

EINSTEIN AND RELATIVITY

愛因斯坦和相對性原

鄭周石

貞昌原

文壽純

譯 著

商務印書館出版

愛因斯坦和相對性原理

時間及空間底相對性

一

現在先將「自然」「時間」「空間」等項底一般的哲學的意義解釋清楚，然後再入本題。凡是經由極複雜的路徑，以達最高深的思想，只要這樣做去，必定要容易許多。

入手第一步，必得先要認識一個意識底主體，即是『我』。既然有了這個意識主體的我，同時就不得不承認有被我所意識的對象底存在。這些被我所意識的對象，全體集合起來，就造成廣義底「自然」。自然底一切現象，無論是那一種，總免不了在某時間底經過中，和某空間底廣延裏面，被我們所意識。像這種初級的認識，純粹是屬於我底直觀。

我底直觀的認識裏面，包含着許多和我有同等意識的人們，以及他們各人所意識的內容。同時被他們認為存在的自然現象，以及自然現象發生的時間和空間，當然也就可以想像得到的了。但是這麼一想，就不能不發生出疑問來。那最初在我們自己意識內發現出來的自然，空間，時間，可以說是第一次的自然，第一次的空間，第一次的時間，其次在他們各人底意識內發現出來的自然，空間，時間，再反映一次，纔入了我底意識裏來，這種只能說是第二次的自然，第二次的空間，第二次的時間了。所起的疑問，就是：這第一次的自然，第一次的空間，第一次的時間，究竟是不是和第二次的自然，第二次的空間，第二次的時間，完全相同？我們想現在先研究這個問題，即是要將對象底客觀性底根本意義先弄清楚。

若依質朴的假定，將人們所意識的自然，作成同一的東西，那麼，當然就會有自然底實在性，和空間時間底絕對性等項的結論出來。即是說自然底裏面，好

像似有一定不可移動的空間的框架；一切自然都是裝在這些框架底裏面的。在框架裏面的人，是從均勻流過的時間的窗隙，去覬望他自己以外的東西。所以人們只不過是一瞬時間的自然觀察者罷了。這種質朴的意見，只須經初步的懷疑，立刻就可以根本推翻。譬如試想沒有物質的對象存在的地方，怎樣去測定空間的廣延？沒有起變化的時候，怎樣去測定時間的經過？所謂空間的框架，所謂時間的窗隙；要離却這些現象，去想像他們的存在，實在是絕對辦不到的事。不惟這樣，並且這些現象，全都是先有了我，然後纔由我意識出來的。要使沒有了我，試問還能承認他們底存在嗎？這也是直觀上絕對不可能的。所以只要這樣一想，先前的那種質朴的自然底實在性，就由我底自覺，不得不消歸烏有；一切自然，因此也就不得不依存於我底認識了。

我底自覺在哲學上的確是含有很重要的意義，現在再將這一點，追窮一下。被我們所自覺的我底裏面，包含着的不僅由我自己所意識的我，即是第一次

的我，還有許多由他人所意識的我，即是第二次的我，也在其內。這許多的我，所認識出來的對象的自然，全都是由各人底直觀，發現出來，彼此都不相關聯的。我先前提出來的疑問，就是說，這許多的獨立的對象的自然，究竟是不是同一的東西，我們能不能去判斷他？

我現在觀測在我周圍的自然，同時就不能不承認在我傍邊立着的人們，也在觀察他們各人周圍的自然。但是我們各人所有底感覺，既然各別，那麼，在我傍邊的人所觀察出來的東西，和我自己所觀察出來的，除非有了完全的證明而外，無論一致到什麼程度，總不能相信他們是絕對同一的。譬如說，他看出來的紅色，究竟是不是我看出來的紅色？誰也不能直接去判斷他。但是從一方面想起來，人們雖然各有個性的感覺，各自由他自己底經驗去認識自然，但是這樣得出來的自然律，何以能發見他們有普遍的關係呢？自然律底基礎，既然都是由於我們個人的獨立經驗建設出來的，何以能發有超越個性感覺的普

遍性呢？這個問題，不能不說是極其重要的了。他們必得要將這種普遍性的東西求得，然後纔能作成自然實在性底根據。這種普遍性的東西，若能和唯一的可能關係（註一）相當，自然底絕對性，方能確立。同時對於時間空間，究竟是不是絕對的問題，也非解決不可。

（註一）關於自然定律底普遍關係，是不是唯一的？可能很有許多議論。反對最力的，要算是馬哈（Mach），他底意見以為可能的關係，有多數存在，不過那裏面最簡單而又對於我們底思維最經濟的一種，纔是我們所要求的自然律。像這樣認有多數的可能關係存在，當然只能算是一個假定，並沒有確實的事實來證明過。但是從自然科學發達底歷史看來，自然律漸趨於唯一的傾向，却是很明顯的。所以我覺得馬哈底這種意見，不過是一種虛想罷了。關於自然底唯一性，後面還有議論，請參照一看！

二

由自然現象求出來的抽象的概念，有一定的關係，表示這種關係的東西，就

是自然律，也就是自然科學底內容。表示至精極微的自然律，一切概念，都要用數量纔能表出，各種概念間存在的關係，因而成爲一定形式的數學式子，這是一般所承認的（註二）；我相信自然律底普遍性底真義，也就在這一點。

（註二）一般的自然律，雖能說都可以用數量的概念造成的數學式子來表，但是現在人們所有自然科學之中，恐怕除開理論物理學而外，並沒有幾種，可以辦得到。那些不能假用數學式子表示的自然律，完全是因爲各種變數的要素，過於複雜，不能純化的緣故。自然科學漸次發達，這些困難，也就逐漸減少；從前不能用數量表示的關係，終久有一天可以表示出來；是一定無疑的了。

自然科學是實在的學，和他相對立的是論理學。論理學是形式的科學，其最精密的，當然要推數學爲首。數學先假定有若干公理，由公理將論理上可能的一切關係，一一演繹出來。數學底公理，即是數底概念和空間底概念所包含着的性質，而這些概念，最初又都是由經驗造成的，由此發達起去，於是遂成代數學，幾何學。就這一點看起來，這些數學，對於經驗的實在，已經不能說是完全沒有

關係；不過別的純粹抽象的數學，所有底公理，並不必全都依存於經驗的事實罷了。既然將數學看成一種論理底形式，那麼，所謂公理，只不過是作成一種論理系統底基礎底命題；一個系統裏面，有幾個公理，完全互相獨立，除開彼此不相矛盾而外，並沒有絲毫的關係。譬如現在關於虛數的公理，和非歐几里德幾何學底公理，何嘗不是超越經驗的東西，不過這些假定是就抽象的方面作想，都屬可能的關係罷了。總之，這些數學上的公理，以及由公理演繹出來的種種論理的重要性質，都是極其普遍的。各人既然有個性的差別，何以能穀抽象出普遍的概念？又何以能穀將概念間的關係，用普遍的論理形式表示出來呢？對於這個問題，我以為只好在各人的我的本性裏，去想像一種完成時表現出來的絕對普遍性，非將普遍性底根據，放在這個地方不可。這個議論，暫且不必去講，不過形式科學的數學底普遍性，是無論怎樣，都不能否定的。那麼，和數學有密接關係的自然科學，具有普遍性，當然也就可以由此解說出來的了。

前節曾經說過：自然現象可以用數學來解釋；自然律可以用數學底式子來代表。再將這兩句話下細研究一下，不外乎是說由自然現象，可以抽象出種種概念，在這些概念底中間，可以發見出和論理形式有同等的關係存在。自然現象如是複雜，或許因為我們所知道的數學的論理形式有限，不能表示出來，或許已經誘導成了既知的論理形式，但是因為自然底複雜性質，有些部分我們還不能彀得出適當的抽象概念，也未可知。不過到了終極，預想這種方法，總是不可能的。這種預想，不特並無謬誤，而且還可以解作自然科學成立的前提。照着這樣解釋起來，數學底普遍性，可以看成是建設自然科學底普遍性的要素。

由我底直觀現出來的自然，和他人底直觀現出來的自然，究竟是一是二？要判斷這個問題，恐怕在主義上是不可能的事。但是若果承認各個人都可以由自然現象，抽出一定的概念，而這些概念間的關係，又可以用數學的論理形式表示出來，那麼，就完全是普遍的了。所以直觀的自然，固然是個性的，而由自然

律的結合造成的概念的自然，却不能說不是普遍的。自然底實在性，是要在這個普遍的自然上面，然後纔能確立。

自然底實在性，不由直觀的自然去求，而由概念構成的自然去求，或許還有人對之懷疑，也未可知。但是自然現象底裏面，通常必定可以尋出有普遍關係的數量的概念，自然底實在性底真意，就存在這一點，若果就這一點，嚴密的思索一下，就不難諒解得到的了。我確信由這些概念造成的網最後必能將一切實在的自然，全體籠罩進去。自然就是這個樣子，在我們底認識界裏，造成永不消滅的。以上是說自然底實在性，完全根據於數學底普遍性，現在更進一步，去想在我們思惟作用裏面生活着的數學底論理形式，何以能彀由直觀的自然裏去發見和他對立的東西？對於這個問題，我想將思惟自身對於實在的自然的深密關係，詳細指摘出來。

三

由以上所述的哲學考察，纔知道自然科學底普遍性底根據，究竟在什麼地方。至於自然科學底內容，即是各種自然律，以及自然律中的獨立變數，如時間空間底座標，究竟有沒有絕對的意義，還得要將各種現象加以具體的研究，纔能決定。

從來皆信時間和空間，可以想成是完全獨立的東西。測定時間的方法，卻是利用在空間內所起的運動現象。就這一點看來，兩者之間，雖然已經有了密接的關係，但是對於空間底各點，都可以同一的決定普遍的時間，卻是從沒有人出來反對過。由這個意思說來，時間是絕對的了。所以一定的原因，和他底結果相隔的時間距離，或是一件事情底時間的繼續，無論由什麼人觀察出來，都應該判斷成同一的東西。

最初指明判斷時間，並非絕對的性質的人，就是創造相對性原理的愛因斯坦。他以爲要判斷兩處地方，是不是同一時刻，必得要利用一種物理的現象，作

爲媒介以傳達消息（註三）譬如在第一處放出光來，到了第二處再用鏡反射回去。若果光行的速度，來回都是一樣，那麼由第一處發光的時刻起，到反射回來的時刻爲止，其間所經過的時刻底一半，就是與第二處受光的時刻相當。用這個方法，就可以判斷兩處是不是同一時刻，又可以比較兩處的時計，誰快誰慢。但是要使光行的速度，來回並不一樣，那麼，要判斷兩處是不是同一的時刻，須得要先將光行的速度，究竟來回是怎樣的不同弄清楚，然後纔能加以適當的變化。由此看來，同時刻底判斷，並非絕對的能穀決定的，必得要依存於利用作信號的現象。這個媒介現象，在空間內傳播的狀況不同，同時刻底判斷方法，也就因而有異。並且還要看利用的現象，究竟是怎樣的一種，判斷的方法，也不一律。同時刻底判斷，既然沒有一定，那麼，時間前後底判斷，也就不得不大受影響，於是就有疑問發生出來，恐怕有時因爲這個緣故，致將原因和結果底順次，都會弄顛倒過來，也未可知。這豈不是很重要的問題嗎？

(註三) 假定兩處遠隔着的地方，都各有一個時計，記着他們那裏的時間。要比較這兩個時計所記的時刻，是不是同一時刻，却不能將一處的時計拿到他一處去。因為各個地方，有各個地方的固有時，這樣拿動，就不能說表固有的時刻了。從前每每想像各處都在同一的時刻，所以能假這樣拿來拿去，但是就一般說起來，這當然是辦不到的。

若果因為光能假傳至一切的空間，是一種普遍的現象，纔拿來作成信號，那理由就未免太不充分了。何以故呢？要是在音響能達到的範圍內，就拿音響來作試驗，豈不也可以得同一的論證麼？其實並不然。在這一點上，就缺少了他的必然性了。其所以要用光的必然的理由，完全是因為光具有一種獨特的性質；這種獨特的性質，就是愛因斯坦在他底相對性原理裏面，最初假定下來的。

假定光現象具有這種獨特的性質，其由來甚遠。自從惠根斯(Huygens)將光解釋作一種波動現象以來，(註四)就假想出一種傳達光波的媒質出來，名之曰能媒，(Ether)瀰漫於空間中，並且還賦與他許多不可思議的性質。因為

天體底運動，并不受能媒底抵抗，所以就將能媒，看成一種極其稀薄的氣體。一方面光波既屬純粹的橫波，那麼，傳達他的媒質，當然要具有固體的彈性，於是能媒又不得不有固體的彈性。再由另一方面推測起來，在運動物體內的光現象，並不關物體是動是靜，總得要能媒是絕對的靜止，方可免去矛盾。要同一物質具有這種種的性質，實際上似乎絕不可能，但又是論理上能媒當然不可不具有的東西。與其因為思惟上感覺困難，就把這論理上產出來的當然的結果，拋去不要，到不如用實驗的研究去將論理的基礎，確確實實的證明出來，還要妥當些。（註五）

（註四）惠根斯是荷蘭人，於一六七八年說明光現象爲能媒底波動。

（註五）最初以爲能媒是一種純粹的彈性體，光現象是這種媒質裏面所起的彈性振動。但是到了十九世紀，發見了電磁現象也是在真空中發生的，從此以後，傳達電磁現象的媒質的任務也就不得不加之於能媒底身上。後來英國底馬克斯威爾（Maxwell）用理論證明光現象和電

磁現象，完全同是一物，於是能媒遂一變而成專爲傳達電磁現象而設的媒質了。

能媒要是果眞在空間中，絕對不動，那麼對於他運動着的物體底速度，一定可以用什麼實驗方法觀測出來。譬如地球對於能媒，也是在作一種運動；在地球上靜止着的人看去，好似能媒是向着反對的方向逆流過去的一般。在地球上，沿着地球運動的方向（註六）發光出去，求他來回所需的時間；又沿着和地球運動成垂直的方向，送光出去，求他來回所需的時間。再將這兩種時間，拿來比較。因爲有能媒流着，前者當然應該要比後者稍微長些。這個道理，只消用一個同性質的實驗，就可以驗得出來。譬如用水流來代替能媒流，用有一定速度的輪船來代替光，照樣去測來回所需的時間，結果的確是這樣。但是美國底邁克爾遜（Michelson）和莫勒（Morley）（註七）用光來詳細的實驗，其結果完全是否定的。即是光在地球運動方向來回所需時間，和在垂直方向來回所需的時間，完全沒有差別。這裏就不能不令人起疑。何以用船來實驗，明明白白

的有差別，用光來作同樣的實驗，這差別就會現不出來呢，愛因斯坦就在這一點，發見了光底獨特性質出來。

(註六) 地球對於動媒，有一定的運動，本來無從預先判定，不過地球對於恒星，既然有一定的運動，至少也就可以斷定可以用能媒來代替恆星，這是因為要使力學和電磁學上的絕對運動底觀念，彼此一致，就不得不作如是想。

(註七) 邁克爾遜最初於一八八一年就行這個實驗，後來又於一八八七年，和莫勒協力再實驗一次，利用光底干涉，來作測定。預想的差異，超過觀測誤差底程度很遠，結果依然毫沒有現露出來。

用愛因斯坦假定下來的光底獨特性質，就可以將邁克爾遜和莫勒底實驗結果，簡簡單單的解釋出來。他底假定是說：光速度對於一切的觀測者，都是恆常不變的，他將這個假定，放在他底原理底前頭。由這個假定推論起來，在地球上，在相等的距離之內來回所需的時間，無論地球是怎樣的運動，當然也應該是一定不變的了。

相對性原理假定這個特性，只限定於光現象，方能有之。這就是要想判斷各地方是不是同一時刻，不得不用光來作信號的理由。至於他何以敢斷然下這樣的假定，則不得不歸功於邁克爾遜和莫勒底實驗。總之，時間底判斷，並非絕對的東西，完全是依存於光現象底法則，由上所述，想來可以明白了。

四

對於一切的觀測者，光皆以同一的速度進行，這個假定自身，雖然不過是一個簡單的命題，但却不能不承認他底影響，是極其重大的。

第一的影響，是不承認能媒底存在。若果有能媒作成媒質存在，光在這種媒質裏面，是以一定的速度進行，那麼，由那些對於媒質在運動中的觀測者看去，光底速度就不得不有差別。要否定這個差別，就不得不否定能媒底存在。但是前節已經說過能媒雖然有不可思議的性質，却因其爲論理所產出的當然結果，所以不能拋棄。現在其所以不得拋棄的所以然，是因爲他和光速度底定律