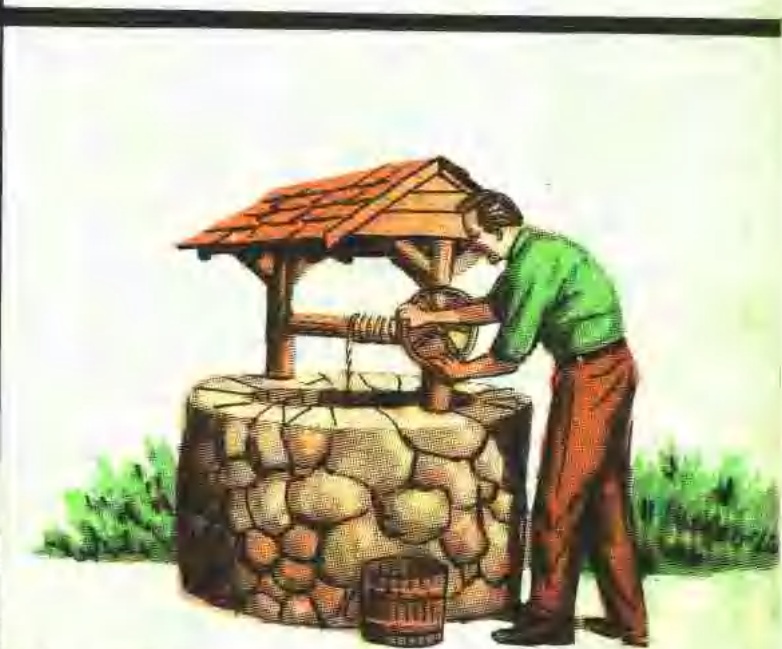


科學圖書大庫

少年科學啓導叢書

關於機械的知識

譯者 師文驥



徐氏基金會出版

我們的一個目標

文明的進步，因素得多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工商生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的急要責任。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的發揚指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與指導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，不足數貲。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與商榷，幾產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可冀求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類編目，及時出版，分別而作人專譯本、參考書，中學補充讀物，就某項主題論上具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實存積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往海外深造，贈送一部給學校科學儀器設備，同時選購出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹明：

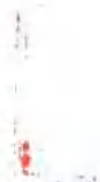
——由中國大專院校教授、研究機構專家、學者；

——請海外從事科技與研究學人、留學生；

——大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最精彩之科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，成就青年研究成果，摩厲成器，公之於世，俾益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，美往傳播科學種子之媒介。踴躍參與，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是荷。

徐氏基金會敬啓



科學圖書大庫

少年科學啓導叢書

關於機械的知識

譯者 師文驥



徐氏基金會出版

183936



前言

古時的人也許曾以幼稚的方式使用過機械。後來人類逐漸發現了機械的新用途，其生活方式乃能隨之從原始的狀態進步到更為文明的境界。文明史幾乎是與機械用途之益見推廣及用法之愈趨聰明平行發展的。但是正如我們在本書中所獲悉的，今日的機械無論顯得如何複雜，實際上都是由六種簡單機械——槓桿、斜面、尖劈、螺旋、輪與軸、滑車——中兩種以上配合而成的。

人類經過許多世代，學會了以種種不同的方法去使用這些簡單機械，而幫助人類更輕易地做好其工作的，正是這些簡單機械。關於為求使工作趨於容易，各種機械在力的運用上如何有益，本書有清楚的描述。

因為我們日常所做各種不同的雜工，關於簡單機械的知識對我們是有實用價值的。這種知識也可幫助我們懂得並欣賞複雜的機械怎樣完成其工作。

本書正像少年科學啟導叢書之中的其他幾本一樣，也含有幾項有趣的實驗，少年讀者由於做這些實驗，將發現可供他們自己利用的一些機械定律，以及明瞭何以要靠機械去做全世界的許多工作。

保祿·布賴克伍德

目 錄

機械時代	23
突破語文障礙	24
工作是什麼？	24
工作怎樣計量？	25
功率是什麼？	26
效率是什麼？	26
工作何以困難？	26
能是什麼？	27
能怎樣變成有作用的？	27
機 械	28
機械是什麼？	28
何以要使用機械？	28
過去有不用機械的時候嗎？	28
六種基本機械是什麼？	29
槓 桿	30
槓桿怎樣使工作變得輕易些？	30
「槓桿定律」是什麼？	32
三類槓桿是什麼？	32
剪刀何以是雙槓桿？	33
第二類槓桿是什麼？	34
第三類槓桿是什麼？	35
你怎樣用槓桿作實驗？	35
斜 面	36
斜面在建築工作上怎樣有幫助？	36
斜面怎樣使工作輕易些？	37
你怎樣想出斜面的定律？	39
你怎樣能用斜面作實驗？	40
尖 劈	40
尖劈怎樣與斜面有關係？	40
尖劈是怎樣使用的？	41
使用尖劈有什麼利益？	41
螺 旋	41
螺旋怎樣與斜面有關係？	41
螺距是什麼？	42
你怎樣能從斜面製成螺旋？	43
我們何以使用螺旋？	43
輪與軸	44
輪的發明何以重要？	44
關於輪的發展我們知道些什麼？	44
使輪成為基本機械的是什麼？	45
輪怎樣帶動其他的輪？	47
研肉器的手柄搖臂何以比鉛筆削尖器的長些？	48
你怎樣能用輪與軸作實驗？	48
你怎樣減少磨擦？	48
怎樣製造起重卡車？	50
怎樣製造載貨升降機？	52
滑 車	53
滑車何以時常叫做繩輪呢？	53
固定單滑車怎樣工作？	54
活動單滑車怎樣使用？	55
複滑車怎樣工作？	56
你有多強？	57
你怎樣能用滑車作實驗？	57
「滑車」的英文 pulley 從何處來的？	59
能的來源	60
不同種類的能是什麼？	61
人類怎樣利用自然界的諸種力量	62
人類已怎樣利用自然界的諸種力量？	62
你怎樣能製成模型水車？	64
能的有些其他來源是什麼？	64
發動機是什麼？	64
你需要記住的一些重要觀念	65
你需要記住的一些重要名詞	66



機械時代

「機械」一詞的英字machine來自希臘字mechos。這個希臘字的意義是「辦法」或「促成輕易的事物」。羅馬人使用了拉丁文machina，其意義是「訣竅」或「器具」。表示「機械」的希伯萊字是mechonch，正如用在舊約和其他希伯萊文獻裏那樣，曾有幾種不同的解釋：「根據」，

「基礎」，「方策」。很久以前的時代，人必須用手去做一切工作，他們尋找使其工作趨於輕易的「辦法」，「訣竅」或「方策」，那是不足為奇的。他們的確找到了。今天因為很多的工作都由機械來做，所以我們所處的時代常被人稱為機械時代。

突破語文障礙

一會兒以前，我們看見馬戲班裏的小丑拚命去搬起一張已為另一小丑釘在地板上的靠椅。因為他的臉紅了，而且開始出汗，我們不能說他沒有費多大的氣力，不過無論他怎樣掙扎，那張靠椅毫未動搖。

這個小丑做了工作嗎？

然後另一小丑出場，從靠椅上拾起一片羽毛，拋向空中。

第二個小丑做了工作嗎？

工作是什麼？

如果你對第一個問題答「是」，而第二個問題答「否」，那你就兩次都錯了。

像在這本書裏所說到的，工作（work）僅在將某種有重量的東西推（push）或拉（pull）動經過一段距離（distance）時，才會發生。推或拉叫做力（force），重量叫做阻力（

resistance）。記住這兩個名詞。我們將在這本書裏一直需要它們。（註：在機器學的中文術語中，做好的工



作亦稱為「功」。）

現在回到前面所說的兩個小丑——第一個小丑曾用力（推或拉）去搬動重量（靠椅），但它並未搬動它。第二個小丑用了力（推）而且移動了阻力（那片羽毛，無論怎樣輕，總是有重量的），由於拋向空中，經過一段距離。

工作怎樣計量

你做完你的家庭工作時，也許會說你已做了「很多」。在科學上，我們必須說得精確些。我們不能說：「這架機器做了很多。」但我們能說：「有一呎磅的工作已做好。」這話聽來有些奇怪，但「呎磅」正是另一種計量單位。正像呎是距離的計量單位一樣，呎磅是工作（亦即功）的計量單位。我們由於將力與其起作用的距



10 磅的重舉起 4 呎，等於 40 呎磅

離相乘而求得工作的計量。

一呎磅是一磅的力經過起作用的一呎距離所完成的工作。

如果你將 10 磅的重量舉起到 4 呎的高度，你便完成了 $10 \times 4 = 40$ 呎磅的工作，而不論你花了多久的時間。



那一個小丑做了工作呢？
答：右邊的那個，因為他用了力，而且移動了阻力（羽毛）。

功率是什麼？

功率 (power) 是完成工作的速率——或單位時間內的工作 (功) 量。這是以做工作所需時間去除已做的工作而算得的。通常用於表示功率的單位是馬力 (horsepower)。一具機械若在每秒鐘內完成 550 呎磅的工作 (或每分鐘內完成 33,000 呎磅的工作)，便有一馬力。現在我們知道這點就夠了。【譯註：power 的另一意義是「動力」，通常表示完成某種工作所需要的一或發動機所產生的一機械能或電能。機械能也是以馬力或瓩 (kilowatt) 為單位，電能僅以瓩或瓦 (watt) 為單位。】

效率是什麼？

在汽車滾動以完成工作之前，必須克服慣性。



$$\text{效率} = \frac{\text{輸出的工作}}{\text{輸入的工作}}$$

由於有摩擦 (friction)——亦即某種形式的擦阻動作——的損失，無論什麼機械都不能輸出為量與輸入完全相同的工作。

工作何以困難

你也許見過別人去推「拋錨」的汽車，知道在使汽車滾動之前比在業已使它開始滾動之後困難多了。這是因為凡屬靜止中的物體都有繼續保持靜止的傾向。科學家把這種傾向稱為慣性 (inertia)。由於一切在運動中的物體也有繼續保持運動的傾向，你要想使正在滾動中的汽車停止時，也不得不克服這同一慣性。因此，你必須克服慣性，才可完成工作。

問你的朋友：舉起一磅羽毛是否比舉一磅鐵容易些。他們也許會答錯，說舉起羽毛容易些。按工作計量，實際是相同的。你在兩種情形之下，都是舉起一磅的重量。但因為你必須費力去克服一倍的重量或地心引力 (gravity)，舉起兩磅比舉起一磅就困

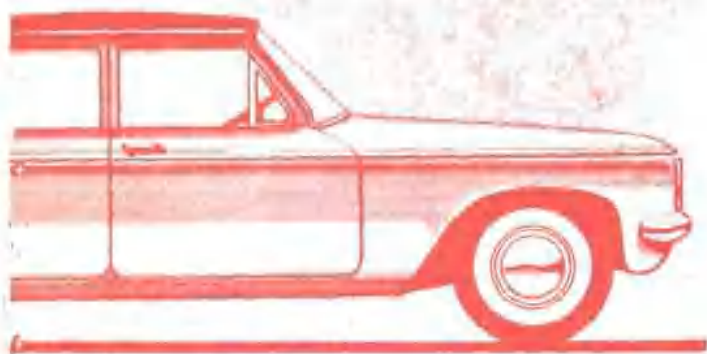
輸出



對這幅圖的研究將幫助你懂得效率

有人說過你在學校裏效率不好嗎？我們以實際相同的方式說機械的效率。

機械的效率是輸出 (output) 有用的工作與輸入 (input) 的總工作之比 (ratio)，也就是兩者比較的量。



難些了。

且讓我們回到推汽車的事情吧。如果車主已將煞車完全拉上，也許就不可能把汽車推動；如果已把煞車拉上一部分，推起來比未用煞車時也困難得多。這是由於煞車對車輪有擦阻的作用，亦即科學家所稱的摩擦。因此，工作其所以困難，是因為物質（matter）有慣性與重量，而且在完成工作時，我們還必須克服摩擦。

能是什麼？

也許有人對你說過：「你為什麼不做點事情呢？你不是有太多的精力嗎？」那麼，精力正是「能」的意思（註：精力與能的英文都是energy）



：去做某種事情、去工作（或做好「功」）的能力或能量。有多種形式的能—熱（heat）能，電（electrical）能，機械（mechanical）能等等。

能怎樣變成有作用的？

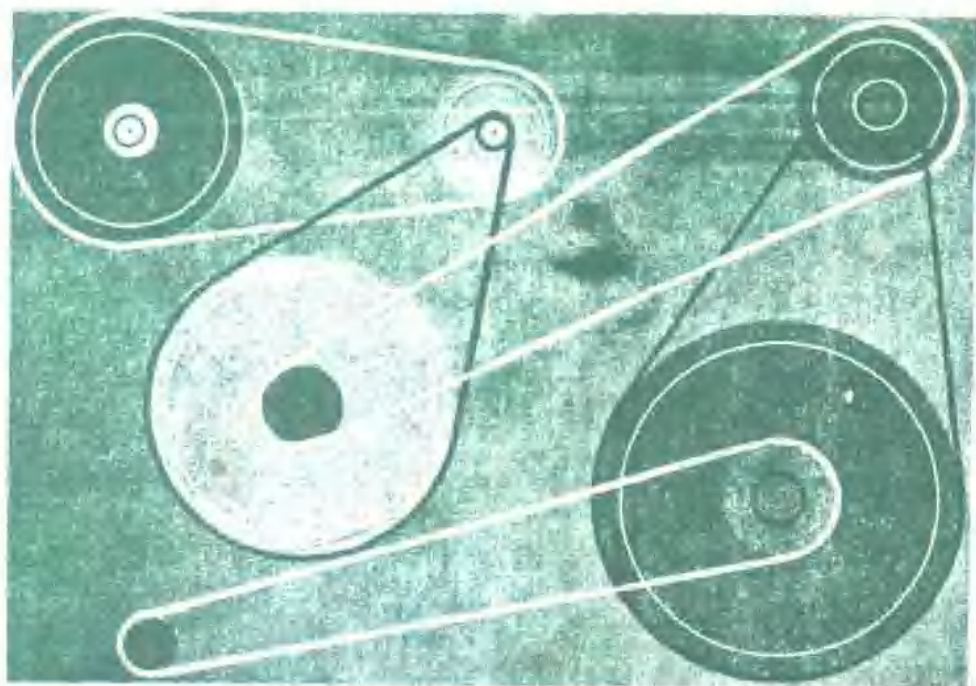
能用於工作時，便是所施的力。這就是說，能變成力，用於推或拉，使靜止中的物體運動，或使運動中的物體停止，或改變運動的方向，失去或獲得運動的速率。



舉起一磅重的啞鈴或一磅重的衛生紙，其工作量相同。

右方的男孩溜冰溜得好，是因為他克服了（水鞋本身及其與水面間的）摩擦。





機 械

有人曾經花了很多時間，建造一套由無數齒輪 (gears)、軸 (axes)、槓桿 (levers)、輪 (wheels)、與連接帶 (connecting belts) 所構成的新發明。數計所有活動的零件，總共約達一千件。這的確像是很能給人深刻印象的。但別人問這位發明家，那套複雜的裝置是準備做什麼用的，他的答覆是：「完全不做什麼！」

機械是什麼？

那真是一種機械嗎？照「機械」一詞的確實意義來說，一定不是。依我們在這本書裏給它的定義，機械是一種工具或裝置，由於運用力而可：(1)使工作變得輕易些，或(2)改變力的方向，或(3)增加使工作完成的速率。上述具備一千件零件的裝置，因為完全不用於做任何工作，所以實非任何

機械。

何以要使用機械？

換句話說，我們使用機械，乃因機械讓我們在力上有獲益的可能——這也就是機械使我們能以小的作用力克服大的阻力。在此種情況之下，我們說機械給我們一種力的機械利益 (mechanical advantage of force)。別的機械使我們能以比施用作用力更快的速率去移動阻力。那種機械給我們一種速率的機械利益 (mechanical advantage of speed)。

稍後當我們討論各種機械時，我們會看出這些利益確實大到什麼程度。過去有不用機械的時候嗎？

我們生活在稱為「機械時代」的今日，對於經常沒有汽車、飛機、火車機車、與人類為使其工作趨於容易

而業已發明的一切其他器具的情況，的確是難於想像的。但在幾千年以前，人類真正沒有機械，而且直到不太久遠之前為止，人類一向靠自己的肌肉或牲畜的肌肉的力量去供給必要的能，以操作他們曾經設計及建造的那些簡單機械。

六種基本機械是什麼？

甚至在上古時代，人類即曾使用工具去使其工作變得輕易些。這些工具或機械是原始的，都是因為需要而建造的。事實上，這些原始的機械今日仍在以一種或另一種形式使用中，甚至現代最複雜的機械也是早在人類生存史中業已使用的六種基本機械的不同組合品。這六種基本機械是：



尖劈 (the wedge)



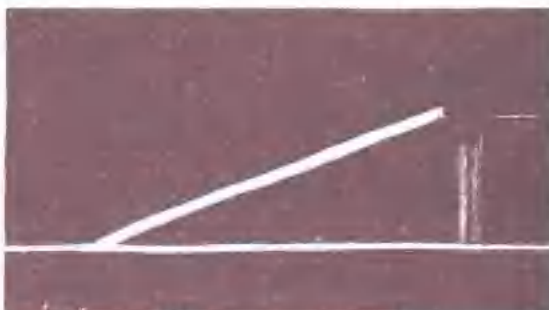
螺旋 (the screw)



槓桿 (the lever)



輪與軸 (the wheel and axle)



斜面 (the inclined plane)



滑車 (the pulley)

槓 桿

槓桿怎樣使工作變的輕易些？

你能想像原始人爲了保護其所居洞穴的入口，而把大石頭放在洞穴前面嗎？他是個強壯的人，但還不夠強壯到能把那塊石頭搬起——甚至不夠強壯到能使它滾動。我們都不知道誰最先想到此種原始的機械——沒有任何人曾被承認是發明人，但是有一天有人拿了一根堅實的樹枝，以一端置於一塊大石頭下面，並將其靠近此端之處枕在一塊小石頭上，同時壓下樹枝的另一端。

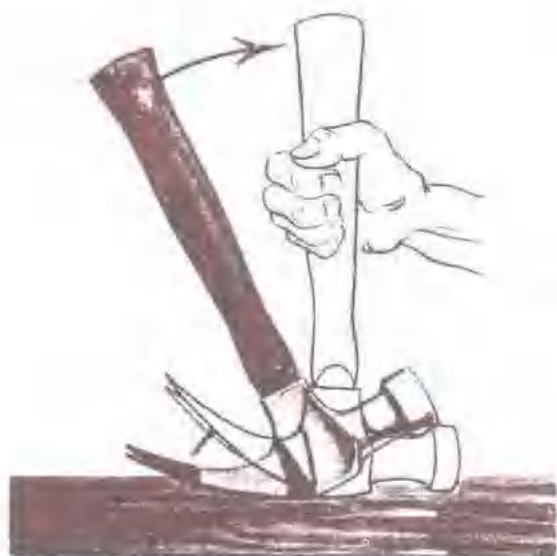




他甚至不會費太多的氣力，就撬動了那塊大石頭。你能想像他此時感到的得意嗎？他並不知道他發明了我們稱為「簡單槓桿」的機械。原始人憑經驗發現槓桿愈長，愈能以較小的氣力去撬動較大的重量。你以相同的方式學得此種情形，在蹺蹺板上找到你必須坐在何處，才能使板停止於平衡狀態，或者你離開蹺蹺板中樞愈遠，愈易於抬起坐在板上另一端的較重遊伴。

第一圖裏的小石頭與蹺蹺板的中樞有相同的功用：供給槓桿一處支持。這個支持之處叫做支點（fulcrum）。你所施的力稱為作用力（effort）。相反的那邊需予抬起的重量或載荷（load）稱為阻力（resistance）。

槓桿不一定像穴居人的樹枝或蹺蹺板那樣都是直的。有時是彎曲的。你用拔釘鉗拔釘時，你正是使用一種彎曲的槓桿。支點是在鉗的頭上。你把手柄拉低，釘就出來了，所以你看



使用拔釘錐拔釘時便是使用槓桿。

出我們開始談到一種原始的機械，而發現它在遊戲場上，在屋子裏，及在更複雜的機械中作為零件，仍以幾乎固有的形式在使用中。

槓桿定律是什麼？

正如我們已說過的，古人使用了



左方的男孩必須走向比較靠近支點之處，才可使蹺板平衡。



槓桿，但遲至幾千年後——大約西元前240年——希臘科學家阿基米德（Archimedes）才發現我們稱為「槓桿定律」（the Law of Lever）的原理：兩項載荷A與B分置天平兩方的盤中，當A的重量乘以其天平盤與支點的距離等於B的重量乘以其天平盤與支點的距離時，則A、B兩端必平衡。因為施於機械上的力稱為作用力，所以將作用力與支點的距離稱為力臂（effort arm），同時將阻力（即載荷）與支點的距離稱為阻臂（resistance arm）。

三類槓桿是什麼？

槓桿共有三類，依其作用力（E）、支點（F）、與阻力（R）三者的關係位置而定。第一類槓桿F在E與R之間。實例是撬棍，蹺蹺板，與手泵（抽水機）的手柄。既然你知道阿基米德的槓桿定律，你在獲悉幾個朋友的體重之後，便能算出你必須坐



第一類槓桿：支點（F）位於作用力（E）與阻力（R）之間。

第二類槓桿：阻力（R）位於支點（F）與作用力（E）之間。

第三類槓桿：作用力（E）位於支點（F）與阻力（R）之間。

在蹺蹺板上的什麼地方，才可與較重或較輕的遊伴達到平衡狀態，而使他們非常驚奇——或者，更好的辦法，是算出你必須將槓桿的什麼地方放在支

點上，方能使他們兩人一同離地。

剪刀何以是雙槓桿？

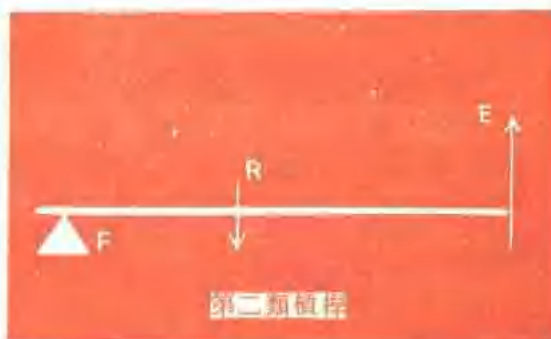
有時兩根槓桿在一起使用而形成雙槓桿（double lever）。剪刀便是這種雙槓桿。聯合兩片刀葉的螺釘即支點。試用一把普通剪刀去剪切硬紙板，為你自己証明槓桿定律。你會發現如果用尖端的叉口去剪切，便不會成功。但若用接近支點之處的叉口去剪切，因為有較大的剪切力量，所以易於成功。

第二類槓桿是什麼？

我們業已知道由於使用槓桿長的那端，便可以較小的力量去獲得較大的力量，而做好困難的工作。看看划艇的槳吧。槳的上端是作用力，槳架是阻力，而槳運動的樞點（插在水裏的槳葉）是支點。

你划槳時密切注意：槳在你手中的那端——作用力端——比槳架的阻力部





分運動得遠些。因此，在阻力的那點就有較大的力量。正如在蹺蹺板上的情形一樣，我們移動作用力，使其與支點的距離增長而獲得較大的力量。所以在這兩種情形之下，都是以距離或速率去換取較大的力量。第二類槓桿（second-class lever）的其他實例是胡桃鉗和手車。

第三類槓桿是什麼？

如未嘗由騎蹺蹺板而見到一種槓桿，又由划船而見到另一種槓桿，使你覺得新奇，試想你拿釣竿釣魚時，竟又在使用着第三種槓桿，那會多麼令你吃驚呢？稍停片刻，試行為你自己去想出它的道理。如果我們告訴你，在第三類槓桿（third-class lever）上，作用力位於支點與阻力之間，或E位於F與R之間，對你有幫助嗎？

釣竿靠你最近的那端是支點。作





用力是你用手握住的那一部分，而阻力是釣竿距你最遠的那端。在這裏，我們在作用力之點所施的力量，比在阻力之點所獲得的力量為大。此種情形還是第一次。當你把釣到的魚從水中拉出時，你會看到阻力所運動的距



離比作用力所運動的距離大些。方糖夾子，人的臂和腿，掃帚，及棒球棒都是此型槓桿的其他實例。在第三類槓桿上，我們以力量去換取較大的距離或速率。



你怎樣用槓桿作實驗？

以簡單的實驗來檢查槓桿定律是有趣的。你可用一條尺，一塊三角形小木頭，和大小不同的兩個石子，為你自己建造一具第一類的槓桿。現在試行解答以下的問題：

- (1) 把尺的什麼地方放在支點上，才可使兩項不同的重量平衡。
- (2) 把尺的什麼地方放在支點上，才可使較大重量的那端抬起。
- (3) 是否可能將尺沿支點移動，直到藉尺本身的重量抬起較大的重量。

