

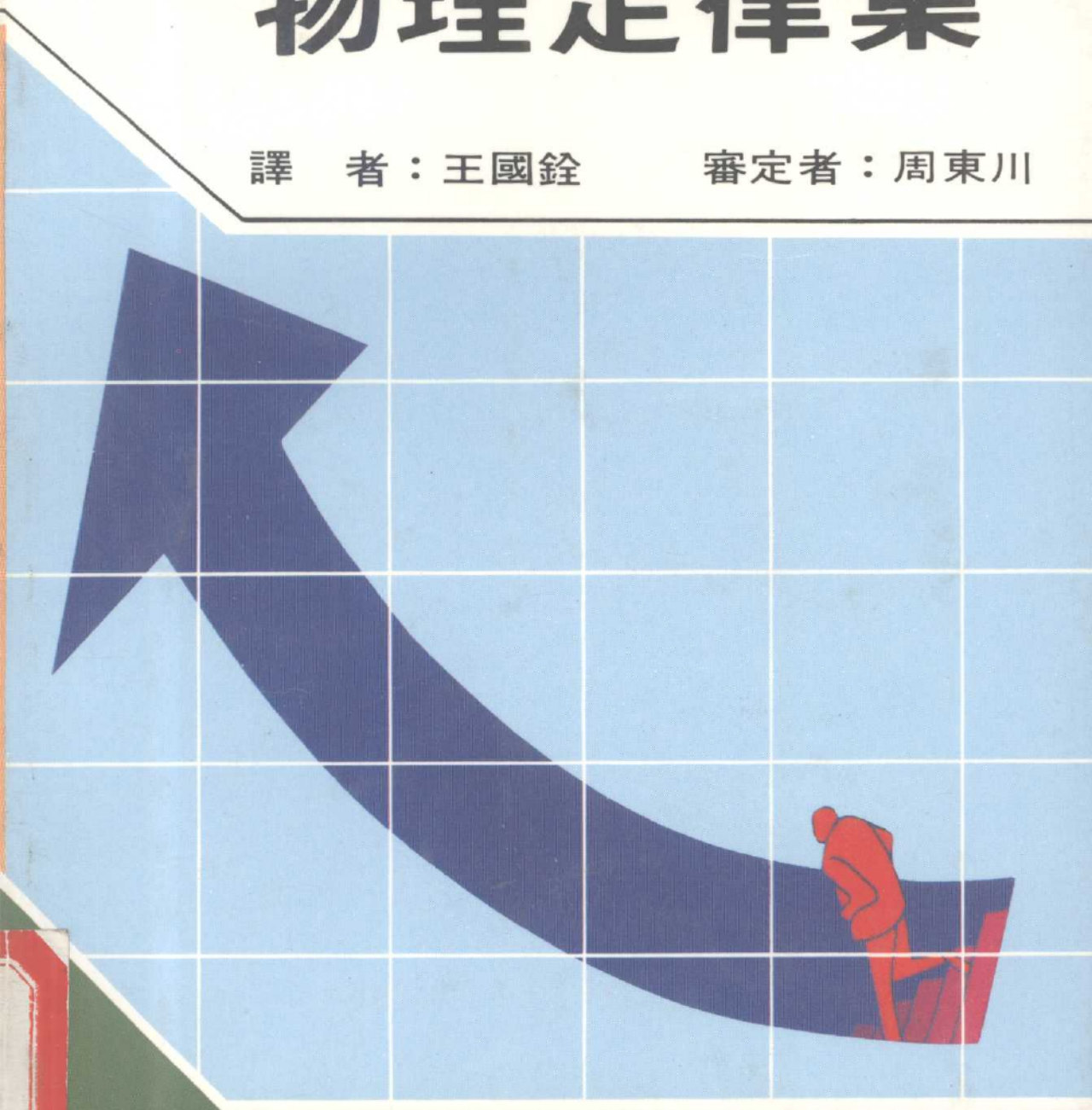
新世紀叢書

自然現象是有規則的

物理定律集

譯者：王國銓

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



063

新世紀叢書

物理定律集

銀禾文化事業公司 印行



063

新世紀叢書

物理定律集

主 編：新世紀編輯小組

審定者：周東川

譯 者：王國銓

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北縣永和市林森路 88—1 號 1 樓

電 話：9230041・9230051

傳 真：9230051

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣90元

印製者：大原彩色印製企業有限公司

新聞局登記證局版台業字第3292號

1990年11月3 版

■版權所有・不准翻印■

ISBN957-568-017-0

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！

陳俊宏

目 錄

第一章	有關熱、能量的定律	1
第二章	有關力、運動的定律	59
第三章	有關光、音的定律	107
第四章	有關電的定律	143
第五章	有關原子的定律	177

第一章 有關熱、能量的定律

1 稻穗成熟時，頭會往下垂的情形就是彈性體的變形

變形的程度沒有超過某範圍時，彈性體變形的程度和使其變形的外力的大小成正比。〈虎克定律〉

$$F = - kx$$

F ：外力， k ：各種物體固有的彈性常數

x ：變形的大小。（ $x \leq x_0$ ， x_0 ：臨界點）

從種種經驗，我們知道各種物體受到外力時，會改變形狀。氣球被壓會變扁，粘土隨着我們的手會變成種種形態。稻草隨着頭部穀粒的增加會越垂下來。冬天下雪的時候，竹子會被積雪壓得彎下腰。假如積雪過重，竹子會負載不了而裂斷。

這些物體的種種變形大體上可分為兩種。一種是拿掉加在物體的外力後，物體會回復原來的形狀。物體的這種性質叫做「彈性」。這種性質非常顯著的物體叫做「彈性體」。另外一種是除去外力後不會回復原狀的物體，這種性質叫做「塑性」。空氣滿滿的球就是彈性大的物體，粘土就是塑性大的物體。不過一般來說，變形

程度不大時，物體都有些彈性，而變形程度到達某些程度以上就會出現塑性。由於積雪的重量一直彎下來的竹子，在某些範圍內祇要除掉積雪就會回復原來的直立狀態。可是若積雪繼續加重竹子會裂開，再也無法回復原來的直立狀態。竹子承受不了積雪的重量而裂斷的這個界限就是所謂的「應力極限」。

到達這個極限點之前的物體變形的程度，祇要仔細觀察，不難發現跟使其變形的加於其上的外力有密切關係。我們平常用稻穗越成熟，頭越會往下垂的事實來形容地位或學問越高的人越謙虛。稻穗越成熟，等於所受的外力（這個場合外力是引力）越大，所以變形（稻穗垂下）就越大。由此可看出「彈性體變形的程度和加於彈性的外力會成正比」。比方說，用一單位的力可以把彈簧或橡皮圈拉長一單位的長度的話，用二單位的力就可以拉長二單位的長度。用十單位的力可以拉長十單位的長度。這些事就是材料力學最基本的法則之一，叫做「固體彈性論」，或取發現者的名字，叫做「虎克定律」。

我們在學校所學的物理學都是些使人頭痛的公式，實在令人討厭。本書爲了不使讀者對物理學生厭，都用我們在日常生活中看得到，經驗得到的事象或事物來說明物理學的定律和法則。相信這樣，多少會增加讀者對

物理學的興趣吧。事實上物理學的本質應該是這樣才對。那些使人不敢領教的公式，其實只不過是用來記述各種現象的工具而已。至於每一項開頭的那些公式，若沒有興趣，不去管它吧。

2 彈簧之所以能拉長並不是因為金屬本身會變長

固體的變形有「拉長」、「扭曲」、「收縮」三種。各用「楊氏係數」、「剛性率」、「體積彈性率」來描述。〈彈性的三要素〉

$$E = (F/S) / (\Delta l / l) \quad n = (F/S) / \theta$$

$$k = p / (\Delta V / v)。$$

E ：楊氏係數， F ：力， S ：斷面積，

$\Delta l / l$ ：拉長率， n ：剛性率， θ ：斜偏率，

k ：體積彈性率 p ：壓力， $\Delta V / V$ ：膨脹率。

說起彈性，相信大家都會想到彈簧床或橡皮圈等吧。兩者都可以拉得很長，又會回復原狀。就是說它們都有彈性。可是兩者伸伸縮縮的性質是不是相同？不，完全不一樣。

一般來說，固體的變形可分為「拉長」，「扭曲」，和「收縮」這三種。「拉長」是用手把橡皮圈拉長時的情形。用多少力，橡皮圈就能拉得多長。把這種各種物體固有的能拉多長和拉長它們所需的力要多少的比率算出來的人就是英國的科學家—楊格。所以叫做「楊氏



係數」。像金屬那樣不容易拉長的物體的楊氏係數就很大。

接下是「扭曲」或叫做「斜偏」的變形。橡皮擦的六個面都是長方形。用些力把它壓下去，長方形的面會變成平行四邊形。這就是物體的扭曲或斜偏變形。這種場合也一樣，加多少力，變形的程度就有多少。完全成正比。這種場合的比率叫做「剛性率」或「斜偏的彈性率」。金屬的場合，剛性率也一樣很大。

第三的「收縮」就是從四周同時把橡皮擦壓下去時的情形，叫做「體積彈性率」。

乍看，彈簧的拉長好像是楊氏係數的問題，其實不

是。仔細觀察鋼條的每一部份就會知道事實是每一小部份一點點的扭曲連結起來的結果成為彈簧的伸長的。因此，使用剛性越大的金屬，所造成的彈簧的彈性就會越強。

3 像月球那樣，地球也在月球周圍轉，因此每天的潮汐有兩次

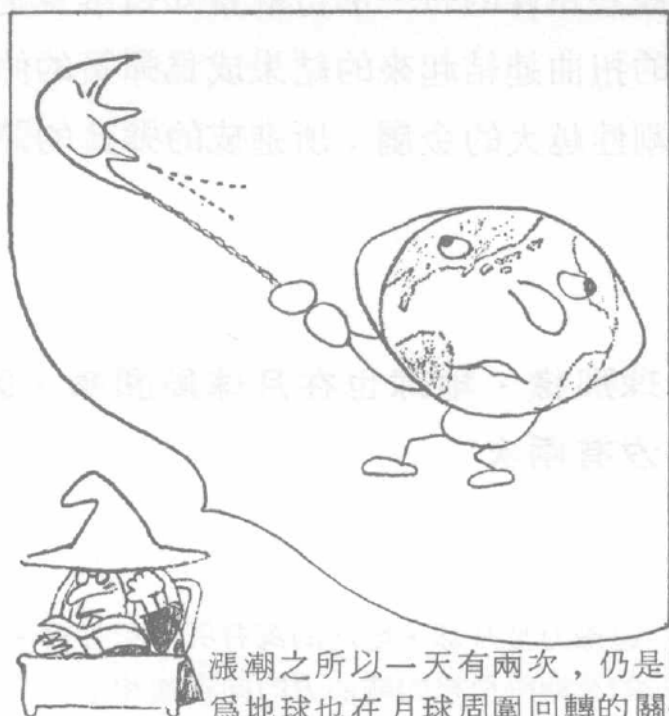
起潮力是月球、地球的萬有引力和月球、地球之間的公轉所引起的離心力的向量總和。

$$F = GmR(2d - R)/d^2(d - R)^2$$

F ：起潮力， G ：萬有引力定數， R ：地球半徑。

d ：重心間的距離， m ：一定量的水的質量。

大家都知道海水的潮汐是受到月球引力的影響所產生的現象。如果祇是月球的引力，那麼為什麼一天會發生兩次呢？月球來到我們頭上，一天祇有一次，所以應該一天只有一次才對。可是事實上每天都有兩次高潮和低潮，而且剛好每半天一次。這個事實表示地球這邊的海水高漲時，相反的那一邊，海水也在漲。為什麼會這樣呢？因為不但是月球的引力在引起漲潮，月球和地球的相對運動也是漲潮的原因。



漲潮之所以一天有兩次，仍是因為地球也在月球周圍回轉的關係。

月球在地球周圍公轉的同時，地球也保持著本身的平衡，在月球的周圍公轉。假若兩者都靜止不動而互相吸引的話，在很短時間內，月球會撞上地球炸成無數碎片，從這個宇宙中消失掉。月球和地球構成著一個不可分的系，所以兩者都在共同的重心（質量中心）周圍回轉。因為是這樣，月球和地球才不會相撞，也不會互相遠走高飛。田徑運動項目中的鏈球運動很像這種關係。選手在揮動鏈球時，並不是身體保持直立成為鏈球回轉的軸。身體會斜斜地隨著鏈球的回轉做着像陀螺在搖頭那種旋轉。選手的這種動作就是地球對着月球所做的公轉。由此可知面向月球的這邊和相反那邊的海水都會受

到離心力（方向相反）的作用而上漲。假定整個地球是一個水球，那麼它的形狀會成為橄欖球那樣。以整個地球來說，引力和離心力是平衡。只是在表面的各部份不太平衡。兩者的向量的和等於潮汐的起潮力。起潮力的指向，一個向着月球，另一個向着與月球相反的方向。

4 漲潮的時刻每天會遲延的原因在海水的動作太緩慢

照理論說，海水應該在月球在正南天時及其十二小時又二十五分鐘後漲得最高。可是每天會遲延五六個小時。

在前面我們談過為何一天會發生兩次漲潮。這裡還有另外一個問題。就是引起漲潮的月球的動態和實際漲潮的時刻不一致。簡單地按理說，一天是二十四小時，一天兩次的话，應該每隔十二小時一次才對，月球的公轉方向和地球的自轉方向相同。因此當地球自轉一次回到原來方向時，月球已稍微往前移動。月球的公轉周期大約是二十七天。所以地球自轉一次時，月球已朝前移動了大約十三度的距離，換算時間就是五十分鐘。所以月球環繞地球一周回到原來與地球的相對位置所需要的時間是二十四小時又五十分鐘。其一半是十二小時二十

五分鐘。就是說，潮水應該每隔十二小時二十五分漲一次才對。

不錯，漲潮和漲潮的間隔是十二小時二十五分鐘。可是月球在南天的時間和漲潮的時間並不一致。通常會相差五六小時，有些地方甚至差十幾個小時。也有像日本島根縣濱田市那樣，一差就是十二小時，結果完完整整相差一個周期的地方。

簡單說，這種現象是，當海水受到由於月球和地球的那種關係所產生的起潮力之後，開始行動（鼓漲起來）的速度太慢所引起的。不錯，當月球在南天時，那個地方的海水會受到起潮力的作用。只是像八九十歲的老頭那樣，海水不太站得起來就是了。

海水在大洋流動時會受到種種阻礙。絕不可能自由在地流動。何況是在陸地附近，尤其是海岸線的地形複雜的地方。在那種地方，潮流會由於跟陸地的摩擦降低速度。減速的程度也每天會變。

太陽、月球和地球剛好在一垂直線上而加強起潮力時的漲潮叫做大漲潮。三者成直角而起潮力不太強時的漲潮叫做小漲潮。漲潮時刻和月球在正南天的時刻的偏差，好像在小漲潮時更加顯著。以東京灣來說，偏差最大時有七個小時，最小時有四個小時。

這種偏差各地方都不同，所以各地都有根據實地測

量的偏差平均值。理科年表所記載的就是平均值。

5 有些液體可使石頭浮在其上面流動，連鐵也不會沉

單位體積的質量叫做密度。跟同體積， 4°C 的水的重量相比的重量叫做比重。〈密度和比重的定義〉

我們常用「石頭會流動，樹葉會下沈」這句話來形容違反常理的事情。不管樹葉會不會真的下沈，石頭在某種液體內會浮流卻是真的。甚至鐵也會浮在其上面。這有什麼稀奇，船不是可以在大洋上面駛來駛去嗎。對，船是鐵造的。只是船的內面是中空，以整個的體積來說，幾乎都是空氣。不要管船，我們談的是一整塊鐵。

一提到液體，我們第一個想到的會是水。會使物體浮在其上面的，也會想到水。水以外有什麼？在我們的周圍伸手就拿得到的有啤酒、果汁等飲料。因此聽到能使石頭流動，能使鐵塊浮在其表面的液體，定會覺得奇怪。其實一點也不奇怪，它就是水銀。

爲什麼鐵塊會浮在水銀上面呢？雖然水銀是一種液體，其比重卻比鐵還重，所以放進水銀內的鐵塊不會沈



下去。不只是比重，水銀的密度也比鐵大。體積同樣時，跟 4°C 的水比的重量比率就是比重，單位體積的質量就是密度。以數值來說兩者雖然一樣，比重可以直接用一或二或零點幾的數字來表示，可是密度需要用一立方公分幾公克這樣來表示才行。鐵的密度是一立方公分七·八六公克，水銀是一三·五九公克。相差這麼多，鐵塊當然會浮在水銀上面了。

6 在水中，石頭會變輕，鐵卻不太會

|| 液體內的物體會受到相當於跟該物體同體積的液體 ||

的重量，向上方作用的力的作用。〈阿基米得的原理〉

在電影或電視，我們偶而會看到穿著笨重潛水衣的人在水底搬些笨重東西的鏡頭。那種笨重的潛水衣穿在身上已夠受，還要去搬那些笨重東西。有人會覺得潛水工作的人的好可憐，也會有人認為在水中重量會變得很輕，那種事算不了什麼。究竟那一個才對呢。

在水中，物體的重量確實會變輕。問題是會輕多少。關於這個問題，阿基米得的浮力原理會給我們正確答案。「液體中的物體會受到與物體本身所排除的液體的重量相等，向上方的力的作用」，這就是阿基米得的浮力原理。所用的「排除」這個字眼雖然有點不具體，但事實上這一點非常重要。比方說，海底有一個一立方公尺大密封著的箱子。這個箱子會排除一立方公尺的海水。因此箱子所受的向上方作用的力就相當於一立方公尺的海水重量，即一公噸的浮力。假如箱子在陸地的重量有一公噸的話，在海底的重量就幾乎等於零了。那麼不用說是潛水人員，連一個小孩也可以輕易地搬動它了。

但是假如箱子沒有密封，裡面都是海水的話，又會怎樣？箱子所排除的海水不再是一立方公尺。祇排除相當於箱子的材料的綜合體積那麼一點點海水而已。這樣

，跟一立方公尺就差多，簡直不成比例。因此，沒有密封的箱子的浮力就非常小，在水中也不會輕到那裏去。

我們只限於沒有中空，都是實質的物體來討論吧。這種物體在水中會變輕多少，跟物體本身的比重有非常密切的關係。比重剛好是一的物體，在水中的重量會成為零，比重二的物體會變成原來的一半重。凝灰石的比重是一·四到二·六，花崗岩是二·六左右，方解石是二·七。岩石的比重就是這樣並不大，所以在水中會變得比較輕。一方面，金屬的比重非常大，鐵有八，金有十九。所以在水中，鐵只會輕八分之一，金只會輕十九分之一而已。因此即使在海底，鐵照樣還是那麼重。

我們身體的比重大約是一。假如你覺得體重太重的話，無妨在水中量體重看看。

7 用空氣代替彈簧的秤子，其刻度不按重量的倍數

一定量的氣體的壓力跟體積成反比。

$$P \propto \frac{1}{V}$$

P ：壓力， V ：體積，（ $\propto$ 是表示成比例的符號）

請在腦子裡想像下述的實驗吧。