

論述	大陸透視	法今天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	文化臺灣	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	------	----

愛因斯坦創立相對論是百年來歷久不衰的話題，也深遠地影響到我們今天的日常生活。

物理奇譚(五) 「相對論 (Relativity)」——舉世無儔的功業之最 (上)

◎ 吳蜀魏

「張飛打岳飛」，當然是一句笑話，「張飛與岳飛的武藝誰強」，則是不能同日而語的。然而對事業成就而言，雖曠世隔代，猶可相與評說，故歷任美國總統，便不時出現在該國人民的評價排行榜中；很難有既定標準的政治作為，尚且能由人們的觀感而產生高下之分，則事實俱在的科學成就，就更易客觀地反映在世人的心目中。

談到愛因斯坦與其所創立的相對論，百年來所受到世人的關注、讚譽與驚嘆，可說是歷久不衰的話題；當然，其間也曾有過質疑與挑戰，但始終未能撼動相對論的地位。職是之故，聯合國為紀念愛因斯坦提出相對論一百周年，乃將2005年訂為「世界物理年」，並曾舉辦「讓物理光耀世界」的全球性點燈慶祝活動；是年4月18日，從美國普林斯頓愛氏故居開始發射雷射光束，次日晚間7時，包括臺北101大樓與新竹同步輻射中心等在内的臺灣多個地方同步點燈，而成為亞洲第二個點燈接力的國家。

該項活動雖已事隔兩年，但筆者卻記憶猶新，如今為配合「物理奇譚」單元的刊介，故此重拾話題，來談談世人心目中那「似懂又非懂」的相對論內涵。

一句典型的西方用語，有如「他是最崇拜的人物之一」，這無疑帶有外交辭令的況味，因按詞義解釋，「最『表』頂級」，照說只能是「唯一」而非「之一」，之所以這樣講，乃為委婉之言，意在不得罪未受到讚美的其他人。但筆者基於內心的至高敬仰，並認為愛氏的豐功偉業，是無與倫比的，故副標題是「舉世無儔的功業之最」，亦即採選「之最」而非使用「之一」；惟因內文較長，所以本單元分為兩次見載。

奇蹟之年

為了使讀者能有一個清晰印象，以了解愛因斯坦為人類所做的巨大貢獻，筆者在此先行簡要地列舉他的幾項偉大成就，某些必要的說明，將會在下文的適當地方加以補充。

說到科學發展史，尤其是物理學的革命史，不能不談論那奇蹟般的1905年，它不但影響到近代科學的發展，也是愛氏個人創造能力一舉爆發之年。順便一提的是，當時是清朝光緒31年，該年清廷停辦科舉，興建學校；而中國同盟會成立於東京，推舉孫中山先生為總理，並定立「中華民國」國號，這年對國人來說，可謂更具意義。

僅僅在那一年之中，愛氏發表了多篇論文，其中三篇尤具重大成就，它們依次和「光電效應 (photoelectric effect)」、「布朗運動 (Brownian movement)」以及「狹義相對論 (Special theory of relativity)」有關，分別在1905年的3月、5月與6月完成，而在該年的6月至9月期間陸續地刊出。

光電效應，直接導致了愛氏獲得1921年的諾貝爾物理獎；布朗運動的論文，也是劃時代的傑作，這間接地使得法國的皮林 (J. Perrin)，因以實驗確認此一理論，而獲得了1926年的諾貝爾物理獎；至於狹義相對論，其成就則更不在話下，因它澈底改變了牛頓力學中的「古典時空觀 (classical space-time idea)」。

此外，著名的「質能關係 (Mass-energy relation) $E=mc^2$ 」，也是在該年11月所發表的，不過它的原始面貌，是經由 $m=E/c^2$ 來呈現的，其所訴諸的物理意義，引導了原子彈的研製與核能的開發，這誠非愛氏始料之所能及。

除了以上的科學建樹之外，愛氏的巨大貢獻，事實上也深遠地影響到我們今天的日常生活，例如源自於光電效應者，導致了雷射技術的開發，因而舉凡雷射切割手術、雷射印表機、數位相機，乃至C D與D V D等，莫不與之有關。又例如熱門的G P S定位系統，則是採用了狹義相對論中的修正項。再如股市漲跌之模擬、污水處理方法與疾病預防措施等，這些與統計方式有關者，也都受到布朗運動中的理論所影響。

狹義相對論之由來

當然，本單元的主要目的是要介紹相對論，現在就讓我們來看看，什麼是相對論？相對論是如何產生的？相對論是所謂「相對性理論 (Theory of relativity)」的簡稱，它分為「狹義相對論 (Special theory of relativity)」與「廣義相對論 (General theory of relativity)」兩部分，前者又稱特殊相對論，後者也稱為一般相對論。

基本上來說，相對論是物理學中的一支，它今日已成為現代物理學的理論基礎之一，是討論物質運動與時間、空間的學說，在20世紀初誕生，而與幾乎同時萌芽的量子力學，形成所謂「近代物理學 (Modern physics)」的兩大支柱。

大約到了19世紀末，古典物理學的發展出現了某些危機，主要的部分便是凱爾文 (T. Kelvin) 口中的兩朵「烏雲」，分別是「黑體輻射的紫外災」和「以太飄移的零結果」；前者導致了普朗克 (M. Planck) 的量子說，後者的發展，就是特殊相對論的建立。

所謂「以太飄移的零結果」，指的是光速不變性與速度相加原理間的矛盾，亦即麥克斯威的電磁理論與牛頓力學在光的行為上無法調和，在經過了一系列的精密實驗後，人們終於意識到，原先被認為無所不在的「以太 (Ether)」，其實是子虛烏有的東西。

在仔細分析過當時的種種理論與實驗結果後，愛因斯坦高度懷疑牛頓力學之速度相加原理對電磁現象的適用性，最後他具體地指出，上述之矛盾來源於力學中的絕對時間概念，由於絕對時間與絕對空間是力學中速度相加原理的基礎，既然絕對時間與絕對空間的存在非真，那麼原先的速度相加

原理（指伽利略變換）就該加以修正，代之者則是羅倫茲變換，這是狹義相對論中最基本的關係式。

狹義相對論之內涵

狹義相對論的主要特色，在於它不但能解釋古典物理所能解釋的全部現象，而且也能解釋一些古典物理所不能解釋者，並進而預言了不少新的效應。歸結起來，其重要之內涵，有如下的幾項：

其一是，全部理論之演繹，僅只建立在兩個基本假設上，亦即「狹義相對性原理」與「光速不變原理」；前者謂「物理定律在一切慣性坐標系統中都有著相同的形式」，後者謂「真空中的光速對所有之觀測者而言都是相等的」。這裡的慣性系，是指相互作等速（直線）運動的體系，亦即沒有加速或重力效應者。

其二是，根據上述兩假設，可導出兩個慣性系間的坐標關係，遵循羅倫茲變換，此一變換所推得的關鍵性概念之一，便是有關「同時性（Simultaneity）」的相對觀，亦即在某慣性系中異地而同時發生的兩事件，在另一運動的慣性系中看來就不是同時的，換言之，同時性的概念不再具有絕對的意義，它與慣性系有關。

其三是，由羅倫茲變換亦可得到著名的「時間膨脹（Time dilation）」與「長度縮短（length contraction）」效應。前者謂運動中的時鐘指針，其「運行速率」要較靜止者慢，因此時速延緩而導致時距擴大；後者則謂沿著運動的方向來看，運動系中的長度較靜止系中者為短。要說明的是，狹義相對論中的時間膨脹與長度縮短，二者均屬時空特性而非物質過程，且都是相對而非絕對的。

其四是，與古典物理中不同者，相對論中的物體質量不再與其運動狀態無關，而是由

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

表出之，其中 m_0 為物體靜止時的質量， c 為光速， m 則是當其速度為 v 時的質量，上式稱為「質速關係」，將此與前述之「質能關係」合併之，則可寫成

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

其中 $E_0 = m_0 c^2$ 稱為物體的「靜止能量（Rest energy）」。

由質速關係中可以推知，當某物體的速度 v 增至光速 c 時，其質量 m 將成為無限大，而無限大在現實中是不可能的，足證光速 c 是一切物體運動速度的極限。

孿生子悖謬

在述及狹義相對論的最後部分，我們要特地介紹所謂的「孿生子悖謬（Twin Paradox）」，它是一個非常著名、有趣而又具爭議性的話題，且其名稱的本身，即起源於1905年愛氏的原始論文之中。

按英文解釋，「悖謬（Paradox）」指的是「似非而是」或「自相矛盾」的話語，而孿生子悖謬的內容，乍看確屬自相矛盾，但深思之餘，又覺其似非而是，正因為如此，以致使許多物理學家看法分歧，而在1939年與1957至1959年間，曾先後進行過兩次激烈的爭論。

假設有一對雙胞胎甲與乙，現讓甲乘太空船去作星際旅遊而乙留在地球上。若干年後甲旅遊歸來，由於乙相對於地球靜止而甲是在運動中的太空船中，故按「時間膨脹」效應，乙認為甲的生命時鐘較慢而應變得較自己年輕；不過，因為運動是相對的，甲也可認為自己靜坐在太空船中而地球是處於運動中，所以他的結論是乙應變得較自己年輕。顯然，甲與乙的彼此看法中有矛盾，因為相互比較的結果是唯一的，「悖謬」於焉而生。

分析上述（矛盾）問題的關鍵，在於時間膨脹效應，只能在相互做等速直線運動的慣性系之間發生，而太空船在往返期間須經由加、減速等不同過程，因此甲並非恆處於慣性系中，於是他的結論當然就不正確。

對孿生子問題的看法，儘管仍有雜音，但一般的傾向，均認定乙的結論正確，也就是太空船中的甲會變得較為年輕。正因為甲、乙兩人並非處於相同的對等狀態，故二者之觀點，一者為非而另者為是，從這種角度來看，原先的「自相矛盾」，也就帶有「似非而是」的意味。當然，更嚴謹的解釋，那需借助於廣義相對論，否則對被加速系統中的時鐘行為，便無從談起。（待續）

論述	大陸透視	法今天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	文化臺灣	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	------	----

科技新聞摘要

◎ 林治平

電子犯罪猖獗 警方負擔沉重

電子犯罪日益猖獗，令警方十分頭大，英國倫敦警方最近就提出報告，表示地方警力難以負荷繁重的電子犯罪調查工作，有待設立全國性的機構，專責統籌協調全國警力偵辦此類案件。英國原有全國高科技犯罪中心負責處理電子犯罪案件，後併入重大組織犯罪防制署，其後此類案件依嚴重性分級，由不同執法機關處理，但因其數量龐大和性質複雜，基層力有未逮，亟須改弦更張。

倫敦警方的報告指出，透過數位或電腦科技進行的網路犯罪是擴展最快的犯罪方式，結合了新、舊犯罪手法，前者如與電腦有關的駭客入侵與散播病毒，後者如詐欺與騷擾。偵辦電子犯罪案件，得須與時俱進，掌握科技的新發展，而且現今駭客和製造電腦病毒者性質有了變化，以往他們大都是對電腦狂熱的業餘罪犯，如今則出自唯利是圖的有組織全球犯罪集團，使辦案難度大為提高。

影音網站火紅 警方借重辦案

電子科技可能成為歹徒犯案工具，但也能成為懲治犯罪的助力，例如影音分享網站YouTube 最近紅透半邊天，有些執法人員也開始借重其影響力，將監視器攝得的罪犯作案畫面放上網站，供民眾觀看指認嫌犯。著名的例子是加拿大安大略省一起殺人案，警方將犯罪現場監視錄影帶放到YouTube 網站後，點閱次數達二萬五千次，兩週內就收到足夠線報逮捕到嫌犯。

專家認為這種作法也許有其作用，警方能利用最新科技以及增加與大眾互動也是好事，但要讓影片引起社會注意有其困難，而且可能會招來許多無用的線報，以及誤認嫌犯，此外還牽涉隱私權的問題，因此能否持續廣為運用尚待觀察。由於受社會矚目的犯案過程影片往往獲媒體大幅報導，因此很難斷定究竟是上網公開或媒體報導何者較能促使民眾提供線報，但警方強調科技永遠無法取代實地查訪。

監視影帶上網 作法慎重為宜

常有民眾將警方執法過當或出糗的影片放上網站，如今警方也跟上潮流，懂得利用這種分享影片的網路科技，號召大眾提供線索協助追緝嫌犯，犯罪學家認為人人都想扮演偵探，因此不愁沒人提供線報，只怕無用的線索反讓警方浪費時間。至於是否會侵害隱私權，專家認為警方將監視錄影帶上網公開，只要未對入鏡的人提出不實指控或構成誹謗，應不致有違法問題。

不過，也有隱私權問題專家提醒，警方要上網公開影片，最好取得入鏡的受害者和旁觀者同意，以維護其隱私，同時宜訂定公開期限，並在完成法律程序後將影片移除。有上網公開影片經驗的員警則說，在配字幕或旁白時，最好明確指出嫌犯，使其成為觀看影片者的注意焦點，因為這種作法的目的就是讓大眾指認嫌犯身分，以利警方進一步調查。

自拍犯罪過程 警方最佳幫手

除了監視器攝得的畫面，目前還有些人在違法時自己拍攝犯行，甚至自行將影帶上網公開，讓警方不費吹灰之力就掌握犯罪證據，成為協助警方辦案的最大功臣。這種奇特的現象主因科技改變了大眾的行為模式，人人都能輕鬆拍攝畫面，並將影片上網公開，除了可以出鋒頭，若點閱數夠多，還可能藉此賺錢，因此連犯罪的人都可能按捺不住，把拍攝自己犯行的影片上網大放送。

美國早在1995 年就出現過這種自行拍攝犯行的案例，當時阿靈頓市的一群青少年大肆破壞一些住家，造成重大損失，還有錄影帶為證，讓警方可以按畫面抓人。這些年來，警方對這種作法已司空見慣，而且預期會越來越多，因為生於網路時代的青少年，認為拍攝各種奇特行為是很酷的事，也不吝於將攝得的畫面與大眾分享，沒想到自己成了幫助警方蒐證的最好幫手。

檢視監視影帶分析軟體最行

監視錄影畫面可以提供偵查犯罪的線索和證據，但首先要看得清楚和找到關鍵，而待檢視的畫面往往太多又太多模糊不清，警方常為此所苦，所幸有科技業者研發出強大的影像分析軟體，讓技術人員處理畫面時能事半功倍。不論是搶劫、偷竊或凶殺案，要由監視錄影畫面找出嫌犯都很吃力，以往處理一捲錄影帶就要幾個小時，如今有了這種名為VideoFOCUS 的軟體則只要幾分鐘就搞定。

這種軟體原本是用來幫報紙處理攝自電視新聞的畫面，使之看得清楚，後來美國警方經常請業者幫忙處理監視錄影畫面，幫他們迅速找出犯罪現場的影像，然後讓影像變得更清晰，為警方取得嫌犯的相片。業者原本義務幫忙警方，但在這套軟體成為重要執法工具後，也開闢了新的市場，如今美國聯邦調查局與各情報機構和警方都加以採用，即使沒有技術背景的員工也能輕鬆學會使用。

防制重大刑案 預先鎖定目標

治安的最高境界是防制犯罪於未發，英國倫敦警方的凶案防制中心正朝此方向努力，請犯罪心理學家列出最可能犯下凶殺與性侵害案件的百大潛在罪犯名單，建檔監控，以期在這些人犯案前及時遏止。倫敦已有五個區開始試辦這項犯罪防制計畫，以可能犯案的高危險對象為目標，警方可以決定在何時採取逮捕行動，或是通報相關的社會服務機構介入輔導。

這項計畫的關鍵是預測潛在罪犯的行為模式，所根據的是他們以往的伴侶、精神醫師的說法以及先前的報案紀錄，藉此找出那些人最可能犯下嚴重暴力罪行。重點對象是可能由家暴犯成為凶殺犯的人，因為資料顯示，四分之一的凶殺案罪犯有過家暴經驗，而在掌控這些最可能犯案的人之後，警方要做的是加強防範，在他們真正行凶殺人之前，掌握先機遏止命案發生。

法初

法初

法初

法初

法初

法初