

科學圖書大庫

趣 味 物 理

譯者 陳宏步

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

趣 味 物 理

譯者 陳宏步

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十九年三月二十四日初版

趣味物理

基本定價 8.00

譯者 陳宏步 中正理工學院電機系工學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
7815250號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

譯 序

(以代紀念)

本書，「趣味物理」，係美國最新出版，為喜愛物理研究，以及擔任教學物理老師們的一套教學課程與教材。本書着重概念與啓發，言論深入淺出，圖解簡明雋永，舉例通俗幽默，不特具有可讀性，而且更具有趣味性，為當前極具有參考價值的一本物理學新書。全書計三十餘萬言，係吾兒宏步，生前最後一本精心譯書。

宏步、籍陝，台灣省立雄中暨中正理工學院電機系二十四期畢業，生性堅毅，率直，好學不倦，文筆流暢，擅譯科技書籍。自軍中因病退役，即專心譯著創作，其譯文散見於各報及雜誌，並為拾穗、科學、機械、自然等月刊長期譯文，深受各刊編輯歡迎，以及廣大讀者之熱愛，更常因各刊約稿，每有應接不暇之勢，譯文已出版者計有飛機原理、照明原理、金工製作，及最近由徐氏基金會出版之一——機車電系，譯技精熟，已至信、達、雅的境界。

當本書正要開始着手翻譯時，宏步的病情已經到了半身癱瘓的狀況、行動已感不便，然而他仍本着堅毅的意志，以無為而為的精神，要為社會、為人群，盡一己之所能，作最大的服務，來與病魔抗拒，不眠不休，整整化費了一年的時間，才完成此一巨冊譯著，其義可欽，其情堪憫，惜未及親見本書問世，不幸被庸醫誤投藥石，而於民國六十七年四月十三日與世長辭。時年三十七歲，英年早逝，天人同悲。

余為達成吾兒譯書版益世之宿願，本書經與徐氏基金會合約出版，當書稿再寄回校正時，重閱原稿，見文筆流暢，字跡清晰工整，其中很少刪改別字，觸情感傷，不禁老淚縱橫，因而感曰：「再見遺稿橫老淚，書出願能慰兒魂。」全書稿巨，無法逐字勘校，遂交由小女宏麗、宏步胞妹校正。在宏步逝世一週年時，曾出專集紀念，本書將作為吾兒二週年紀念，待三週年時，將再印譯文精選一冊紀念，故本書出版目的，實為紀念宏步，慰藉其在天之靈，而絕非圖利。

本書承徐氏基金會合約出版，全書附圖譯註，係由宏步同學黃昶先生補譯，謹此併致謝忱；本書疏漏之處在所難免，敬請學者先進不吝指正。謝謝！

本書譯者之父陳天覺 謹述於台灣高雄 68.12.10.

原 序

給教師

「趣味物理學」一書書名的原文直譯是：「爲自認爲不喜歡物理學的人寫的物理學」（*Physics for People Who Think They Don't Like Physics*）。顧名思義，這是爲主修非科學科目的學生，所編寫的一套課程；本書着重概念的啓發，不在數學上勞神，篇幅足可供兩學期的教學。這樣的描述適合現有的許多書。那麼，這一本有何不同呢？

首先，著者嘗試用一種通俗、談話式的文體來寫，摒棄了浮誇造作的文字。爲了加強這種通俗性，書中穿插了許多卡通風格的圖畫，同時在字裏行間散布著些許幽默。乍看之下，這些好像都是一些單純、平凡的玩笑，但是細加思索就會覺得，這些玩笑已恰到好處地表達出其中的含義。我們發現雖然科學是嚴謹認真的事，却很少有科學家皺著眉頭走來走去。

我們設法少用物理學的行話，因爲我們明白，讀者當中很少人是科學家，此外無論如何，最重要的是觀念，而非物理學的字彙。

論題提呈的次序是依照傳統，由力學開始。不過，討論「純」力學的章節已儘量縮短，另外爲了提高學生學習這一章的興趣，我們加進了太空旅行和地球外的生物兩節。此外，我們了解到，許多教師想不按傳統的順序講授教材，或祇是略去某些論題。因此，我們已設法使這六個單元，儘可能的各自獨立。這樣就造成了一些重複，然而我們認爲，複習重要的觀念總不會有害。

書中配置了許多家庭實驗，只需要一些簡便的設備。希望這些練習有助於瞭解難懂的概念，並加強所討論情況的實在性。

列於每節末尾的目標，是直接摘自該節的教材，可由學生用做研讀指南，或由教師指定爲問題。問題本身常常逾越該節教材的範圍，以促使學生把這些觀念應用到別的情況，把物理學各個部份的概念聯繫起來，或僅僅是同沒有簡單答案的問題搏鬥一番。

給學生

我們請每個學生讀讀前一段——給教師。

正如前一段應該指明的，吸引和保持你的興趣，是寫這本書最關心的事。物理學只不過是對自然的研究，而物理學家對他們的工作滿懷樂趣，所以沒有理由說：非物理學家就不能開心地鑽研物理。

在你開始研讀之前，我們要提請注意：研讀物理學的方式，必須和研讀某些科目的有所不同。重點必須放在「領悟」書中所提出的觀念，而非記憶事實。因此，速讀沒有什麼價值。說得確切點，你在讀完每一段——甚或每一句——後，或許應該停下來，自問是否理解了

這些概念，它們是否符合你的經驗、和你以前學到的。

此外，領悟無法急切獲致，所以匆匆記誦來應付考試，是研讀物理的錯誤方式。就像一個足球隊員在球賽的前一夜，才來從事全部的練習一樣，在比賽中對他的球隊實際毫無效用。你匆匆記誦所得到的，只是一堆死記的術語，而對所涉及的觀念並沒有真正懂得。

再拿運動來打個比方。我們希望你覺得物理有趣，但是真正的樂趣是棒球員（或鋼琴家）體驗到的那種：就是對你嘗試要做的事得心應手，而感覺心滿意足所帶來的樂趣；就研讀物理學來說，是因瞭解了自然的一部分，而獲得的樂趣。好啦！祝你能嘗到樂趣。我們希望你研讀了本課程一半時，本書原來的書名就不再適用於你了。

目 錄

譯序——以代紀念

原序

第一篇 運動力、能量、和生物

緒論

- 第一章 繼續行進..... 5
- 第二章 一對守恆定律..... 31
- 第三章 重力和失重..... 54
- 第四章 怎樣和爲何做太空旅行... 73
- 第五章 太陽系外的生物..... 84

第二篇 物質的形式和特性

- 第六章 萬物根本.....102
- 第七章 固體、液體、和氣體.....112
- 第八章 熱和物質的交互作用.....135

第三篇 聲 學

- 第九章 聲波的產生和描述.....152
- 第十章 聲音現象.....162
- 第十一章 聲音何所似.....177

第四篇 電學和磁學

- 第十二章 靜止的電荷.....185
- 第十三章 電荷運動的驚人事蹟...204
- 第十四章 磁 學..... 229
- 第十五章 感應電壓.....251

第五篇 光 學

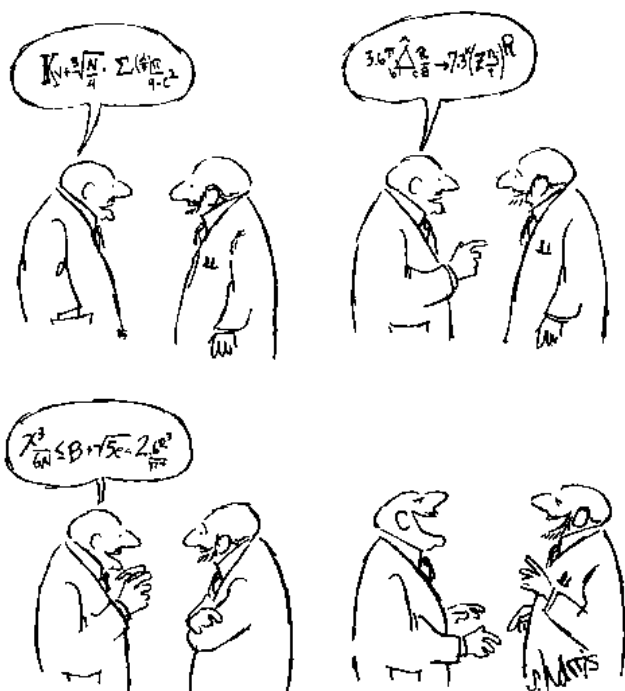
- 第十六章 電磁波.....264
- 第十七章 原子和光.....277
- 第十八章 光在行動.....285
- 第十九章 光學儀器.....309
- 第二十章 光做的怪事.....325
- 第二十一章 奇妙的雷射.....343
- 第二十二章 色 彩.....357

第六篇 $E = MC^2$ 及其他

- 第二十三章 相對論.....368
- 第二十四章 原子核和放射現象.....387
- 第二十五章 核 能.....413
- 第二十六章 原子核的和平用途.....434
- 第二十七章 宇宙射線和基本粒子...445

第一篇 運動、力、能量、和生物

緒 論



每一本看得過去的基本物理教科書，緒論開頭都是談物理學的定義。難的是著者沒法在一個章節裡，說清楚物理學是什麼。界定物理學其實就是這整本書所要探討的，然而物理學必定有一個清晰、簡明的定義。不錯；實際上，有好幾個。最膾炙人口的大概是這個：「物理學就是物理學家搞的事情。」乍看之下這似乎平凡無奇，其實不然。它道出了一項有關物理學界的事實：內容包羅萬象。簡直可以說，物理學家以他的方法所觸及的任何事物，都能叫做物理學，他的確已把他的方法用到了一切事物——從構成原子的粒子到形成宇宙的星雲。那麼，物理學家所用的「方法」，可能就是決定物理學是什麼和不是什麼的關鍵了。這話或許對。也可說部分正確。

物理學家用的方法，基本上就是每門科學所用的方法。說得確切點，它就叫做「科學方法」(Scientific method)。正如一般所講的，科學方法由五個步驟構成：

趣味物理

- (1) 確認問題。
- (2) 猜想（「假設」是比較文雅的字眼）答案。
- (3) 根據假設預測結果。
- (4) 設計並做實驗來查驗預測。
- (5) 發展出一項理論，把已獲證實的假設，和先前已有的知識連繫起來。

然而，科學方法並不是一張解決問題的秘方。你不能以這樣的說法：「首先我們來做第一步……好了，現在該輪到第二步……」，來運用科學方法。不過，在科學理論的發展中，可辨認出上述的步驟。實際上，這些步驟經常重疊，而在一切真正的科學中，都少不了假設和試驗預測的基本概念。

圖 0-1 說明了科學方法的步驟。這五個步驟首尾相啣連成一環，因為在理論形成後，這方法還欲罷不能。一項理論往往會引發前所未見的問題，於是循環再度開始。此外，在科學方法的不同階段之間，常會出現捷徑（虛線箭頭所示）。

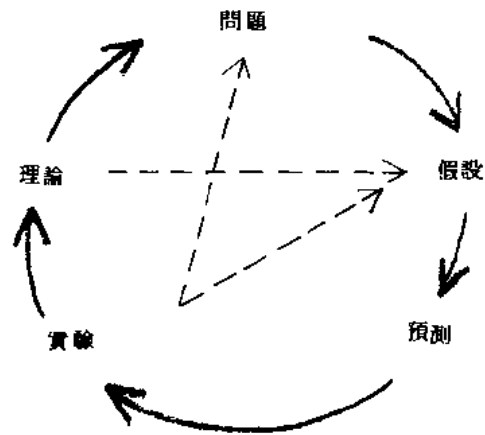


圖 0-1 科學方法的步驟

種 草

此刻說不定你對生物學要比對物理學在行一點，我們不妨從那方面找

個例子，來說明科學方法的步驟。在以後的章節中，你有的是機會看到這個方法，在物理學的場面上大顯身手。

在初級生物科學中，有一項典型的實驗牽涉到種豆。可是由於我們不喜歡豆子，就把這項實驗稍微變一變，改為種草。實驗者想確定影響種子生長成草因素（這是問題）。他判定土壤裡的水量可能是個重要因素。（他於是「假設」水會影響生長。）根據這項非常合理的「猜想」，他預測如果他找來許多花盆，每只盆內撒上幾粒草種子，並向各盆澆注不同份量的水，則草生長的情形會因盆而異。

如果這位實驗者要為他的假設做一番確切的驗證，那麼像如何設計和做試驗之類的決定，就極關緊要了。因為很可能有別的因素，也會影響到草的生長，而他對這些因素不能置之不理。例如，要是他把一盆放在窗台上，而把另一盆放在櫥櫃裡，他的結果大概就不可靠了。他必須謹慎控制每種可能會影響生長的變數。所有的花盆是否必須大小相同？色彩一致？這位細心的研究者設法使每種變數保持一樣，除了他正進行驗證的那種（註一）。雖然控制變數不能算是科學方法的步驟之一，但却是所有科學實驗的一項重要特色。

所以我們好奇的科學家發現，對他的草有個「最合適」的水量。過猶不及都會妨礙生長。接著他要嘗試把這項發現，和他對草的生長已有的知識，以及促使種子發芽的因素，拉上

關係。他或許會就水對青草生長的影響，發展出一項理論來。然而，在做這項實驗時，很可能會引起別的疑問：在這個情況中發揮了最佳效用的水量，在別的環境——比方說，在櫥櫃裡——也會如此嗎？因此，在這個貫通科學方法的循環中，「理論」這一步驟可能不會成立，而是以一項假設重新開始循環。

許多科學活動——尤其是物理學的——不能那麼容易地畫分為科學方法的五個步驟。然而，這個方法通用於一切的實驗科學，包括物理學、化學、地質學、生物學、社會科學、以及這些科學所有的屬類和組合。

五花八門的科學

要弄清楚物理學與其他科學的分別何在，並不容易。它不同於生物和社會科學，因為它主要在討論沒有生命的物體，然而別的自然科學——地質學和化學——也莫不如此。這些科學裡面有許多重疊的部分，就物理學家來說，對地質學家的岩石和化學家的化學物，有很多可談的；而對物理學家視為已有的東西，地質學家和化學家也貢獻良多。

要明瞭物理學家視為已有的，是些什麼，你不妨翻翻物理教科書的目錄表、或一所學院物理系的概況手冊。下列是一部分課題，這些名稱可說不解自明：

電學	聲學
磁學	熱學
原子物理學	光學
核子物理學	天文物理學

其他範圍的名稱，諸如量子力學、相對論、和固態物理學，對不會研習過這些課程的人沒有多大意義。

物理學的內容實在很難規範。冒著觸怒非物理學家的危險，著者禁不住要說化學家研究化學物、地質學家研究岩石、心理學家研究人、生物學家研究生物，而物理學家研究其他的一切事物。

自然的統一性

各門科學內容的難以規範，祇是由於科學的分門別類是人為的，而自然却是統一的。我們希望你從研讀物理所獲致的概念之一是：在整個自然界裡，呈現出全面的簡單、和諧、和完美。如果這種統一性確然存在，那就難怪有許多「混合」科學了，如生物物理學、物理化學、和地球物理學。人已經人為地剖分了統一的自然界。

可是如果我們要瞭解自然，却不得不做某種區分。我們看自然界是無數極端不同事物的組合。例如，物體在釋放後如何落到地面和月亮怎樣行越天空，對這兩個現象所做的研究，其間似乎毫無關聯。所以在過去，有些人集中心力研究墜落的石頭，而有的則研究天體。最後逐漸明白，墜落的石頭和天體有很多相似的地方。但是唯有把每個現象分別探討過，最後才能了然其間的關聯。

趣味 物理

同樣的，當我們對人體知道的越多，則爲了更加瞭解這個非常複雜的上帝創造品，就會發現，生物學家必須請教化學家和物理學家的地方，越來越多。

自然是個整個，當我們對它知道的越多，就能更明顯地看出這種統一性。因此，隨著歲月的消逝，對不同科學學科的需要似乎愈趨減少。然而，却出現了難以解決的困擾；我們懂的越多，就越明白我們有多少不知道的。我們每回答一個問題，就會發現更多的問題。例如：發現原子是由許多部分組成的，算是回答了一些有關原子的問題，但是這些組成原子的部分，却觸發了許多奇妙的問題。物理學之所以趣味盎然，都多虧了這類未獲解答的問題。

科學家和兒童

問題。除非你和一個四歲大的幼童相處過一段時間，你就沒法體驗到問題。小孩天生就滿懷好奇。他們爲自己的疑問尋求答案，不光是會纏著大人問，也會動手實驗。他們是科學家——或許用的是些形同兒戲的方法，可是總還算是科學家。然而，在我們的教育過程中的某個階段，有太多的人學會不要對這個世界，問那麼多問題。到了他們進入中學的時候，他們的好奇心就溺死——或至少是淹沒——在由記誦的和反芻的答案匯成的海洋中。如果人人都失去了這種對自然的好奇心，就不會有科學。科學家保留了一些兒童的本能，用疑惑的眼光來觀察這個世界。而他就像孩童一樣，享受著尋找答案的樂趣。

如果你帶著爲一些有關自然的問題找尋答案的念頭，來研讀物理學，你也能體會出一些這種的樂趣。

目 標

在你研讀完緒論後，你應該能：

1. 說明爲何明確規範物理學是什麼，會成問題。
2. 舉出科學方法所包括的步驟，並用一個圖來說明它的循環性。
3. 做一個實驗，並用它來演示科學方法的步驟。
4. 說明「控制變數」的意義，並舉個例子。
5. 列舉至少五個屬於物理學的學科。
6. 說明爲什麼各門科學間的分界線呈必需的模糊。
7. 舉一個例子，說明在物理學中回答了一個問題，結果難免發現了更多的問題。

實際上，對每種情況他必須用上相當多的種子，因爲如果他每盆僅用兩粒種子，比方說的話，則在某個盆中的兩粒種子可能都是「壞種子」。他在每只盆中撒上許多種子，就能假定各盆中壞種子的數目大致相同。

第一章 繼續行進



人在觀察自然時，對他所看到的許多不同的事物，總想設法來解釋，並從他經歷的事物中，找出規則來。用來尋覓這種規則的方式，要依賴他對自己和對周圍世界的理解力。在本章中，我們要觀察自然界中一些極基本的觀念：力和運動。我們選擇來觀察這些的方法很多，有的是我們日常經驗的一部分；有的則完全相反。

速 率

在物理學界通用的所有術語當中，速率（Speed）無疑的要位居元老之列。人類一直為要從這兒到那兒，並在可能最短的時間內達到目的的欲望所苦。不論是一位古代巴比倫籍的妻子熱切注視著日規，盼望他的丈夫騎著駱駝回來，或是當今都市裡一位持月票通勤的人，速率都是他們絕對關心的事。

我們每天都在用「速率」這個術語。比方說，我們瞥了一眼汽車上的速率計，注意到我們正以每小時 50 公里在奔馳。我們看到的這個每小時 50 公里，是在告訴我們，如果以那個速率行駛一小時，就能走上 50 公里遠。「每小時多少公里」這個措辭，洩漏了速率測度的秘密：只要確定走了多遠，然後除以走完那個距離所費的時間，就求得了速率，如圖 1-1。每小時多少公里沒有什麼神奇的。速率也能以每秒鐘多少公尺（註一）、每秒多少公分來表示，只要你以一段距離，除上用來行駛那段距離的時間，來表示這個量度就行了。

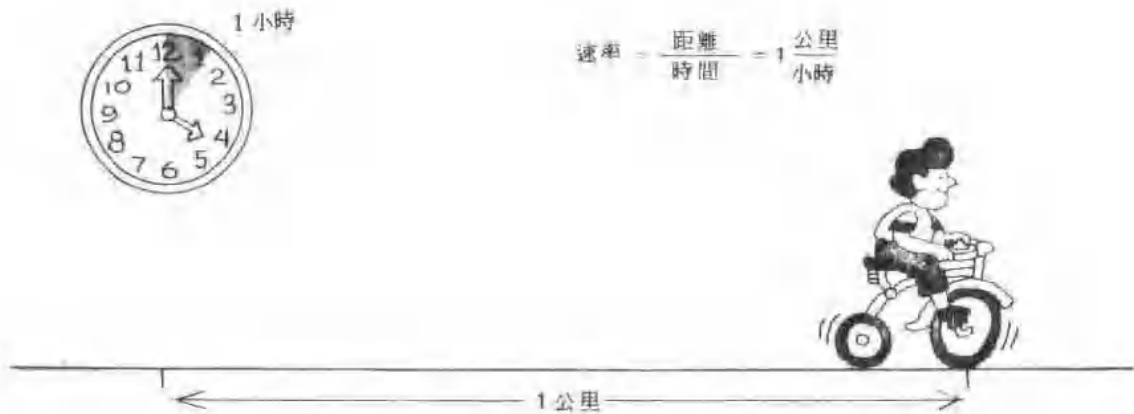


圖 1-1 速率的例子

實驗 1

嘗試估計幾個速率。在桌面上滾動一支鉛筆。看它 1 秒鐘能滾過幾公分？答案以每秒多少公分來表示速率。（爲什麼在本例中用每秒多少公分，要比用每小時多少公里更有意義？）透過窗戶觀察走過的行人。估計他的速率。（此處是否有方便的距離和時間尺度可用？）看著通過的汽車也做個估計。（註二）

加速度

當你駕車在公路上奔馳之際，你通常不會以不變的速率行駛長遠的距離。交通號誌、調整收音機的動作、附近的公路警察巡邏車、和其他因素，都需要你經常改變汽車的速率。速率的改變就是所謂的「加速度」（acceleration）。那麼這種改變如何來測量呢？當你剛跨進車子時，它的速率爲零，而當你駛離停車位置時，它的速率增加了一——汽車加速了。速率告訴你行駛距離隨時間改變的程度。圖 1-2 是一個計算加速度的例子。一輛汽車從靜止開始

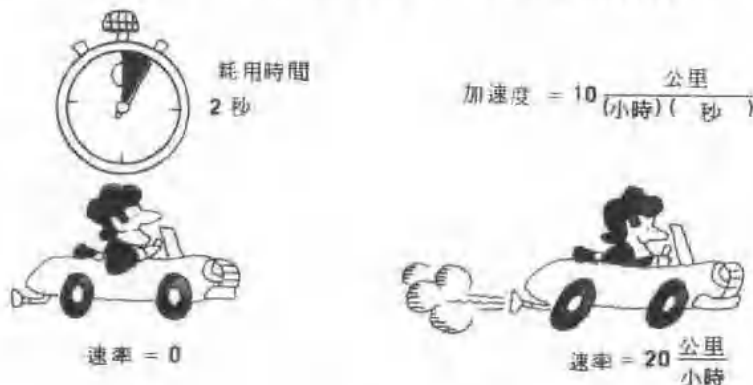


圖 1-2 加速度的例子

，並在 2 秒鐘內加速到每小時 20 公里的速率。在這 2 秒鐘內，速率的改變是每小時 20 公里。因此，加速度就是每小時每 2 秒鐘 20 公里，這就是說汽車平均以每秒鐘每小時 10 公里來改變速率。加速度最好以每秒每小時 10 公里來陳述。再想一想就會知道，如果你以這個加速度再繼續 1 秒鐘，就能達到每小時 30 公里的速率，再 1 秒鐘為每小時 40 公里。

試行計算圖 1-3 所示的加速度。我們提出這項練習是因為經過實際計算一兩個加速度後，你對加速度的意義應有更清楚的認識（註三）。

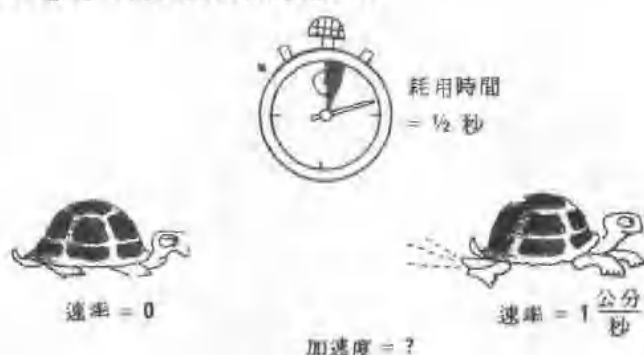


圖 1-3 試計算它的加速度

加速度和速率間的區別很是重要。當我們說一輛汽車有極大的加速度時，並不表示它就有很大的速率。一輛汽車可能很快地由靜止達到每小時 20 公里的速率，如在第一個例子中的情形。因此它可說有很大的加速度，但速率不高。另一輛車或許由每小時 60 公里變速到 70 公里，而費了相當的時間——比方說，10 秒鐘。它的加速度可說是偏低（每秒每小時 1 公里），但速率却很高。

因重力而生的加速度

在第三章中，我們會了解到一切物體，不管是重或輕，都是以相同的方式墜落。一塊磚和一只網球在釋放後，會同時碰到地面。顯而易見的，如果它們由靜止下墜，並同時落地，則在墜落時，兩者的運動應在各方面都是一樣。因為它們都受到了加速，所以必定以相同的加速度墜落。（我們略去了空氣阻力的影響，空氣阻力會使墜落的時間有別，要是拿一張紙和一块磚來比較，時間的差異就很顯著。）

伽利略·加利利（Galileo Galilei）對一切物體在真空中，會以相同加速度墜落的理論，首先提出了似乎有理的論據（註四）。從他的著作可以看出，他就加速物體做了許多實驗，說得確切點，他最先界定出加速度，所用方式正如前一段所述。他的方法是把球沿一微傾的斜面滾下，並測量在連續的時間間隔內，球所滾過的距離。斜面的目的在大幅滯緩球的滾動，使他能做準確地測度（註五）。他接著把斜面增加到較陡的角度，並重做這項實驗。由於落體可視為滾下垂直斜面的球，所以縱然精確測度這種運動還辦不到，他也能引出有關自由落體的結論來。

伽利略的實驗之所以重要，有兩個理由：(1)這些實驗表明了物體是以相同的加速度墜落

(在物體墜落時，這加速度保持不變)，然而更要緊的是，(2)倡導了以實驗的方法，做為科學研究的一個必要環節。在他那個時代，對自然現象的探討主要視為一種心智的活動。實驗並不認為有多大的重要性。至於談到某件事情為何和如何發生的，則訴諸邏輯的議論，若在邏輯上看不出有前後矛盾的地方，這議論就可視為真理。若一項論據的創始者來頭夠大的話，那這項論據就成了「神聖不可侵犯的」了；他們就給援引為這個論題的權威，而在一項理論背後的權威，或許就成了接受或拒絕這項理論的主要決定因素。今天我們喜歡把實驗的證據，想成是科學中「證明布丁味美」的東西，但是我們仍保留了一些舊式對權威的信賴。如果我們搬出了一位專家，有時因不願懷疑他的假設，而表現出不科學的態度。

伽利略認為物體到處都是以同樣的加速度墜落，然而實際上，地球上的重力因地而略有差異，因此一自由落體所感受到的加速度，因位置的不同而略有變動。不過，根據測量的結果，地球上每個地方的加速度都是大約每秒每秒9.8公尺（註六）。換句話說，任何落體的加速方式如出一轍，都是以每秒9.8公尺/秒的比率在改變速率。一只球由靜止從一座高樓頂上墜下（圖1-4），則1秒鐘後，它將以9.8公尺/秒的速率行進。2秒鐘後，它的速率要增加到19.6公尺/秒，再過1秒鐘後達到29.4公尺/秒，依此類推。

若球是向上拋（圖1-5），因重力而生的加速度雖還是一樣，但是效果却相反，現在是以每秒9.8公尺/秒的比率來滯緩物體。若這球在離手的瞬間有29.4公尺/秒的速率，則1秒鐘後，它將只以19.6公尺/秒的速率上升。再過1秒鐘，它的速率將要減到9.8公尺/秒，最後再過1秒，就會停止不動。這球接著就往下墜回，就像它是由靜止從上面落下一樣。

在圖1-6中，一物體從一高樓的邊緣向上拋。驗證它的速率是否如圖上時間旁邊所註記的。還要注意在它路徑的頂端，雖然速率在那一瞬間為零，但加速度不是零。這似乎有點奇怪，但是要知道，如果這物體在某一時向上升，而在稍後的時間要向下移動，則在其間的某個時間它必須停止運動。這變化是在一極短的時間內進行。然而在那段時間，它的速率必須改變，所以它的加速度不為零；就像在物體飛行的其餘時間一樣，這加速度是實實在在的9.8公尺/秒²。

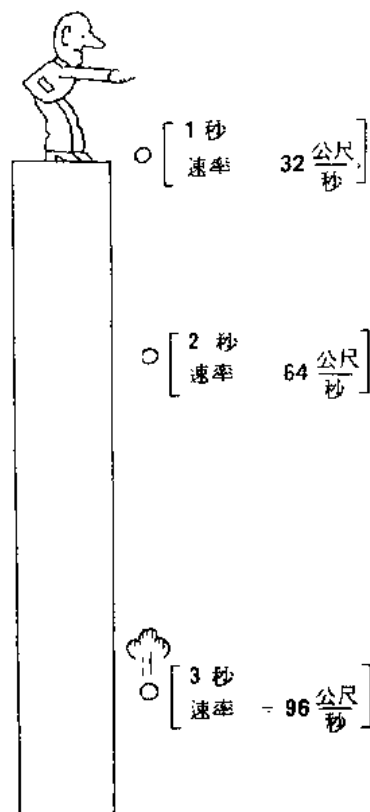


圖1-4 一墜球的加速度。(如果此人再向前傾身一點，他就會以相同的加速度墜落。)

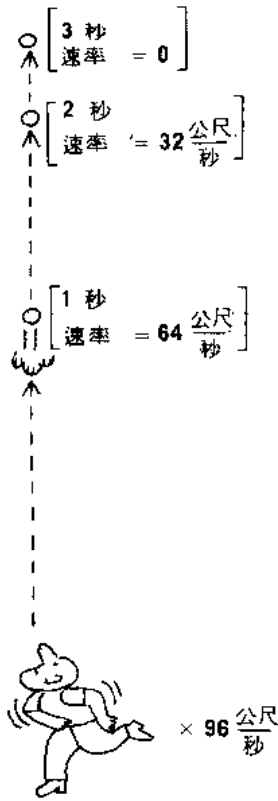


圖 1-5 一上拋物體的加速度（或減速度）。

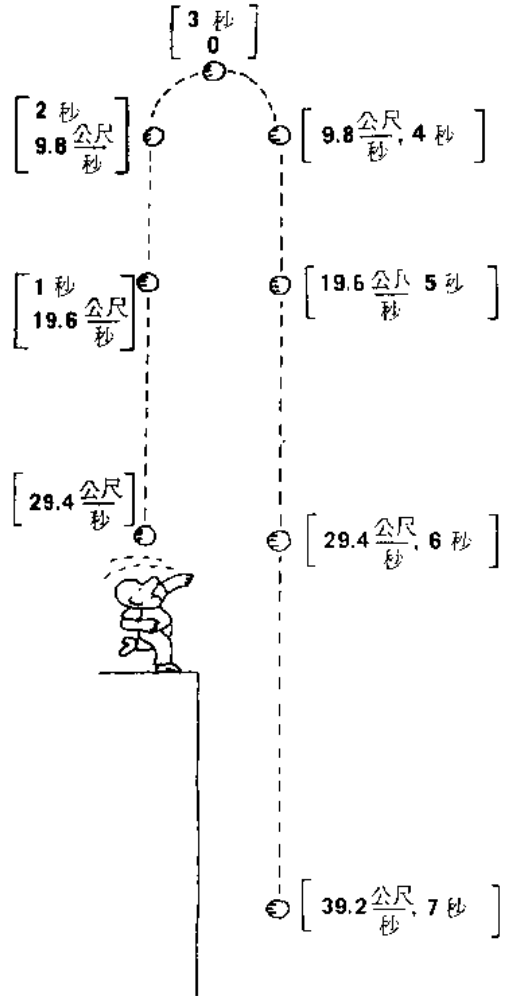


圖 1-6 查驗這個加速物體旁的數字。（如果你試著這麼擲的話，你會發現，球不會如圖所示的在頂上彎曲。它會落到你頭上。）

牛頓的慣性定律

想像下述的實驗：拿一隻鞋在粗毛氈上推送。會發生什麼情況？在你放手後，它很快就停住了。古希臘人想專注於物質的這一方面。他們說物質的自然狀態就是要停止。當一個物體開始運動時（如上述的鞋），它必然要歸於停止。然而拿同樣的鞋，在很光滑的地板上推送。現在會發生什麼情況？它還是會停止，但不是立刻就停止。在 16 世紀和 17 世紀之間，伽利略研究了運動，並推斷人是從無效的觀點來思慮它。他說物質的天然狀態是一旦開始了運動，就要保持運動。物體並不「必然地」要停止；却「必然地」要繼續移動下去。這話說得通嗎？我們放眼周圍，所看到的一切移動的物體，最後都停了下來。然而為什麼在厚氈上推的鞋子，要比在光滑地板上推的鞋停得快？一定有什麼東西拖住了地氈上的鞋，我們把這東西叫做「摩擦」（friction）。如果我們在更平滑的地板上推送鞋子，並想像鞋底是絕對地光滑，試問會怎麼樣。它能永遠滑溜下去嗎？要是沒有摩擦，它就能！「噢」你說：「可是那是個假想的情況呀！它在地球上的現實情況中並不存在。」不錯。然而我們可以

看出，如果我們思考一下這個假想的情況，就能對運動有很多瞭解，然後再加上摩擦——一種複雜的效應，就能對在真實環境中所發生的情況，有所認識了。

這個有關運動的新概念，由牛頓（Isaac Newton）（註七）做了明確而有系統的陳述，部分可說明如下：靜止的物體傾向於保持靜止，而運動的物體傾向於保持等速直線的運動。我們對物體自知在運動狀態，並加以保持的這種趨勢，命名為「慣性」（inertia）。

假設你坐在一輛疾駛的汽車裡，而司機猛然踩住了剎車（圖 1-7）。你發覺自己向前衝去，因為你的身體有慣性。在緊急剎車之前，你正以某個速率行進，而你的身體就想以那個速率繼續行進下去。實際情況也正是如此，直到有什麼東西阻擋了你的身體。一條安全帶向你的身體施加了一股力量，免得向前衝去，要是由擋風玻璃來做這項工作，那就糟透了。這些觀念所得可容我們對原先有關物體運動的敘述，做如下的修正：靜止的物體保持靜止，而運動的物體繼續做等速直線運動，除非有力量作用其上，來改變這個運動。



圖 1-7 如果擋風玻璃所應的力量，不足以擋住這位不幸的乘客，就會發生這種事。



圖 1-8 用高爾夫球桿打保齡球的結果。

再看一個慣性定律的例子，試想兩塊質料相同並且各方面都相似的石頭，但一塊大如保齡球，而另一塊只有乒乓球那樣大小（圖 1-8）。如果你想用一根高爾夫球桿來打它們，會發生什麼結果？兩塊石頭此刻都在靜止中，慣性使它們寧願待在那個狀態。當你用高爾夫球桿敲擊時，就是供給了使它們運動所需的力量，小石塊可能飛出相當遠的距離，而較大的石塊却幾乎一動也不動。大石塊比起小的來，具有較大的慣性。因此，不同的物體可能就有不同大小的慣性。

重量和質量

質量（mass）是用來描述一物體有多大慣性的術語。一個很重的物體需要很大的力量