，運動的距離更遠得多。這是說，滾動時的摩擦比滑動時的摩擦小。由此看來，可知摩擦之中有

「滾動摩擦」和「滑動摩擦」二種。如上圖欲動重物所以用圓木，在於物體的下面，便是利用滾動摩擦較小於滑動摩擦的一例。其他利用滾動摩擦的例甚多，火車電車的車輪和各種的車輪俱是。即是車輪和車軸之間因有滑動摩擦，欲使變成滾動摩擦時，常有加入鋼球的事。（如第四十七圖）自行車的車軸也有這個裝置，試詳加檢查便知。

(8) 這世界如果沒有摩擦便成怎樣？

摩擦對於運動的物體由反對的方向作用，使物體的運動漸漸減小。摩擦對於我們生活上好像大有妨害，然而實際上如果沒有摩擦，那就大不得了。我們能夠站在地面，是因為有摩擦的緣故。如果沒有摩擦，則地面滑，不能立起。我們能夠在地面步行以及跑走，也都是因為有摩擦。

如果沒有摩擦，則無論怎樣用力作拔河的運動，握的繩比鰻還滑，必致溜失。打入柱裏的鐵釘也自會滑落，穿衣結帶自會解開。屐和草履自不消說，即靴也會脫落。戴好的帽，偶歪了頭，便會落下。曾經開走的火車，即到停車場，也不會停。又停着的火車，無論如何使動，車總在軌上空轉，一點也不能前進。

問題

種種的車何故有輪？

機關車的車輪空走不進時，則撒沙於軌道上，何故？

車輪的軸和種種機械的轉動軸都擦機械油，何故？

地面凍時有滑倒的危險，何故？又投石於冰上，能滑溜至於遠方，何故？

滑冰何以覺得痛快？

(9) 力生運動

能使靜止的物體運動的是甚麼？能使運動的物體靜止或能變更運動的方向的是甚麼？對於這疑問，諸君能够由日常實際上所見所行的事來答嗎？

你們料來知道或推或拿棹上所載的書能夠變更書的位置。這時，你們或推或拿，都是加「力」於書。如書過重，力不能勝，或者書不會動，然而總是欲使書動。當書動時，如加力，則必停止或變更運動的方向。所以我們可以說：能使物體運動，或擬使物體運動，或使運動生變化的東西是「力」。

(10) 牛頓和重力

談到牛頓，你們想都知道牛頓是二百年前生於英國的人。有一次他

看見蘋果落地想到種種疑問如下：「何以蘋果會離卻枝頭落向地面？蘋果向下開始運動是甚麼緣故？何以蘋果不留於空中？何以不向天飛去？」

其後，牛頓費很長的時間研究種種事實，知道這大宇宙中一切物體和一切其他的物體相引，發見有名的「宇宙引力定律」。這是可驚的

大發見。以後一切事都以這定律爲本而說明。

由宇宙中一切物體互相牽引的定律，知道我們所住的地球將蘋果引着，所以蘋果落到地上。不

第四十八圖



牛頓和蘋果

只地球引着蘋果，蘋果也引着地球。地球和蘋果的動，然而地球比蘋果大而且重得很多，所以地球的動看不到眼裏。地球和蘋果相引而動，至互相遇着時，兩方的動纔等於零；即，蘋果的重量和速度的積在理應和地球的重量和速度的積相等。

似此，地球和蘋果相引的力叫做「引力」。一般說來，地球和他物體間作用的引力叫做「重力」。作用於某物體的重力，我們通常叫做「重」或「重量」。測作用於各種物體的重力，用鈞，磅，斤，兩等。地球引着你們的身體的力有若干斤？你們料想知道你們的體重。

(II) 亞里斯多德和伽利略

亞里斯多德生於西曆紀元前三八四年希臘國中，是距今二千三百年前的人。他是一切學問的創設者，不僅限於自然科學，而且他所想出

乘萌學問是死後二千年間所奉能言的真理，人們借假神說的語似的信他。

伽利略於西曆一五六四年生於意大利的比薩村中。比薩有大斜塔，非常有名。關於伽利略一生，有許多有趣的逸事。這裏請舉一宗事。其餘他處再說。伽利略曾當比薩大學的數學教授。在這大學，數學教授比其他科目較爲人所輕視，薪俸亦薄。

伽利略極好議論，常有「議論家」的別名。而且除卻自他做學生時代已經在職的一位老生理學教授外一切的人都厭惡他。伽利略自學生時代便挾有反對大亞里斯多德思想的思想，大發議論。自爲大學教授後，更進一步，倡言欲由實驗反對亞里斯多德的真理。在那時代對於二千年間信仰如神的亞里斯多德的真理倡言反對，是一件天大的事。

本來被人嫌惡的伽利略而且敢反對公衆所信爲神的亞里斯多德在教授同輩祇有把他當作狂妄人和謀反者看待。

在亞里斯多德的思想，物體自高處落向地面時，越重的落得越快，即在一磅的物體以一秒間落下的高處，如有十磅的物體由這裏落下，當費十分之一秒的時間，然而伽利略決不以爲然，以爲二個一磅的物體同時落下則落的速度相同，今不過將這二個物體疊着使落，斷沒有會得二倍速度的道理，所以彼以爲無論重的物體和輕的物體，皆以同一的速度落下。

他爲欲確證他的思想，在比薩的斜塔實驗，招集教授和學生等，將重量不同的兩物體使自塔頂落下來試。某書中說他用百磅和二磅的彈丸，然將百磅重的物體拿到八層塔上是一件很困難的事，怕有些錯，有

的書說是用十磅和一磅的彈丸，想是事實。如果照亞里斯多德所說，十倍重的物體以十倍的快落下，因塔甚高，到地面時應該是重的先到。集在塔下的人，對於膽敢倡言反對二千年間視為真理的亞里斯多德的思想的狂妄者，都想着發見由實驗證明亞里斯多德的思想不錯

時把他辱死笑死。他

們都以爲這事不待實

驗已經知道：二個彈丸

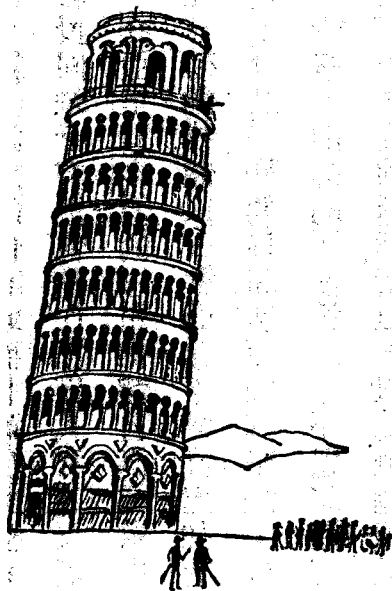
落時，一定是重的會超

過輕的，二個彈丸的間

隔漸大，大彈丸落在地

面後些時小彈丸方纔

第四十九圖



伽利略的實驗

落下這確和古時亞里斯多德所教我們的思想一樣

然而伽利略的思想不是這樣。他知道二個彈丸會怎樣落下。他的頭腦比在塔下人們的頭腦真是高出一塔左右。二個彈丸落時，由他人嚴格監視，確是同時落下！在空中飛來的二個彈丸一些沒有間隔，落到地面時同時發一聲的響！

這樣，方知二千年間所信亞里斯多德的思想錯了。這件事似乎沒有甚麼要緊，然而自古以來僅由頭腦空想的理科由此變爲非由「實驗」不可了。如果想到自伽利略死後至今三百年間生出今日這樣文明進步的大原因便在此，便知這是重要的實驗。

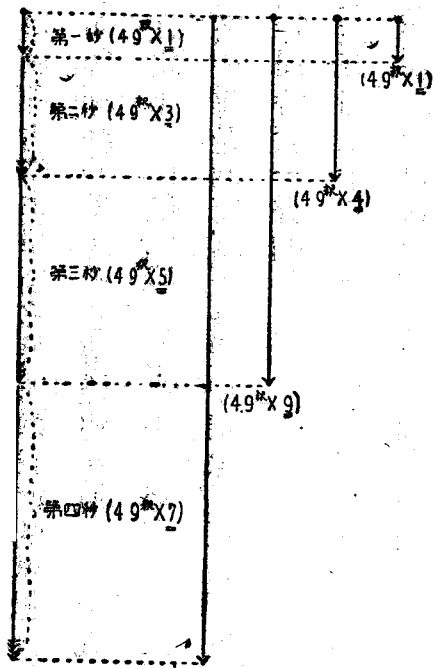
伽利略於一六四二年死去，此年恰好生了發見引力定律的牛頓，可謂奇緣。由比薩斜塔落下二個彈丸矯正二千年來亞里斯多德思想的

錯誤的伽利略死去的這年，恰好生出見着蘋果落地發見宇宙引力定律的牛頓，在迷信家看來，或許會說牛頓是伽利略轉世而生。

(12) 落體和空氣

據伽利略的實驗，無論物體輕重，落下來的快慢都是一樣。那嗎，到底

第五十圖



落體的速度

用怎樣的速
 落下呢？你們由
 日常的經驗諒
 可知道物體由
 高處落下時，時
 間愈長落得愈
 快。物體自始

落起一秒間落下四·九呎，第二秒間落下九·八呎，第三秒間落下十四·七呎，第四秒間落下十九·六呎，第五秒間落下二十四·五呎，第六秒間落下二十九·四呎，第七秒間落下三十四·三呎，第八秒間落下三十九·二呎，第九秒間落下四十四·一呎，第十秒間落下四十九·〇呎，第十一秒間落下五十三·九呎，第十二秒間落下五十八·八呎，第十三秒間落下六十三·七呎，第十四秒間落下六十八·六呎，第十五秒間落下七十三·五呎，第十六秒間落下七十八·四呎，第十七秒間落下八十三·三呎，第十八秒間落下八十八·二呎，第十九秒間落下九十三·一呎，第二十秒間落下九十八·〇呎，第二十一秒間落下一百零二·九呎，第二十二秒間落下一百零七·八呎，第二十三秒間落下一百一十二·七呎，第二十四秒間落下一百一十七·六呎，第二十五秒間落下一百二十二·五呎，第二十六秒間落下一百二十七·四呎，第二十七秒間落下一百三十二·三呎，第二十八秒間落下一百三十七·二呎，第二十九秒間落下一百四十二·一呎，第三十秒間落下一百四十七·〇呎，第三十一秒間落下一百五十一·九呎，第三十二秒間落下一百五十六·八呎，第三十三秒間落下一百六十一·七呎，第三十四秒間落下一百六十六·六呎，第三十五秒間落下一百七十一·五呎，第三十六秒間落下一百七十六·四呎，第三十七秒間落下一百八十一·三呎，第三十八秒間落下一百八十六·二呎，第三十九秒間落下一百九十一·一呎，第四十秒間落下一百九十六·〇呎，第四十一秒間落下二百〇〇·九呎，第四十二秒間落下二百〇五·八呎，第四十三秒間落下二百一〇·七呎，第四十四秒間落下二百一五·六呎，第四十五秒間落下二百二十〇·五呎，第四十六秒間落下二百二十五·四呎，第四十七秒間落下二百三十〇·三呎，第四十八秒間落下二百三十五·二呎，第四十九秒間落下二百四十〇·一呎，第五十秒間落下二百四十五·〇呎，第五十一秒間落下二百五十〇·九呎，第五十二秒間落下二百五十五·八呎，第五十三秒間落下二百六〇·七呎，第五十四秒間落下二百六五·六呎，第五十五秒間落下二百七〇·五呎，第五十六秒間落下二百七五·四呎，第五十七秒間落下二百八〇·三呎，第五十八秒間落下二百八五·二呎，第五十九秒間落下二百九〇·一呎，第六十秒間落下二百九十五·〇呎，第六十一秒間落下三百〇〇·九呎，第六十二秒間落下三百〇五·八呎，第六十三秒間落下三百一〇·七呎，第六十四秒間落下三百一五·六呎，第六十五秒間落下三百二十〇·五呎，第六十六秒間落下三百二十五·四呎，第六十七秒間落下三百三十〇·三呎，第六十八秒間落下三百三十五·二呎，第六十九秒間落下三百四十〇·一呎，第七十秒間落下三百四十五·〇呎，第七十一秒間落下三百五十〇·九呎，第七十二秒間落下三百五十五·八呎，第七十三秒間落下三百六〇·七呎，第七十四秒間落下三百六五·六呎，第七十五秒間落下三百七〇·五呎，第七十六秒間落下三百七五·四呎，第七十七秒間落下三百八〇·三呎，第七十八秒間落下三百八五·二呎，第七十九秒間落下三百九〇·一呎，第八十秒間落下三百九十五·〇呎，第八十一秒間落下四百〇〇·九呎，第八十二秒間落下四百〇五·八呎，第八十三秒間落下四百一〇·七呎，第八十四秒間落下四百一五·六呎，第八十五秒間落下四百二十〇·五呎，第八十六秒間落下四百二十五·四呎，第八十七秒間落下四百三十〇·三呎，第八十八秒間落下四百三十五·二呎，第八十九秒間落下四百四十〇·一呎，第九十秒間落下四百四十五·〇呎，第九十一秒間落下四百五十〇·九呎，第九十二秒間落下四百五十五·八呎，第九十三秒間落下四百六〇·七呎，第九十四秒間落下四百六五·六呎，第九十五秒間落下四百七〇·五呎，第九十六秒間落下四百七五·四呎，第九十七秒間落下四百八〇·三呎，第九十八秒間落下四百八五·二呎，第九十九秒間落下四百九〇·一呎，第一百秒間落下四百九十五·〇呎。

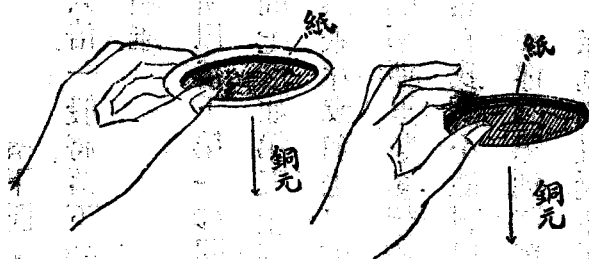
所以落下第一秒間是四·九呎，第二秒間三倍，第三秒間五倍，第四秒間七倍，如第五十圖所示。

然紙片或羽毛自樓上落下時和石頭落下時遲速不同，是你們所知道的。事亞里斯多德或許便因這事想到重十倍的物體落下來會快十倍，然而我們不能贊成。何以紙片和羽毛等飄飄地飛着，尤以風大時爲尤甚？你們想到這裏，應該懂得這是空氣阻礙的緣故。重的物體雖也會受空氣的阻礙，然而落下的勢盛些，沒有輕的物體那樣會受空氣的阻礙。

所以如果沒有空氣，那嗎，石頭銅鐵那樣重的東西，和羽毛紙片那樣

輕的東西，應該以同一的速度落下。置羽毛紙片金屬片小石等於長玻璃管中，抽去管中的空氣，使這些物體由一端落向他端，便見他們同時落下。

紙和銅元疊着落下



第五十一圖

又由以下的實驗可知，如果沒有空氣阻礙，則輕的物體和重的物體落得同樣的快。用薄紙裁成和銅元一樣大的形狀，將紙疊在銅元上面使落，則紙隨着銅元同時落下。但如使銅元和紙離開，使在同一高處同時落下，則銅元必快得多。又如使紙的圓形

比銅元大些，則無論怎樣使合，上方的紙在途中必離卻銅元，而落下得慢些。這是因爲紙緣出於銅元的緣以外，中途受空氣的阻礙使離開銅元的緣故。

(13) 離心力

「蘋果會落到地上，何以月不會落到地上呢？」這是牛頓的第一疑問。牛頓經過充分的研究，纔知道蘋果向地上落下和月不絕地迴轉於地球的周圍都是地球和這些東西間有引力作用的緣故。你們或許會想到一月和地球之間如有引力，那嗎，月不更會落到地球上麼？你們如果知道還有一種「離心力」，那就能够了解。

在說明離心力以前，先試想如果這個世界沒有離心力將成怎樣。雞犬等動物被雨淋濕時，無論怎樣將身體振動，決不能撥散水點，水僅滴

滴流落地面而已。你們無論怎樣將陀螺轉動，陀螺即時倒下，不會站着轉動。恰好滿月來到我們頭上時，如果沒有離心力，將成怎樣極圓的月漸漸大起來，無限地膨脹，終至月充滿於天空，月表面的噴火口來近我們頭上，最後可怕的月世界落下和地球衝突，地球上一切的生物轉瞬被殺無遺。不消說有的被月壓死，縱使不受月壓，然因地球和月衝突生出極大的熱，也會被燒死。不只如此，地球自身也以極大的速度落於太陽裏面。可怕的太陽的灼熱地獄，會將地球上一切的物熔化爲眼看不見的蒸氣。

第五十二圖



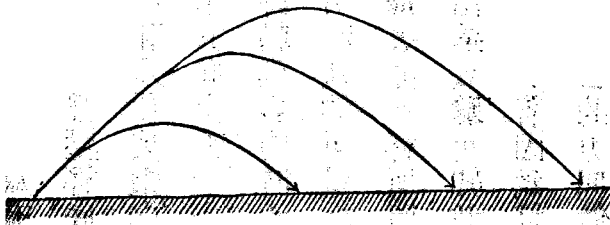
盛水杯中週轉

以線懸盛水的杯，使向左
右轉動數回，乘勢向上趕快
使循環週轉，杯中的水一

些不會溢出因爲有離心力的緣故。杯向上水也向上水因有飛向方的惰性，強壓杯底。杯雖也要飛向上方，然因有線繫住，不能飛去。似此，杯和水俱要飛向上方，而握着線端的手亦被引向於上方，所以知杯和水欲向上方飛去的力比其重量大，故杯也不落水也不溢。

杯轉到右方時，水欲向右飛去，爲杯所阻；轉到下方時，水欲向下飛去的力和他的重量在一處作用，故覺得比懸時重些；轉到左方時，水欲向左飛去，亦爲杯所阻，所以無論轉到何處，杯中的水一些不會溢出。

由這實驗可知將杯轉動時，無論杯在上下左右，緊握着線的手常被杯用力引着，因爲杯和水要脫手飛去的緣故。似此，轉動的物體要離中心而飛去的力，叫做「離心力」。離心力是物體因欲直進所生的惰性的的一種。



(14) 月的運動

月轉動於地球的周圍，地球轉動於太陽的周圍。我們由上文杯水的實驗，知物體作圓運動時，物體因離心力常欲飛去，非用線引住不可。然而的月在地球的周圍轉動，我們知道沒有大繩子由經地球將月繫住，也沒有大繩子由太陽將地球繫住。那嗎，月不因離心力離地球飛去，地球不因離石心力離太陽飛去，是甚麼力的作用呢？你們料應知道月在地球的周圍轉動是因爲有地球的引力；地球因有太陽的引力，所以在太陽的周圍轉動。



用的運動怎樣可由以下的事實推想得到。我們在地上投石通過上圖所示的道路而飛，用力越大投得越遠。似此，物體被投時飛過的路

形叫做「拋物線」。你們要想看這線，可用橡

皮球開一孔，盛水滿於其中，將孔斜向上方用

力壓球，使水飛出。水飛出時所經過的路成拋

物線形。有水道的地方，用橡皮管裝在水道

的口上，以指蓋住橡皮管口，留些小孔，使水向

斜上噴出，更見得明瞭。

路 的 拋 物 線 取 水

用力越強，投石越遠。那嗎，如果有人有極大

的力，在理自北京投石，可使越太平洋而達桑

港。如有更強的力，則站在泰山頂上投出來的

石，在理可使繞地球一周，由後面打到自己的頭上。

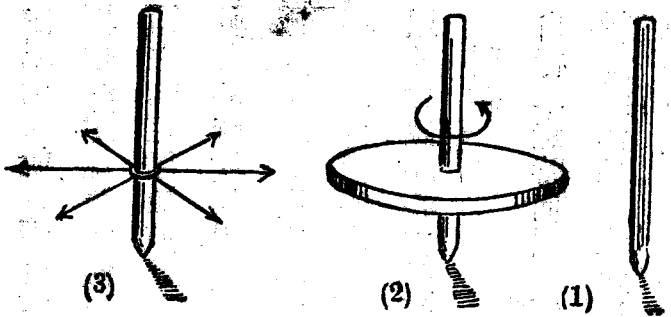
那嗎，要用怎樣的的速度投石，纔能使繞地球一周呢？那要每秒十一浬以上的速度方可。月在地球周圍轉動和此相同，可以視作月以極大的速度由地球投出。

地球上飛的最快的怕是彈丸，一秒的時間不過飛到一浬左右，用人類的力量決不能投出物體使繞轉地球一周。

(15) 轉動的陀螺

轉動着的陀螺何以能站在心棒的上面？由離心力也可以說明。陀螺轉動得極快，陀螺的各部分欲由中心飛向四方，這離心力比欲使顛覆的地球引力大，所以陀螺轉動時決不會倒。

如第五十五圖(1)，棒必不能站得住。如(8)，用線四面以同樣的力



轉動的陀螺不倒的理由

將棒繫着則棒能站得住陀螺轉動着的時候，如(2)，恰和四方用線引着一樣，各部分的離心力自四方作用，所以能够站住不倒。然在(3)時，如果某一方面有更強的力引着，則棒便向那一方面倒去。所以欲使陀螺恰和四方以同一的力引着時，當極力使成真正圓形，便可。如陀螺不成真正圓形，其初雖會轉動，不久即會傾倒。要使陀螺轉得長久，非使成真正圓形不可。

陀螺不倒的原因，由離心力固可說明，

即由以前所說的惰性定律亦可說明。轉動着的陀螺要倒時，非先由水平轉動的陀螺變為傾斜轉動的陀螺不可，即運動的方向當發生變化。由惰性的定律知道欲變更運動着的物體的方向，須用相當的力。陀螺轉動着的時候，作用的力為地球的引力，即陀螺的重量。因為陀螺的動量極大，地球的引力不能使陀螺變更運動的方向，所以陀螺轉動很快時不致因自己的重量而傾倒。

以前曾說離心力是惰性的一種。這兩種的說明結果一樣。

問題

自行車走時何以不倒？

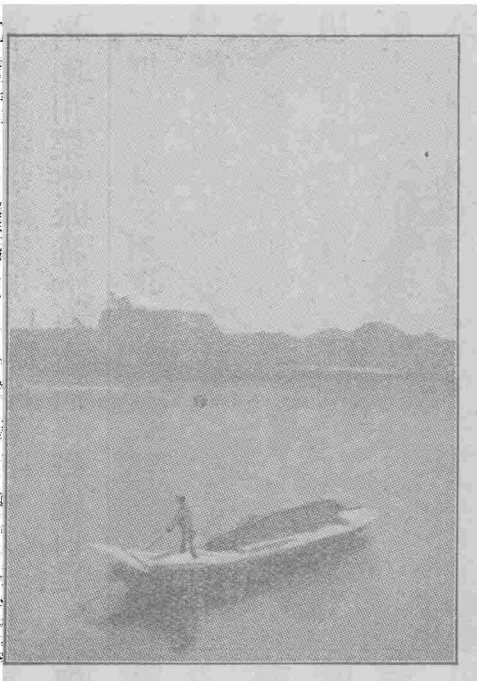
轉動淋濕的雨傘，水滴怎樣飛法？試說明理由。

我們當快跑至轉彎時，身體須稍斜向內側，何故？

火車的軌道轉角處怎樣因爲甚麼緣故

投輪時須將輪且旋且投何故？

(16) 作用和反作用



因船向後方，船夫將水推向後方，船因而前進。

鳥欲飛必先鼓

翼，何故魚欲游必

先動鰭，何故這在

你們或許是個難

題。如果研究「作

用」和「反作用」

便易知道。

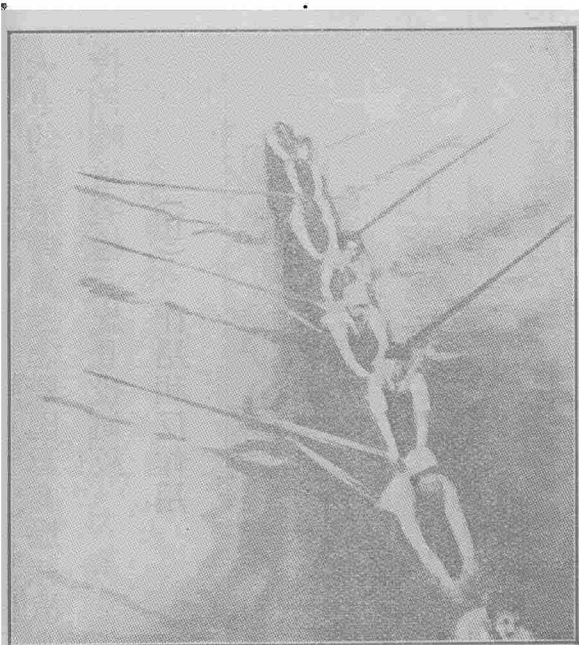
地球上一切東

西要想前進，非先將某一物體向後方一推不可。乘過端艇的人諒都知
道，須用槳將水推向後方，而後艇纔前進。搖帆船時，用篙於河底向後

一撐，使船前進。

或許我們不會覺
着我們在地上步行
時也應用這個定律，
我們以脚向地面後
方一踏，而後前進。我
們步行於海邊的沙
上，一步一步將沙推
向後方，便是一個證

走 競 艇 端



據 如果地球小如我們木料
着水面的木材上步行一樣，每步見木材稍沈入於水中。

由此可知「作用和反作用相等，而方向相反對。」你們試想緣着懸在高處的繩子而上時，因欲攀着繩子上緣，非用力將繩子下曳不可。將繩下曳是「作用」，使身體上昇是「反作用」。這時，身體越重的人，要越用力曳繩。然若研究作用和反作用的關係，便知其全相等。八十斤的人欲攀繩上昇，當用八十斤的力將繩下曳。又作用和反作用方向相反對的事，由欲上昇而要下曳一事可以知道。

如果沒有這作用和反作用的定律，那嗎，魚類不能在水中游泳，鳥類不能在空中飛翔，帆船輪船不能在水上前進，汽車火車不能在陸上前進，飛機飛船無論如何轉動推進機不能飛行。船車以及航空機不能

第五十六圖



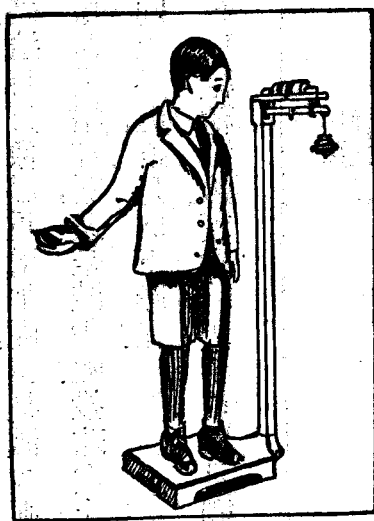
馬以後脚蹴地飛過木欄

行動，固甚困苦。然而有更
 困苦的事是地球上一切
 動物都不能運動。不能在
 空中飛翔，不能在水中游
 泳，不能在地上爬走以及
 步行，你們不大感得困苦
 嗎？

要使某物動時，必須將

其他某物一壓。你們舉身向上時非用足稍向地面一踐不可。你們在水
 中游泳時，非用手脚向後方將水推開不可；這時還要用手脚稍向下面
 將水推開，使身體不沈於水中。鳥欲飛起要向下方鼓翼，欲前進要向

第五十七圖



投球向上時好像體重增加

飛向後方，便是車輪將地面推向後方的證據。請行作用和反作用的實驗。試坐在體重秤上面，加砝碼，使恰成平衡。而後急將手動向上方，而視

後方和稍下方鼓翼將這方向的空氣推動由其反作用而前進。所以後方鼓翼的目的在欲前進，所以向稍下方鼓翼的目的在使自己的身體不致落下。飛機轉動推進機將空氣推向下方，由其反作用而前進。汽車或自行車的橡皮輪附有突起，因為使車前進將地面推向後方時防止車輪向後滑的緣故。雨天汽車或自行車走過之後，常有許多泥土

砵碼。這時好像體重增加呢，還是減少呢？其次將球拋向上方，更看砵碼，好像體重增加呢，還是減少呢？投球向上時，舉手向上時，你們以為身體是向上昇呢，還是向下降呢？

再就鞦韆實驗，實驗時，決不可以足觸地。

當鞦韆靜止時，你們試僅

以身體使鞦韆運動，祇

許動手足身體，決不許

身體的部分觸着地面，

而後注意你們身體動

作的樣子，一定是身體

的一半向前動時，他一

半向後動，用手將鞦韆

第五十八圖



足不踐地決不能使鞦韆昇起

的繩子曳向後方則身體僅向前動而已。無論怎樣動，總有一部向前，則他部向後，決不能使鞦韆昇起。你們料會覺到身體的一部向前運動和他部向後運動恰相平衡這便可以證明作用和反作用相等而方向相反對。

問題

飛機何以使用推進機？

輪船的螺旋推進機何用？

我們向壁推，則身體向後動搖何故？

乘在小船的人引着縛在岸上的繩時，船便怎樣？這是甚麼緣故？
開銃，當彈由銃口飛出時，銃必用力向肩一壓何故？

四 機械

機械實是便利的東西。由我們的世界中如果除去一切機械，將成怎樣？那是一件大事，因為文明的世界即時變為野蠻人的世界的緣故。

因有機械，所以全不能做的工作也容易做。譬如我們想舉數千斤的東西，決不可能。若用槓桿，便能舉起。建築時，如有堅牢的繩和滑輪，無論怎樣重的材木都可舉起。欲推高很重的木材，如用斜板，則容易推上。

(1) 機械的發達

機械極多，幾不能一一舉名。太古的人類和其他的動物一樣，沒有一個機械。當時的人們僅有和其他的動物同樣的知識。

幸而人類和其他的動物不同，知識漸進。俗語說「必要是發明之母」。

每遇必要之人們必用盡功夫來發明新的方法漸進至於今日。

人類最初所使用的東西，料是投石機械。這是殺敵或殺鳥獸和打落果實以爲食物的極便當的機械。繼投石機械之後，大約是用槓桿和由骨或石所製的刀，廚刀等類。

這些簡單的機械發明後，人類覺得非常便利。幸而人類和其他動物不同，有兩隻手垂着，可作種種的細工，種種的考案。經過許多時間，遂製出許多機械。這個考案，不消說是因爲想住更爽快的房屋，多取甘美的食物，容易打殺攻擊自己的敵人而起。其次，注意到更甘美的果實，而開始保護植物，爲農業的起源；注意到好肉好乳好卵的動物，爲欲得肉乳和卵，而開始飼養這一類的動物，爲牧畜的起源。以後人類的進步異常顯著。其初求食物於自然界中，漸次努力加人工於自然，以多得良

好的食物。人類覺得自己的力量頗大，只要用力沒有不可能的事，而後逐漸發明有用的機械。

我們現在有大多數的機械，不知道使我們的生活上得怎樣的便利。然而聽到這樣無數的機械僅有六種的機械組合，誰也會吃一驚。所謂六種的機械，是槓桿，輪軸，斜面，滑輪，楔，螺旋。這些機械的原理甚簡單。種種結合，成爲複雜的機械。以下就這些機械來說。

(2) 槓桿

太古希臘的學者曾說「使我有極大的槓桿和做槓桿的靠枕的物，就是我們所住的地球我也能夠舉起。」你們或許覺得這話荒謬也未可知。然自道理上說來，這學者的話確是正當。

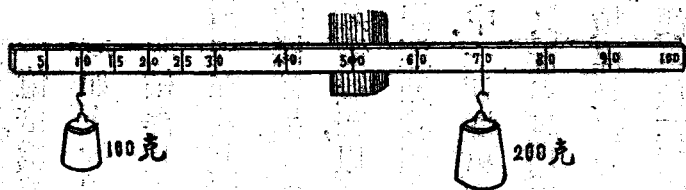
槓桿的長要達我們所知道的最遠的星，槓桿的一端要移動一億英

里的一億倍，纔能將地球舉起一英寸，這因為地球極重，人類比較極小，所以有如上的關係。實際上是決不可能的事，然而我們所以這樣說，不過表明槓桿是極便利的機械而已。

槓桿在我們的世界，是不可缺的重要機械。如果沒有槓桿，則現在一切的機械都不能作成，動轉火車和輪船的蒸汽機關，動轉飛機和汽車的氣體機關，以及種種工場上使用的諸類機械都沒有用處。不特如此，即運動我們的手足都覺得困難。似此，槓桿的道理利用到動物的體中，一切機械沒有不利用槓桿的地方。然而對於不大知道槓桿的諸君，只管多說槓桿的效用，沒有意義，以下請說槓桿的話。

槓桿是最簡單的機械。一枝的棒，隨便支住那裏能夠自由左右轉動的，便叫做「槓桿」。支持槓桿的點，叫做「支點」。如掛砝碼於支點的左方，

第五十九圖



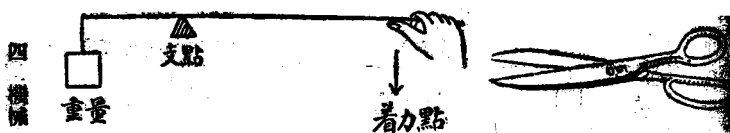
槓桿

則槓桿向左轉動；於右方，則向右轉動。

但如第五十九圖，於支點的左方四十厘米處掛百克的砝碼，右方二十厘米處掛二百克的砝碼，則槓桿兩端都不傾斜，保持着水平的位置。（未掛砝碼以前，槓桿非在水平的位置不可。）似此，槓桿在水平的位置，叫做槓桿保持「平衡」。槓桿保持平衡時，有如下的關係：

$$100 \times 40 = 200 \times 20$$

掛在支點左方的砝碼的重量和自支點的距離的相乘積，與右方砝碼的重量和自支點的距離的相乘積相等。這叫做「槓桿的定律」。這裏所說自



第 一 種 的 槓 桿

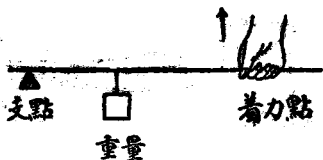
支點的距離是說由支點到掛砝碼的點的長，試變化自支點到砝碼的長，使槓桿平衡，便知道槓桿的定律能夠成立。

(3) 槓桿的種類

槓桿有三種。第一種如第六十圖，支點在欲舉的物體所掛的點和加力的點的中間。右方所示的剪刀便是應用的一例。此外如天平，桿秤，唧筒的柄等，應用這槓桿的例很多。

第二種支點在槓桿的一端，欲舉的物體在中間，加力於其他的一端。如第六十一圖右方所示夾碎胡桃的器便是應用的一例。以手握柄強壓，夾在其

第六十一圖



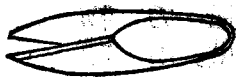
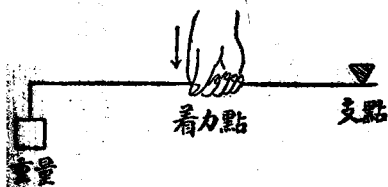
第二種的槓桿

第六編 物性·力·運動

中的胡桃便被壓碎。這器相連的尖頭是支點。胡桃被壓的地方的力，自左方的圖看來，和重量相當。開罐頭的器，壓軟木塞的器，都是應用這一種槓桿的器具。

第三種的槓桿如第六十二圖，加力於支點和重量的中間。圖右邊所示的剪刀，便是應用的一例。拔毛的器，鑷子，應用這一種槓桿的器很多。

第六十二圖

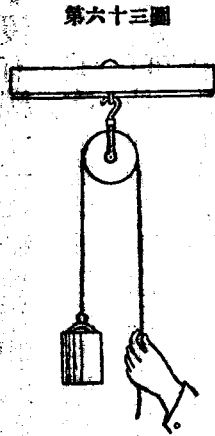


第三種的槓桿

槓桿的種類不出這三種，你們看見種種器具時，試注意到底是應用那一種的槓桿。見複雜的機械時，試研究有應用槓桿的部分沒有。如果有，試注意是應用那一種類，便知道應用槓桿的機械怎樣的多。

(4) 滑輪

你們想都知道井邊的吊桶，那是最簡單的滑輪。第六十三圖所示便是這類東西。用這滑輪，欲舉一尅的砝碼，非用一尅的力。在力的方面一些沒有利益，只有向下引着而物體能向上舉起的利益。然而



汲深井的水時，不用滑輪，則非舉起很重的繩子不可；如用滑輪，其始須多用些力以引繩子，引至一半高處，則繩子反能助勢，容易引上。結局和

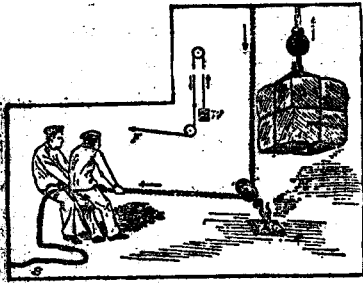
沒有繩子一樣，祇要用和水和桶相當的力便可。

其次，如第六十五圖，將滑輪組合，懸彈簧秤於繩子的一端，而掛物體於可動的滑輪下面，用手將彈簧秤引下，使恰成平衡。由秤的刻度，試測須用若干的力纔能平衡。由這力減去彈簧秤的重量，所餘的恰與動滑輪和物體的重量成平衡。由此實驗，可知用如此組合的滑輪舉物，只

要用一半的力便能舉起。

又如第六十六圖，用四條繩子舉物時，只
要用物重四分之一的力便能舉起。所以
用這樣的機械，無論怎麼重的物體，在理都
能舉起。如第六十六圖，欲使物體舉高一
呎，非引四呎的繩子不可。似此，雖能舉起

第六十四圖



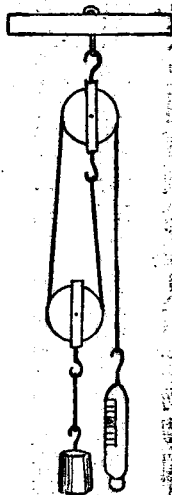
用兩個滑輪舉起重物

重物但懸着物體的繩子的數越多，同是舉高一呎，繩子的一端非多引着不可。

(5) 輪軸

輪軸如第六十九圖所示於小軸的周圍捲有和重物體相結的繩子；在大軸另有繩子於反對的方向捲着，引此繩子可舉重物。今為欲研究這個理

第六十五圖



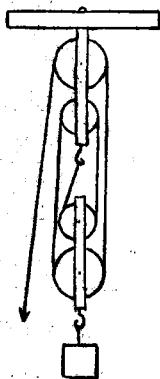
滑輪

第六十六圖



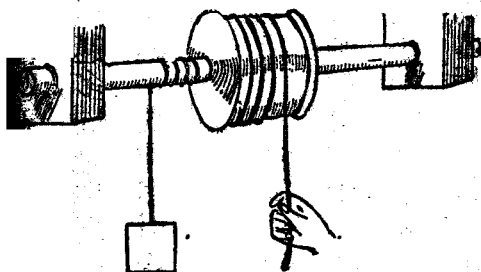
滑輪

第六十七圖



滑輪

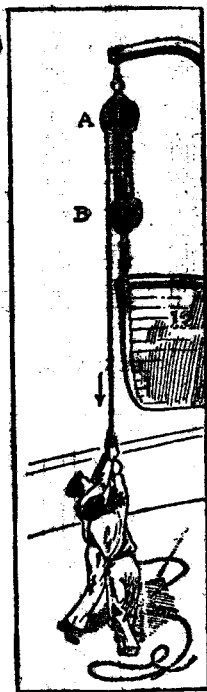
第六十九圖



輪 軸

大軸的半徑 OA 有小軸的半徑 BO 的四倍。因 BA 與以 O 為支點的橫桿有同一的作用，故由橫桿的定律可知 BO 的長和物體的重量的相乘積與 OA 的長和所引的力的相乘積相等。所以所引的力和物體的重量平衡時，所引的力只要有物體的重量的四分之一。便可使用這個輪軸，只用比物體四分之一

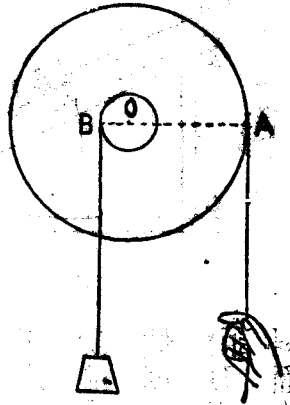
第六十八圖



用滑輪舉重物

由，舉由縱的方向所見的圖如第七十圖。

第七十圖



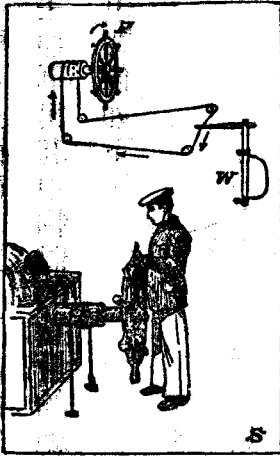
輪軸的理

一的重量稱大的力便舉此
 物體。大輪軸的半徑越大，越
 能舉更重的物。但和滑輪相同，
 大輪軸的半徑越大，則同是將
 物體舉起一呎，亦非引較長的
 繩子不可。

(6) 斜面

如第七十二圖，將AB板斜倚
 站着。於AB板的上端附有自由
 轉動的輪O，板上載縛有繩子
 的車置重物於車中，使繩子通

第七十一圖



用輪軸轉能

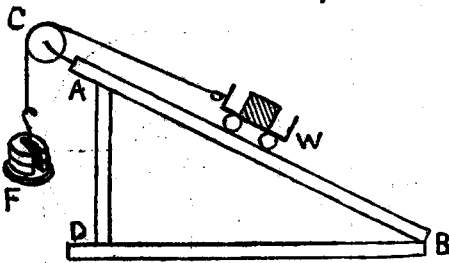
過O輪而懸砝碼F於其下。試適當加減砝碼的重量，使車徐徐地拉上坂去。如車與其中物體的重量的總和為W克，砝碼全體的重量為F克，則其關係如下：

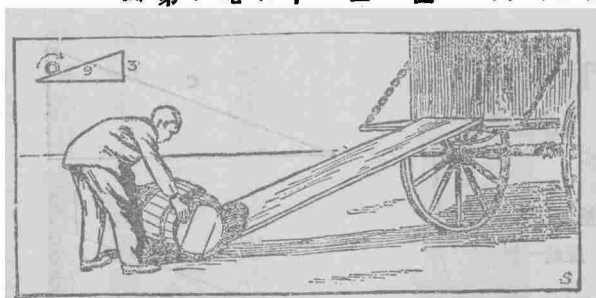
$$F \times AB \text{的長} = W \times AD \text{的長}$$

斜 面

因AB長於AD，故F小於W。在這個實驗裏，面是以重F克的砝碼的力將車引上，即用手以F克的力將車推上也是一樣。這事是說能用較W克更小即F克的力將重W克的車沿斜面推上。本來欲將重W克的物由D直舉到A，不消說要用W克的力，但沿斜面由B推到A時，只用F克的力便足，不

圖 二 十 七 第





過由B到A的距離比由A到B的距離長得多而...

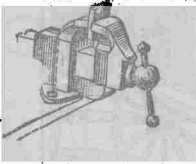
一切機械，無論是斜面，槓桿，滑輪，輪軸，有利於力時，則加力的距離必損。詳細說來，我們加於機械的力和加力所動的距離的相乘積，與這機械對於他物所出的力和所動的距離的相乘積相等。這是「機械的原理」。

(7) 螺旋

用 斜 面 運 重 物

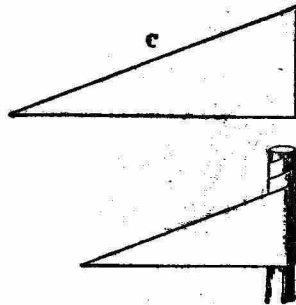
如第七十四圖，將上方的紙裁成三角形，則三角形的c邊成爲斜面。如此圖下方，將此紙捲於鉛筆上，則三角形的c邊成爲螺旋。由此可知螺旋是捲於棒上的斜面，是應

第七十六圖



螺旋齒是應用螺旋的一例

第七十四圖



螺旋是斜面的應用

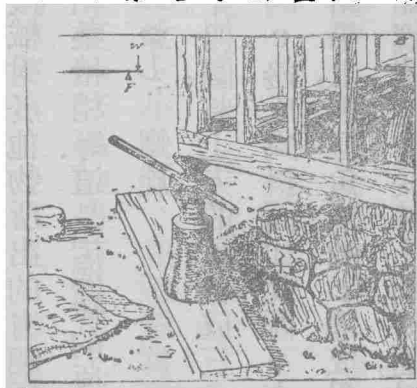
用斜面的一例。

如第七十五圖所示，使用螺旋可以舉起房屋。

所以能够生這樣大的力，是因為雖經長距離加

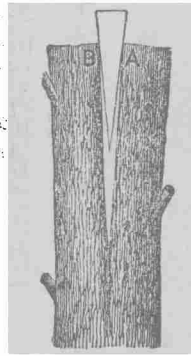
切於此機械，而螺旋僅昇少許，由上述機械的原

第七十五圖



用螺旋起屋

第七十七圖



用楔劈木

理能够生極大的力的緣故。

(8) 楔

如第七十七圖，很難劈開的東西，若用楔打入，則易劈開。用楔自上打入時，楔向

第七十九圖



劈木材

第七十八圖



用楔劈樹

橫方推開的距離比向下方劈入的小得多，所以向橫方推開的力極強，我們在這裏將爲種種複雜機械的基本的六種機械研究完了。你們此後看見種種機械時，請研究是應用上述六種中的那一種機械，一定覺得有趣。譬如封面插圖是一種起重機，不費大力能夠舉起很重的東西。他到底是用那幾種的機械組成，請你們試猜一下。你們如果能應用這些機械的知識，發明其他機械，使我國的工程學上生些異彩，尤其是有趣味的事。

五 振動

木葉被風吹時的運動，掛在簷前鐵馬的運動，和火車電車的運動樣子大不相同。或向前後，或向左右，不絕的搖動。這一種運動，叫做「往復運動」又叫做「振動」。

漂搖於水面的波，眼所能見的光，耳所能聽的音，無線電報無線電話所使用的電磁波，都是由這振動的結果而生。由這些事說來，可以知道此種運動如何重要。以下試就振動略加研究。

(I) 擺

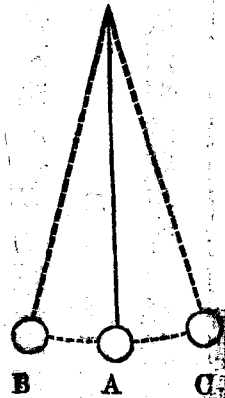
伽利畧年紀還輕的時候，有一天在比薩教堂裏看見掛在天花板下面的大燈往復運動。仔細看時，覺得這燈是作極徐緩的振動。注視良久，

覺得振動的距離雖漸小，而每次振動的時間卻大略相同。那時候在距今三百年以前，沒有鐘錶那一類便利的東西，所以那時祇覺得每一振動的時間好似相同而已，想不出確證的方法來。

他曾受過醫術的教育，一會兒想到用脈膊的數來測燈振動的時間。實際一試，確證他所想的不錯。以後用線將重物體懸着，以為時計，而製檢查脈膊正不正的器械。這是「擺」的最初應用，便是今日擺鐘的起源。當時伽利略對於這最初的器械不叫做「時計」，叫做「脈膊計」。這是發明擺的古事。我們試研究擺的運動。

用線懸重物體使得自由運動。把他引到一方，放手時，他便向左右開始往復運動（如第八十圖）。這樣的裝置叫做「擺」。懸在天花板下的電燈也可以看做擺。一切掛在高處左右可搖的東西，都可以叫做擺。

第八十圖



擺的運動

將第八十圖的物體A拿至B處放
時，由B通過A向C運動，更通過A
而返於B。這運動始終反覆。這是振
動的一例。

何以擺會這樣運動？A處的物體拿到B處，由這物體的重量引向下方，而至於A。A處最低，在理這物體非停於A不可。但是因為他以相當的速度運動，所以由惰性繼續運動，而趨向於C，直至由重量引向下方，的力使這動量取消為止。到C動量全無，故又由自己的重量引向於A。在A處又因有相當的速度，故由惰性復返於B。即，擺由重力作用和惰性長期繼續往復運動。然而這運動亦非永久繼續，放置長久，則擺的振動距離漸小，終至全部靜止。

(2) 擺的定律

擺自B處出發行至C處又回於B處時叫做一振動。

(一) 第一定律

如第八十圖，懸石於線，使他振動，試實驗二十秒間振動幾次，便可計算一振動費幾秒的時間。

擺由中立位置至一邊最遠的距離（叫做「振幅」）無論大小（不能太大），一振動的時間完全相等。這是擺的最重要的性質，是三百年以前伽利略所發見的定律。擺所以用在掛鐘上，便是應用擺的這個性質。

(二) 第二定律

取同形的蘋果和石懸於同長的線下，試測各二十秒間振動的回數，而計算一振動所需的時間。這一振動所需的時間，叫做「周期」。

由這實驗知擺鐘的重量雖不一樣，然而若擺的長短相同，則其周期亦相同。這是擺的第二定律。

(三) 第三定律

試取同形同質的錘，變更線的長短，而計算周期。由這實驗，知擺越短，則周期越短，即擺越短，則振動越快。長短和周期的關係，更說明白些，可以說：擺長四倍，九倍，十六倍時，周期變為二倍，三倍，四倍，這是第三定律。即，擺長約二十五厘米時，如周期為一秒，則長約一呎時，周期為二秒，二呎二十五厘米時，周期為三秒。這種關係，請變更種種擺的長短一試。

(3) 振動的種類

隨你用石或蘋果，都可以如第八十一圖用橡皮帶垂直連結於



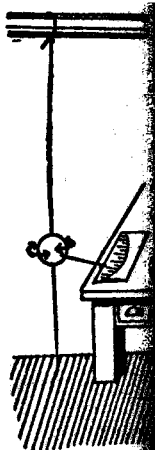


高低兩處將石略引向下而後放去，則石如圖作上下振動，徐徐繼續運動。和上文說的擺時同樣，測二十秒間振動幾次，而計算周期。試用同法

實驗數次，以視周期是否一定。在理應和擺相同，屢期也是一定。這時振動的方法和擺時有些不同，這時是隨線的方向而振動，而擺則在線的方向的左右振動。所以似擺那樣的振動方法叫做「橫振動」，似第八十一圖那樣振動方法叫做「縱振動」。

前說木葉向風的振動以及電燈的振動等都是橫振動，風雨時雨降成線

第八十三圖



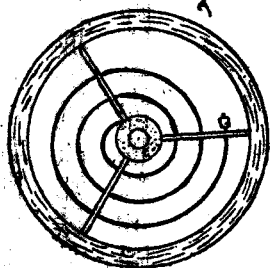
振振動

向而進，是風以縱振動而進行的證據，

第八十二圖隨風吹的方

次如第八十三圖，以小鐵線將蘋果縛住，垂直連結於高低兩處。又於蘋果的橫腹用針或細竹棒水平插入，使此針或棒恰觸棹面。將蘋果向右或左振轉，而後放開，則蘋果如矢所示從水平的方向左右往反轉動，

第八十四圖



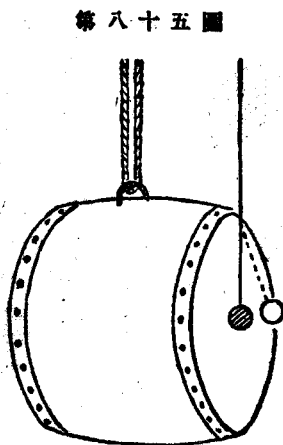
錶的搖絲

繼續運動。因此，插在蘋果的針向棹上所置刻度的紙左右擺動。這也是一種振動，叫做「振振動」。試用時計和前一機實驗，以測周期是否一定。因為蘋果的運動看得不能明瞭，所以非看插在蘋果上面的針或棒的

運動不可。如開開錶的裏側來看，便見有搖絲左右往反轉動。他的運動是振振動。故知錶是利用搖絲的振振動周期有一定的性質。第八十四圖所示即搖絲的圖，恰和掛鐘的擺相當，是錶中最重要的部分。

六音

春天在野外散步，聽見雲雀動着歌喉忽高忽低且飛且唱時，料沒有
人不感着愉快。聽這清朗的歌聲，好像由那小鳥的喉頭有甚麼東西



試看鼓皮的振動

飛到我們的耳朵似的。那飛來的東西是物質呢，還是運動呢，或是其他的甚麼東西呢？怎樣會由雲雀的喉頭飛出來呢？飛出來的東西怎樣會到我們的耳朵來呢？這樣想來，一

一切都覺得不可思議。我們試就這些事情畧加研究。

(1) 怎樣會發音？

照圖懸鼓，另以輕木類繫於線端，和鼓面相觸。擊鼓，試看便見輕木頭照上圖那樣擺動。這是因為鼓皮振動，所以木頭被他撥開。即不用木頭，以手指觸鼓皮，也會覺他振動。又如將鼓放正，使鼓面成水平，置紙片於其上，而後擊鼓，必見紙片上下跳躍。這也是表示鼓皮的振動。你們行這實驗時，請注意鼓音或高或低的時候振動的樣子怎樣變化。



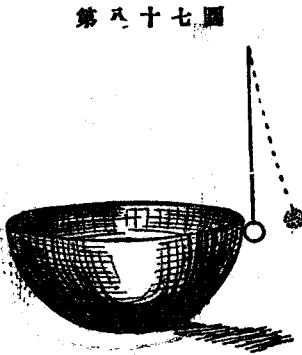
第八十六圖

線的振動

照第八十六圖將棉紗線的一端嚙在齒間，他端用指引着。試用他手的指頭彈時，當聽見有很好的聲音。更將所引的線或張或弛，使手和口間的線段或長或短，而後試彈。如果注意到線音會怎樣變化和線怎樣運動，便會見線以未彈以前的位置為中心

向左右運動而且注意到振動的方法和線所發的音的關係時，應更明瞭。

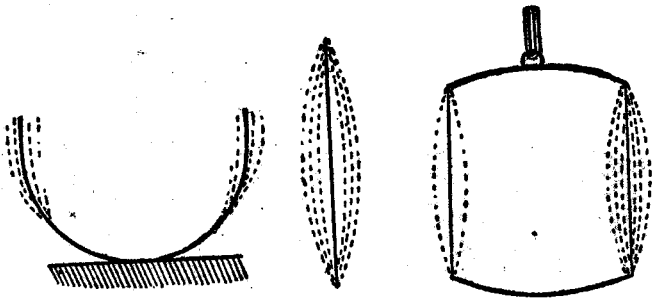
試敲佛壇前的鐘，其始發很大的音，逐漸低了起來。如擊輕木頭於線，使敲鐘緣，則木頭必向左右擺動。音大時運動亦盛，低時漸弱。如於鐘響時用臉或唇輕輕向鐘試觸，便會感覺鐘是顫動着的。如果找不着鐘，便取電鈴或電話器上附屬的鈴來試，也可以作和鐘一樣的實驗。



鐘的振動

使種種東西發音來實驗，便見一切發音的物體都會振動。這樣看來，誰都感覺音和物體的振動有密接的關係。事實上，音由物體的振動而起。鐘、弦、鼓等發音時振動的狀態，看懸在線上的輕木頭以

第八十八圖



鐘 弦 鼓 的 振 動 狀 態

及線的振動樣子，便能明白。第八十八圖即表示這些東西的振動狀態。

音由物體的振動而發，所以正在鳴着的鐘，如果用手拿住，振動即止，而音亦歇。鼓也如此。

(2) 空氣傳音

振動的物體會發音的事，上面已經說過，那嗎，自振動所發的音，由甚麼會傳到我們的耳朵呢？以下有趣的實驗，可以證明這個事實。

載玻璃鐘於抽氣機上，玻璃鐘的上方用

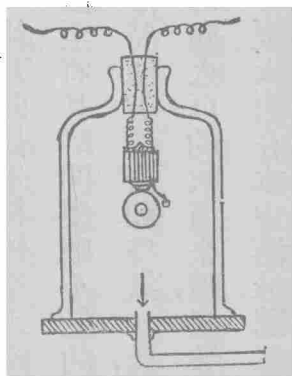
第九十圖



在抽去空氣的玻璃鐘內
鳴鬧鐘

把空氣抽得淨盡。如果沒有電鈴，可照第九十圖那樣開好鬧鐘，存入其內，用唧筒將空氣抽去，也够行和前一樣的實驗。這時鬧鐘載於抽

第八十九圖



在抽去空氣的玻璃鐘內
鳴電鈴

橡皮塞密封以兩條銅線插入塞中下繫電鈴。通電，使電鈴發音，而後用唧筒抽去鐘內的空氣，則電鈴的聲音逐漸微弱。如果空氣抽盡，則全不聽見音響。但在普通的抽氣機很難

氣機上，鈴的振動經鐘體而傳於盤，故有些微響傳出外面，不能像電鈴那樣微細。便是電鈴，也會由電線傳出些微的音。縱使空氣抽盡，也能聽得一點。

(3) 傳音的東西

由以上所說的話，已知傳音的東西不只空氣，像金屬那樣的固體也會傳音。試用實驗確證此等事實。

傾耳向長木材竹竿或鐵管等的一端，使人在他端敲物，雖所發的音微至將耳離開便聽不見的程度，也能聽得明白。由此可知竹木和金屬不特能夠傳音和空氣一樣，而且此等固體比空氣較易傳音。所以傾耳向火車的軌道來聽，能夠知道眼不能見的火車迎面將來。

夏天潛在水中游泳，聽着距離很遠的水內兩石相擊的聲音，好像是

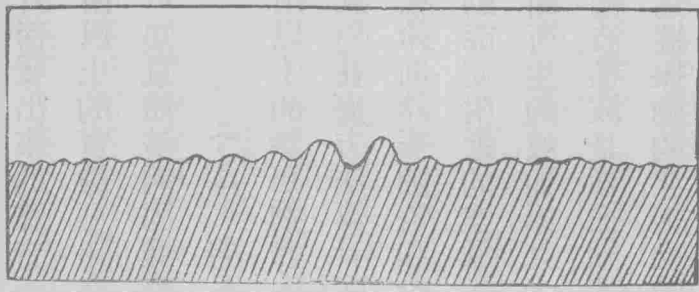
在耳傍發出來的聲音一樣。此事可以證明水比空氣更易傳音。

由以上的實驗可知音由空氣、水、木、金屬等物傳到我們的耳朵，即由此可知氣體、液體、固體都能傳音。

(4) 音是甚麼？

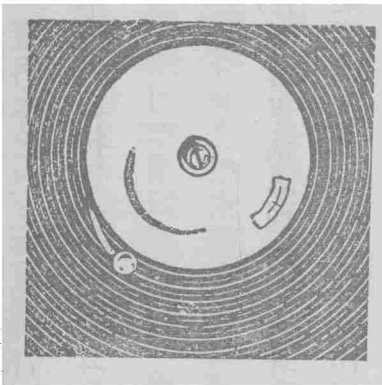
由以上的話知物體因振動而發音，音由空氣傳到我們的耳朵，那嗎，空氣用甚麼方法傳音呢？我們的耳朵能夠聽着音，又是甚麼作用呢？

搖鈴，則鈴振動，恰和投石於靜止的水面，水波向四方傳播一樣，鈴的振動能使附近的空氣生波。然而音的波和水面的波，形狀完全不同。水面所生的波如第九十一圖所示，是橫波；音的波如第九十二圖所示，是縱波。橫波是橫振動的波，振動的方向和波的進行方向成爲直角；縱波是縱振動的波，振動的方向和波的進行方向一致。所以音波和第



投石水面所生的波

第九十二圖

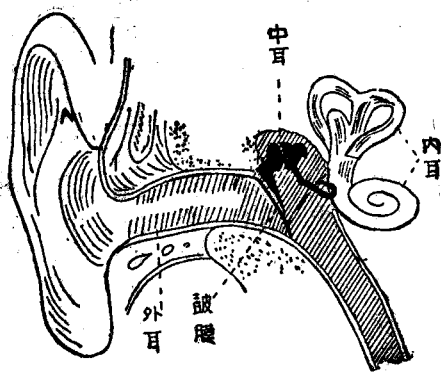


由電鈴發出的音波

八十二圖所示暴風雨時雨紋運動性質相同。

這樣的波達到我們的耳朵，因為耳孔裏面有薄膜叫做「鼓膜」，鼓膜甚薄，容易振動，波到鼓膜，鼓膜受空氣的振動也就

第九十三圖



耳的構造

振動起來。鼓膜的振動傳於耳內的機官，再傳到集於耳底的神經由神經的作用，腦髓能够辨別各種的音，而了解他人的言語。

(5) 音的速度

望着遠處發礮，都是先見白煙，過一會兒纔聽見礮聲。又如注視在遠處走着的火車的汽笛，也是先見由汽筒發出的白氣，而後纔聽見汽笛的聲音。雷雨時，電光閃爍好久，纔聞雷聲，更是常見的事。無論怎樣，如果在遠處發音，愈遠則需時愈久，纔能聽到聲音。這樣想來，可知音在空

氣中傳播需要相當的時間。

在距離四分之一英里的地方有人開手槍時，急取出錶來測定自見煙至聞聲止共費幾秒。光行極快，一秒間能周行地球七回半，故即看作發煙的瞬間便是發音的瞬間，也不要緊。所以知由見煙至聞聲的時間，便是音行到這裏的時間。因為知道發音地方的距離，所以即時能夠算出一秒間音行的速度。

火車大概將近停車場時纔吹汽笛。約離軌道四分之一英里處見汽笛發出白氣，而測定聽到汽笛的時間，和前同樣，可以計算音的速度。

計算的結果，知是三秒間千呎的速度，約合一秒間一千零四十二尺的速度。這是空氣中的速度。如在水中，約快四倍以上。

雷聲的時候測得由見電光至聞雷鳴的時間爲十秒，雷鳴的地方在如何遠處？

隔海欲測對岸的距離，利用音的速度，自見手槍的煙後四秒半始聞音響，對岸到這裏的距離約若干呎？

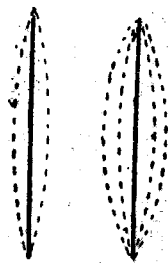
見火花後一秒半纔聞音響，這火花高若干？

(6) 音的強弱

誰都知道敲鐘或鼓用力愈大則發音愈強。試將琴線緊緊繫於兩個銅釘間一彈，用力強時發音亦強，弱時亦弱。又敲鐘時，其始發較強的音，逐漸變弱，終至於聽不見。

音的強弱到底和振動有甚麼關係呢？敲鐘之後，用線懸木片，使和鐘面相觸，木片的振動，當音漸弱時，有怎樣的變化？將琴線結於銅釘上面，

第九十四圖



弱音 強音
振幅大則音強

重彈時與輕彈時振動的樣子如何？

誰都知道，「振幅愈大則音愈強，愈小則

愈弱」因為振幅大則所生空氣的波亦大。

(7) 音的高低

於第八十六圖所示的實驗，試變更弦的長短一彈，便覺得弦線愈短則所發的音愈高。

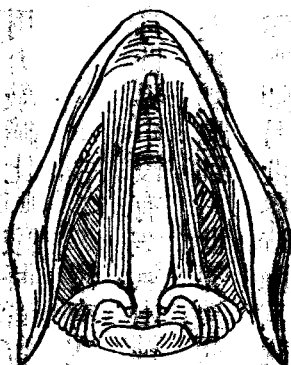
又如第九十五圖，於板上釘釘，使成種種間隔。用弦線或銅線緊緊於兩釘之間。一一彈彈看，便知線越短則音越高。線短何以音會高呢？這和擺的線短則振動亦快一樣，是線越短則振動越快的緣故。

第九十五圖



音的高低由弦的長短而定

物體的振動越快則音越高。請看線張得緊些彈時和弛些彈時振動



聲帶

的樣子便能明白。強時眼能看見纒頸頸地振動發生低音。緊時纒的振動甚快，眼幾來不及看見，發出高音。就是說「周期愈短則音愈高，愈長則愈低。」

緣故。女子比男子音高，小人比大人音高，是因為喉裏聲帶的振動較快的緣故。

音的強弱和高低不同，你們要分別清楚。

問題

我們要想發強音，應該怎樣？這時聲帶的振動比發弱音時有怎樣區別？

我們要想發高音，應該怎樣？這時聲帶的振動比發低音時有怎樣區別？

用力敲鐘比輕敲時音會強些呢，還是弱些呢？試說明他的理由。

(8) 沒有空氣的月世界

月世界中沒有空氣，由種種的事情確實知道。不消說，沒有人類居住。如果我們跑到月世界裏，便怎麼樣？

你們到月世界時，應當說「哈哈，月世界真有趣味。」你們只管要說，其實和啞子一樣，一點聲音也發不出來。你們見朋友的口或開或閉，除推測以外，不能知道他們說些甚麼。你們一定以為是變成啞子或聾子了，因為人步行聽不見脚步響，車跑聽不見車輪響，要說話時即動動口全不會出聲的緣故。

在全無聲音的世界，我們好像跑到地獄的底似的。在我們的世界上，便是深夜也不至於全沒有聲音。鐘聲，水聲，風聲，蟲聲，鼠嚙聲，總有些

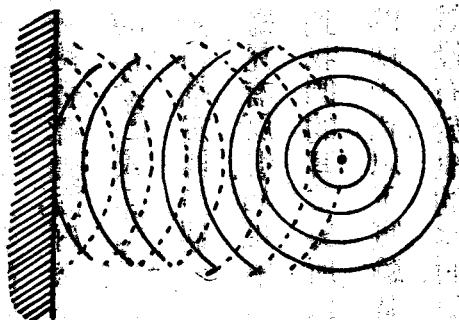
聽得見即使都聽不見自己呼吸的聲和心臟鼓動的聲，在生存着的範圍內，沒有聽不見的道理。

(9) 山的反響和雷鳴的轟聲

我們登到山上，發出喊聲，一會兒便聽見遠處有誰答應似的，尤其走到層巒疊嶂裏面，好像不只一人，有許多人由遠方答着似的。通常叫做山的「反響」或「回音」。何以會生這現象？我們所發的聲使空氣成爲波動，傳播於四方，遇着一山，波動折回，過了些時，又到我們的耳朵裏，所以聽見有反響。如果有多重的山，由遠山折回的波比由近山折回的遲些到我們的耳朵裏，所以逐漸聽得聲音，好像多人呼着似的。音波折回的樣子和以下實驗時全同。

試投石於池的水面，便見水面生波，擴於四方，遇着岸的波怎樣？請注

第九十七圖



意一看。如第九十七圖所示，恰和電池的外側一點逐漸擴大那樣，波也回折，而傳播於四方。

和水面的波遇岸回折相同，音波遇山也會回折，再開音響，所以叫做反響。這

種反響不限於山，如建築物的壁，即如絕壁的地方，也會發生。雷雨的時候，常聞雷作轟轟不絕的聲音，反響也是一個原

因雷的發聲不過一瞬，音波經過附近的雲、山和建築物等，生出反響。自近處雲和山的反響以至遠處雲和山的反響逐漸來到我們的耳裏，所以聽見轟轟不絕的雷鳴。

又雷鳴時，由放電致附近的空氣因振動而發音，電光通常長達數千呎，有時達三萬呎，所以雷鳴的地方甚長。近處的音早聞且大，漸遠便漸遲且弱。這恐怕也是雷鳴轟轟作響的原因。

問題

在山裏發「噯噫」的喊聲時，山的反響也作「噯噫」。何以不作「噫噯」？弦線所發的音過低時，欲使變高，應該怎樣？

將唇向試驗管口吹氣入內時，何以會發音？請注水於管，逐漸加多，吹氣一試。音的調子和水的增加有怎樣的變化？

七 熱

地球上一切物質都由極小分子的微粒而成。分子間有分子引力作用，或成凝聚力，或成附着力，或成彈力，或成微管引力，或成表面張力而表現等事，在物性那章已經說過。我們非更進一步研究物質的分子怎樣集合不可。

(1) 物質的分子運動不息

用顯微鏡看物體，看得非常的大。肉眼所不能看見的小東西也能看見。用顯微鏡看木葉的切開面，或動物身體的切開面，能看見很微細的部分。如果有能把室中飛着的小塵埃看成和山那樣大的顯微鏡來看鐵片，覺得怎樣形成鐵片的小粒恐怕沒有一個靜止的，幾百萬的

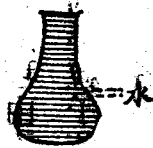
小粒向着各方自由運動或向左或向右，或向前或向後，或向上，或向下，運動不絕。這樣不絕地向着各方運動的小粒，便是在物性那章所說的分子。不只鐵的分子，一切物質的分子都是這樣運動着的。

實際上，沒有能把室內的塵埃看成山那樣大的好顯微鏡。剛纔所說物質的分子運動，肉眼沒有能看見的道理。那嗎，學者何以那樣說明呢？一定非有相當的理由不可。

形成物質的小粒子運動不絕。諸君聽到這話，或許有懷疑不敢相信的人。然而許多學者裏面卻沒有一個懷疑不是一種確定的事實的。不消說，是由某種事實或實驗的結果使人不得不作這樣的想像。以下請略述一二。

(2) 物體受熱則膨脹

如第九十八圖，注意燒瓶中，翔插有六七寸長玻璃管的軟木塞，插入燒瓶的口，則水如次圖左側稍昇入玻璃管內。此時水如昇到玻璃管的末端，便不能實驗。要使水恰好昇到玻璃管的一半，而後將燒瓶載



水 變 熱 膨 脹

於鋼網上面，以火加熱。試注意此時

玻璃管的水面，初時或將會降下些微，不一會兒便見水面漸漸上昇。這

是因為水被熱而膨脹的緣故。

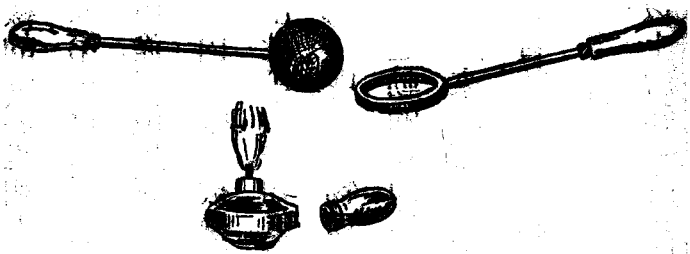
如第九十九圖所示，有一黃銅球

和恰好通過的黃銅環。先使球通過

此環試試看。而後置球於酒精燈中

加熱，一二分間，再使通過此環，便會

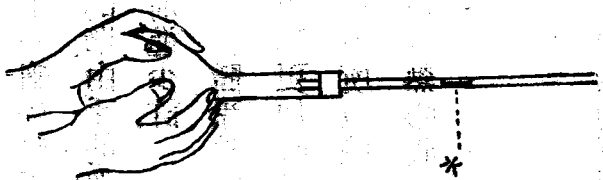
第九十九圖



金屬球受熱膨脹

見球不能通過。其次，將球和環俱在火中加熱，便會見其容易通過。這理和前面的實驗一樣，球被熱時稍為膨脹，所以不能通過環中。球和環俱加熱時，大家都有些膨脹，球大而環的孔亦大，所以容易通過。由此可知，黃銅

第一百圖



熱體受熱膨脹

那樣的金屬也和水一樣，受熱便會膨脹。

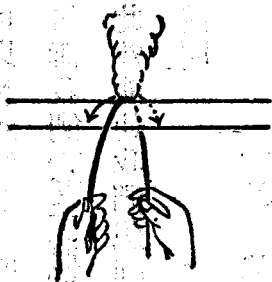
如第一百圖，用插有玻璃管的軟木塞箝入燒瓶。注水一滴於玻璃管的中途，以絕燒瓶內空氣的通路。而後以兩手觸燒瓶的壁。由手的溫度，燒瓶內的空氣被熱而膨脹，玻璃管中途的水滴被推前進少許。

由此等實驗，知氣體液體固體一切都受熱膨脹。物體受熱何以會膨脹呢？因為物體分子本來都是運動着的。受熱時，運動更加激劇，各分子運動的範圍擴充，飛出於受熱以前所占的地方以外，所以體積愈膨脹起來。除卻這樣想法以外，沒有別的解釋。所以物體受熱膨脹一事，是物質的分子運動不絕的一個有力的證據。

(3) 熱是分子的運動

以上說物質受熱膨脹是分子運動着的證據。我們試由熱的方面着

第一百零一圖



用鐵線擦竹發煙

物體和物體相摩擦也會發熱。取金屬製的鈕釦向棹上摩擦，鈕釦會發熱至手不可觸的程度。又如第一百零一圖，置鐵線橫垂於竹上，以手執其兩端上下摩擦，則鐵線漸熱，終至竹會發煙。兩物相摩擦常能生熱。我

想，物質受熱則膨脹，故知膨脹和熱有不可離的關係，所以學者以為如能使物質的分子激劇運動，則物質生熱，即「分子運動自身便是熱」。

以上是由熱和物質膨脹的關係着想所生的結果。這個想像我們更

能由實際上經驗出來。試取鐵鎚敲柱上釘頭，敲後以指來觸，必覺得釘頭很熱。這是因為以鐵鎚打釘使鐵的分子激劇運動，所以生熱。這個事實能使我们想到「分子運動便是熱」。

們可以想到物質相摩則物質的分子運動逐漸激烈，而發高熱。這事實也告訴我們「分子運動便是熱」。

此外能使我們想到分子運動是熱的事情甚多。以下論蒸騰，時時加以說明。

(4) 蒸發

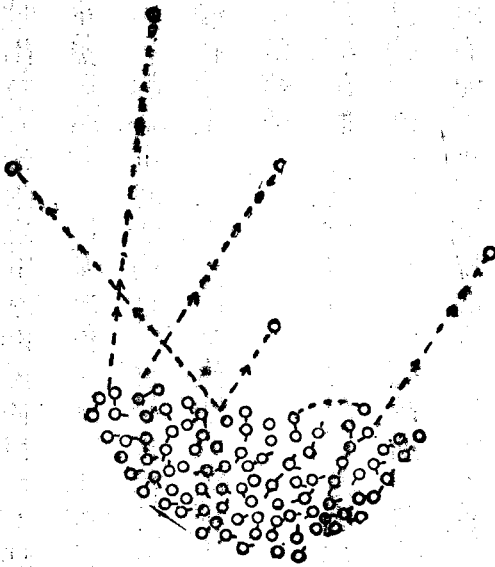
雨雖降，而地面不常溼。用毛巾拭棹，即時會乾。這是因為水成氣體而走去的緣故。不限於水，凡酒精等一切液體蒸騰空氣中都會變成氣體逃去。這樣液體變成氣體而飛去的事叫做「蒸發」。這事有時把他叫做「氣化」，有時把他叫做「揮發」，其實都是一樣。

試想像蒸發到底是怎麼一回事。因為水的分子運動不絕，在水面的分子打勝附近的本分子的分子引力，如下圖所示，飛出於空氣中，所以蒸發

是水的分子的一部分飛出外部

欲使水的分子飛出外部，分子的運動愈劇愈妙。所以加熱則水盛行蒸發，可以證明愈熱則水的分子運動愈劇。這也是熱是分子運動的證據。

圖 二 零 一 第



水的蒸發是分子飛出外部

水當蒸發時，則所餘的水溫度降下。諸君當泳水時，身出水面比在水中覺得較冷，是因為身上的水一部分蒸發所餘的水變冷的緣故。這是因為水的分

子飛出時奪去附近的水的熱，使自己的運動增劇，便於飛出。附在身上的水蒸發時覺冷，因為水的分子奪取體溫而飛出，也是一大原因。蒸發越盛，則奪去附近的熱越多。汽油或酒精滴於你們手上，覺得比水滴在手上時更冷，是因為汽油或酒精比水蒸發更快奪去手中的熱更多的緣故。

這樣，液體蒸發所以取熱於附近，是因為液體分子要取附近的熱使自己的運動旺盛而飛出的緣故。所以我們欲使液體快些蒸發，當加熱於液體，便可。水濕的地面夏天比冬天易乾，欲使濕的手巾早乾，須用火烘，洗濯的衣服有陽光處比日蔭處早乾等事，都可證明這個事實。

問題

取二枝溫度計，先讀其溫度，確證其表示同一溫度。一枝不動，使一枝

的水銀部分入水中後取出置空氣中試觀察二枝溫度計的溫度怎樣變化。你們以爲怎樣？試說明其理由。

盛夏撒水於庭中或室內以取涼。何故？

(5) 海水何故含有食鹽？

海水何故含有食鹽是古來很難說明的一個問題。然其理由則極簡單。雨水流於地面，溶解巖石或土壤間的食鹽，漸積成河，終注於海。海水取太陽的熱，蒸發不絕，使陸上溶流下來的食鹽殘存於海中。蒸發的水昇到天空成雲，又降爲雨，落於地上，注入海時又溶着地上的食鹽而來。這樣，經海水，水蒸氣，雲，雨，河流等順序循環不絕。每一循環，必運多量的食鹽於海中。如此作用，經幾萬年，遂使今日的海水含有許多鹽分。當海初成時，海水和河水沒有不同。經過若干萬年，纔成現在的樣

子。據學者的計算，地球上存海以來大約是一億年或二億年。

(6) 沸騰

盛水於玻璃杯，載銅網上，用酒精燈自下加熱，水便漸漸被熱，是大家所知道的事。如果此時用溫度計插入杯中，如上圖，而注意其溫度，便見溫度計所示的溫度漸昇，是水被熱而增熱的緣故，換句話說，是水的分子運動增劇。



盛水於杯加熱

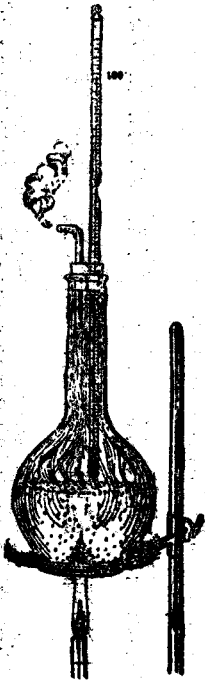
水即不熱都會蒸發，受熱則蒸發更盛。所以溫度越高玻璃杯的湯氣越盛。你

們或許會疑惑蒸發

是水變成眼不能見的水蒸氣而飛出，何以見有湯氣呢？湯氣是小水粒。一次受熱變成看不見的水蒸氣飛出水面，離水面受冷，復成小粒，所以湯氣和水蒸氣不同，是液體的小粒。然而這湯氣並非永久成爲湯氣，上昇較高又變爲眼不能見的水蒸氣而飛散，即液體的水分子散於四方，復成氣體。

這樣，玻璃杯的水受熱則溫度漸昇，湯氣漸盛。此時杯底發生氣泡亦漸盛。我們把這事叫做「沸騰」。所以沸騰是最盛的蒸發，即器底也都蒸

圖四第百一



度是百點沸的水發起來。至於單說蒸發，是僅就水面的蒸發而言。有一件很

奇怪的事，是水既開始沸騰，則無論怎樣加熱，溫度計的溫度不昇。欲實驗此事，如上圖，以開有兩孔的軟木塞插入燒瓶。一孔插溫度計，使溫度計的水銀球不達液面。一孔插短玻璃管，用酒精燈於銅網下加熱。當水開始沸騰後，攝氏的溫度計始終表示百度，無論怎樣加熱，溫度決不會昇。加熱而溫度不昇是很怪異的事。這到底是甚麼緣故？

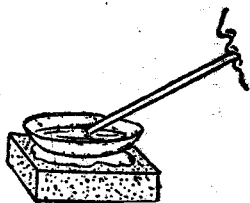
水的蒸發是水的分子運動增劇，飛出水面。前曾說過，熱是物質分子的運動。無論供給多少的熱，這熱使分子的運動增盛，而盡消費於使水沸騰。這樣看來，也可想到熱不外是分子的運動。

(7) 凍結(結冰)

以上說加熱於水的話，與此相反，若漸漸使水降冷，終則成冰，由嚴寒時水凍為冰，可以想像得到。如果能夠使水變冷，則夏天也可以製冰。現

在試述製冰的兩法。

第一百零五圖



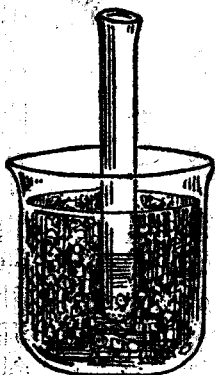
蒸發乙醚使水成冰

如上圖，滴水一滴於軟木板面，置時計皿於其上。盛乙醚於時計皿中，以玻璃管吹氣於乙醚中，使蒸發旺盛，因乙醚蒸發奪去附近的熱，所以皿底的水終至凍結。如果沒有軟木板，可用似紗

那一類的東西來代。

將冰打碎，投入三分之一左右的食鹽，使相混均勻，則零度的冰漸降

第一百零六圖



使試驗管的水凍結

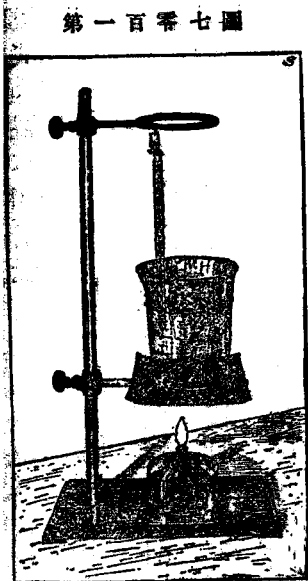
至零下二十二度。如果將盛水的試驗管插入其中，則試驗管中的水凍結成冰。

熱是使分子的運動加盛，冷恰與

此相反，是使分子的運動遲鈍，所以越冷則水的各分子運動漸衰，終成固體。

(8) 溫度計

使水冷卻，終則凍而成冰。取冰加熱，終則熔而成水。因為冰取熱成水，故知水的分子運動比冰的分子運動更盛。不消說，這是因為加熱則分子運動增盛的緣故。



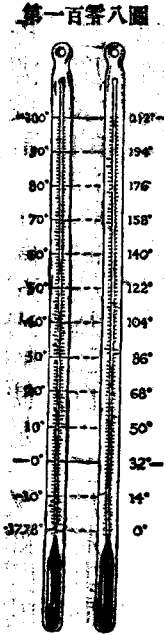
到冰全熔為止水的溫度為零度

如上圖，盛冰於玻璃杯中，用微火自下加熱，則冰漸熔。盛冰於玻璃杯熱時，務須不要熱得太急，勿使燈燄觸玻璃杯的底。如

果不似上圖那樣用小燄徐徐加熱，則玻璃杯立時會破。如此注意加熱，則冰漸熔，然而插在其中溫度計的溫度一點也不上昇，到冰全熔盡為止皆為零度。（如火過強，有時達零度以上）。

如此在冰未熔盡之間，溫度計的溫度決不會昇，與水在沸騰之間溫度不能昇至百度以上相同。因為冰的分子運動漸盛，一切的熱都消費於化冰成水。

及冰熔盡，則水的溫度漸昇至百度，又決不上昇，而盛行沸騰。由此可知混有冰的水為零度，沸騰的水為百度。如此，定冰水的溫度為零度，



攝氏溫度計及攝氏溫度計的比較

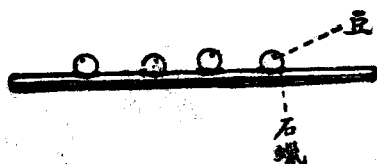
沸水的溫度為百度，將其間分為百等分的溫度計，叫做「攝

氏溫度計」上圖左邊的便是。又如圖的右邊，定冰水的溫度爲三十二度，水的沸騰溫度爲二百十二度，將其間等分爲百八十度的溫度計，叫做「華氏溫度計」。

(9) 物體的三態和分子運動

冰熱則成水，水熱則成水蒸氣。自物體熱則分子運動旺盛的見地看來，可以想到氣體液體固體的分分子運動的狀態怎樣差異。固體時，分子運動最鈍；如成液體，則比固體時盛些；及成氣體，則分子運動最盛。這事不只水的三態而已，一般物質都是這樣。

空氣，碳酸氣等氣體的分分子運動最爲激劇。水，醋，酒精等液體的分分子運動爲次。木，石，金屬等固體的分分子運動最鈍。因而分子間的距離，氣體時最大，液體爲次，固體最小。氣體可以自由壓縮。液體則不能。因爲氣



試驗熱的傳導

「傳導」

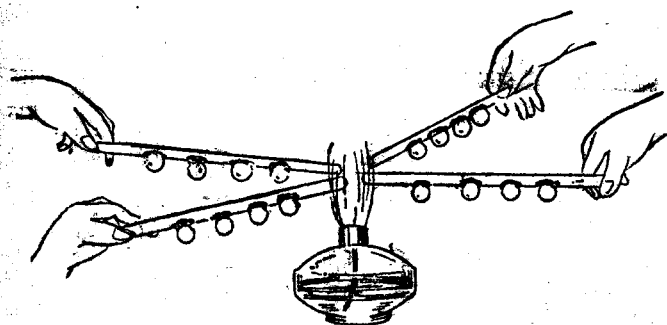
鐵火箸的一端插入火中，手握其他一端，不一會兒便覺得熱。如為木片，則一端被燃，他端還能執在手裏。這是甚麼緣故？因為木片不能傳熱，鐵火箸可以傳熱。似此，一端被熱傳於他端的事，叫做熱的「傳導」。

由以上的例，也可以知道木和金屬傳導的良否不同。欲用簡便的方法知道熱的傳導的良否，可行

(10)

熱的傳導

體的分分子距離較大，故被壓時可以密縮；液體無論怎樣被壓，分子間的距離不能密縮。氣體和液體隨所容的器可使變成任何形狀，固體則有一定的形狀，因為氣體液體的分分子運動比固體較自由的緣故。



物質不同則傳熱的良否不同

如下的實驗。取黃銅棒，鋼棒，鐵棒，玻璃棒，如第一百十圖，用蠟黏豆於上面，同時將棒的一端插入酒精燄中加熱。使黏有豆的方向朝下。熱漸漸傳到蠟。蠟熔，豆因自己的重量離棒下落。觀察那一枝棒的豆先落，便知那一種棒最易傳熱。

試研究傳熱是怎麼一回事。金屬棒的一端被熱，那地方的分子運動便旺盛起來。運動依次相傳，恰似登客滿的電車，由入口進來的人向內一推，則其

中立着的人挨次被推，終至立在出口的人都被推動。

所以傳熱的事不外是分子運動，漸由一端激劇行向他端，然非一切物質都易傳熱，最易傳熱的東西是金屬，其中以銀銅鐵爲尤快，如木片、玻璃棒、空氣、水等則不易傳熱。如果空氣能够傳熱，那就大不得了，不幸附近出火，我們便非燒死不可。冬天在暖爐中生火，房內怕會熱得不能進去。

問題

火箸要鑲木柄，何故？

(11) 覺得熱冷的理由

我們手觸插在火盆裏的鐵火箸，則覺得熱；觸冰，則覺得冷。這是甚麼緣故？先就觸着熱的物體着想，觸着熱物體，熱必傳到我們的手，即熱物

體的分子運動影響於我們手的分子，而使手的分子運動激劇。不消說，此時會感着熱。所以我們觸物覺熱，是熱傳到我們的手而手加熱的緣故。

次就觸着冷物體時着想。不消說，是由我們的手反將熱傳於此物體，所以我們的手的熱減少。將觸着冷物體後的手來觸臉上，覺得手冷。所以我們觸物體覺冷，是熱由我們的手逃去而手熱減少的緣故。

凡露在空氣中的東西，和那時空氣的溫度即氣溫有同樣的溫度。木片，石，小刀，布片都是同樣的溫度。然而用手來觸，冬天則小刀最冷，布片木片不大覺着冷。因為似小刀那樣的金屬類最易傳熱，自我的手奪去多量的熱，所以覺得冷；而觸木片布片，我們的手的熱走得沒有那麼快，所以不覺得冷。

又，夏天爲日光所照的金屬覺得極熱，而木片則不大覺得熱，也是這個理由。此時金屬移多量的熱於我們的手，故覺得熱；木片則僅有手觸的部分傳熱，故不大覺得熱。

似此，我們以手觸物體覺得或熱或冷，是因熱進入我們的手或自我們的手逃去所致。所以雖觸同一溫度的物體，如手的溫度不同，則有時覺得熱，有時卻覺得冷。熱自一物體傳於他物體時，這二物體溫度的差越多，則熱的傳法越盛。這事由冬天身被冷風所吹時，入浴覺得極熱，可以知道。此時纔入湯裏覺得甚熱，一會兒便覺得恰好。這是因爲初時湯和身體溫度的差甚多，多量的熱傳於我們的身體；過一會兒，身體漸熱，湯和身體溫度的差不如從前那樣多，傳熱也不及從前那樣快。

問題

夏天井水冷，冬天井水溫。何故？（冬夏井水的溫度大體相同。）
穿草履走路比赤腳走路較不覺冷。何故？

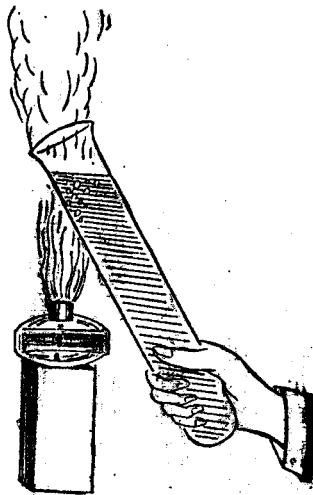
穿衣比裸體較暖。何故？

(12) 對流

水和空氣都不傳熱。那嗎，
瓶底被熱，全部的水何以會
沸？暖爐生火，全室何以會溫？
水和空氣都不傳熱，所以如
此，必有理由。

水不傳熱，如第一百十一
圖的試驗可以證明。盛水於

第一百十一圖

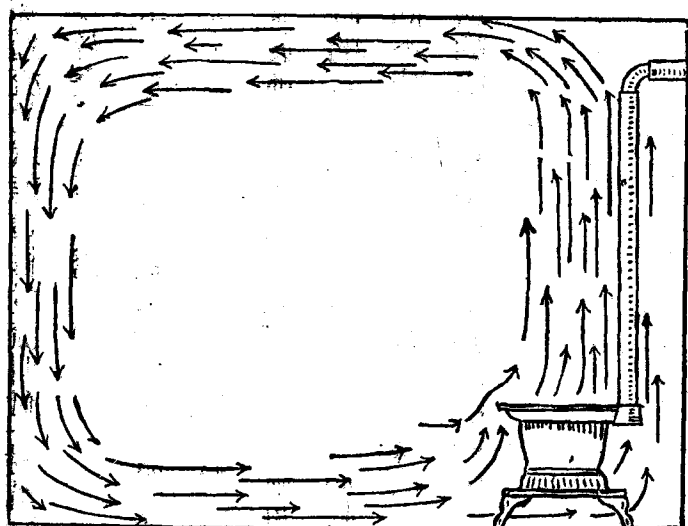


示水不傳熱

第一百十二圖



示水的對流



試 驗 管 中 手 握 試 驗 管 的
 下 部 ， 而 將 上 部 加 熱 ， 則 上
 部 水 雖 沸 騰 ， 而 手 所 握 的
 地 方 還 和 前 一 樣 的 冷 。 然
 而 不 論 是 試 驗 管 或 是 燒
 瓶 ， 底 部 加 熱 ， 則 全 部 沸 騰 。
 何 以 如 此 ？ 試 盛 水 於 燒 瓶
 而 瓶 底 加 熱 ， 則 水 如 第 一
 百 十 二 圖 所 示 生 一 種 的
 流 ， 甚 盛 。 如 投 些 少 鋸 屑 於
 水 中 ， 則 由 鋸 屑 的 運 動 可

以知道流的狀態。這樣的流叫做「對流」。由對流而被熱的水運動，熱遍及於全部，終至沸騰。

室內生暖爐時，和煮水時相同，如第一百十三圖，室內的空氣亦生對流，使全室漸漸生暖。這樣空氣的對流，地球上的大氣中也是行着。大氣流於地上，則生風。所以地球上的風可以看作地球上的大氣一樣被熱時的對流現象。如果地球上無風，那就熱的地方極熱，冷的地方極冷，我們不曉得要受怎樣的苦。然而我們不覺得有這樣的苦。我們雖常受大風的損害，也不能不想到風的好處。