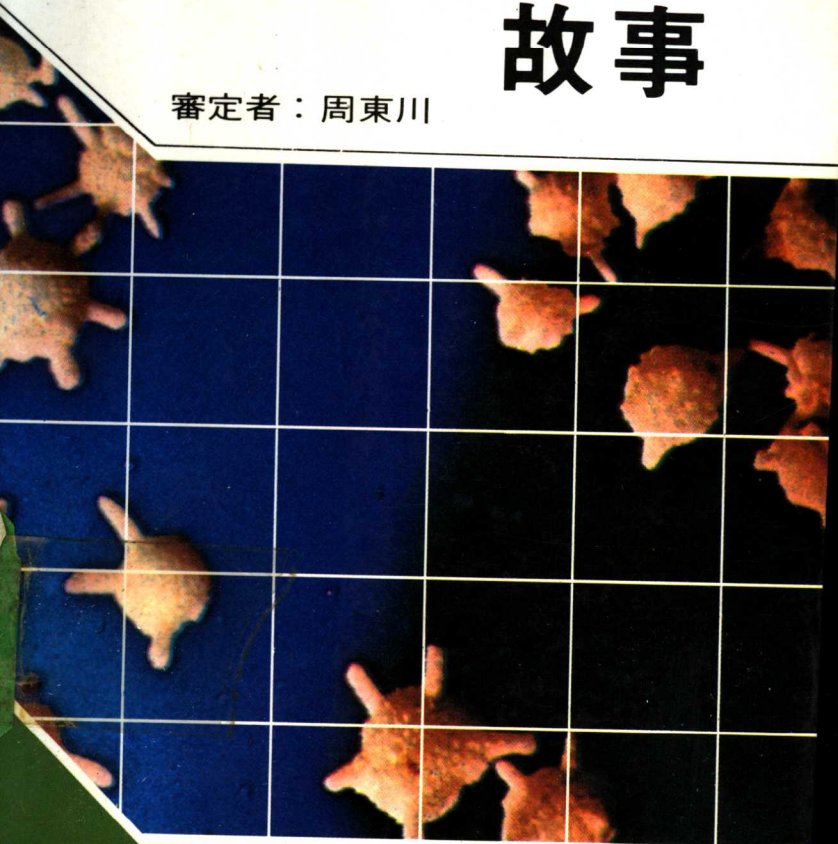


新世紀叢書

時空的創造性思索

相對論的 故事

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



新世紀

057

新世紀叢書

相對論的故事

銀禾文化事業公司 印行



057

新世紀叢書

相對論的故事

主 編：新世紀編輯小組

審定者：周東川

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北市光復南路415巷252號1樓

電 話：7542968・7542969

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣 80 元

印製者：大原彩色印製企業有限公司

新聞局登記證局版台業字第3292號

1989年3月再版

■版權所有・不准翻印■

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！

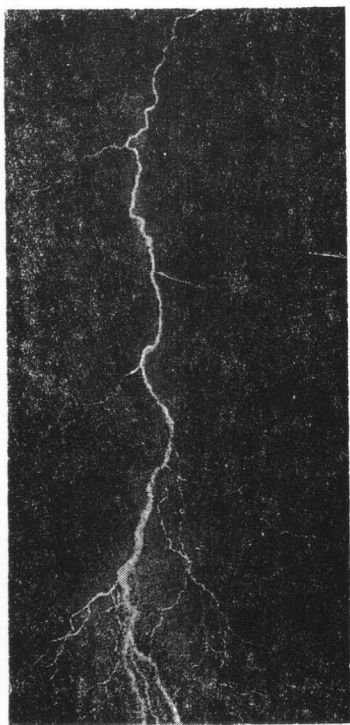
陳俊宏

於一九八五年十一月

目 錄

第一章	尋求光速	1
第二章	以太的雙關論法	21
第三章	何謂特殊相對論	43
第四章	事實的證言	83
第五章	重力的謎與一般相對論	105
第六章	新的宇宙像	125
第七章	統一場的理論	139

第一章 尋求光速



原书缺页

墨爾仙如此的測量了音速，其結果為時速大約 1,100 公里。根據以後用更正確的方法測定的結果，為時速 1,200 公里。由於即使在賽馬時跑的很快的馬也每小時只能跑 60 公里，故對於墨爾仙那個時代的人來說，可能覺得這是非常快的速度罷！今天，飛機的速度比這個速度快的多，有些甚至超過音速。當然，大家都知道比音速快好幾倍的電導飛彈已經出現了。

伽利略的失敗

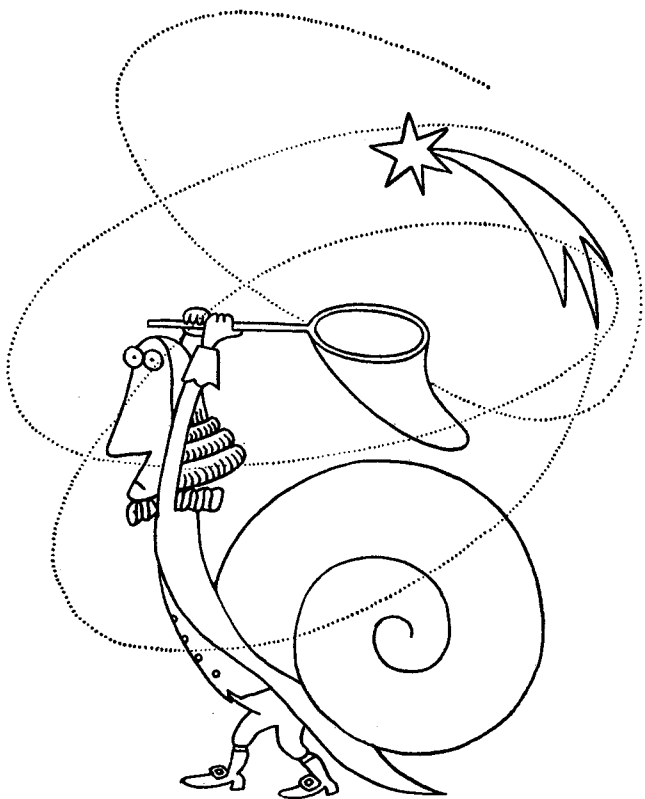
如果進去黑暗的房間擰了電燈的開關之後，到底會發生什麼事呢？首先，由燈泡所發出的光線，在一剎那之間會跑進我們的眼睛。

但是，這時候如果仔細的想，則這個光線是燈泡所發出的，在房間裡充滿的最初的光線是來自這個燈泡。因此，只好認為發自燈泡的光線在那裡移動之後映入我們的眼睛，而使我們對它有所感覺。但就我們的感覺來說，會以為是在打開了開關的一剎那看見了光線。

即是，光線的速度非常的快，好像是在一剎那之間從某一個地方到達另一個地方。這是現在大家都知道的事。

光速到底是有限或無限的？對於這點，在中世紀曾經展開了激烈的辯論。以笛卡爾為代表而主張光速無限

4 相對論的故事



伽利略也無法把握住光速

的一派，與主張光速有限的當時偉大的科學家伽利略（一五六四～一六三二）的一派互相爭論。

伽利略爲了證明自己的理論正確，想到實際去測定光速，他選擇一個黑暗的晚上，讓助手站在離開了大約5公里的丘陵上，手上拿着蓋桶子的已經點火的煤油燈。伽利略在手上也帶着蓋桶子的煤油燈。當他們兩個人都準備好了之後，伽利略舉起了他所拿的桶子。結果，光線以某種特定的速度移動至助手的身邊。助手看見了這個光線之後，馬上舉起了他所拿的桶子。光線隨之再以同樣的速度從他所拿的煤油燈向伽利略那邊移動。

伽利略測定了，從他自己最初舉起桶子時開始至助手看見光線時爲止的時間。由於事先盡量正確地測量了兩人之間的距離，故利用它計算了光速。

因爲伽利略的每次實驗都出現了誤差，而無法信賴其結果，但他的實驗之所以失敗的原因，現在已經明顯。這完全是由於伽利略與助手在從看見彼此的煤油燈之後起至開始動作爲止所費的時間（反應時間）遠比光所走的時間長所致。如果假設他們的反應時間各爲1秒鐘，即等於煤油燈所發出的光線完全在地球周圍迴轉了十四次。雖然當時以爲伽利略所用的方法已經夠完善，但如果以今天的知識來看，那麼跟蝸牛抓蠅一樣，這是完全無用的嚐試了。

終於抓住了光線

真正必要的，是計測光線通過極長的距離——比地球的周圍長——之間所需的時間，或計測通過極端距離之間所需的時間。當然，以能利用精確的鐘錶為前提。在伽利略做了這種無用的試驗的幾年之後，完全偶然的出現了天文學的方法。令人啼笑皆非的是，它是以伽利略在天文學上初期的發現為動機所做的。

伽利略曾經製造了許多望遠鏡。他藉初期所製造的望遠鏡最初發現了木星的四個衛星（木星有十二個衛星）。這些衛星跟地球的衛星（月球）一樣，各有不同的軌道，轉軌道一周所需一定的時間稱為它的周期。

一六七五年，丹麥的天文學家奧拉夫·黎馬計測了木星的衛星的公轉周期。但是，在幾個月之後重測時，却出現了與以前不同的結果。請看圖 1，以便了解到底發生了什麼事。

左邊的 A、B 是表示地球在太陽周圍轉動時兩個不同的位置，另一方面，在右邊則有木星及被木星遮光的木星的第一個衛星（雖然木星也在太陽的周圍轉動，但由於其周期遠比地球長，故在此不必考慮。）

黎馬計測了這個第一衛星的周期。他因而計測了從這個第一衛星離開圖中所示的位置在木星周圍轉動起至

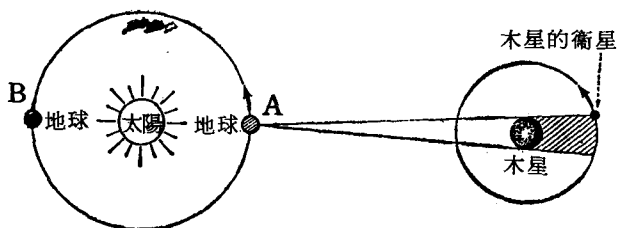


圖 1 黎馬的光速計測

再回至原位所需的時間。他發現了，當地球在位置 A 時，第一個衛星的周期為大約 42.5 小時。由於已知其周期一定，故可以預料每隔 42.5 小時會發生「蝕」的現象。但是，黎馬發現了，「蝕」的現象會隨着地球在其軌道上從 A 向與木星相反的方向移動至 B 而逐漸緩慢的發生，在經過六個月之後地球到達位置 B 時，「蝕」已經延遲 1,000 秒發生。

根據黎馬依理論方法所獲得的結論，這種延遲的時間，是表示木星的衛星所發出的光線比從前多走了相當於地球之軌道直徑的距離所費的時間。

當時的人相信地球軌道的直徑為大約 277,000,000 公里，不知道其正確的數值為 299,000,000 公里。因此，黎馬所得的數值小於實際的光速。但是，黎馬所採用的方法，因為它是最初成功地計測了光速的實例，當然在歷史上仍有其價值。

從「雨」至「光」的類推

接着在一七二八年，英國的詹姆士·布拉多黎利用其他的天文學方法計測了光速。爲了淺易的表示他所用的方法，先來談衆知的簡單的類推。

假設你現在坐在將要開車的電車上。車外正在下雨。你會發覺雨從玻璃窗的上面向下面幾乎成垂直的落下！這是理所當然的事。但是，假定現在電車開始走動。結果，雨不再與玻璃窗成垂直，而呈某種角度落下。如圖 2 (a) 所示，雨所描出的線，是以玻璃窗的最上方爲起點而往邊緣的方向走。電車走的愈快，雨所描出的線愈接近於水平狀態。即是，這條線的斜度與電車的速度有關係。

我們可以輕易的了解到底發生了什麼事。我們先回到電車靜止時雨所造成的垂線考慮這個問題。如果可以測定，即可知道所有的雨滴以幾乎相等的速度落在玻璃窗上。歸根究底，每一個雨滴落在玻璃窗上所需的時間是一樣的。

當電車行駛時，由於電車行駛的速度並不影響雨滴向地球落下的速度，因此，雨滴仍然會以「同一」速度垂直的落下。但是，在雨從玻璃窗的上方向下方落下時，電車在向前進。因此，如果你坐在行駛中的電車上，

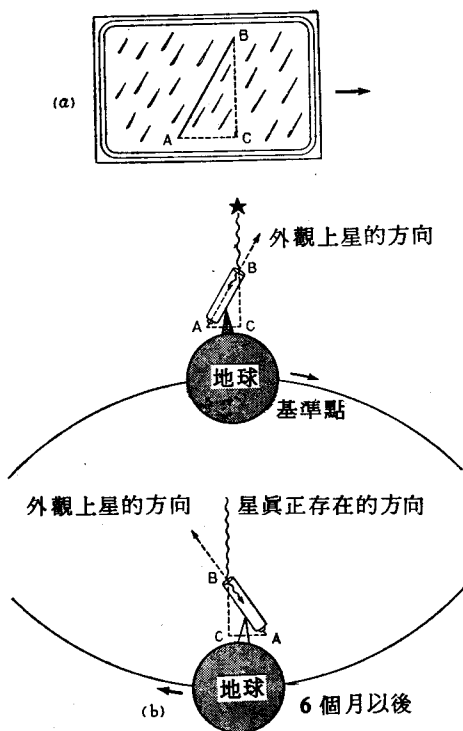


圖 2 布拉多黎的光速計測

你即會覺得雨好像在向後方落下。

如此，我們就會明白，為什麼電車走的愈快則雨所描出的線愈接近於水平狀態。在雨滴落下之前，若電車走的愈快則雨滴愈向玻璃窗的後方延伸。

如果知道電車的速度，用長尺計測圖 2 (a) 中直角三角形的線長，大約可以估計向地球落下的雨的速度。我們可以藉三角法，從 BC 與 AC 的長度比及電車速度輕易的算出雨滴落下的速度。布拉多黎在計測光速時所用的方法，很類似於此種計算法。

星的位置發生偏移

布拉多黎所用的方法，如圖 2 (b) 所示。

假定我們用望遠鏡做測遠方的星。在此，從那顆星向地球「落下」的光相當於雨滴；軌道上的地球的移動相當於行駛中的電車；接受星光的望遠鏡則相當於玻璃窗（至於太陽，是故意省略之）。

如果想看映入望遠鏡的星，則望遠鏡是必須裝設的使來自星的光線會經過望遠鏡的筒「落下」而映入我們的眼睛。

如果地球在一定的位置上而不在其軌道上移動，那麼，把望遠鏡筆直的指向那顆星，使星光會經過望遠鏡中央而筆直的「落下」即可。這與在車站內停止的電車

的例子相同。

但是，地球是以每秒大約30公里的速度在太陽軌道的周圍迴轉。因此，實際上是如圖所示的，而必須把望遠鏡傾斜，以便當來自星的光波從B進入時經過筒中央之後在A映入我們的眼睛（跟雨滴的軌道在玻璃窗上傾斜一樣的）。在光波從B至C之間，觀測者（望遠鏡）是在移動中的地球上，故會從A移動至C。

不過，它與落下的雨滴之間共通的性質到此為止。我們無法用與計測雨滴速度時間樣的方法，計測進入望遠鏡內的光波速度。我們雖然知道雨滴會從頭上筆直的下來，却不知道那顆星是否在正上方。因為我們是用被固定的望遠鏡觀測星，故覺得星宛如在望遠鏡所指的方向即延長AB的方向。這是在布拉多黎的時代以前一直存在的看法。誰都沒有夢想到星竟在望遠鏡所指之外的方向。

但是布拉多黎發覺，以前所觀測的同一顆星，在六個月之後看起來是在不同的方向。他把這種現象稱為「光行差」，用與我們同樣的方法說明了這個現象。結果，他主張光速是一定的。

布拉多黎在大約六個月之後，利用伽馬·托拉歌尼史星在其方向發現了角度約40秒即直角的一萬分之一的差異。他因而知道對於垂線來說傾斜角為大約20秒。他

測量了傾斜角之後作直角三角形 ABC ，用與計算雨滴速度同樣的方法計算光速。在此，光速等於地球軌道運動速度及 BC 與 AC 之比 (BC/CA) 的乘積。

布拉多黎所得的結果不怎麼正確，其方法却是具有其重要性的。因為，它對於當時突然產生的想法——光速的確快速至每秒 300,000 公里的程度，却不是無限大的——提供了更大的信心。不過，布拉多黎的實驗被重視的理由，是在於它成為直接引導相對性理論的依據。

用齒輪把握的光速

一八四九年由菲索所做光速的計測，首創採用非天文學方法來計測。

他彌補了伽利略所做實驗的缺點。他正確的計測了光線在地上較短距離進行所需時間。他所方法的模型如圖 3 所示。

齒輪是藉重碼滑輪迴轉的（在菲索的時代還沒有電動馬達）。他以蠟燭為光源，計測了在光波從蠟燭向距離 8 公里的鏡子前進之後再回到原位之間的光速。

假定齒輪起先並沒有轉動。那麼，從蠟燭發出的光線會經過齒 1 與 2 之間的凹部從齒輪向鏡子前進後被反射，在完成來回 16 公里的行程後，經過齒 1 與 2 之間的凹部而映入在蠟燭後面的人的眼睛。