

3.1.1 歐幾里德和數學基礎

幾世紀以來歐幾里德 (330-275 B.C.)(圖 3-1) 的幾何已是教導學童進入物理世界的第一個且是最基本的數學工具，但其中幾個公理的簡單特性可能被誤導。早期牛頓曾略讀歐幾里德的陳述，根據他的一個學生提到：「懷疑為何有人為自娛而寫出其演證」，但牛頓很快發現自己的錯誤，再回去仔細閱讀《幾何學原理》(*Elements*)，終於得出他的流數理論 (Theory of Fluxions)，或稱為微積分。

歐幾里德的生平事蹟幾乎不為人所知，僅知活於希臘時代末期，比亞里斯多德年輕一代，和阿基米德同一時期。他於柏拉圖學院上過課，此學院創立於一世紀前，是當時最重要的數學學校。在亞歷山大帝死亡後，普駝列邁一世於埃及掌權時，歐幾里德於亞歷山大城成立他自己的學校。傳說普駝列邁曾問歐幾里德是否有簡單的方法不讀《幾何學原理》而能了解幾何，歐幾里德回答說：「沒有通幾何學的皇家道路。」《幾何學原理》由 13 本書組成，前 6 本以精美的方式介紹平面幾何定理；第一本包括重要的畢達哥拉斯定理，它可說是以幾何解釋自然的基本原理。接下來的三本是有關於數字理論及歐幾里德有關全數及質數的討論，第十本是有關歐都斯討論過的無理數，最後三本則討論固體幾何。

在西方文化的發展中，歐幾里德的幾何在物理世界的重要性，可說是非常特別難以估計的。歐幾里德幾何只有在非常大的量及距離，才會感到誤差，它是一種普通感覺世界的數學，而其限制也是近兩個世紀以來才明顯的。愛因斯坦是從歐幾里德概念以開始探討眾所周知的相對論。

3.1.2 阿基米德與科學的興起

阿基米德 (287-212 B.C.)(圖 3-2) 生長於西西里島的西那庫斯城市，這是個位於愛奧尼亞海濱的城市，他在這裡度過大半輩子。直到今日仍可在那裡見到城牆、防禦工事與溝渠等古代都市遺跡。阿基米德的父親菲狄亞斯是一位天文學家，阿基米德是當時國王亥厄洛二世的朋友，他們之間很可能有親屬關係。阿基米德曾經遊歷埃及，並求學於當時希臘的文化及學術中心—亞歷山大城。



圖 3-2 阿基米德

阿基米德的成就包含他的數學研究論文及特殊發明。部分有關阿基米德在力學方面的書籍已遺失了，但是有關幾何的數學推理過程卻全都記載留存下來。在《平面的平衡》一書中詳細記載阿基米德對於槓桿原理的證明，以及對物體重心的研究。在《球體與圓柱》一書中，阿基米德發現球體表面積及球體體積的計算方式。同時阿基米德對於數學的研究也已接近到微積分理論，這些研究工作後來成為 17 世紀時牛頓及萊布尼茲等人研究工作的基礎。在《數砂器》一書中，阿基米德幾乎完成對數理論的研究，同時他也用科學記數法記錄天文數字，在此書中阿基米德估算約用 10^{63} 個砂子可以填滿宇宙！

阿基米德之《浮體》一書記載他最著名有關浮力的阿基米德定律，此定律敘述當一物體浸入水中時，此物體所受之浮力等於物體排開水的重量。石頭比水重，所以當石頭浸入水中後，雖然受到浮力，但仍然下沉，但大艘船浸在水面下之船身排開水的重量等於整艘大船的重量，所以船會浮在水上。阿基米德敘述了浮力的原理，同時也是後來流體靜力學的基礎。

另外一個是有關阿基米德定律，但典故為無法考證之軼事，就是亥厄洛國王花圈（一般資料均誤載為王冠）的故事，一個並非完全純金的花圈，其中成分含有部分的銀。亥厄洛國王希望在不破壞這花圈的情況下查證花圈的成分，因為這是褻瀆神聖的行為。阿基米德完成了這項檢驗工作。在阿基米德死後 200 多年，羅馬建築師馬克斯記載如下，當阿基米德坐在公共澡堂浴盆內洗澡時，注意到浴盆內水位上升的幅度等於他身體浸在水下的體積，因此他找到了解答。阿基米德馬上從浴盆中跳出，裸身衝回家中並高興的大喊大叫。據說從此以後，阿基米德的妻子不許他在公共澡堂洗澡。阿基米德因此發現了一種可以輕易算出任何不規則形狀物體體積的方法。他將國王的花圈浸在水中並計算水面上升幅度，再將一塊等重的純金浸在水中，同樣計算水面上升幅度，發現二者上升幅度不一樣，因此清楚判定花圈的成分不是純金。

阿基米德有一些實用的發明，最有名的就是阿基米德螺旋，一種長而長得像螺旋的管子，可以將地下或河流中的水汲取到岸上。另外，他發明一種球體，構造像太陽系的星球，是一種天體運轉的模型，運用水力來驅動，構造十分精密。還有一項發明是利用折光度以量測太陽直徑的裝置。蒲魯塔克描述阿基米德為專注於數學而忽略健康的人：「阿基米德常在火灰上描繪幾何圖形，或者用油在自己身上畫圖，完全是一種全神貫注的狀態，他愛科學，即從科學上得到的愉悅如同信奉宗教之一般。」

阿基米德於公元前 212 年被羅馬士兵所殺，根據歷史記載，阿基米德當時正在協助防禦城池，他發明一種彈道裝置可以將石頭拋向遠方並擊毀敵船；又發明一種裝置可將敵軍小船從水面上舉起。另有一個敘述阿基米德發明一種大鏡子可將陽光聚焦以燒毀敵

船則是屬於誤傳，但是羅馬軍隊確實被阿基米德的發明所擊退，最後只好採取長期圍城的戰術。雖然羅馬大將馬賽羅斯希望不要殺死阿基米德，但是阿基米德仍然被其攻入城的士兵所殺害了，馬賽羅斯因此幾乎生氣的發狂。

在阿基米德著名的數學幾何證明中，其中一項是有關圓錐、球體及圓柱之間的關係，他證明了如果上述三項均具有相同的半徑，且其高度等於直徑的情況下，圓錐、球體及圓柱的體積比為 $1:2:3$ ；另外，球體的表面積等於圓柱表面積的三分之二。這個結果使阿基米德非常著迷，所以在阿基米德的墓碑上就刻畫這個結果。約一個世紀之後，西西里的管理者西賽羅在一堆雜草矮樹叢中找到了阿基米德的墓地，西賽羅寫著「我注意到一個圓柱立在矮樹叢中，在他的上面有球體及圓錐的圖形。」

阿基米德並非第一個發現槓桿原理的人，但他卻是第一個將槓桿及滑輪組合在一起的人，阿基米德說過一句著名的話：「給我一個支點，我可以將地球舉起。」

3.2 公元後至黑暗時代的科技發展

中世紀（約 400-1500），隨著羅馬帝國的衰落，西歐進入黑暗時代。這個名稱算是頗為貼切，因為大部分的羅馬文明在這段期間受到破壞，並且被所謂蠻族文化所取代，造成隨後的 10 個世紀變成昏昏沉沉的時期。這個時期的歐洲沒有一個強有力的統治政權。封建割據帶來頻繁的戰爭，造成科技和生產力發展停滯，人民生活在毫無希望的痛苦中，這個名稱的使用，一方面也是因為從這個時代開始，只有少數的歷史文獻流傳下來，讓人們僅能藉由微光一窺當時發生的種種事件。西羅馬帝國崩潰後，北方蠻族入主歐洲大陸，文化發展為之中斷，少數的學術思想僅在教會中流傳，一般人民生活在莊園制度下，形同農奴，終日但求溫飽。整個社會呈現封閉保守的狀態，科學和藝術停滯不前。有人統計，黑暗時期歐洲只出版了 1000 本書。在這麼長時間內，西方文明的進展非常少；只有在醫學方面有比較突出的研究成果，這是因為醫學是屬於實用的科學，統治者較不會去干預。這時候最為著名的醫學發展，有 2 世紀的羅馬醫學家蓋侖（Galen）在解剖、生理、胚胎、病理、醫療、藥物等領域均有新發現，著述也很多。10 世紀的阿拉伯阿維森納（Avicenna）發表《醫典》一書，對以後 6 個世紀影響很深。

3.3 文藝復興時代的科技發展

文藝復興是 14 至 16 世紀在歐洲興起的思想文化運動，同時帶來科學與藝術之革命，揭開了現代歐洲歷史的序幕，被認為是中古時代和近代的分界。現在普遍認為文藝

復興發端於 14 世紀的義大利，文藝復興一詞就源於義大利語 Rinascimento，意為再生或復興，以後擴展到西歐各國，16 世紀達到鼎盛。當時，以地球為宇宙中心的觀念，是源自於 2 世紀傑出的希臘天文學家托勒密 (Ptolemy) 的數學系統。托勒密的系統深具說服力，且持續了數百年之久，他的系統被用來解釋自由落體以及星和雲的移動，在神學上，托勒密系統則是用來闡述人類在宇宙中地位的中心理論。

然而到了 16 世紀，人類探索世界的發現之旅為多元的世界帶來更多的證據，而羅馬教會的權威正日漸式微，使得托勒密系統出現裂隙，1543 年哥白尼的身故後之作《天體的革命》(*On the Revolution of the Heavenly Bodies*)，終於使托勒密系統崩潰。哥白尼寫道：「地球帶著月球循著周年的大軌道在群星之間繞著太陽旋轉。」雖然這不完整的事實維持了將近 100 年，但是哥白尼的革命已然開始，再加上伽利略及克卜勒等人的努力，帶動現代天文學的發展；牛頓的運動理論亦是根基於他們的基礎之上。這些偉大科學家的生平簡介如後。

3.3.1 哥白尼與太陽為中心的宇宙

尼古拉斯哥白尼 (Nicolaus Copernicus) (圖 3-3) 1473 年出生在波蘭王國托蘭的一個富有家庭，父親尼可拉是商人，母親芭芭菴華荏蘿來自於富裕的家庭。哥白尼 10 歲時，父親就過世了，從此哥白尼便交由舅舅撫養。他的舅舅是一個有學識的牧師，在 1479 年成為爾姆蘭的主教。哥白尼接受了嚴謹的教育過程，1491 年就讀於克雷珂大學，此校是當時自然哲學的學術重鎮。1496 年哥白尼轉學到波隆納大學繼續修習希臘文、數學、哲學，和天文學。在那個時期，哥白尼曾經受到天文學教授多門尼可羅維拉的影響，羅維拉教授是早期托勒密系統的批評者，1497 年哥白尼會和他一起目擊月蝕。

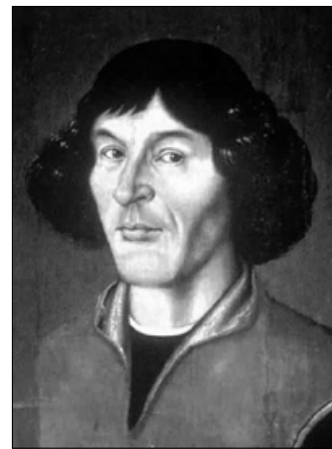


圖 3-3 哥白尼

很少人知道哥白尼思想的起源和發展過程，而他也不急著發表。他早在 1514 年就開始傳布他宇宙觀的摘要手稿，他偉大的研究則在 1530 年完成。哥白尼強烈且持續地反駁托勒密有關地球不動的理論，他以自然為本，偏見的諧調為由，批判托勒密認為地球是宇宙中心的學說。例如哥白尼指出星星並非總是與地球等距，若以圓形軌道來解釋這個現象，不只不合理，還會引起更多繁瑣且混亂的問題。哥白尼的著作《天體的革命》流入全歐洲有學之士的手中，早期讀者對此書的數學部分不甚滿意，但卻更加深了

他們對托勒密天文學說之不完整的不滿。教會並未反對此書，因為當時適值宗教改革，教會有更重要的事要處理。直到 1616 年，因為伽利略的成功，才使得哥白尼的《天體的革命》遭禁。

哥白尼的生平，鮮為人知。他的朋友雷堤可斯雖保留有哥白尼多數的信件，但其中的傳記部分卻已遺失。據說哥白尼在死前的病床上才收到《天體的革命》一書。由於罹患中風，無法親自訂正，不過至少在死前能握著自己的著作。哥白尼在 1543 年 5 月 24 日逝世。

3.3.2 伽利略與新的科學觀

伽利略伽利略 (Galileo Galilei , 名字與姓氏重複是塔斯卡尼地區的風俗習慣)(圖 3-4) 1564 年 2 月 15 日出生於義大利的比薩。他的父親文森茲歐伽利略是一位音樂家也是貿易商，母親為葛拉安曼納提，家境並不富裕。在他還是孩童時，舉家遷移至佛羅倫斯，並進入耶穌修道學院就讀。當他 15 歲成為見習修士時，父親則強迫他退學。1581 年進入比薩大學，原本計畫攻讀藥學，但伽利略並不喜歡該門學科，而獲得了喜好爭論的名聲。很快的他便轉移他的興趣至數學，並在 1585 年未獲得學位前離開了大學，回到佛羅倫斯教書。1592 年他父親死後，搬往博多繼續教書以及研發軍用羅盤等其他事物。生活安定，認識了情婦瑪麗娜加伯，且生了幾個私生子。

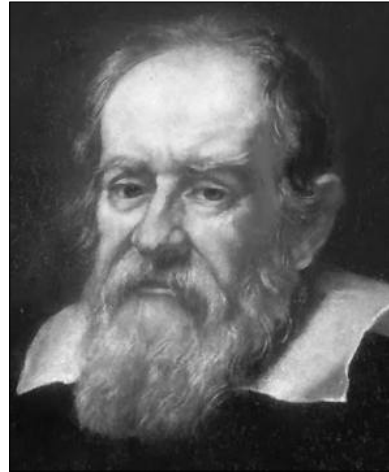


圖 3-4 伽利略

1609 年當伽利略發明望遠鏡後，將他帶入生涯中更新更重要的階段。他重新製作自己的望遠鏡，使其可看見比肉眼所見還要近 1000 倍的物體，並用來觀察月球。依照舊的宇宙科學，天體的外型應該是完美無瑕的，但是伽利略卻發現這顆地球的衛星有許多麻點。他看見了山峰及河谷，還有他所謂的海，也發現銀河似乎是由許多星星所組成的。這與原來托勒密天文學的夜空迥然不同。

這些發現於 1610 年的《星夜先知》發表後造成了轟動。歷史學家羅芬茲將這本小冊子喻為「大概是至今通俗科學中最經典的，也是宣揚哥白尼系統中最精湛的傑作。」各地的學者紛紛購買與閱讀，5 年後甚至有傳教士將其翻譯成中文版。伽利略的發現中最有趣也最引人注目的就是 4 個似乎在繞著木星旋轉的物體，並一夜又一夜的變換他們的位置。對他而言這些顯示就是衛星以及一個類似哥白尼結構的縮影。

《星夜先知》的成功，將伽利略推向更進一步的發現，同樣的也將他捲入與天主教教廷的衝突中。在他成為名人後，受到教宗的接見，並獲得鼓勵與支持。之後又獲得曾經受教於他數學與哲學的學生塔斯卡尼公爵寇莫斯二世的資助。1612 年伽利略的漂浮物體論創立了流體靜力學，並於次年發表一系列討論他觀察太陽黑子的文章，公開的承認哥白尼的學說，並且為慣性原理做初步的公式化。此時的伽利略已激怒了教廷人士。1616 年當他訪問羅馬時，教廷發布反對他的正式教令，警告伽利略不可以教授哥白尼太陽中心說的觀念。伽利略並沒有被判定為異端邪說，並為這個處境做出特有的樂觀評價。評論家將此事記載為眾多紛爭的源頭。

1623 年伽利略發表了一篇討論彗星性質的《分析者》，並將其獻給早期曾經支持他的新教宗厄班八世。伽利略希望教宗能解除 1616 年的禁令，但他的資助者寇莫斯二世卻又在此時過世了，使得伽利略更加的困難了。1632 年伽利略發表《兩大世界觀的對話》。由這項科學傑作不難看出，伽利略強烈的想要與其父親的著作《古典與新潮音樂的對話》看齊，這種心理因素也讓他忽略去體認他真正的工作重心。1633 年三月《兩大世界觀的對話》發表後獲得了相當大的成功。但 6 個月後卻被教廷裁判長介入干預，《兩大世界觀的對話》被取締，稍後伽利略再被傳喚到羅馬並被監禁。他曾對教宗以及審問他的裁判長提出許多討論的理由做為申辯，但最後還是宣判他不服從 1616 年的教令。1637 年完成了他最後的科學發現「月球的搖晃」。雖然《兩大世界觀的對話》被查禁，但卻很快的就傳遍了整個歐洲的新教徒。伽利略晚年因白內障而失明，於 1642 年 1 月 9 日去世。

伽利略死後三個半世紀後，1992 年教宗約翰保羅二世願意承認教廷在「哥白尼法規」的錯誤，這代表了伽利略曾遭受過天主教教廷不合理的對待，但似乎只是為了公共關係。《紐約時報》便以此給予了一個諷刺的標題：「350 年後梵諦岡才表明伽利略是正確的：他們終於行動了」。1989 年 10 月以伽利略為名的太空探測器由美國亞特蘭大號太空梭運載送入 385 年前伽利略發現有 4 顆衛星的木星。

3.3.3 克卜勒與行星運動定律

喬漢尼斯克卜勒 (Johannes Kepler)(圖 3-5) 1571 年 12 月 27 日生於德國威爾。他的父親是一個行為異常的軍人，克卜勒從小體弱多病，成年時又有憂鬱症的傾向。他於土賓恩上大學，成為梅斯特林的學生，是哥白尼的崇拜者。

克卜勒於 1597 年公開出版了他《神秘的宇宙結構》的理論，支持哥白尼的宇宙太陽中心論。為了躲避路德教派反教改勢力的迫害，克卜勒於 1600 年從葛瑞茲逃到了布

拉格。對克卜勒而言，在那裡是一個短暫但重要的時期，他擔任了偉大的天文學家第谷布拉赫的助手。在布拉赫死後的次年，克卜勒繼承了他龐大的觀測資料，包括不少有關火星的資料。克卜勒利用這些資料，以及傳承布拉赫注重精確的態度，在接下來的 8 年有了些重要的發現。

克卜勒和傳統天文學思想的差異，是以力學的觀念提出可以解釋行星運動的法則。這是天文學史中自哥白尼以來所沒有的概

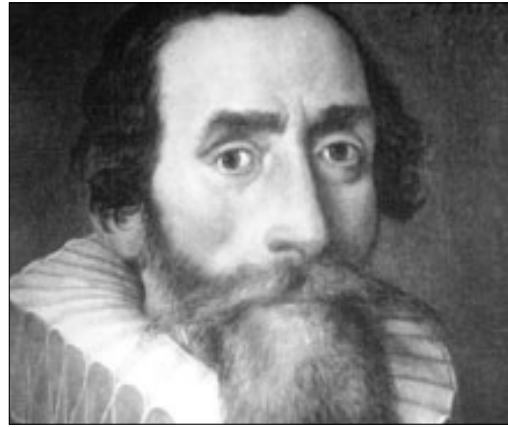


圖 3-5 克卜勒

念，而且相當精準的預測行星的運行。克卜勒認知火星的軌道都無法套入托勒密或哥白尼的架構。克卜勒最後捨棄這兩種長期被獲得支持的構想：古老的概念認為行星軌道是圓形。同時，他放棄行星以等速運動的假設。他的資料告訴他所有的行星在靠近太陽的地方運行的速度較快，反之速度較慢。經過不斷的實驗和錯誤，克卜勒發現行星運動的法則。連接太陽到行星的向量半徑，在相等時間內掃過相等的的面積，這就是所熟知的克卜勒第二定律。

在哥白尼架構下的第二定律被發現後，接著行星運行軌道的真實形狀尚待確立。在相當的研究後，克卜勒領悟到橢圓形的用處，一個古代時就已知道的形狀。它符合精密弧形的預測，遂成為克卜勒第一定律：行星軌道為橢圓形，而太陽正位於其中之一的焦點上。克卜勒將第一、第二定律寫在他 1609 年出版的《天文學新星》內，和伽利略一樣，他沒有發現有關宇宙重力的定律，但他已經很接近了。他先猜測行星間的作用力與質量成正比，但他認為那是磁力的作用。然而《天文學新星》最重要的是開啟了對天文學的目標和方法基礎性的再教育。克卜勒定律的發現和被了解使得天文幾何學已附屬於新興的天文物理學的一部分，可由定律所運算、發現與理解。

1619 年，當《世界的和音》出版，克卜勒認為這是他的傑作。這本書充滿了圖解和音樂的例子，每個行星有它自己發聲的範圍。這本書包括了一項基本的科學發現：克卜勒第三定律，說明行星運動，行星繞行太陽的週期的平方，和行星和太陽的平均距離的立方成正比，以後便能以行星週期計算行星與太陽的距離。除了天文學方面的理論，他發表有關兩項光學的重要的論文。《天文縮影》是 1619 到 1621 年間出版的，但很快的被教會列入禁書的黑名單。1627 年他出版以布拉赫的資料為基礎，已知星球的表格名為《羅多菲表》；該表後使被用了一個世紀。

所有的證據顯示，克卜勒的晚年生活在反教改的歐洲並不容易。他的妻子與兒子相

繼於 1611 年去世，1612 年，他的贊助人魯道國王夫因遭叛變被迫下台，所以克卜勒失去了他主任天文學家的職位。不久，克卜勒到了林茲，1625 年又到烏爾蒙，只為逃避宗教迫害。1627 年他回到布拉格，被沙根公爵賞識並聘為占星家。這樣的工作有可能使他遭到懷疑，所以他最後離開了去尋找其他的工作。克卜勒於 1630 年 11 月 15 日死於巴伐利亞。

3.3.4 牛頓與運動定律

以撒克牛頓 (Isaac Newton) (圖 3-6) 是西方科學歷史中最有影響力的人物。在其一生中一直被認為是位具有最高智慧的英雄，甚至 300 多年來在科學界一直是美譽永垂，未曾遜色。牛頓並不是科學革命的開創者，然而他的貢獻是提供具體可行的模式，並注入基本的知識給現代人對物理科學的瞭解。世人都歸功牛頓所發現的三個運動定律和地心引力定律，在地球上以及宇宙的天體所發生的所有物理現象，都可以憑這些定律而得到有規則的預測，並通過科技的運用，得以合理的修改與延伸。直到 20 世紀科學家開始研究最小單位的原子性能，而提出量子力學時，牛頓定律的廣泛性才受質疑。



圖 3-6 牛頓

1642 年 12 月 25 日牛頓出生於英國林肯鄉的一個小房子，父親在他出生時就已去世，3 歲時他的母親將他交給祖母照顧，而自己離家再嫁給一位牧師史密斯，也就是牛頓所憎惡的繼父。無疑的，他的幼時生長環境影響他成長後妄想和極端暴戾的個性，甚至他那任性驅使自己去報復別人的習性；在他年少的犯罪自白書上記載他曾威脅要傷害繼父及母親，並燒毀房子。值得一提的是他曾在他的繼父的一本重要紀錄書上的空白頁，記載他生平第一次重要的計算—微積分的基本運算。

孩提時的牛頓充滿好奇心，並展現數學與機械能力，顯然他不想成為農夫。1661 年進入劍橋的三一學院。這所大學的課程偏重於亞里斯多德派的哲學，因此兩年後牛頓就對尼可馬克式的倫理失去興趣。他就以自己的喜好，閱讀培根、笛卡兒及早期科學家的一些著作，因此孕育了他對數學及天文現象的熱忱。有一次在他的筆記簿上記著：“Amicus plato amicus aristoteles magis amicu veritus”，意謂著他雖然喜歡柏拉圖和亞里斯多德這些人，但是他最好的朋友卻是真理。

1664 年他被選為三一學院的學者，使他在獲得學士學位後一年就可以自由從事自

己喜歡的研究工作，但是當年的大瘟疫阻止了他的機會，該大學於 1665 年關閉，使他不得不回家和他再度成為寡婦的母親同住了兩年。後來他回憶說：「那是我發揮我的發明潛力，啟蒙我的數學與哲學造詣最重要的時期。」他就在當年根據笛卡特的幾何學發明一套基礎微積分，是數學中用以計算運動變化率的工具。在亞里斯多德派物理衰退以來 100 多年中，牛頓的流量理論是第一次成為解決流量問題不可或缺的方法。也在那一段時間中，牛頓孕育了萬有地心引力的構想的一部分重要架構。他雖然小心翼翼的整理他的寫作，但也不停的修改他的資料，因此多年來都未發表其發現。

1667 年牛頓回到三一學院被選為劍橋大學的院士，在 1669 年，他的天才被肯定，而任職數學教授，他製造首座反射望遠鏡，轟動當時社會，並於 1672 年他被推選入皇家社團。但是當他向皇家社團提出「光線與顏色的新理論」時，卻被聞名的虎克攻擊，牛頓受此傷害後獨自隱居繼續他的研究工作。1684 年，偉大的天文及數學家哈雷拜訪牛頓，討論行星運動的問題。例如虎克曾提倡行星運動能以平方倒數定律解釋，但未說明理由。而牛頓其實在早幾年前就以的微積分學算出行星是沿著橢圓形軌道運動。1684 年再論及此問題時，他出版了 *De motus Corporum*，數年後完成了更複雜的著作 *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*。在此著作中，牛頓依據更多的觀察建立了三個運動定律及宇宙引力定律，分別是慣性定律，運動體除非受外力影響，保持其等速；靜止體也保持靜止，除非受到外力。加速定律，力量等於質量乘以加速度。反作用力定律，作用力等於反作用力，或每一個力都會引發其反作用力。牛頓最得意的著作《原理》(*Principia*) 於 1687 年由哈雷出版，代表牛頓科學成就的最高峰，也是他科學改革的最終點。

雖然牛頓因 *Principia* 而成名，成為當時新科學的象徵，但他隨後的事業都充滿矛盾。在英國革命後，1689 年任職於國會中的一小職位；1696 年被指派為皇家造幣廠管理人，此職位讓牛頓全心致力於控訴偽鈔者的工作上；1703 年牛頓被推選為皇家社團總裁，直到他在 1727 年 3 月 31 日去世為止；1704 年他的對手虎克去世同時，他出版了《光學》(*Opticks*)，使他的學術聲望更擴大，他的微粒光學理論即使有些瑕疵，卻也從此駕御其他的理論，並進而主宰後來的世紀。1705 年，他受安妮皇后封位，成為第一個受封爵士的科學家。

在牛頓去世時，留下了一大堆未出版的文章，包括數萬字有關神秘煉金術的研究，他深入研究了數年，他的煉金術與他的物理學不甚符合，因此困擾很多學者。經濟學家凱尼士研究這些煉金術文章之後，認為牛頓當魔術家比起當科學家更適合，也許是煉金術中某些宗教成分吸引了牛頓。

牛頓一生充滿矛盾，以現代眼光來看，是個不和諧的人物，個性暴動，不時與同時

代的人物如萊布尼茲及虎克做無謂的爭論，這似乎與崇拜他的年輕人杜伊勒有極深的關係，當與這位年輕人關係的決裂，導致牛頓的神智開始錯亂。牛頓從未結婚，原因是劍橋的院士禁止結婚，因此他的一生中幾乎均與男人為伴，很少展現笑容。如達爾文所述：「牛頓揭發了自然現象的發生與結果，而且完全解開了自然界的潛在的定律。」最值得可貴的是牛頓死後由亞歷山大銘刻在教宗曼諾（Woolsthorpe Manor）房間上的題字：「自然與自然法規全歸於他的光，上帝說，讓牛頓一身是光。」

3.4 工業革命時期的科技發展

瓦特（James Watt）發明蒸氣機後，造就了工業革命，為資本主義工業化的早期階段，即資本主義生產完成了從手工業邁向機器工業的過渡階段。是以機器取代人力，以大規模工廠化生產取代個體工廠手工生產的一場生產與科技革命。一般認為，蒸汽機、焦炭、鐵和鋼是促成工業革命技術加速發展的四項主要因素。此時期西方科技快速進步，也使得歐洲國家侵略及殖民其他國家。1628年，英國哈維（William Harvey）發表「心血運動論」，發現血液循環。1665年，英國虎克（Robert Hooke）製成顯微鏡，觀察到植物細胞，首次提出細胞的概念。1771年，英國普利斯特利（Joseph Priestley）首次觀察到老鼠在有綠色植物的密閉鐘罩內可延長生命，發現植物呼出氧氣的現象。1863年，英國赫胥黎（Thomas Huxley）發表《人類在自然界的位置》一書，明確論證了人是猿猴進化而來的觀點。1864年，法國巴斯德（Louis Pasteur）確立消毒滅菌方法；1881年，他採用病原菌毒素的接種法，防治一些疾病，開創了醫學上的免疫學。此時期代表性的重要科學家有瓦特，提出進化論的達爾文，及研究遺傳學的孟德爾，生平略敘於後。

3.4.1 瓦特與蒸汽機

瓦特（James Watt）（圖 3-7）1736年1月19日生於蘇格蘭西部格里諾克一個工人家庭，從小飽受貧窮和疾病的折磨，十幾歲即到倫敦當學徒，學習機械製造。1756年，瓦特回到蘇格蘭的格拉斯哥，在格拉斯哥大學謀得了一個機修工的職位。在大學裡，他認識了著名的物理學家布萊克，從他那裡學到了許多熱學知識。同時，他在思考如何改進紐可門（Newcomen）蒸汽機。

1763年，他受命修理格拉斯哥大學的一臺紐可門蒸汽機，得以仔細研究紐可門機的結構。他發現紐可門機的熱量浪費太大，每一次蒸汽進入汽缸後，為了得到真空都要

用冷水冷卻，下一次蒸汽先得將已經冷卻的汽缸加熱才能推動汽缸，使汽缸充滿高溫蒸汽。在這一冷一熱的過程中，熱量損失太大。雖然煤礦裡有大量品質較低的煤可供紐可門機用，但是其它場合根本不可能使用這麼消耗燃料的動力機。但是如何改變這一缺點呢？

1765 年，瓦特終於想出了在汽缸之後再加一個冷凝器的主意。瓦特自述說：「那是一個晴朗的星期日下午，我出去散步。從察羅托街盡頭的城門來到了草原，走過舊洗衣店。那時我正在繼續考慮蒸汽機的事情。然後來到了牧人的茅舍。這時我突然想到因為蒸汽是具有彈性的物質，所以能夠衝進真空中。如果把汽缸和排氣的容器連接的話，那麼蒸汽猛然衝入容器裡，就可以在不使汽缸冷卻的情況下，使蒸汽在容器中凝結了吧！當這些在我的腦裡考慮成熟的時候，我還沒有走到高爾夫球場。」



圖 3-7 瓦特

冷凝器與汽缸之間用一個可調節閥門相連，高溫蒸汽注入汽缸時閥門關上，作功後打開閥門，蒸汽則馬上被引入冷凝器冷卻，此冷凝器已事先用一臺抽氣機抽成真空，之後在冷凝器和汽缸內均形成真空。活塞在大氣壓力下作功，然後關上閥門，重新將冷凝器抽成真空，重複前一過程。瓦特於 1769 年造出了第一臺原型機，並獲得發明冷凝器的專利。在汽缸外加冷凝器後，蒸汽機的效率加倍地提高。但瓦特並不滿足於此，他繼續改進自己的蒸汽機。1781 年，他改變了蒸汽機只能直線做功的狀態，用一個齒輪裝置將活塞的直線往復式運動轉化為輪軸的旋轉運動。1782 年，他進一步設計出了雙向汽缸，使蒸汽輪流從活塞的兩端進入，使熱效率又增加了一倍。經過進一步改進後的瓦特蒸汽機，成了效率顯著、可用於一切動力機械的萬能「原動機」。蒸汽機改變整個世界的時代正式到來了。

到 1790 年，瓦特機幾乎全部取代了老式的紐可門機，瓦特因而受到尊崇。瓦特機的廣泛利用使工業革命進入新的高潮，古老的人力、畜力和水力被蒸汽動力所代替，工廠不必再建在水流湍急的地方。紡織業、採礦業和冶金業在瓦特機的帶動下迅速發展，而為了製造瓦特機又使機械製造業繁榮起來。瓦特後來又發明了離心調節器，它使輸入的蒸汽不致太多或太少。蒸汽驅使一個調節桿轉動，轉得越快，調節桿上的兩個金屬球就相互飛離得越遠，它使蒸汽出口變小，蒸汽輸出減少後，調節桿轉動就慢了，兩個金屬球就離得近了，它又使蒸汽出口變大。

1800 年，瓦特被選入皇家學會，格拉斯哥大學授予他名譽博士學位。瓦特於 1819 年 8 月 25 日在伯明罕逝世。

3.4.2 達爾文與進化論

查爾斯羅伯特達爾文 (Charles Robert Darwin) (圖 3-8) 出生於 1809 年 2 月 12 日，是醫生羅伯特瓦瑞達爾文與蘇珊娜魏得渥的第五個孩子，也是他們的第二個兒子。達爾文 8 歲時，母親死於胃腸方面的疾病，也許是癌症。他的姊姊們禁止他談論有關母親的事情，因此他只記得部分關於母親的片段。後來他進入由山繆巴德勒主持的斯魯巴瑞學校就讀，這是一所極富盛名的私立學校，但達爾文並不喜歡這所學校注重古典主義的課程，且他在學習語言方面也並不迅速，但在課餘他卻培養了博物學及蒐集植物的興趣。

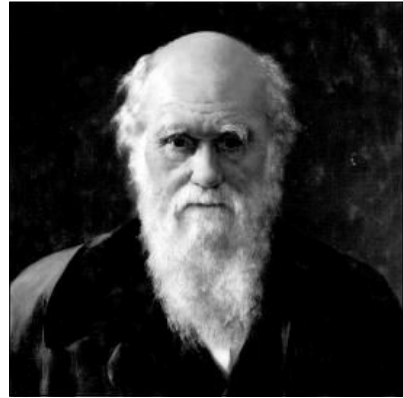


圖 3-8 達爾文

當達爾文憶起他的父親，這位什羅普郡首席的醫生時，他是相當敬佩的，即使有人說他像個專橫卻又仁慈的暴君。達爾文在 1825 年進入愛丁堡大學習醫，一如他的父親，之後他加入普林尼博物學會並受到著名醫生及動物學家羅伯特格蘭特的影響。他一點都不喜歡醫學功課，尤其是解剖學，但他後來後悔當初沒學好如何解剖。他最不喜歡的就是觀察手術的進行，因為那個時候沒有麻醉藥，這件事使他對人類痛苦的感受更加明顯。

達爾文在選擇執業時的矛盾情感，卻在科學史上造成一個不尋常且重要的結果。當達爾文的父親得知他將暫停醫科的學業時，建議他去當牧師，達爾文也聽從建議在 1827 年進入劍橋大學的基督學院就讀。他後來說，在那裡是浪費時間，不過，他跟著植物學家約翰史蒂芬韓斯洛求學，收集甲蟲類昆蟲，在 1831 年畢業。沒多久，他得到了一分到世界各地旅行的工作。獵犬號 (Beagle) 的年輕船長羅伯特費茲羅伊徵求一位年輕、具有良好教養並能承受寂寞與沉悶旅程的同伴。這趟旅行的目的在測量智利和祕魯的海岸，以及探訪南太平洋諸島與西印度群島。達爾文的老師韓斯洛推薦他，並說他有絕對的資格去收集、觀察及紀錄。達爾文在得到父親的同意後便在 1831 年的 12 月 27 日登上獵犬號出發，並將在 5 年後返回。達爾文這次與獵犬號的旅行在科學文獻上占有一個特殊的地位。

最初他的興趣在地質學上，而影響他最深的是旅途中所讀之書——查爾斯萊爾的《地質學原則》。達爾文也收集動物與植物，並保持做紀錄的習慣，並將之記在日記中，他注意到加拉巴哥群島上的鳥類及龜和鄰近島嶼的有些微的差異。他之後寫到：「我覺得

我該感謝這趟遠行，它是我的心靈第一次真正的訓練。它讓我注意到博物學的一些分支，並增進我的觀察力，即使我已有不錯的能力。」

獵犬號在 1836 年 10 月 2 日返回英格蘭。1837 年，在對旅程仍記憶猶新之時，達爾文開始由大量的紀錄中描述出理論性的部分，1838 年，當他讀到馬爾薩斯的學說時，開始有了他的天擇說，也就是生物為了活命而只留下有益生存的特性的想法。然而在當時他並沒有發表他的理論，而是繼續地累積更多資料。之後出版了三部有關他觀察珊瑚礁、火山島及其他地質現象的作品，這些作品更確立了達爾文的專業聲望。後來又陸續出版了《物種原始》、《適者生存》，及數本和天擇有關的書，有 1871 年的《進化論》，1872 年的《人類、動物的情感表達》，以及 1880 年的《植物變動力量》。

達爾文的生平也常被討論，而他的個性更為人所爭論。1839 年他娶了他的表妹艾瑪魏得渥，生了 10 個孩子，但只有 7 個存活至成人。達爾文晚年遭受病魔折磨，病因不明，但可能是精神與身體方面的疾病。當達爾文寫《物種原始》時，他是信神的，但後來他成了無神論者。達爾文死於 1882 年 4 月 19 日，享年 73 歲，葬於牛頓、法拉第等英國偉人長眠的西敏寺寺院。

3.4.3 孟德爾與遺傳定律

葛內格孟德爾 (Gregor Mendel) (圖 3-9) 生於 1822 年 7 月 22 日，出生時名為喬安 (Johann)，他的父母親是來自西里西亞海任都夫的富農，該地原屬奧匈帝國，後成為捷克斯拉夫的一部分，現在捷克共和國境內。當他的才智被發現後，他被送到車帕高校，之後他就讀於歐慕茲大學。21 歲時進入布諾的奧各斯汀尼修道院，這個生涯上的決定也許沒有什麼宗教上特別意義。在 1844 年至 1848 年間學習完神學、農業及植物後，他被安排神職，並取名為葛內格。1851 至 1853 年孟德爾在維也納大學學數學和自然科學，回到修道院後，自 1854 年開始，在一所學校任教達 14 年。



圖 3-9 孟德爾

1856 年孟德爾開始用菜豆做一連串的時驗。在兩年的期間內，他培植豆子以產生有七種特性的純種，這些特性是選取看得見的性質，如大小、顏色、形狀、及結構等，然後他交叉培植有不同特性的豆子，如高的和矮的，光滑的和皺的等等，期望一個混合的結果。但是，結果卻顯示出不同的特性能各自遺傳，有些植物高高的，有的矮矮的，

有些豆子光滑，有的皺的。獨立分離定律成為三個孟德爾遺傳定律中的第一個。孟德爾也發現各別的特性而非全部的性質在複製過程中傳下去，七種特性中任何一對各自獨立影響。這理論的許多方面在基因的結構建立後有些誤差，但孟德爾幸運的使用豆子，它的外在特性屬於不同的分類，這成為孟德爾的第二定律獨立支配定律。孟德爾的第三定律顯性定律，述說在一對遺傳特性中，一個多是顯性，而另一個是隱性，這個定律是有一定比例的作用，但今日已知其可利用性範圍很小。

1865 年孟德爾把他實驗的結果送至布諾自然歷史學會，並於次年出版，這篇論文沒引起注意。1900 年，即孟德爾死後 16 年，他的論文被荷蘭德弗裡斯 (Hugo DeVries)、德國柯倫斯 (Carl Correns) 及奧地利丘歇馬克 (Erich Tschermak von Seysenegg) 3 位植物學家重新發現。創造基因名稱的劍橋科學家貝替森 (William Bateson)，把孟德爾的定律引用到他的遺傳研究方面，貝替森捨棄達爾文的逐漸形成品種的學說，而孟德爾的實驗可用來解釋他的突變設計。在 1930 年代，新一代的基因科學家的研究，有關孟德爾的貢獻之困擾得以進一步釐清。結果孟德爾的理論被認為解釋了特性遺傳的基本過程，現成為自然選擇理論的一部分，並因染色體遺傳的發現而更受到支持。孟德爾於 1884 年 1 月 6 日過世。

3.5 近現代的科技發展

因兩次世界大戰的軍事科技需求，再加上近代電腦科技的輔助，現代科技的發展在 20 世紀以後即日新月異、突飛猛進。奧地利蘭斯坦納 (Karl Landsteiner) 發現人類的 A、B、O 血型，建立了血液分類學的基礎；英國薩頓 (Walter Sutton) 確立了孟德爾法則的細胞學基礎；波蘭居禮夫人 (Marie Curie) 發現放射性物質；愛因斯坦 (Albert Einstein) 提出相對論造成後來核能科技的發展；威格納 (Alfred Lothar Wegener) 提出地殼板塊移動的理論，說明地質及生物的分布關聯。在現代，科技的研究已經是群體的工作，大規模的人力及物力投入及分工精細，使得科技的發展更加快速。此時期的重要科學家敘述於後。

3.5.1 瑪麗居禮與放射性物質

瑪麗居禮 (Marie Curie) (圖 3-10) 1867 年 11 月 7 日生於華沙的瑪亞，她的父親是物理教師，母親是公立學校校長，在瑪麗 10 歲時死於肺結核。

瑪麗居禮的教育過程可說是一個用意志力克服各種困難的故事，當時波蘭不是獨立國家而是帝俄的一省，極力壓制波蘭文化。瑪麗居禮在這種環境中成長，在念高校時也受到壓制，雖然她的學業成績相當優秀，但不允許受更高的教育，1883 年高校畢業後她參與了一個具有反抗性祕密的女性流動大學。1886 年她 18 歲時，和她姊姊布琅妮取得協議，開始當女家庭教師並在巴黎完成教育。1891 年在巴黎大學修學位，1893 年以傑出成績畢業，是索邦大學第一位女性拿到物理學位的。一年後她又取得數學的學位。雖然她最初的願望是學成後回波蘭，但於 1894 年一次短暫的回鄉後，她相信光有愛國心仍無法改善她的國家，決定留在法國，這時她遇到了比她大 8 歲的皮爾居禮 (Pierre Curie)，1895 年他們結婚，舉行一個非宗教性婚禮，蜜月旅行是騎腳踏車逛法國鄉村。



圖 3-10 居禮夫人

1896 年倫琴發現 X 射線及貝爾革勒對鈾之奇特性質的探討，戲劇性的影響了物理學發展的路徑及瑪麗居禮的一生。1897 年她決定以貝爾革勒的放射線研究做為她的博士論文的題目。她計劃測量鈾的物性及各種不同含鈾之礦物，一個在德國傑契斯札地區已開採一世紀的鈾礦樣本，經證實意外的比貝爾革勒的鈾活性更強，居禮發現釷元素也具放射性，更加深其神秘性，1898 年 4 月居禮首次提出她的研究報告，7 月發表另一篇論文，居禮夫婦報告新發現的元素，他們建議稱之為釷，較貝爾革勒謂的放射線由某些物質產生，顯然具有深一層的意義，是一種廣泛自然界現象之一，居禮夫婦稱之為放射性。

由於他們的研究，居禮夫婦和貝爾革勒共同分享 1903 年的諾貝爾獎，這也歸功於皮爾積極替他太太遊說，本來他單獨被考慮得此獎，夫婦兩人一夜之間成為名人，1906 年，皮爾於巴黎一次意外事件中死亡，在一個下雨午後，他被一隻烈馬踢倒在地，頭被馬車左後輪輾過，頭顱當場破裂，遭此重擊，瑪麗還是接替皮爾在索邦大學的教職，成為該大學第一位女性教授。

在居禮夫婦進行他們的研究時，尚不知放射線的危險性，因此他們並未小心處理他們發現的新元素，皮爾曾把含有鐳之溶液的試管放在口袋，接觸部分受到灼傷，他注意到復原得很慢，瑪麗把放射性物質放在床邊，發著亮光，兩人得到的症狀即今日所知的輻射症，瑪麗晚年受到健康問題的困擾，但她將之保密，她的實驗室的記事本，到今天仍具有高度的放射性。1934 年 7 月 4 日瑪麗居禮死於和放射線中毒有關的白血球症，

葬於使西斯 (Sceaux) 墳場，和皮爾同一墓穴。

3.5.2 愛因斯坦與相對論

亞伯愛因斯坦 (Albert Einstein) (圖 3-11) 生於 1879 年 3 月 14 日德國的烏姆，是哈爾門愛因斯坦及保琳柯基之子，出生後隔年全家搬至慕尼黑，幼時的愛因斯坦沉默寡言，被認為是不尋常而非天才，他不喜歡德國嚴厲教條，也不熱衷拉丁文與希臘文。他從數學開始進入科學領域，主要是受其叔父工程師傑考柏愛因斯坦的激發。12 歲時愛因斯坦就自學幾何學，他少年時不尋常的夢想就是決心要揭發宇宙奧妙之迷。

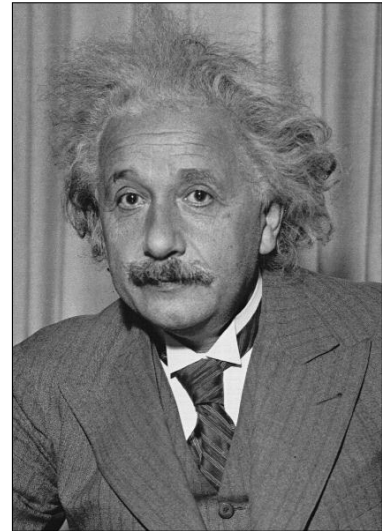


圖 3-11 愛因斯坦

愛因斯坦的中學教育與他的初等教育一樣不順利。1894 年愛因斯坦一家因父親要重振事業而遷至義大利米蘭。一年後他第一次入學考試失敗，17 歲時進入瑞士科技學院。於此他相信物理學比數學更適合他的研究領域，他就開始研究荷曼及馬克斯威爾及其他學者的著作。他並非理想的乖學生，在校期間感覺受壓抑。後來他寫到所謂現代教育方法毫無奇蹟可言，完全無法啟發一個人神聖的好奇心和追求慾望。1900 年畢業。

1902 年愛因斯坦在瑞士專利公司當一名初級專利員，工作中他細審清理各種申請專利的經驗，激發他對太空及時間之想法。這段時間他雖然與物理學界孤立，卻也是他發覺物理界現代思想發展的一段重要時期。1905 年於物理期刊 *Annalen der Physik* , volume XVII 中發表三篇重要文章。

他的文才被埃米力西格 (Emilio Segre) 大師喻為無法超越之火光，每一篇文章有不同的論題。在〈布朗運動〉一文中，愛因斯坦指出液體中鋸齒形跳躍之分子可以測量及預測其分子動能，這種分子存在的說法困擾了 20 多年，但終於在實驗數年後證實愛因斯坦的計算。在量子理論上，他的貢獻是提出數年前就已發表的數學程式計算自然界基本過程，而解決數年來所爭論「黑體輻射性的問題」。他提出光是可以用蒲朗克常數 (h) 計算出來的一串能量分子來表達 (photon 一詞後來被定為光子)。10 年內的實驗確定可見光及光子的存在，這篇論文使他得到 1921 年諾貝爾獎。這兩篇文章都具革命性，但都沒有第三篇來的令人震撼。第三篇文章「運動體的電動力學」包含有關愛因斯坦的特別相對論，是不朽的傑作。特別相對理論具有物理機械性，但在某些方面，則與

我們一般直覺的空間與時間概念相反，具體的說，光的速度在太空中運行可設定是一定值；即不受其他光源或測光器的影響或干擾，也就是說光速並不因觀察者的速度而改變。如果這是確定的，則沒有兩個觀察者以不同速度行動時可以獲得事件發生的時間。光速是不變的常數時，則時間和空間是參考座標。愛因斯坦提出特別相對理論顯而易見地具有革命性，因它導引一般哲學及常識理念到一新的科學觀念，那就是一切原則均可証實。當時不可思議的獲物理學家的接受。

另外，相對理論之所以成功之重要理由是因 1900 年誕生量子理論學。特殊相對理論可以被使用於預測次原子的某些作用，而牛頓物理法則卻無法做到。量子理論創始人之一的馬克斯蒲朗克 (Max Planck) 很快的認同相對論。愛因斯坦解釋相對論中個體質量可由它測出所含之能量，他隨後發表更詳細解說，而提出有名之方程式 $E=mc^2$ ，能量等於質量乘光速平方。

當他的文章在物理界被認知後，1909 年，離開瑞士專利公司，轉入祖力克大學任教。1911 年在布拉格大學，但奧大利的反猶太人氣氛令他不悅，於是 1912 年回到祖力克大學，1914 年轉任柏林大學。此後，愛因斯坦有更多時間致力於研究。

1933 年愛因斯坦的書籍被德國納粹燒掉，財產也被沒收。愛因斯坦當時在美國任教，從此未再回德國，後接受普林斯頓高等研究院之終生職位。他曾受希特勒主義的影響而放棄和平主義的信念，1939 年他勉強參加簽署一封信給羅斯福總統，建議發展原子彈，但他並未進一步參與原子彈研發工作，部分原因是他被認為同情左派而被懷疑有安全問題所致。戰後，愛因斯坦成為一位主張解除原子武器的抗議者。他並未被公認為美國愛國者，他反對國會審問 1950 年代所謂「非美國人運動」。1952 年他拒絕受邀當以色列總統一個形式之職位。

很難描述愛因斯坦之人格，晚年時大部分過孤獨生活。他並不對別人表明其感覺，雖然他對人性表示他深刻的關心。在他的人生高峰時，經歷與他第一位妻子米蘭娃瑪莉離婚之苦。愛因斯坦與她育有兩個兒子，一個成為有名的機械工程教授；另一個則為精神分裂者。愛因斯坦後來與表妹艾莎羅溫梭結婚，1936 年表妹離開他，使他又再成鰥夫。

1955 年 4 月 11 日，愛因斯坦簽署一項以和平主義者反原子能之宣言，由哲學家盧塞爾 (Bertrand Russell) 送出傳閱。數天後，動脈瘤破裂，但他拒絕手術，而說「當我要離去時我就去，以人工法延長之生命是無謂的。」1955 年 4 月 18 日愛因斯坦平安的在紐澤西普林斯頓去世。

3.5.3 巴登與超導現象

約翰巴登 (John Bardeen) (圖 3-12) 1908 年 5 月 23 日出生於威斯康辛州的麥迪森。他的父親查理斯羅塞爾巴登，是威斯康辛大學醫學院的解剖學教授，後來成為系主任。他的母親西巴哈瑪巴哈，是老師兼藝術家。由於他父母親的學鼓勵，巴登在學校的表現極為優秀，在 10 歲時便學會了代數，並且越級好幾次。他在 1923 年 15 歲時便進入威斯康辛大學就讀。他受保羅狄拉克的影響，而對數學、物理學感到興趣。1928 年他拿到了工程學學位，更在 1929 年獲得碩士學位。1936 年拿到了數學物理學的博士學位。他的研究所指導教授是維格那，是匈牙利著名的物理學家之一，專攻固態物理學。巴登後來繼續到哈佛大學的研究所研究，在取得博士學位後，任教於明尼蘇達大學，並在第二次世界大戰期間在美國海軍軍火實驗室工作，在那時他利用他早期的工作經驗去發展對抗魚雷的對策。



圖 3-12 巴登

巴登在 1945 年回到貝爾實驗室做固態物理研究。1948 年，巴登和布萊登使用鍺結晶發明了能擴大音頻信號的「點接觸」裝置。積體電路和矽晶片的發展，及它們對工業技術的重大影響都是根基於此。1956 年巴登、夏克里和布萊登共同獲得諾貝爾獎。

當荷蘭物理學家歐尼斯於 1911 年發現在很低的溫度下水銀突然失去對電流的阻力，當時歐尼斯並不了解這是超導現象。此後 40 年都沒有進步。巴登的同事赫林寫道：透過約翰充滿熱情刻意追求努力解釋超導電性的祕密。1951 年在伊利諾大學擔任物理學和工程的教授，後因與夏克里有衝突而離開貝爾實驗室。

BCS 理論於 1950 年開始進展，當巴登研究以不同溫度製造某些超導性元素的同位素，或者不同形式者。巴登認為藉著它們的運動是電子與原子格子中振動的唯一相互作用。巴登與紐約的科學家寇柏 (巴登稱之為「從東方來的機械士」)，和研究生休里夫繼續研究早期出版的不完全理論。1957 年他們共同發表解釋超導電性的一般理論。

BCS 理論顯示超導電性是受電子和振動總能量的聲子影響。聲子幫助破壞電子的運動並藉此造成金屬傳導的阻力。在低溫時，這些振動被減少，這影響電子間的相互關係，它們形成反向的旋轉和兩個電子的動量被聯合「成對」的移動，這即是物理學中著名的「寇柏對」(Cooper pairs)，當提供電流時，這些成對的電子透過超冷固體而運動，

有相同的動量而沒有阻力，也就是零電阻的形成原因。因為 BCS 理論，1972 年使巴登、寇柏和休里夫獲得諾貝爾物理獎，巴登成為第一位在相同的領域得到兩次諾貝爾獎的科學家。由於必須在低溫狀態下方能產生超導電性，故不具立即之適用性。但是發現高溫超導的材料成為一個實用的目標。

約翰巴登從 1959 年一直到他 1975 年退休為止，都在伊利諾大學高級研究所任教。他是一位沈默但和藹可親的人。他與麥斯威爾珍妮結婚，他有兩個女兒和一個兒子，他兒子威廉後來成為基本粒子理論家。約翰巴登在 1991 年 1 月 30 日死於心臟衰竭。

3.5.4 華生與去氧核醣核酸的結構

詹姆士華生 (James Watson) (圖 3-13) 1928 年 4 月 6 日出生於伊利諾州的芝加哥。1943 年進入芝加哥大學主修動物學，1947 年獲得學士學位。當他在高年級時，他開始對遺傳學感到興趣，且喜歡法蘭西斯克里克，他被薛丁格 1945 年所著之《何謂生命？》一書深深打動。華生後來說：「我變得很想去發現基因的秘密」，甚至擊敗他的反抗意志去學習有機化學的程度。

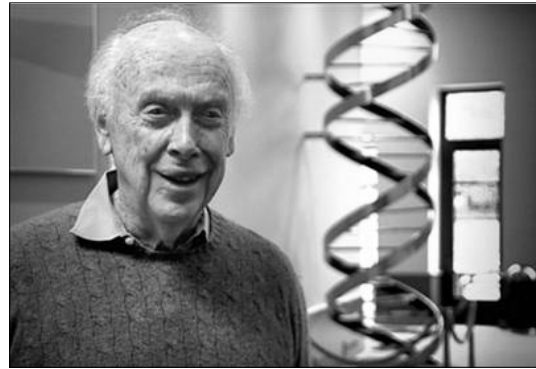


圖 3-13 華生

1950 年在印地安納州獲得博士銜，華生到哥本哈根在國際研究會議做他的博士後研究。在 1951 年義大利那普勒斯的一個會議，他參加維爾金斯 (已經轉向生物學的核子物理學家) 以 X 光結晶學研究 DNA 的複雜分子結構的一場演講，華生立刻對此感到興奮。在維爾金斯的演講之前，華生就已經開始擔憂基因或許有可能是不規則的，現在華生知道基因是可以被具體化的。所以它們必定有一定規則的結構，可用一簡單的方式來解釋。對於這研究重要的關鍵是當維爾金斯帶著華生到卡文迪許實驗室，在那裡他遇見英國物理學家法蘭西斯克里克，並且開始和他合作。這個洞察和華生在噬菌體理論的知識是一致的，使用來自原子物理學的技术。

當時已經有好幾個小組在做 DNA 研究的工作，一是英國的維爾金斯和生物物理學家弗蘭克林，他們已經拍下非常清晰的 X 射線干涉圖；一是美國著名化學家鮑林。這二個小組實際上已經搞清楚 DNA 的螺旋結構。華生和克里克抓緊時間研究已經獲得的數據，於 1951 年底提出了第一個模型。這個模型是一個由三股鍊組成的螺旋結構，

但後來發現由於少算了 DNA 的含水量而設想的三股鍊是不對的，第一個模型失敗了。1952 年 7 月克里克從查哥夫處得知 DNA 所含 4 種鹼基含量並不相等，提出了鹼基配對的思想。1953 年 2 月他們又得到維爾金斯和弗蘭克林關於 DNA 結構的新照片和新數據。華生決定建立一個二鍊成對的 DNA 雙螺旋模型。1953 年 4 月，他們終於將新的 DNA 結構模型在《自然》雜誌上公諸於世。這是一個成功的 DNA 分子結構模型，它由二條右旋但反向的鍊繞同一個軸盤而成，向一個螺旋形的梯子，生命的遺傳密碼就刻在梯子的橫檔上。DNA 雙螺旋結構模型的提出是生物學史上劃時代的事件，它宣告了分子生物學的誕生，生物學已經進入了分子水平。以此為開端，生物學各個領域均發生了巨大的變化。華生、克里克和維爾金斯因此獲得 1962 年的諾貝爾醫學與生理學獎。

華生在 1965 年第一次發表基因的生物學，接著在 1983 年發表微分子生物學。在 1960 年代，華生的影響遍及分子生物學的領域。在 1968 年他接受冷泉港實驗室領導者的職位。在此後之 8 年裡，他通勤於哈佛大學和實驗室之間。1976 年他離開哈佛大學，將所有時間投注在冷泉港實驗室，在他的領導下，研究焦點著重於癌症的遺傳學，1981 年實驗室的科學家們第一次分離出引起癌症的致癌基因。因此冷泉港實驗室在生物化學和形成腫瘤的基因上的研究，如同其它研究主題一樣，成為國家領導研究機構之一。華生從 1988 年 10 月開始致力於人類基因的研究，直到 1992 年 4 月辭職為止。

華生擔任魯力亞實驗室的領導者直到他退休成為這組織的總裁為止。1968 年華生和他的實驗室助手，比他年輕 20 歲的伊利莎白路易斯結婚，他們有二個兒子，魯法斯和杜坎。1993 年慶祝發現 DNA 結構的第四十週年，華生帶著 130 位同仁，包括法蘭西斯科克里克在內，到長島的冷泉港，他回憶他第一次參觀這間實驗室時，「因為這裡有一群極優秀的人們在這，使我得到完全的解放，他們的野心不是賺錢，而是想知道『什麼是遺傳基因？』」

☞ 關鍵詞彙 ☞

工業革命
牛頓
克卜勒
哥白尼
瑪麗居禮

太陽中心說
瓦特
孟德爾
愛因斯坦
蒸汽機

文藝復興時代
伽利略
阿基米德
達爾文

☞ 自我評量題目 ☞

- [1]試述阿基米德的浮力理論。
- [2]哥白尼反駁托勒密以太陽為中心的宇宙系統的理由何在？
- [3]伽利略對科學界最大的貢獻為何？
- [4]試述克卜勒的第一、第二及第三定律。
- [5]試分析瓦特改良蒸汽機對後世工業的發展影響。
- [6]簡述牛頓對近代科學的貢獻。
- [7]說明孟德爾的遺傳三大定律。
- [8]人類對原子彈的研究和愛因斯坦的 $E=mc^2$ 有密切關係，試討論。

☞ 參考文獻 ☞

- [1]曾少潛，《世界著名科學家簡介》，科學技術文獻出版社，上海，1981年。
- [2]中國文化大學科技發展與人物編委會，《科技發展與人物》，中國文化大學出版部，民國89年。
- [3]陳寬仁譯，《自然科學發展史》，廣文出版社，民國58年。
- [4]程光裕，《歐洲史》，友聯出版社，香港，1964年。
- [5]林成滔，《科學簡史》，中國友誼出版公司，北京，2004年。