

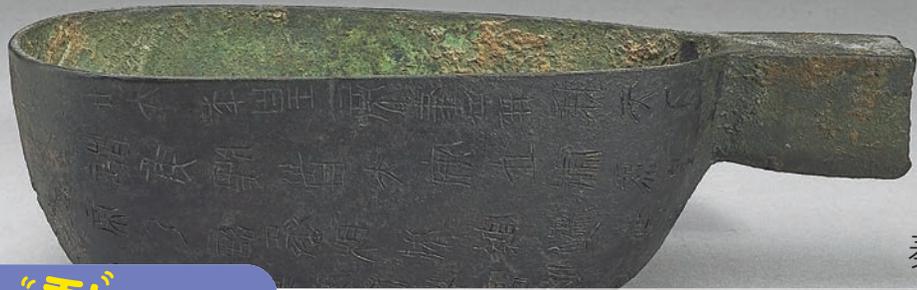


# 科學的態度與方法

- 1-1 科學的態度與方法
- 1-2 物理學簡介
- 1-3 物理量的單位

刻度尺上，總是標記了多種不同的單位，你知道它們分別代表什麼嗎？若每個國家所使用的單位都不同，在這個全球化的社會裡，會出現什麼問題呢？

秦始皇  
頒布官製的度量衡銅器、確訂制度。



秦量



思考動起來！

單位的統一

1960年，國際度量衡大會正式公布國際單位制，包括公尺、公斤、秒等幾十種計量單位。而自2019年5月20日，國際單位制又被重新定義，顯示國際上仍然不斷探索更多領域的統一度量標準。其實早在兩千年前，秦朝便有統一度量衡的意識了。

秦朝作為中國歷史上第一個封建王朝，統一度量衡既不會增加稅收，又不能抵禦外敵，為何要如此大費周章的統一度量衡呢？請同學們試著想想，若是今日沒有所謂的國際單位，對生活會有什麼影響？對現今的科技又會有什麼影響呢？

## 1-1

## 科學的態度與方法

註

伽利略，Galileo Galilei，  
1564～1642，義大利人。

生活中有許多擺動現象，例如，小朋友常玩的盪鞦韆就是其中一種（圖 1-1），你可曾仔細地觀察過鞦韆擺盪的情形嗎？

據說著名的物理學家伽利略<sup>註</sup>在比薩大學讀書期間，有一次到教堂做禮拜時，看到點蠟侍者不小心把蠟架弄動了，蠟架先是較大幅度的擺動，而擺動幅度隨著時間慢慢變小，最後停住。伽利略好奇的自問：「擺動時間是否會隨著擺幅變小而愈來愈短呢？」

當時學醫的他利用數自己脈搏跳動的次數來測量蠟架擺動一次的時間，驚奇的發現，每次擺動的時間居然準確地相同。

伽利略後來又做了數次實驗來確認。他將繩子的一端固定，另一端繫住一顆石頭，重新做一次擺動實驗。他發現每次擺動的時間確實一樣。除此之外，他還發現，當繩子的長度固定，不管所繫的石頭重量為何，每次擺動的時間都相同。

伽利略想到，如果能夠設計一個與正常人脈搏跳動頻率相同的單擺，是不是就可以用來測量病人脈搏跳動的速率是否過快或過慢？從而協助診斷病人的身體狀況。這就是最早脈搏計的發明。

### 思考 JP

同學們，你覺得單擺可以有什麼用途呢？

▼ 圖 1-1 盪鞦韆是生活中常見的擺動現象。

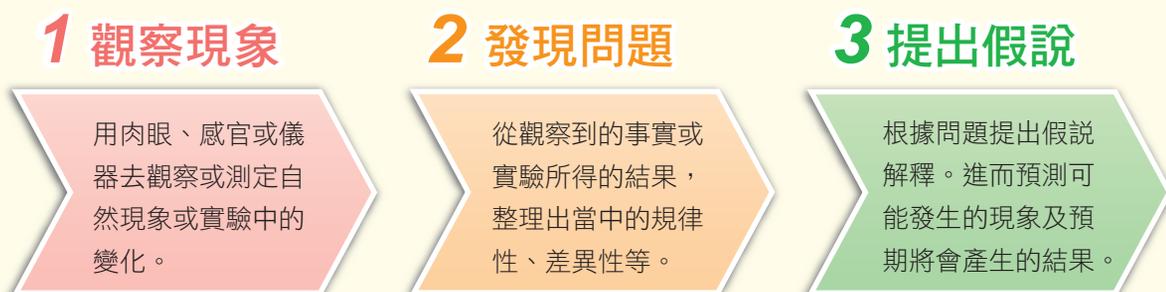


一個偉大科學家的成功絕不是偶然，伽利略具備旺盛的好奇心與求知欲，儘管只是生活中的尋常現象，他仍然充滿好奇；且在身邊沒有測量時間的工具下，能想到運用自身的脈搏來測量時間，從而發現擺動的時間相同。而為了進一步驗證，他設計實驗裝置並確認發現的結果確實成立，即在擺幅不大時，單擺週期與擺幅大小無關。可是他仍不滿足於此，而是更進一步思考究竟影響單擺週期的因素是什麼？再以理性、客觀的態度設計各種不同變因的實驗（改變擺錘重量、擺繩長度等），最後得到結論，公開發表，接受世人的審視。

像伽利略這樣從觀察生活現象，到不斷的實驗求證、確認結論的過程，開啟了近代實驗科學研究的先河。這種態度稱為**科學態度**，而像他這樣的方法即為**科學方法**（scientific method）。

科學方法指的是一套有系統的程序，從觀察、發現、歸納到推論（圖 1-2），其中的第 6 階段，若假說被推翻了，並不表示實驗就是失敗，而是證實了假說不夠準確，需再思考調整，並回到程序 3 重新提出假

▼ 圖 1-2 科學方法程序示意圖。



說，進行實驗驗證。而當假說通過初步驗證後，表示這可能會是一個新的科學觀點，可藉由公開發表，提供給大眾參考，並接受他人重複測試的挑戰。

科學是一門嚴謹的學科，利用經驗實證的方法對各種現象進行研究歸納，最後所得的結果與知識也必須經得起檢驗。就是經過這樣千錘百鍊的實驗與檢視，才淬鍊成今天如此寶貴的科學知識。

不過我們也要強調，科學不是「正確」的代名詞，現今所有的科學知識仍舊持續接受著各式各樣的檢視與挑戰，或許哪天一個突破性的發現會讓今天已確認的科學知識再重新修正也都是有可能的。

遙想在古希臘時代，托勒米<sup>註1</sup>所提倡的地心說，認為地球是宇宙的中心，此學說稱霸歐洲長達十幾個世紀。直到哥白尼<sup>註2</sup>提出日心說，在當時因顛覆了人們原有的想像而被排擠，但後來也被檢視確認而取代地心說成為主流。時至今日，不管是地心說還是日心說，我們知道那都是人類探索自然現象的一個歷程，儘管以今日的眼光來看，兩者或許都還不夠周延與完備，但它們確實是科學發展史中一個重要的里程碑。

註

1. 托勒米，Claudius Ptolemy，100~170，羅馬人。
2. 哥白尼，Nicolaus Copernicus，1473~1543，波蘭人。

## 4 實驗驗證

根據所提出的假說，設計能檢驗假說的實驗並加以驗證。

## 5 結果分析

收集實驗所得的各項數據資料，進行適當的統計分析。

## 6 確認假說

根據分析結果對實驗下結論，即推翻假說或驗證假說。

假說不夠準確

## 1-2

## 物理學簡介

物理學是研究物質與能量（交互作用、巨觀與微觀世界的本質）的學問。物理學所探討的對象包含了整個自然界中的各種物體，小至各種基本粒子，大至浩瀚的宇宙都涵蓋其中。人類藉由物理學認識物質世界、解開物質的組成結構及物質與能量間的各種交互作用。物理學是理論和實驗緊密結合的科學，理論的正確性必須受到實驗的檢驗，而實驗進行的方向往往又受到理論的影響，兩者相輔相成推動著物理學的研究持續向前邁進。

物理學依照其研究方法的不同可分為理論物理學與實驗物理學。理論物理學是藉由邏輯思維及各種數學工具的輔助，來推論並建立物理理論，用以預測新的物理現象或解釋既有的實驗結果。而實驗物理學則是以各種物理現象的觀察與量測為主，利用實驗的結果來驗證未經證明的物理理論或歸納出新的物理定律。同時，理論物理學家也要藉實驗數據輔助，實驗物理學家也可依理論的預測設計實驗來驗證。

一般來說，物理學依研究所涵蓋的範疇不同，主要可分為下列各領域：力學、聲學、流體力學、熱學、光學、電磁學、量子力學及相對論等（圖 1-3）。近年來在物理學中熱門的研究領域尚有：核物理學、粒子物理學、凝態物理學、天文物理及宇宙學等。



流體力學



熱學



電磁學

▲圖 1-3 物理學在各領域之應用。

從十八世紀工業革命開始至今，人類生活中的食、衣、住、行、育、樂皆因為物理學的研究結果與應用有了巨大的改變與躍進。如今所呈現出來的各種物理理論，是科學家們透過觀察、實驗、分類及歸納所演繹出的知識系統。我們大致上可以用1900年普朗克<sup>註</sup>提出的量子論作為分界，1900年以前所發展出來的物理學稱為**古典物理**，主要包含了力學、熱學、光學及電磁學等；而之後所發展出來的則稱為**近代物理**，主要包含了相對論及量子力學等。以下將針對物理學中主要領域的發展與代表性人物作簡單介紹。

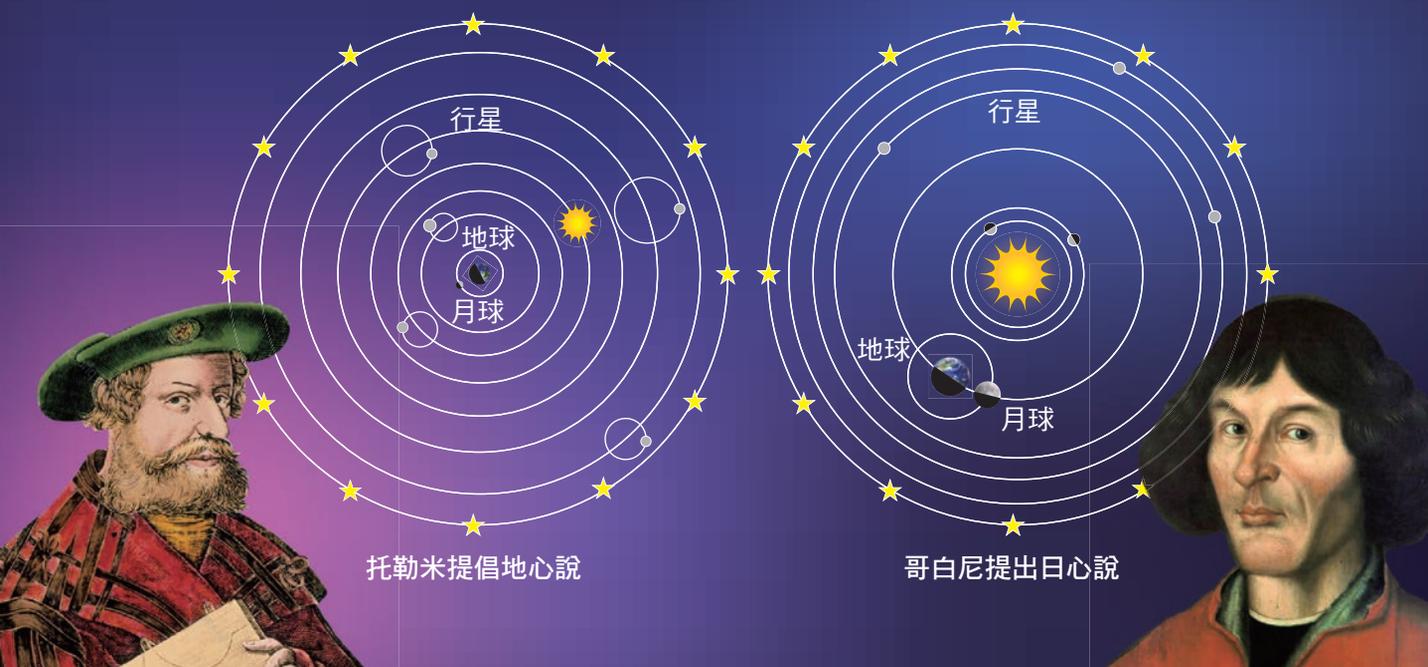
註

普朗克，Max Planck，1858～1947，德國人。

## 一、力學

天文觀測可說是科學萌芽的開端，亦對力學的啟蒙與發展影響甚鉅。文藝復興時期時，波蘭的天文學家哥白尼根據觀測的事實提出日心說，顛覆了托勒米所提倡的地心說，認為地球及其他行星均環繞著太陽運轉（圖1-4）。

▼圖1-4 地心說與日心說之示意圖



丹麥天文學家第谷（圖 1-5）經過多年的細心觀察和記錄，獲得當時行星準確之角位置（誤差小於 0.067 度）的詳細數據。這些數據最後經由克卜勒（圖 1-5）多年的繁雜計算和嘗試後，於 1609 年提出行星運動第一、二定律。再經過 9 年的辛苦工作，秉持宇宙應該有和諧性，而得出行星第三運動定律。

克卜勒的三個行星運動定律是第谷的精確科學觀測和克卜勒的嚴密數學推算之結晶；這三個定律的發現對推動天文學和力學的發展起了重大的關鍵作用。

▼圖 1-5 位於捷克布拉格的第谷與克卜勒紀念像。

#### 第谷

Tycho Brahe

1549~1601，丹麥人

第谷是偉大的天文觀測家，其數據可精準至 1/60 度，比哥白尼時代的數據還好上 20 倍，晚年定居布拉格。

#### 克卜勒

Johannes Kepler

1571~1630，德國人

克卜勒在成為第谷的助手前已對天文學有所研究，並著有《宇宙的奧秘》一書，也因此書得到第谷的賞識，因而到布拉格當第谷的助手。



TYCHO BRAHE  
JOHANNES KEPLER

同一時期，伽利略為了破除亞里斯多德的運動理論<sup>註</sup>，進行了自由落體運動實驗。為了降低重力的影響以作更精確的測量，他設計了物體在斜面上運動的實驗，得出以數學形式表達自由落體運動的規律，這一實驗證實了亞里斯多德落體理論的不正確性。

伽利略更進一步發現慣性定律、單擺振動的週期性、木星有4顆衛星、太陽有黑子等，並發明天文望遠鏡、溫度計。更重要的是，他開創了近代科學研究的方法，提倡將理論和實驗以邏輯論證相結合，因為唯有建立在實驗基礎之上的理論才是穩固的。從伽利略開始，物理學才真正走上蓬勃發展之路。

牛頓（圖 1-6）統整了克卜勒、伽利略等人的研究結果，提出了萬有引力定律和牛頓三大運動定律。為了處理牽涉運動的問題，牛頓還發明了微積分。牛頓在他的經典著作《自然哲學的數學原理》中，將天體力學和地表上一般物體所適用的力學予以整合。他憑藉著勤於思考、專注研究和奮發好學的精神，使之善於繼承前人的成果，完成了物理學史上第一次的大統整。使得古典力學在十八世紀時已經發展得相當成熟，成為了自然科學中非常重要的學門。

註

亞里斯多德，Aristotle，384～322 BC，古希臘人。其落體運動理論認為重物體掉落速度快於輕物體。

牛頓

Isaac Newton

1642～1727，英國人

我提出三大運動定律  
及萬有引力定律古典力學中最具  
代表性的科學家

► 圖 1-6 牛頓與其對力學的貢獻。





▲圖 1-7 伽利略溫度指示器，現今成為精美的藝術品。

## 二、熱學

兩千多年前，古希臘人根據鑽木取火的現象，即摩擦生熱，認為火是一種運動的表現形式。十六世紀末，伽利略利用物質熱脹冷縮的特性，製造第一支溫度計（其實是溫度指示器，上面沒有刻度）（圖 1-7），為人類量熱技術發展的始祖。1840～1878 年間，焦耳利用將電能轉換為熱能及各種不同機械生熱的方式，最後確定了功與熱之間轉換的量化關係，提供能量轉換和能量守恆定律重要的實驗依據。

自十七世紀，蒸汽機問世之後，使得蒸汽動力技術實用化，並帶動產業革命，進而改變人類生活的面貌。在蒸汽機的發展過程中，科學家追求提高蒸汽機將熱轉換為功的效率，雖然最後發現熱、功轉換的效率不可能達到百分之百，但其過程推動了許多熱學相關實驗的進行，並促使了克耳文（圖 1-8）及克勞修斯<sup>註</sup>等人建立古典熱力學。

### 註

克勞修斯，Rudolf Clausius，  
1822～1888，德國人。

▼圖 1-8 焦耳及克耳文與其對熱力學的貢獻。

### 焦耳

James Prescott Joule  
1818～1889，英國人  
確立了功與熱之間的轉換關係。

### 克耳文

William Thomson Kelvin  
1824～1907，英國人  
國際單位制中，溫度的轉換單位就是以其名字命名。

古典熱力學奠基者之一



### 三、光學

早在古希臘時期歐幾里得<sup>註</sup>的著作《反射光學》中，就已描述了反射定律。克卜勒有系統地研究光學，於1611年發表《折光學》一書，他雖然沒有建立折射定律，卻發現全反射現象。而後由司乃耳<sup>註</sup>於1621年，發現了光的折射定律。至此光學形成一門科學，而反射定律和折射定律奠定了幾何光學的基礎。

1666年，牛頓發現光的色散現象，並於1704年出版《光學》一書，針對光的本性提出光的微粒說，認為光是由許多物質微粒所組成。1690年，惠更斯<sup>註</sup>提出了光的波動說。光的本質到底是微粒或是波動？此問題在物理學界爭論了很長一段時間，部分原因是由於牛頓在學術界擁有崇高的聲望，另一原因則是惠更斯未能用嚴密的數學來發展波動說，所以在此時期微粒說比較被廣為接受。

直到1801年，楊氏（圖1-9）以光的雙狹縫干涉實驗證實了光的波動性，微粒說的地位開始被動搖，且後來因為微粒說對於光在水中及空氣中速度快慢的預測發生錯誤，於是光為波動的想法自此至廿世紀初一直被物理學家所確信。然而後來在近代物理學的發展中，再度證實光同時具有粒子和波動兩種特性。

註

1. 歐幾里得，Euclid，約330～約275 BC，希臘人。
2. 司乃耳，Willebrord Snellius，1580～1626，荷蘭人。
3. 惠更斯，Christiaan Huygens，1629～1695，荷蘭人。



► 圖 1-9 楊氏與其對光學的貢獻。

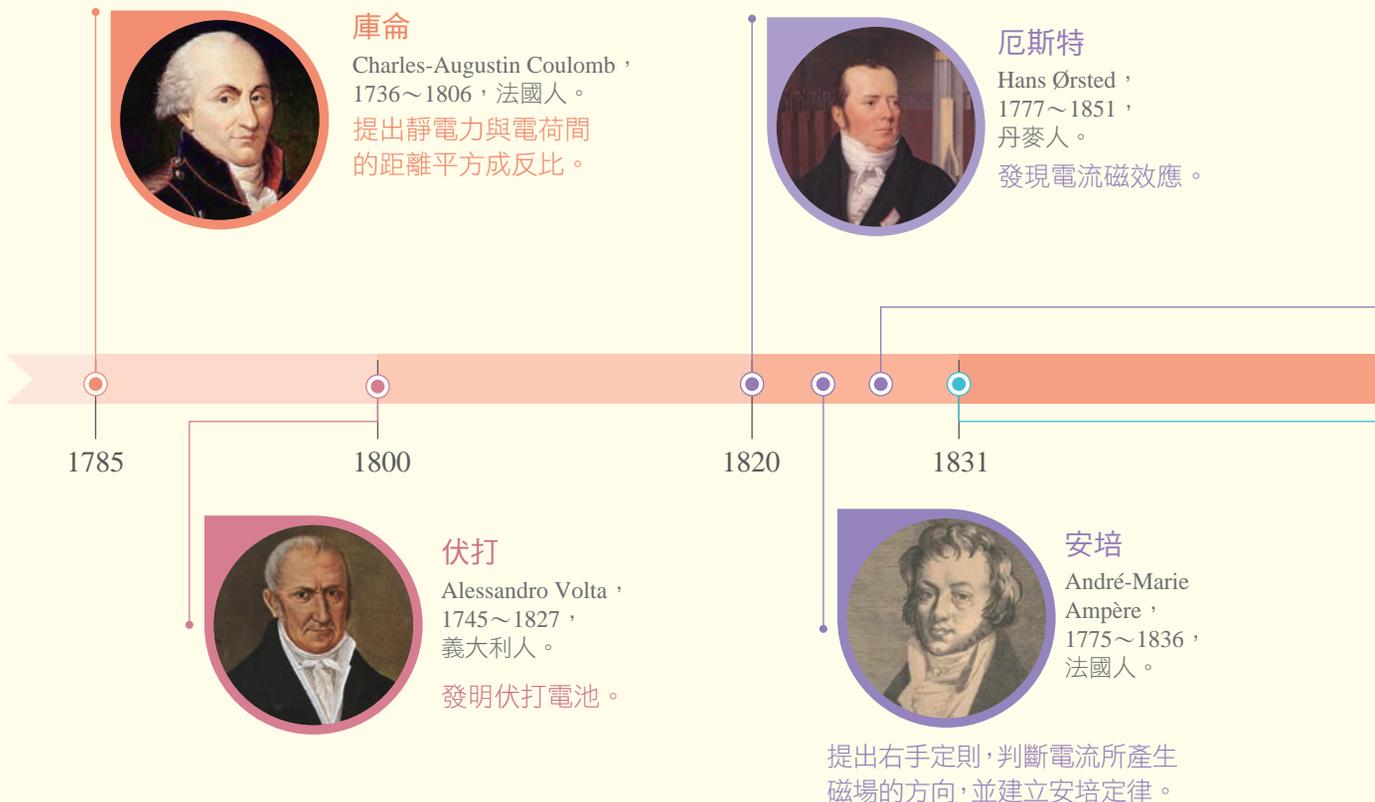
## 四、電磁學

註

電磁學相關科學家，皆在圖 1-10 內介紹。

1785 年，庫侖（圖 1-10）<sup>註</sup>發表用扭秤實驗得到兩個點電荷間的靜電力量值與電荷間距離平方成反比的定律，使電學進入了定量研究的階段。1800 年，伏打發明可以產生穩定電流的伏打電池，電學的研究由靜電發展到電流現象的探討。1820 年，厄斯特發現電流的磁效應，突破了電學與磁學彼此不相干的情況，造就十九世紀電磁學的蓬勃發展。

▼圖 1-10 電磁學的發展



法國科學家安培重複厄斯特的實驗，提出右手定則判別電流磁效應的磁場方向，且安培更進一步研究載流導線之間的相互作用，建立安培定律。同一時期，必歐和沙伐兩人也歸納出電流與磁場的數學關係。1831年，英國物理學家法拉第發現電磁感應現象。到了1865年，馬克士威發展法拉第的思想，將電與磁的各種現象及理論加以整合，成為完整的電磁學理論，並認為光是一種電磁波。1887年，赫茲以實驗證實電磁波的存在，並測得電磁波的速度，開啟了人類使用電磁波通訊的新頁。



**a** 必歐

Jean-Baptiste Biot ,  
1774~1862, 法國人。

**b** 沙伐

Félix Savart ,  
1791~1841, 法國人。

歸納出電流與磁場的數學關係。



**赫茲**

Heinrich Hertz ,  
1857~1894 ,  
德國人。

以實驗證實電  
磁波的存在。

1865

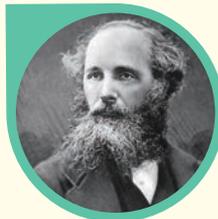


**法拉第**

Michael Faraday ,  
1791~1867 ,  
英國人。

發現電磁感應現象。

1887



**馬克士威**

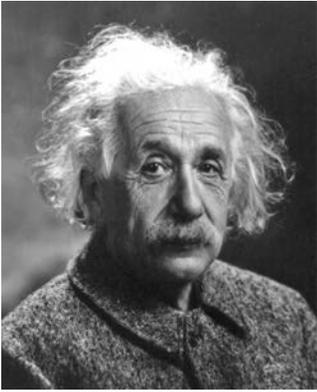
James Clerk Maxwell ,  
1831~1879 , 英國人。

集電磁學理論之大成，  
並認為光是一種電磁波。

## 五、近代物理學

到十九世紀末，古典物理學已經相當完備。當時甚至有人認為今後物理學的工作，只剩下將以往實驗的精確度改進而已，不會再有什麼重要的新發現了。

直到十九世紀末，在與熱輻射及光有關的特定實驗中，部分實驗結果無法由古典物理學來解釋。因此，物理學家開始嘗試嶄新的想法來解決這個困境。1900年普朗克提出能量量子化的概念，成功地解釋古典物理在特定熱輻射實驗中無法解決的問題。1905年，愛因斯坦（圖 1-11）提出光量子概念成功解釋光電效應。1913年，波耳<sup>註1</sup>引入量子化的概念，提出氫原子模型，合理解釋氫原子光譜與元素週期表。其後，薛丁格<sup>註2</sup>、海森堡<sup>註3</sup>及狄拉克<sup>註4</sup>三人以普朗克的量子論為基礎，發展出探討微觀世界中物質粒子行為的理論，稱為**量子力學**，物理學的發展正式邁入新紀元。



▲圖 1-11 愛因斯坦，Albert Einstein，1879～1955，出生於德國，提出相對論，為二十世紀最重要的科學家之一。

### 註

1. 波耳，Niels Bohr，1885～1962，丹麥人。
2. 薛丁格，Erwin Schrödinger，1887～1961，奧地利人。
3. 海森堡，Werner Heisenberg，1901～1976，德國人。
4. 狄拉克，Paul Dirac，1902～1984，英國人。

1905年，愛因斯坦發表**狹義相對論**（special relativity），提及時間與空間均是相對的。並於1915年發表**廣義相對論**（general relativity），考慮重力對時空所造成的影響。

相對論及量子力學為近代物理學的兩大基石，且對於二十世紀中各領域之物理學，如：核物理學、粒子物理學、天文物理學及宇宙學等的發展影響深遠。這些理論的相關應用也為人類的科技文明與生活水平帶來全新的面貌及無限的可能性。以現在相當普及的手機來說，它的通訊機制、全球定位系統及中央處理器，就分別應用了電磁學、相對論及量子力學，可以說是物理學家們智慧的結晶。

# 1-3 物理量的單位

早期人類透過描述其對自然現象的感官知覺而構成知識，但只限於定性的理解，科學定量知識的發展，促使人類對量測能力的要求日漸提高。

## 一、國際單位制

全球各地的科學研究成果必須使用公認統一的度量標準才能進行交流。因此，1875 年第一屆國際度量衡大會（CGPM）<sup>註</sup>在巴黎召開（該組織每四年集會一次，討論國際單位制之改進及審查會員國最新研究發展出來的量測標準）。1960 年於巴黎第十一屆國際度量衡大會中，正式將公制單位系統命名為**國際單位制**，簡稱 SI 制（取自法文 *Système international d'unités*）。

1971 年，第十四屆度量衡大會中決定採用七個基本單位，分別是公尺、公斤、秒、安培、克耳文、莫耳及燭光，用來作為長度、質量、時間、電流、熱力學溫度、物量及光強度等七個基本物理量的單位。（圖 1-12）

基本單位的標準在 2019 年 5 月 20 日起又再重新調整並採用新的定義。七個基本單位分別以光速  $c$ 、銻原子鐘所釋放的特性光子頻率、普朗克常數（Planck constant） $h$ 、波茲曼常數（Boltzmann constant） $k$ 、基本電荷（elementary charge） $e$ 、光視效能<sup>註</sup>（luminous efficacy） $K_{cd}$  和亞佛加厥常數（Avogadro's constant） $N_A$  來定義。

註

1. 國際度量衡大會，General Conference on Weights and Measures。CGPM 為法文「Conférence générale des poids et mesures」之簡稱。
2. 光通量與光源輻射通量的比值。



▲ 圖 1-12 國際單位制。

## 二、導出單位

由基本單位組合而成的單位稱為**導出單位**，例如：力的單位牛頓（N）即為導出單位，我們可以根據牛頓第二定律用基本單位將其表示為  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ 。力學中經常使用的長度、質量、時間等三個物理量，其所對應的基本單位定義如表 1-1 所示。



◀ 圖 1-13 鉑銱公斤原器

由 90% 鉑與 10% 銱所製成之圓柱體，其高度和直徑皆為 3.917 公分。

▼ 表 1-1 力學中常見基本單位的定義。

物理量	單位	定義
長度	公尺	1 公尺為光在真空中傳播 299 792 458 分之 1 秒內所行的距離。 (1983 年第十七屆國際度量衡大會決議採用)
質量	公斤	原 1 公斤的定義為存放於法國國際度量衡標準局中，由鉑銱合金所製成之公斤原器的質量（圖 1-13）。2019 年起，改以普朗克常數 $h = 6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 來定義。
時間	秒	1 秒等於銫 133 原子在基態中的兩個特定能階間躍遷所輻射電磁波週期之 9 192 631 770 倍的持續時間。(1967 年第十三屆國際度量衡大會決議採用)

### 例題 1-1

◆ 對應習題：5

- (1) 物質的密度  $\rho = \text{物質的質量 } m \div \text{物質的體積 } V$ ，試以 SI 制寫出密度的單位？  
 (2) 力  $F = \text{物體的質量 } m \times \text{物體的加速度 } a$ ，請問如何以 SI 制表示力的單位？

**解答** (1) 密度的單位可藉由長度及質量兩個基本量所導出，

$$\text{因此密度的單位為：} \frac{\text{公斤}}{\text{立方公尺}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}。$$

(2) 力的單位為可藉由長度、時間及質量三個基本量所導出，

$$\text{因此力的單位為：} \text{公斤} \cdot \text{公尺} / \text{秒}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2。$$

### 三、科學記號

物理學探討的對象小至基本粒子，大至浩瀚宇宙，所以處理的數字常是非常小或非常大的數據，我們會把這些數據以**科學記號**（scientific notation）表示。

科學記號的表示法為  $m \times 10^n$ ， $1 \leq m < 10$ ， $n$  為整數。其中  $m$  為有效數字（significant figure），表示測量上的精密度（precision）； $10^n$  則表示數量的大小<sup>註</sup>。例如：365 可表示成  $3.65 \times 10^2$ 。

註

數值以科學記號表示為  $m \times 10^n$  時，  
若  $m < 10^{0.5} \approx 3.16$ ，  
則數量級為  $10^n$ ；  
若  $m \geq 10^{0.5} \approx 3.16$ ，  
則數量級為  $10^{n+1}$ 。

### 四、前綴詞

一物理量的數值常用科學記號及合適的 SI 單位表示，為方便科學上的表示與閱讀，SI 亦制定**前綴詞**（prefix）來與單位共同使用（表 1-2），以便較適當地表示物理量的數值。例如：個人電腦使用的中央處理器，其運算頻率目前已經達到 GHz 以上，而  $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz} = 10^9 \text{ 次/秒}$ 。

▼表 1-2 常用前綴詞表。

前綴詞（英）	符號	冪次	前綴詞（中）	前綴詞（英）	符號	冪次	前綴詞（中）
peta	P	$10^{15}$	拍（千兆）	deci	d	$10^{-1}$	分
tera	T	$10^{12}$	兆	centi	c	$10^{-2}$	厘
giga	G	$10^9$	吉（十億）	milli	m	$10^{-3}$	毫
mega	M	$10^6$	百萬	micro	$\mu$	$10^{-6}$	微
kilo	k	$10^3$	千	nano	n	$10^{-9}$	奈
hecto	h	$10^2$	百	pico	p	$10^{-12}$	皮
deka	da	$10^1$	十	femto	f	$10^{-15}$	飛



## 單位統一的重要性！

火星氣候軌道太空船（Mars Climate Orbiter）是美國國家航空暨太空總署（NASA）的火星探測衛星，於美國時間1998年12月11日18點45分51秒於弗羅里達州卡納維爾角空軍基地發射升空。

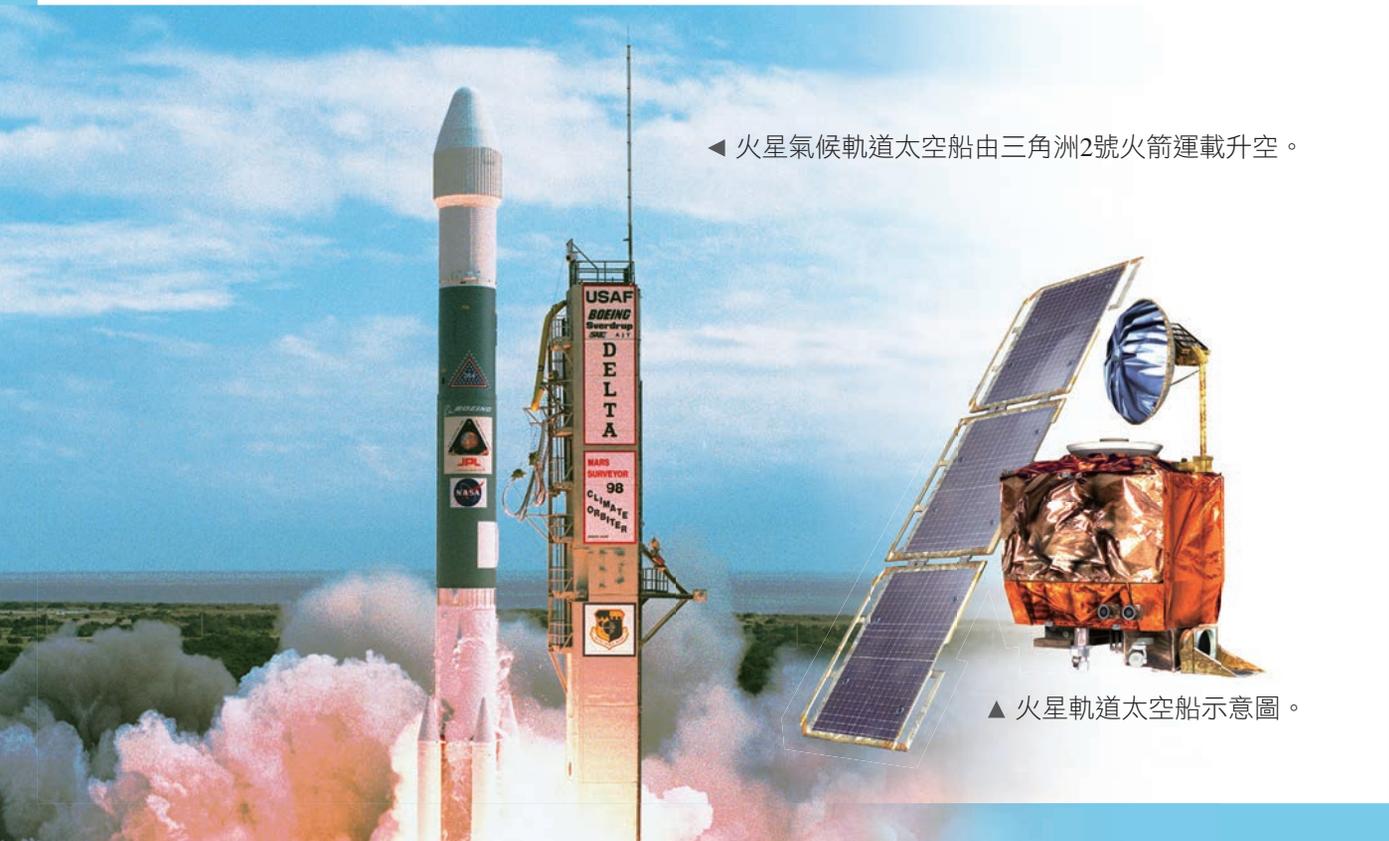
火星氣候軌道太空船的科學目標在於研究火星大氣層、火星氣候及火星地表，並幫助火星南極登陸者號與地球通訊。不過火星氣候軌道太空船在1999年9月23日進入火星軌道的過程中失去聯絡，最終任務失敗。

究其失敗原因，推測是火星氣候軌道太空船在低於預期的高度接近火星，最終因為

大氣層的壓力導致解體。而導致高度不如預期則是因為運算單位出錯所致。據該次任務的事故調查報告顯示，火星氣候軌道太空船上的飛行系統軟體使用公制單位「牛頓」來計算推進器動力；而地面人員輸入的方向校正量和推進器參數等則是使用力的英制單位「磅」。由於設計人員沒有將英制單位換算為SI單位，導致探測器進入火星大氣層的高度有誤，最終瓦解碎裂。

由於這次的教訓，NASA在此後的所有任務中，都特別小心地避免因計量單位混淆所造成的嚴重錯誤。

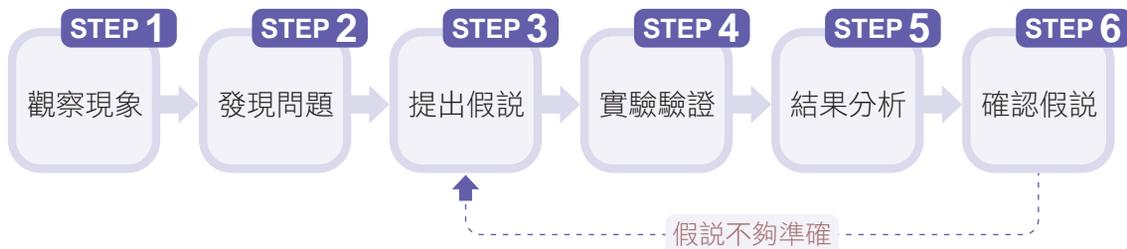
◀ 火星氣候軌道太空船由三角洲2號火箭運載升空。



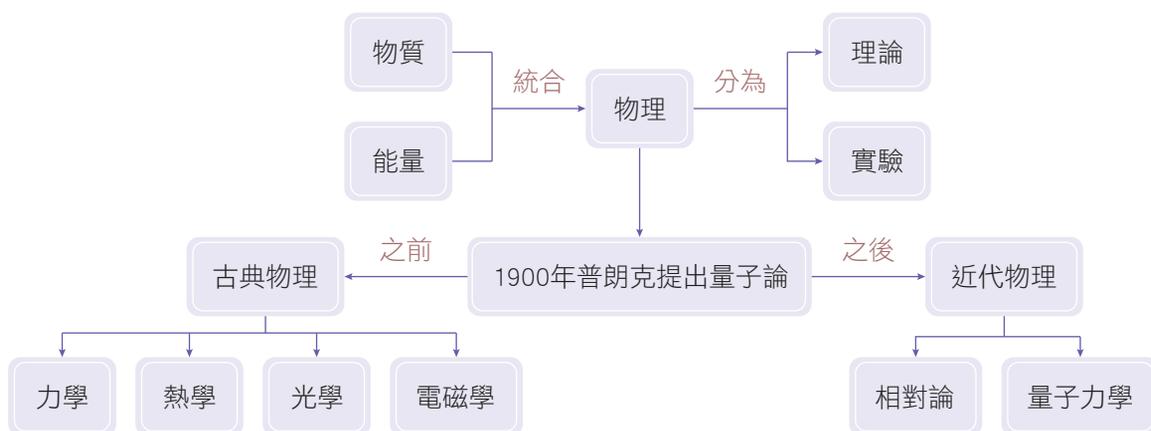
▲ 火星軌道太空船示意圖。



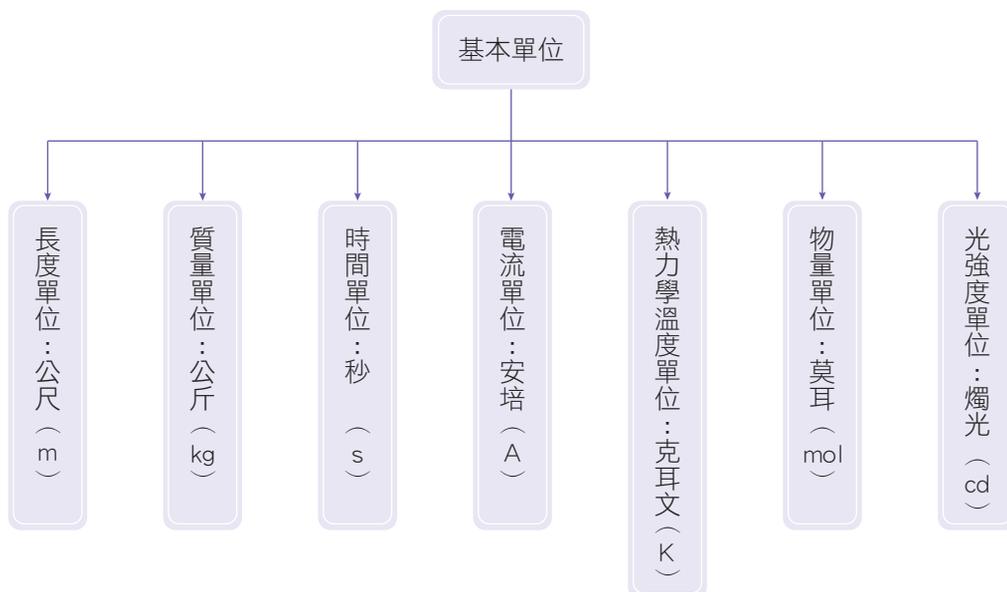
## ◎科學的態度與方法



## ◎物理學簡介



## ◎物理量的單位





# 課後習題

## 基礎題

### 第1節 科學的態度與方法

1. 若實驗結果與假說不符合時，應如何處理？
  - (A) 修改假說，重新實驗
  - (B) 依據實驗結果下結論
  - (C) 修改結果，使其與假說相符
  - (D) 重複實驗，直到結果與假說相符
  - (E) 修改實驗，直到結果與假說相符。

### 第2節 物理學簡介

2. 下列關於物理學的敘述，何者錯誤？
  - (A) 物理學是研究物質與能量之學問
  - (B) 物理學依照其研究方法的不同可分為理論物理學與實驗物理學
  - (C) 1905年愛因斯坦發表狹義相對論，可大致視為古典物理及近代物理的分界
  - (D) 物理學是理論和實驗緊密結合的科學
  - (E) 近代物理的兩大基石為相對論及量子力學。
3. 下列關於物理學家成就的敘述，何者錯誤？
  - (A) 牛頓提出三大運動定律及萬有引力定律
  - (B) 焦耳確定了功與熱之間轉換的量化關係
  - (C) 安培發現兩個點電荷間的靜電力與電荷間距離的平方成反比
  - (D) 馬克士威將電與磁的各種現象及理論加以整合，而成為完整的電磁學理論
  - (E) 愛因斯坦發表了狹義及廣義相對論。

### 第3節 物理量的單位

4. 密度  $1 \text{ 公克} / \text{公分}^3$  亦可表示為多少  $\text{公斤} / \text{公尺}^3$  ?
  - (A) 0.001
  - (B) 1
  - (C) 10
  - (D) 100
  - (E) 1000。

5. 在牛頓萬有引力定律中，兩球體間的引力可寫為  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ ，其中  $m_1$ 、 $m_2$  為質量， $r$  為距離。若將力的單位以牛頓表示時，則式中係數  $G$  的單位應寫為
- (A) 牛頓·公尺<sup>2</sup> / 公斤<sup>2</sup>  
 (B) 牛頓·公尺 / 公斤  
 (C) 牛頓·公尺<sup>2</sup> / 公斤  
 (D) 牛頓·公尺 / 公斤<sup>2</sup>  
 (E) 係數是沒有單位的。
6. 某人測量 A、B 兩地間的距離為 10000 公尺，若以數量級表示此測量結果，則應為多少公尺？
- (A)  $10^3$  (B)  $10^4$  (C)  $10^5$  (D)  $10^6$  (E)  $10^7$ 。
7. 掃描顯微鏡可以用探針觀察微小尺度的現象與操控微小尺度的物體。若探針可感測及操控的最小尺度約為針尖粗細的 1.0%，則能感測單一原子的探針，其針尖粗細最大的尺度約為下列何者？（原子大小約為  $10^{-10}$  公尺）
- (A) 10 mm (B) 10  $\mu$ m (C) 10 nm (D) 10 pm (E) 10 fm。 【107 指考】

## 進階題

### 第 1 節 科學的態度與方法

- 素養** 8. 科學家觀察到北極的白喉鶯在每年的秋天會從巴爾幹半島向東南飛，越過地中海，到達非洲，再沿著尼羅河向南飛，到這條河的上游去過冬。科學家發現這些鳥主要在夜間飛行，難道夜裡比白天更容易識別方向嗎？
- (1) 對於這個觀察到的現象，你會提出怎樣的假說來解釋？
- (2) 你覺得可以如何設計實驗來驗證你的假說。

全球定位系統利用地面上的訊號接收器求出接收器和 3 顆以上的人造衛星之間的距離後，可推算接收器在地面上的位置，如圖所示。人造衛星和地面上接收器間的距離須利用「人造衛星所發出電磁波訊號之傳播速率」及「電磁波從人造衛星發出到接收器的時間」來計算。但全球定位系統的人造衛星在距離



▲ 全球定位系統示意圖。

地球大約 2 萬公里的軌道上運行，其速率約為每秒 4 公里，人造衛星上搭載了精密的原子鐘，和相對地面靜止的時鐘相比，其運動速率較快，而其所在位置的重力場強度較地面為小，根據愛因斯坦的狹義相對論，運動中的時鐘走得比較慢，而根據廣義相對論，位於弱重力場中的時鐘則會走得比較快，前述兩種效應同時作用的結果，造成人造衛星上的原子鐘每天會比地面上的時鐘快 38.6 微秒，若放任此時間上的差異不管，將使得全球定位系統在計算人造衛星和接收器間的距離時，每天會增加大約 11 公里的誤差，即其所定出接收器的位置會和其實際位置相去甚遠，因此必須利用相對論來修正人造衛星上原子鐘的時間，以避免全球定位系統在定位時出現嚴重的誤差。

註：1. 以上短文參考並修改自「牛頓雜誌」第249期，2004年5月號，「21世紀版相對論入門」一文。

2. 目前最先進的鈾原子鐘技術準確度可達 $2 \times 10^{-10}$ 微秒。

9. 下列敘述，何者錯誤？

- (A) 運動中的時鐘走得比較慢 (B) 位於弱重力場中的時鐘走得比較快 (C) 利用全球定位系統找出地面上訊號接收器的位置至少須求出接收器和 3 顆人造衛星間的距離 (D) 對全球定位系統人造衛星上的時間來說，廣義相對論對其所造成的效應小於狹義相對論。

10. 人造衛星和地面上全球定位系統之接收器間的距離，須利用下列哪些資訊來計算？（應選 2 項）

- (A) 人造衛星所發出電磁波訊號之傳播速率  
 (B) 接收器在地面上移動的速率  
 (C) 電磁波從人造衛星發出到接收器的時間  
 (D) 人造衛星繞地球飛行的軌道半徑。