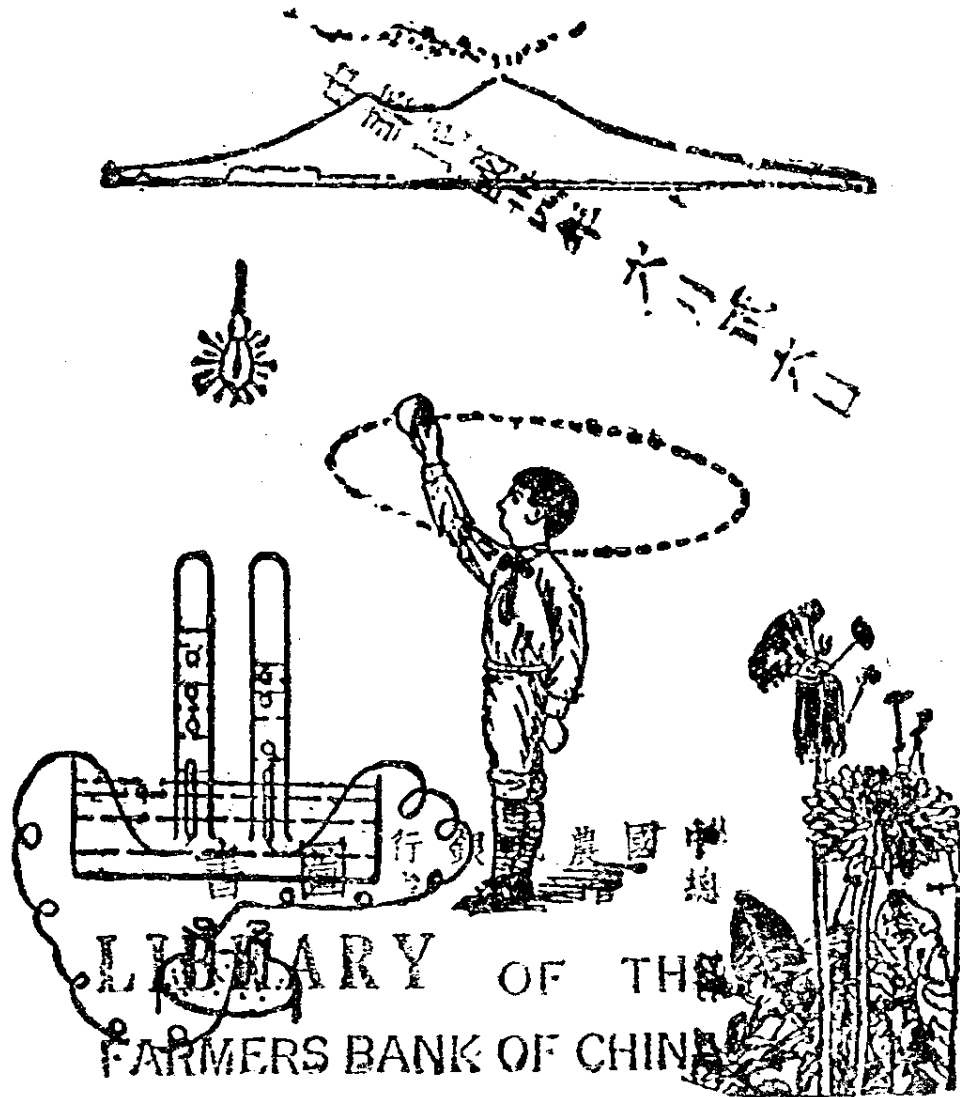


少年自然科學叢書

第二十三編 · 力和運動



LIBRARY OF THE
FARMERS BANK OF CHINA

商務印書館印行

少年自然科學叢書

第二十三編

力 和 運 動

編 輯 者

鄭貞文 胡嘉詔
江鐵 于樹樟

中國農民銀行圖書

LIBRARY OF THE
FARMERS BANK OF CHINA

商務印書館印行

目次

第二十二編 力和運動

力和運動	一
(一) 力和運動	一
(二) 物體不會自動	三
(三) 運動着的物體不會自止	三
(四) 慣性和力	四
(五) 動量	五
(六) 摩擦	六
(七) 摩擦的種類	七
(八) 這世界如果沒有摩擦便成怎樣	八
(九) 力生運動	九
(十) 牛頓和重力	九
(十一) 亞里斯多德和伽利略	〇

(十二) 落體和空氣	二二
(十三) 離心力	二三
(十四) 月的運動	二五
(十五) 轉動的陀螺	二六
(十六) 作用和反作用	二八
二 機械	二一
(一) 機械的發展	二一
(二) 槓桿	二二
(三) 槓桿的種類	二四
(四) 滑輪	二五
(五) 輪軸	二六
(六) 斜面	二七
(七) 螺旋	二八
(八) 楔	二八
三 振動	三〇
(一) 擺	三〇

(二) 擺的定律.....三二一

(三) 振盪的種類.....三三三

少年自然科學叢書

第二十三編 力和運動

一 力和運動

(一) 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。又物質肉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，各有一「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，洋

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，便沒有我國沒有世界，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小時迴轉一次，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。所以元旦由南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，又降回南京，自己還不到一日，而南京的變化恐怕已經成了百年後的樣子了。

更有可驚的事，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二年間怎樣移動，便可知地球怎樣在太陽的周圍運動。

(二) 物體不會自動

物體不能自己忽然動起來。如果棹上的茶杯自己忽然跑到那一邊去，你們必會嚇一跳。像這樣，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。

庭前的大石決不會自動。大風吹倒的樹永久倒在那裏，大禹的陵寢自夏朝建築至今三千多年，還在同一的地方岌然不動。

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。

例如以名片或厚紙放在杯上，更置銅幣於其上。用指彈名片的一端，便見名片飛去，銅幣癱於杯中，因為所彈的力只作用於名片而不作用於銅幣的緣故。

(三) 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，自距線十公尺處起跑來，恰好跑到線時試急停止身體，必不得不越過此線而前進。

(四) 慣性和力

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「慣性」或叫做「惰性」或「惰力」。

然而外部如果有力作用，則可以破這慣性。所以力和慣性常相連而表現。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，都是打破慣性。「力」這東西本看不見。如果不知不打破慣性，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「慣性」纔有「力」，沒有「慣性」則不能想到有「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？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？

(五)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，其結果甲的動量為乙的動量的四倍。似此，運動物體的「動量」可由物體的「速度」和「重量」相乘的數積表示。

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。如果一個小孩乘着腳踏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；而且腳踏車走得越快，則衝突越見厲害。

浮在大海的冰山，大的周圍常有數英里，雖然流得極慢，然而因為甚大，所以有很可怕的動量。如果輪船和他衝突，那就人不得了，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，然稍不加关注，則棧橋會被衝壞。這是因為船的動量大的緣故。

用手不能將釘推進板中，如用鐵鎚容易打進，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。

(六) 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

動的事物終會停止。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。

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，總有些凸凹。又因物體有重量，兩物體的凸凹互相咬合，所以一物體在物體上運動時有妨礙運動的力作用。

滾轉木棒於庭中，因地面的摩擦，木棒的速度漸減，終至停止。若在光板迴廊上滾轉木棒，則比在庭中滑得這些。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，終使木棒的動量等於零一點也沒有不同。

(七) 摩擦的種類

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。例如欲動直物，所以用圓木棒放於物體的下面，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。腳踏車的車軸也有這個設備，試詳加檢查便知。

(八)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，則無論怎樣用力作拉繩的運動，握的繩比縵還滑，必致溜失。打入柱裏的鐵釘也自會滑落，穿衣結帶自會解開，鞋靴也會脫落。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？

火車頭的車輪空走不進時，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？

(九)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方向的是甚麼？對於這疑問，諸君能夠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掉上所載的書能夠變更書的位置。這時，你們或推或拿，都算加「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」。

(十)牛頓和重力

談到牛頓，你們想都知道牛頓是三百年前生於英國的人。有一次他看見蘋果落地，想到這種疑問如下：「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？何以蘋果不會於空中？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「萬有引力定律」。這是可驚的大發見。以後一切事都以這定律為本而說明。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。不只地球引着蘋果，蘋果也引着地球。所以地球在理也應該略向蘋果稍動。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。

像這樣，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「重的重力」。作用於某物體的重力，我們通常叫做「重」或「重量」。測作用於各種物體力，用公斤、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。

(十一) 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。而且他所想出來的學問是死後二千年間所不能背的真理，人們當做神說的話似的信他。

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，常有一「議論家」的別名。而且除卻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。卽在一磅的物體以一秒鐘落下的高處，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一磅的彈丸，然而將百磅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的物體以十倍的快落下，圓塔甚高，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爲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「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為非由「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於此，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萬有引力定律的牛頓，在迷信家看來，或許會說牛頓是伽利略轉世而生。

(十二) 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，到底用怎樣的速度落下呢？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，一秒鐘落下四·九公尺，落後二秒鐘變成四倍，三秒鐘九倍，四秒鐘十六倍。一般將落下的秒數自乘後，又乘四·九公尺，便得這時間內落下的距離。

所以落下第一秒鐘是四·九公尺，第二秒鐘三倍，第三秒鐘五倍，第四秒鐘七倍。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，沒有輕的物體那樣受空氣的阻礙大。

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。

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，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，則無論怎樣使它們疊合，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。

(十二) 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，纔知道蘋果向地面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「月和地球之間如有引力，那嗎，月不更會落到地球上而麼？」你們如

果知道還有一種「離心力」，那就能夠了解。

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？鷄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，最後可怕的月壓，然而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。可怕的太陽的熱火地獄，會將地球上的一切的物熔化爲眼看不見的蒸氣。

以線懸盛的杯，使向左右轉動數回，乘勢向上趕快使循圓周轉動，杯中的水一些不會溢出，因為有離心力的緣故。杯向上，水也向上。水因有飛向上方的慣性，強壓杯底。杯雖也要飛向上方，然因有線繫住，不能飛去。像這樣，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。

杯轉到有方時，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。像這樣，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慣性的一種。

(十四) 月的運動

月轉動於地球的周圍，地球轉動於太陽的周圍。我們由上文杯尔的實驗，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。然而月在地球的周圍轉動，我們知道沒有大繩子由地球將月繫住，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為有地球的引力；地球因有太陽的引力，所以在太陽的周圍轉動。

月的運動怎樣，可由以下的事實推想得到。我們在地上投石，可見石飛出的路線好像彎弓形，用力越大投得越遠。像這樣，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。有自來水的地方，用橡皮管裝在自來水龍頭的口上，以指蓋住橡皮管口，留些小孔，使水向斜上噴出，更見得明瞭。

用力越強，投石越遠。那嗎，如果有人有極大的力，在理自南京投石，可使越太平洋而達舊金山。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，要用怎樣的速度投石，纔能使繞地球一周呢？那要每秒十一公尺以上的速度方可。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。

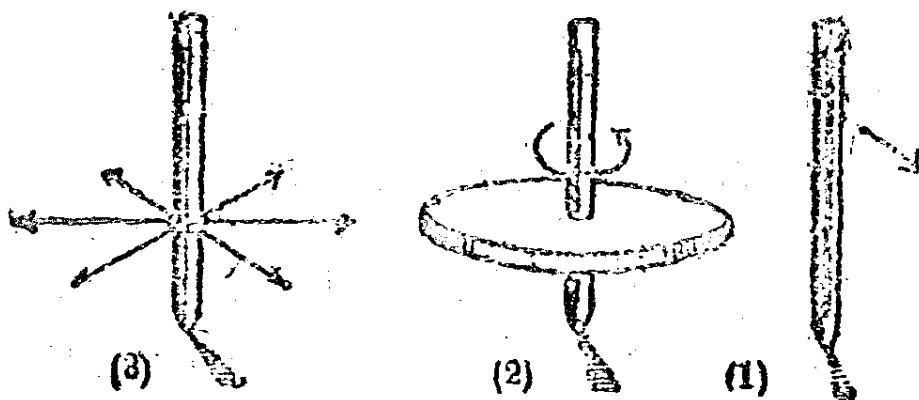
地球上飛的最快的怕是彈丸。一秒的時間不過飛到一公尺左右。用人類的力量決不能投出物體使繞轉地球一周。

(十五) 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。

如第一圖(1)，棒必不能站得住。如(3)，用線四面以同樣的力將棒繫着，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，所以能夠站住不倒。然在(3)時，如果某一方面有更強

第一圖



轉動的陀螺不倒的原因

的力引着，則棒便向那一方倒去。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，即由以前所說的慣性定律亦可說明。轉動着的陀螺要倒時，非先由水平轉動的陀螺變傾斜轉動的陀螺不可。即運動的方向當發生變化。由慣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。

以前會說離心力是慣性的一種。這兩種的說明結果一樣。

問題

腳踏車走時何以不倒？

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？因為甚麼緣故？

投輪時須將輪且旋且投何故？

(十六) 作用和反作用

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。乘過小艇的人諒都知道，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，便是一個證據。如果地球小，而我們大，那嗎，每步必會使地球向後運動，恰和在浮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。將繩子下曳是「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，飛機飛艇無論如何轉動推進機不能飛行。船車以及航空機不能行動，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，你們不大覺得困苦嗎？

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，非用手腳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。所以向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，由其反作用前進。汽車或腳踏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。雨天汽車或腳踏車走過之後，常有許多泥土飛向後方，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。試立在體重秤上面，加砝碼，使恰成平衡。而後急將手動向上方，而視砝碼。這時好像體重增加呢，還是減少呢？其次將球拋向上方，更看砝碼，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。用手將鞦韆的繩子曳向後方，則身體僅向前動而已。無論怎樣動，你們的身體都不過一部向前，則他部向後，決不能使鞦韆升起。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，銃必用方向肩一壓。何故？

二 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。因爲文明的世界即時變爲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。

(一) 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」，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，種種的設計。經過許多時間，遂製出許多機械。這個設計，不消說是因為想住更爽快的房屋，多取甘美的食物，容易打殺攻擊自己的敵人而起。其次，注重到更甘美的果實，而開始保護植物，為農業的起源；注意到好肉好乳好卵的動物，為欲得肉乳和卵，而開始飼養這一類的動物，為牧畜的起源。以後人類的進步異常顯著。其初求食物於自然界中。漸次努力加入工於自然，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。

我們現有多數的機械，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，成為複雜的機械。以下就這些機械來說。

(一) 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。

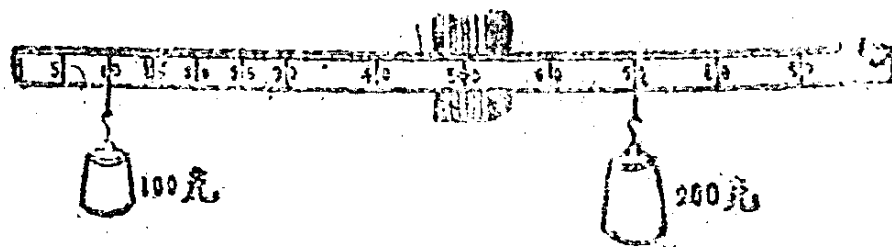
然而我們所以這樣說，不過表明槓桿是極便利的機械而已。

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，動轉飛機和汽車的氣機，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。像這樣，槓桿的道理利用於動物的體中。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，則槓桿向左轉動；於右方，則向右轉動。

但如第二圖。於支點的左方四十分處掛百克的砝碼，右方二十公分處掛二百克的砝碼，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）。像這樣，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：

第 二 圖



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

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，便知這槓桿的定律能夠成立。

(三) 槓桿的種類

槓桿有三種。第一種，支點在欲舉的物體所掛的點和加力的點的中間。如普通有兩柄的剪刀，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，加力於其他的二端。如夾碎胡桃的器便是應用的一例，以手握柄壓，夾在其中的胡桃被壓碎。這器相連的尖頭是支點。胡桃被壓的地方的力，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，的槓桿是加力於支點和重量的中間。如一片鐵彎曲而成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。

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。

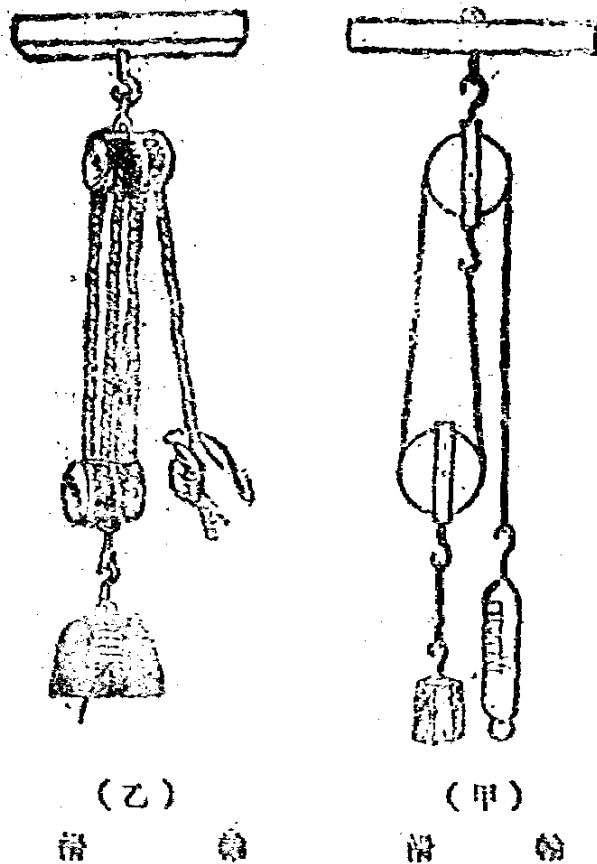
(四) 滑輪

你們想都知道井邊的吊桶。那是最簡單的滑輪。用這滑輪，欲舉一公斤的砝碼，非用一公斤的力不可。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，如第三圖中的甲，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。

又如第三圖中的乙，用四條繩子舉

圖 三 第



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。如第三圖，欲使物體舉高一公尺，非引四公尺的繩子不可。似此，雖能舉起重物，但懸着物體的繩子的數越多，同是舉高一公尺，繩子的一端非多引着不可。

(五) 輪軸

用一根圓棒為軸，棒上再裝一個大輪，就成輪軸，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。今為欲研究這個理由，舉由縱的方向所見的圖如第四圖。

假定大輪的半徑由 OA 有小軸的半徑 BO

的四倍。 O 是輪和軸的中心點，因 BA 與以 O

為支點的槓桿有同一的作用，故由槓桿的定律

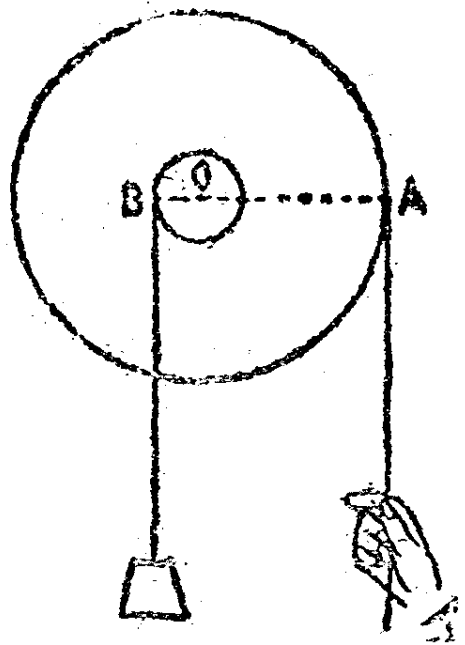
可知 BO 的長和物體的重量 P 的相乘積與 OA 的

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的四分之一便可。故使用這個輪軸，只用比物體

四分之一的重量稍大的力，便能舉此物體。大輪軸的半徑越大，越能舉更重的物。但和滑輪相

第 四 圖



輪 軸 的 理

同，大輪軸的半徑越大，則同是將物體舉起一公尺，亦非引較長的繩子不可。

(六) 斜面

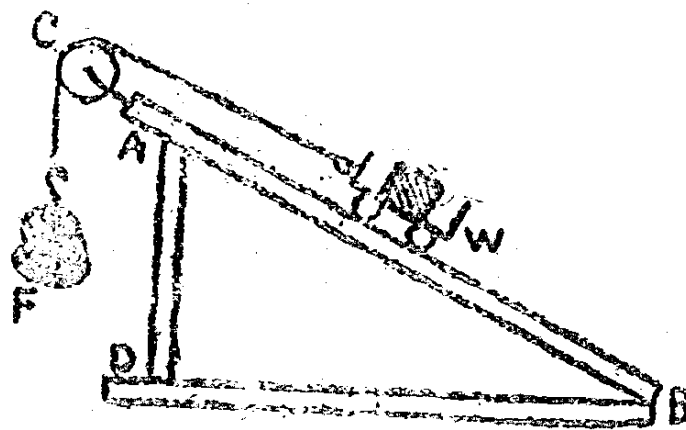
如第五圖，將△ABC板斜倚站着。於△ABC板的上端附有自由轉動的輪C，板上載縛有繩子的車。置重物於車中，使繩子通過C輪而懸砝碼F於其下。試適當加減砝碼的重量，使車徐徐地拉上坂去。如車與其中物體的重量的總和為W克。砝碼全體的重量為F克，則其關係如下：

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

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，即用手以下克的力將車推上也是一樣。這事是說能用較W克更小、即下克的力將重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，只用下克的力便足，不過由B到A的距離比由D到A的距離長得多而已。

一切機械，無論是斜面、槓桿、滑輪、輪軸，有利於力

第五圖



斜 面

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。這是一「機械的原理」。

(七) 螺旋

如第六圖，將上方的紙裁成三角形，則三角形的邊成爲斜面。如此圖下方，將此紙捲於鉛筆上，則三角形的邊成爲螺旋。由此可知螺旋是捲於棒上的斜面，是應用斜面的一例。

使用螺旋可以舉起重大的房屋。所以能夠生這樣大的力，是因為雖經長距離加力於此機械，而螺旋僅昇少許，由上述機械的原理，能夠生極大的力的緣故。

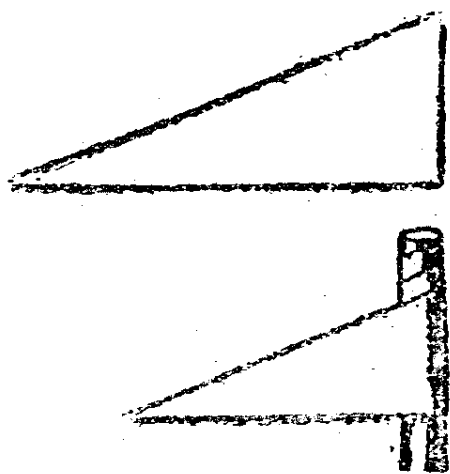
(八) 楔

楔又名叫劈，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

第 六 圖



的應用

研究是應用上述六種中的那一種機械，一定覺得有趣。譬如一種起重機，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。

三 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。

(一) 擺

伽利略年紀還輕的時候，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，確證他所得的不錯。以後用線將重物懸着，以為時計，而製成脈膊正不正的器械。這是「擺」的最初

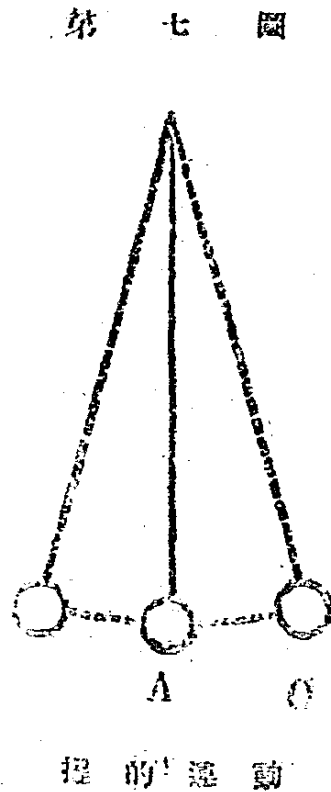
應用，便是今日擺鐘的起源。當時伽利略對於這最初的器械不叫做「時計」，叫做「脈膊計」。這是發明擺的古事。我們試研究擺的運動。

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（如第七圖）。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。

將第七圖的物體A拿到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，所以由慣性繼續運動，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，故由慣性復返於B。即擺由重力作用和慣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。

(二) 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。

(1) 第一定律

如第七圖，懸石於線，使他振動，試實驗二十秒鐘振動幾次，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」，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。

(2) 第二定律

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

由這實驗，知擺錘的重量雖不一樣，然而若擺的長短相同，則其週期亦相同，這是擺的第二定律。

(3) 第三定律

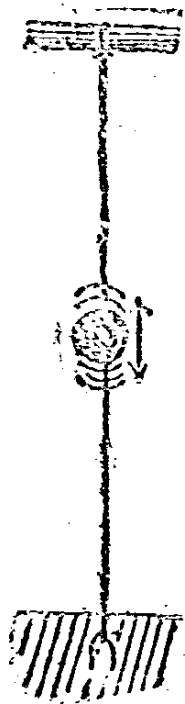
試取同形同質的錘，變更線的長短，而計算週期。由這實驗，知擺越短則週期越短，即擺越短則振動越快。長短和週期的關係，更說明白些，可以說：擺長四倍、九倍、十六倍時，週期變為二倍、三倍、四倍，這是第三定律。即，擺長約二十五公尺時如週期為一秒，則長約

公尺時週期為二秒，二公尺二十五公尺時，週期為三秒。這種關係，請變更種種擺的長短一試。

(三) 振動的種類

隨你用石或蘋果，都可以如第八圖那樣，用橡皮帶垂直連結於高低兩處。將石略引向下而後放去，則石作上下振動，徐徐繼續運動。和上文說的擺時同樣，測二十秒鐘振動幾次，而計算週期。試用同法實驗數次，以視週期是否一定。在理應和擺相同，週期也是一定。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。所以像擺那樣的振動方法，叫做「橫振動」；至於像這種石那樣振動方法，叫做「縱振動」。

第八圖



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，風雨時雨降成條，隨風吹的方向而進，是風以縱振動而進行的證據。

次如以小鐵絲將蘋果縛住，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，使此針或棒恰觸於棹面上。將蘋果向右或左扭轉，而後放開，則蘋果從水平的方向左右往反轉動，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「扭擺動」。試用錶和前一樣實驗，以測週期是否一定。因為蘋果的運動看得不能明瞭，所以非看錶在蘋果上面的針或棒的運動不可。如打開錶的裏側來看，便見有「扭擺」左右往反轉動。他的運動是扭擺動。故知錶是利用扭擺的扭擺動週期有一定的性質。這種扭擺，恰和掛鐘的吊擺相當，是錶中最重要的部分。

中華民國十四年十月初版
中華民國三十二年十二月渝第一版

(54230渝手)

少年自然科學叢書 第二十三編·力和運動一冊

渝版手工紙 定價國幣伍角

印刷地點外另加運費

編輯者

鄭貞文 胡嘉詔
江鐵 于樹樟

發行人

王雲 五
重慶白象街

印刷所

商務印書館
印刷書廠

發行所

各
商務印書館
地

版權所
翻印必究

