

中華科學叢書第五種

甚麼是相對論

著者：L. D. Landau
G. B. Rumer

譯者：李榮章
王華



臺灣中華書局印行

甚麼是相對論

臺灣中華書局印行

中華民國六十八年一月二版
中華科學叢書第五種

甚麼是相對論 (全一冊)

基本定價：壹元正

著者 Alec T. Stewart
譯者 李 榮 章

中華科學叢書編輯委員(以姓氏筆劃爲序)

伍法岳 沈君山 沈慶春 李天培
林多標 吳京生 吳家瑋 吳錦鉞
夏道師 浦大邦 許翼雲 趙曹珏
劉 鑒 劉全生 鄭伯昆 錢致榕
瞿樹元

發行人 熊 鈍
臺灣中華書局股份有限公司代表

本書局登記證字號
本局登
行政院新聞局局版
台業字第捌叁伍號
臺灣中華書局印刷廠
臺 灣 中 華 書 局
發 行 處
臺北市重慶南路一段九十四號



中華科學叢書序

年來國人對科學及技術於建國之重要，了解漸深，一般青年，對科學、工程技術之興趣亦日趨濃厚。然限於環境，時或有望洋興嘆之感。增強在臺學校中科學教程，固為一基本工作，但以中文著述，介紹科學之新發展，為學校課外之補充讀物實為一極重要、極有意義之事。

我國留美學耆：伍法岳、沈君山、沈慶春、李天培、林多標、吳京生、吳家瑋、吳錦鎡、夏道師、浦大邦、劉基、劉全生、錢致榕、瞿樹元諸先生有鑑於此，曾決定從事科學叢書之編譯，各就其專長，選定寫作部門，目前除計劃於近期內陸續出版關於基本粒子，天文漫談，量子電子學，液態氦，高能加速器等五種外，並擬擴大科學部門，廣邀各方面學者專家從事著述。

叢書編輯委員會諸君，皆年青學者，學有專長，茲能熱心從事著述，爲我國科學教育及青年效勞；而中華書局亦以服務精神發行科學叢書。筆者年來對我國科學教育，未嘗忘懷，祇以力不從心，無善可述，茲聞此叢書行將陸續出版，謹向國人介紹，並致個人欽佩喜慰之感。

吳 大 猷

一九六六年十月

XXXXXXXXXXXX

譯者序

XXXXXXXXXXXX

相對論和量子論是本世紀以來物理學上最重要的發現，而相對論的創始者，愛因斯坦，更是家傳戶曉，以前的人說，凡有井水處皆能歌柳(永)詞，我們現在也許可以說，凡有自來水處，愛氏的大名都被傳誦着。不同的是，柳詞淺近易讀，容易朗朗上口，在當時，上至公侯將相，下至販夫走卒，無不皆人手一冊；而愛氏的相對論，尤其經過一些一知半解的人渲染後，變成神秘艱深，使普羅大眾望之却步。當然，在一九四五年第一顆原子彈爆發後，趨尚時髦的士大夫輩也都在口頭上掛一句 $E=MC^2$ 。不過，這就是相對論嗎？許多中學生，大學生，甚至一些物理系的研究生，他們也許從正式課本中知道了隨着速率之增加，質量會變大，長度會縮短，時鐘會走慢。但，他們真正了解相對論嗎？假如問深一層，在一連幾個「爲什麼」下，他們也許就會茫茫然了。主要是因爲相對論所引致的是對時間和空間的觀念上一個深刻、澈底的大革命。單學習幾條方程式和它們底數學運算倒是最容易的，但這絕不代表真正的了解。讀者們至此也許會問：「這樣說來，相對論一定是頂艱深難懂的一門學問了！」那麼譯者要反問一句：「當在小學四、五年級的時候，地理課的老師首次解釋「地球是圓的而

不是無際的平地，」「臺北的白天就是紐約的晚上」這些觀念，你們的反應如何？」學習相對論難易的程度亦正如嘗試去了解上述的地理觀念難易的程度一樣，對那初學的小朋友來說，他很可能圓睜着大眼睛，立刻舉小手向老師發問，表示不相信。但，時光流轉，小朋友轉瞬間升學到初中去，他這時已可舉一反三地向他的小弟弟解釋為什麼日出於東而落於西。在這裏，譯者要強調的是，相對論絕不是艱深不可懂的理論，但也不像二加二等於四那般簡單，它所要求於讀者的是思想上的「成熟」而絕不在乎讀者學了多少大代數，微積分或高等物理。

本書作者朗道乃本世紀的最偉大物理大師之一，在本書中他以生花妙筆，用顯淺的例子，最初等的算術，把相對論的時，空觀念闡釋詳盡。那奇妙的愛因斯坦火車，反覆無常的時鐘，以及意趣盎然的敘述將會使讀者在腦海裏對相對論留下不可磨滅的印象。唯一可憾的是譯者文筆生疏，尤因久滯外國，不但往往會執筆忘字，而且會執筆忘句，錯漏之處，在所不免，這是要請讀者們原諒的。不過，相對論的確是一門很重要的學問。它不但深切影響了科學的發展，並且也伸展至哲學，文學的領域裏。無論是學文的，學工的，中學生，大學生，從商的，從政的，從軍的，務農的，只要有興趣，再加上一點點耐心，他們都應該而且可以毫無困難地學習和了解相對論。假如由於這本小書的出版能使在我國凡有井水處皆能捧讀「相對論」，這便是譯者最大的希望。

譯者

中華民國五十七年（一九六八年）八月

甚麼是相對論目錄

一、熟悉的相對論例子

是否每一句子都有意義？.....	1
左和右.....	1
現在是白天或晚上？.....	2
那一個大些？.....	2
相對的看來像絕對的.....	3
絕對的被證明是相對的.....	4
「普通常識」提出抗議.....	5

二、空間是相對的

是否同一地方？.....	7
實際上物體究竟是怎樣移動的？.....	8
是否所有觀點都相等？.....	9
靜止被找到了！.....	10
靜止中的實驗室.....	11
火車是否在移動？.....	11
靜止失去了.....	13
慣性定律.....	14
速率也是相對的！.....	15

三、光的悲劇

光的散佈並非瞬時性的.....	16
光的速率可否轉變？.....	16

光與聲	17
運動相對性原理好像被搖撼了	17
「以太世界」	19
一個困難的情況產生了	21
實驗來決定	21
相對性原理姿觀	22
從鍋中跳進火中	23

四、時間被證明是相對的

事實上是否有矛盾？	25
我們作一次火車旅行	26
「普通常識」被打入冷宮	27
時間與空間遭受同樣命運	29
科學勝利	31
速率有極限	31
早些與遲些	33

五、時鐘和尺玩弄詭計

我們再乘火車	35
時鐘有系統地走慢	37
時間機器	39
到星球的旅行	40
物體被縮短	42
速度玩弄詭計	45

六、功與質量之互變

質 量	49
質量增加	49
總 結	52
參 考 書	55
索 引	58

一、熟悉的相對論例子

一、熟悉的相對論例子

是否每一句子都有意義？

顯然不是。雖然你可以按所有的文法規例把許多有意義的單字連結起來，你仍可能得到荒謬的語句。例如這一句「這水是三角形的」便沒有什麼意義。

可惜並非每個荒謬的例子都是這樣地顯而易見。往往在初讀時，某一句子好像十分合理，經過仔細的探討後才發現它是荒謬的。

左 和 右

請看下面的圖，房子是在路的那一邊——在左或右？這不是可以直接答覆的問題。



若你正從橋走向樹林，那麼房子是在左邊；但若你正從樹林走向橋，則房子是在右邊。顯然地，當談到路的左或右時，你必需考慮到所謂左或右是相對於那一個方向。我們說：「河的右岸」，這是有意義的，因為河的水流決定了河的方向。同樣地，我們可以說車靠右走，因為車的行動選出了路的兩個可能方向之一。

我們體驗到「左」和「右」的概念是相對的；這概念僅在相關的方向被指明後才有意義。

現在是白天或晚上？

答案視乎問題在那裏發問而定。當莫斯科是白天的時候，維拉地科斯託克（Vladivostok）却正是晚上。這並沒有矛盾，因為白天和晚上是相對的概念。在沒有指明白天，晚上是相對於地球上那一地點時，我們的問題不可能有確定的答案。

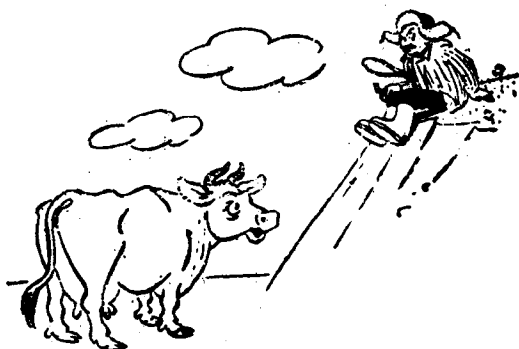
那一個大些？

在下一頁第一個圖上，牧羊人顯然是比牛大些，在第二個圖上，牛顯得比牧羊人大些。這也沒有矛盾，因為畫圖的人站在不同的觀察地點：一個站得離牛較近，一個站得離牧羊人較近，而圖的繪製乃根據觀察角度而非根據物體之確實大小而定。顯然這種角度量的大小（angular dimension and size）是相對的。當我們只說出物體的角度量而不指明觀測點時，這是沒有意義的。譬如說：「這塔是在四十五度角下觀測的」便沒有任何意義，但若說：「這塔是在四十五度角下，從離塔十五米（約五十尺

(圖二)



(圖三)



的某一點觀測的」便有明確的意義。從這一句話我們可以推論到塔高為十五米。

相對的看來像絕對的

若觀察地點被移動一小距離，角度量的大小也只有細微的轉變；因此，角距離 (angular distance) 常被用於天文學。天文學上的星圖 (star maps) 通常顯示星與星間的角距離——即從地球表面上所觀察到的兩星球間距離的角度。

在地球上無論我們怎樣移動，選擇任何地點作觀察，我們永遠看見天上的星彼此間的距離不變，這是因為星

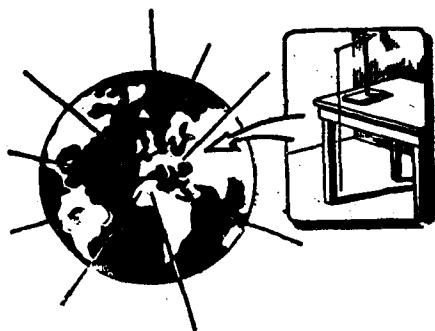
球和我們之間的距離是那麼遙遠，以致我們在地球上的任何行動都變得渺不足道。在這特殊情形下，我們可以用角距離作為距離的確定量度。

若我們利用地球環繞太陽的運行，我們便可以觀察到星球間角距離的轉變，雖然這些轉變是極其細微的。但倘若觀察地點被移到別的星球上，如(Sirius)，那麼角距離的轉變便會很大，以致現在所見到相隔很遠的星球會變成相隔很近，而同樣地，相隔很近的星球會變成相隔很遠。

絕對的被證明是相對的

我們常用「上」「下」兩字。究竟這兩個概念是絕對的(absolute)抑或相對(relative)的呢？

歷史上不同的時代給這個問題不同的答案。當人們還不知道地球是個球體，而還以為它是平平的，像個薄餅的時候，「鉛直」(vertical)被作為絕對的方向。當時的人以為這「鉛直」方向在地球表面上任何一點都一樣。所以他們很自然地談到絕對的「上」與絕對的「下」。



(圖四)

當地球被證實是球形時，人們腦子裏的「鉛直」開始動搖。因為若地球是個球體，「鉛直」的方向必然要按照在地球表面上那一點而定。

地球上不同的地點會有不同的「鉛直」方向。「上」和「下」這兩個觀念現在沒有什麼意義，除非我們先決定這「上」和「下」是相對於地球上的那一點。所以這些觀念便從絕對的變成相對的。宇宙中沒有單一的鉛直方向。對於空間任一方向，我們都可以在地球表面上找到以這方向為「鉛直」的一點。

「普通常識」提出抗議

我們現在覺得這些都很顯而易見，無需爭論。但由歷史記載的顯示，在過去，人們並不能夠這麼容易地明白「上」「下」的相對性，當某些觀念的相對性在日常經驗中並非太顯著時（如「左」和「右」），人們往往會給它們絕對性的意義。

記得中世紀時代人們荒謬地反對球形的地球嗎？他們說：「人怎能倒置而行？」

這當然是因為他們未能認清既然地球是個球體，「鉛直」便只是相對的。

若你不肯接受「鉛直」的相對性，而假設莫斯科的「鉛直」方向是絕對的，那你便得承認紐西蘭的居民是在倒置而行，但那末你應該記得在紐西蘭人的腦中，莫斯科居民才正在倒置而行呢！這沒有矛盾，因為「鉛直」的概念不是絕對的而是相對的。

我們應該注意，僅當考慮地球上距離頗遠的兩個地

點時(如莫斯科或紐約與紐西蘭)，我們才開始體悟到相對性對「鉛直」的重要。若我們的討論只限於兩個比鄰的地點，如莫斯科城內兩間房屋時，我們實際上可以把所有的「鉛直」方向當作平行的，即把鉛直當作絕對的。僅當涉及的地域面積可以和地球的表面積相擬時，我們才會發現把「鉛直」方向當爲絕對是多麼的可笑和矛盾。

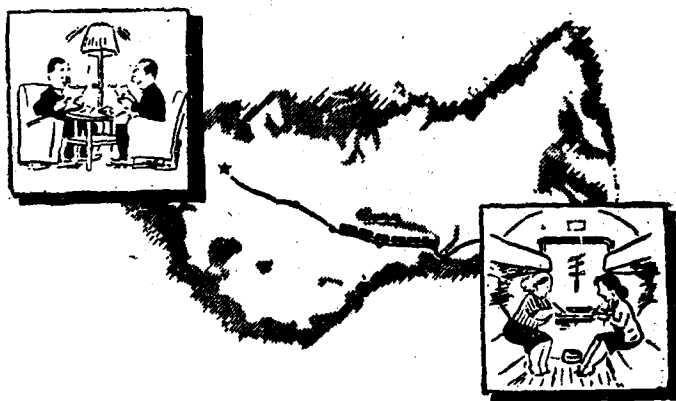
我們的例子顯示出許多日常應用的概念其實是相對的，也就是說這些概念要在說明了觀察情形以後才會有意義。

二、空間是相對的

是否同一地方？

我們往往說這事件與那事件發生於同一地方，習慣了這麼說以後，我們會不覺地以為這一句話有確切的意義。實際上它沒有什麼意義。這等於說：「現在是五點鐘」而不指明是莫斯科五點鐘或芝加哥五點鐘。

爲了證明這點，讓我們想像兩位女旅客同時乘一特別快車從莫斯科到維拉地科斯託克(Vladivostok)，她們訂好每天在火車上同一地點會面，一齊寫信給她們的丈夫。她們的丈夫們恐怕很難同意他們的太太每天曾於空間同



(圖五)

一地點會面。相反地，他們絕對有理由說太太們每天會面的地點相隔了幾百里。他們收到的信寄自鴨綠斯拉夫 (Yaroslavl)，伯堪 (Perm)，史維拉斯克 (Sverdlovsk)，太由門 (Tyumen)，鄂木斯克 (Omsk)，卡巴魯夫斯克 (Khabarovsk)。

所以這兩件事——旅途上第一天寫信與第二天寫信——從女旅客的觀點看來是發生於同一地點的；但從丈夫們的觀點看來，這發生於距離幾百里的不同的地點。

誰對？旅客或丈夫們？我們沒有理由偏袒那一邊。很明顯地，「在空間同一地點」這觀念只有相對的意義。

同樣地，「兩顆星球在天空互相疊合」這句話只在我們說明以地球為觀察點後才產生意義。當我們要說某兩件事在空間同一地點發生時，我們必須先指明這空間的地點是相對於那些物體而言。

所以，在空間的位置這一概念也是相對的。當我們談及物體在空間的位置，我們總是假設了這是指它相對於其他物體的位置。要斷定某一物體的位置而不以其他物體作參照是沒有意義的。

實際上物體究竟是怎樣移動的？

從以上可推出「物體在空間的位移 (displacement in space)」這一概念也是相對的。若我們說一物體被移置了，這只是說相對於其他物體，它轉換了位置。

若我們從許多不同的，在作相對運動的實驗室去觀測某一物體的移動，則這觀測的結果會隨不同的實驗室而異。