

物的分析



羅素講演錄之三

任鴻雋筆記

物的分析

上海商務印書館發行

物的分析 (Analysis of Matter)

任鴻雋譯記

這個講演，是羅素在京每星期二講演的。我們很感謝任叔永先生和趙元任先生，因為他們肯以他們的記錄，在本刊上發表。

世英

(一)

「物的問題，」有兩方面；一是物理學上的研究，一是哲學上的研究。我此次講演這個問題，也是從這兩方面下手；大約四分之三的時間，是物理學上的研究，其餘四分之一時間，是哲學方面的討論。

物理學上的物的觀念，到近年來，經了一個大改變。從前的物，是一種占據空間的質體；現在的物，是一個兼含空間時間的事蹟 (Event)。這種觀念改變的原因，就是近來新出的相對說 (Theory of Relativity)。相對說是近年的新發明，尤以德國物理學者愛因斯坦 (Albert Einstein) 闡發的功為最大。他的意思，是說凡運動皆是相對的；宇宙間更無絕對是動，或絕對是靜的物。

體。這種相對的意思，在哲學上已經很古了，不過應用到物理上去，要算是近年的新發明。

愛氏的相對說又分兩個：早一點的，範圍狹小一點的一個，叫做特別相對說 (Special Theory of Relativity)，是一九零五年發表的。後來在歐戰期間，愛氏把相對說的範圍，更推廣了，這個後來叫做普遍相對說 (General Theory of Relativity)。

特別相對說的大要，是證明平常所說的空間時間的分別，不過是一種世俗沿用的習慣，實際上並非如此的。我們自來想着，兩地間的距離，或者兩事間的時候，是一個實在的物理上的數量，其實不然。凡空間或時間的數量，都是依觀察人的行動為轉移。但是有一件東西，是空間時間組合而成的，名叫「事間」 (Interval)。這件東西却和觀察的人沒有關係。我現在把求事間的算式寫出，設如 x 為兩事間的距離， t 為兩事間的時候， s 為事

普遍相對說的大要，在發明一個通律，就是重力新律。這個通律，不但包括牛頓的定律（略有改變一點）並且包括能量不滅律，動量不滅律，以及動力學的全部，除了電磁學之外，無一不包括在內。大概說來，凡這個新律，和牛頓定律有不對的地方，實驗的結果，總是這新律占優勝。照這新律講起，空間時間的組合，竟是非歐克里得。一個質點在空間時間組合中間的運動跡，我們叫做「自然線」(Geodesic)，因為他只是順着自然，那長短是不一定的。

普遍相對說有兩個原理：

(一) 設兩物體的速度，為相對的等速時，則描寫自然的諸定律在兩物體中必為一樣。

(二) 上面的公理，無論在那兩件物體上都可應用。

要懂得相對說，必定要有許多非常的想象，平常物理上的速度比較起光

速來，是很小的。在這些很小的速度裏面，牛頓式的動力學，是差不多真確的了。但是近年所發明的鐳的質點放射，其速度也與光的速度相差不遠。又近年測度的方法，益見精確，就是天文上的速度，若有差錯，也可見得。我們現在曉得物質的重量，不是常數，但在運動的方向上，因運動而增加。我們並且曉得一個物體的大小，有因運動而變的理由。這個理由，我隨後就加說明。不但如此，世界上沒有絕對運動這件東西，凡運動都是相對的。所以自然律令不能說我們能測定絕對運動。牛頓的錯誤，就在這一點。我們討論運動，不可把我們的想象，限於地球上的住者。設如我們想象自己住在慧星上，看到太陽系，或者在一個物質的電子上，看到試驗室，我們的世界，必然奇怪的了不得。世界原來是奇怪的，平常人不覺奇怪，乃是一個奇怪事體。

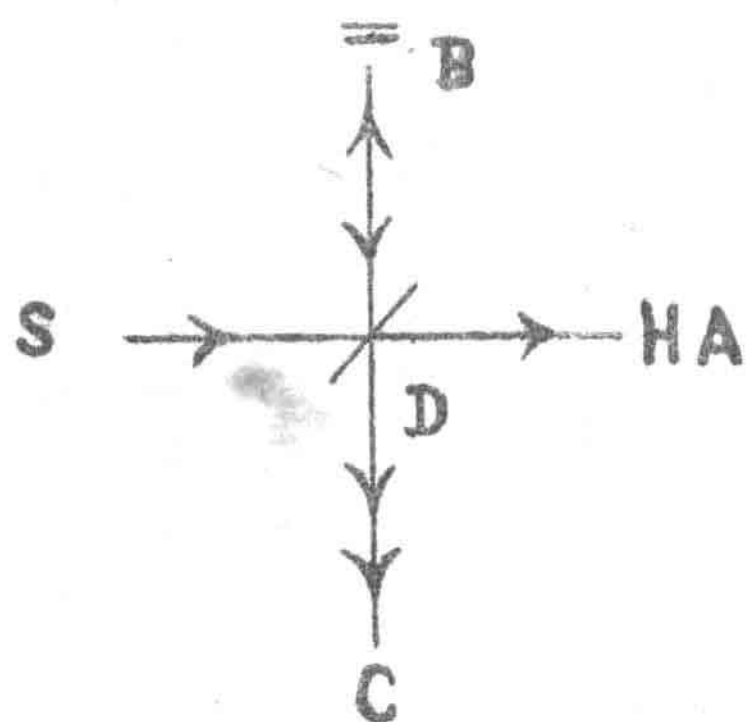
平常人以爲地球是不動的，天文學家以爲太陽，或他恆星，或其他星球世

界之中心是不動的。這樣的想法都不對。動與靜完全是相對的。火車在鐵軌上行駛，可以說火車對於鐵軌行動，反過來，也可說鐵軌對於火車行動。

有一個極重要的實驗的結果，為特別相對說所根據的，就是說光的速度無論對於甚麼物體，都是一樣的。這個話又奇怪了！比如有一火車，由車站出發，他的速度是每時六十英里，又有一人，由同地出發，他的速度是每時四英里。那嗎，火車對於車站的速度為三十英里，自動車對於車站的速度為六十英里，人對於車站的速度為四英里。而且自動車對於火車的速度為三十英里，對於人的速度為五十六英里。儻若自動車與火車相向而行，他們相對的速度，是九十英里，其餘的算法，都可以類推。那嗎，有一個光線由車站射出，光線對於火車的速度是三〇〇，〇〇〇，〇〇〇啓羅米突，減二加三十英里嗎？對於自動車的速度，是三〇〇，〇〇〇，〇〇〇啓羅米突，減二加二十

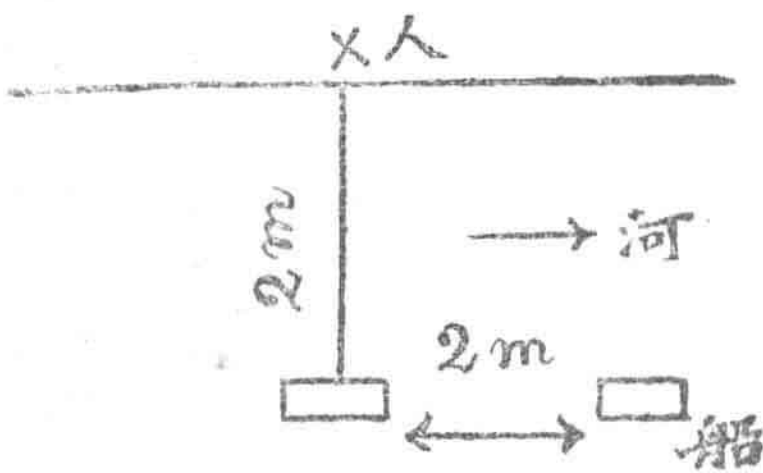
英里嗎？我們想來這是不錯的，但是不然。

從前的物理學家，把光認為以太中的一種波動。設如地球對於以太的速度是 v ，那麼，光與地球運動的方向相同時，其速度為 $c+v$ ，相反時，其速度為 $c-v$ 。譬如一個人在河流中間游泳，順流的時候，速度必定比逆流的時候大，是一定不易的。美國的兩個物理學家，叫邁可生，莫爾列 (Michelson-



Morley) 的，曾屢次實行以太中光的速度的試驗。他們用半透明鏡如 D 接受由 S 發來的光線。因為 D 是半透明的，所以光線到 D，一部分就反射到 B，一部分透過到 A。A B 是兩個反射鏡，互為垂直，而且是距離相等的，受了光之後，仍舊射回到 D。D 是半透明鏡，所以受 A 的反光之後，一部分通過了，一部分反

到 C · 受了 B 的反光之後，一部分反射去了，一部分也通過到 C · 所以在 C 的地方，兩光仍合成一光 · 現在把這儀器，安置在一個地位，使 A 的方向與地球公轉的方向平行，B 的方向和地球公轉的方向為垂直 · 設如光線是以太中的波動，由 A B 反射回來的光線，應該有遲速的不同；合到 C 處，就應當生干涉現象的表現 · 邁可生，莫爾列的試驗，就是應用這個原理 ·



上面所說光線遲速的原理，很不易明白，我們現在再說一個譬喻 · 設如有兩隻船順流下駛，岸上有一人沿河岸進行，且時常和一隻船並着 · 兩船的距離，是兩英里；船和人的距離，也是兩英里 · 河流的速度，是每點鐘三英里 · 設如在一定的時候，在一隻船上，放出兩個鴿子 · 一個飛到那隻船上，然後飛回，一個飛到人的去處，也就飛回 · 現在的問題，是兩個鴿子

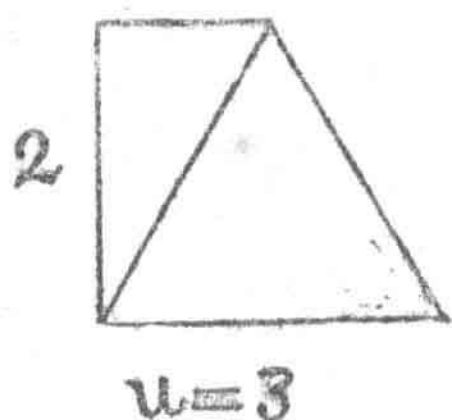
能同時回到一處嗎？

設如鴿子飛的速度，是每點鐘五英里，飛往船上的鴿子，去的時候，是 $u - v$ ，每點鐘只趕上兩英里。但是兩船的距離，恰兩英里，所以去時，飛到那船的時間，是一點鐘。回來的時候，是 $u + v = \infty$ ，每點鐘可得八英里。二英里的距離，只要 $\frac{1}{4}$ 點鐘，即十五分鐘就夠了。故往來一次，總共時間，是一點十五分鐘。

飛往岸上的鴿子，設如所需的全時間為 t ，則得

$$2^2 + 3^2 \left(\frac{1}{2}t\right)^2 = 5 \left(\frac{1}{2}t\right)^2$$

即 $t = 1$



故飛往岸上的鴿子，比飛往船上的鴿子，必定先回來。

但是據邁可生，莫爾列的試驗，兩隻鴿子竟是同時回來的！他們試驗的裝置，完全和鴿子的譬喻同樣。設命距離為 l ，地球在以太中的

速度為 v ，則光向地球運動上往來的時間為 $\frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2lc}{c^2-v^2}$ ，而與地球運動成直角方面光波往來的時間，從 $\frac{1}{2}v^2t^2 + l^2 = \frac{1}{2}c^2t^2$ ，得

雖然很小，但是整數，所以 $2y^2 \frac{l}{c} > 2y \frac{l}{c}$ ，即與地

$$t = 2l \sqrt{c^2 - v^2}$$

$$\text{命 } \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = y$$

即得 $t = 2y^2 \frac{l}{c}$ ，及 $2y \frac{l}{c}$

球運動方向平行時光行的時間，比與地球運動方向垂直時要長些，但是邁莫兩氏試驗的結果說不然。

這種異樣的結果，費慈格納 (Fitzgerad) 和羅倫茲 (Lorentz) 曾有一個解說。這個解說，就是他們的普通縮短說 (Theory of General Contraction)。他們以為凡物體有向運動方向縮短的趨向。與運動方向平行的時間，本來應該比運動方向垂直的時間長，但如假設平行方面的物體，縮短了 $1-y$ ，那嗎，應該長出的時間，恰恰與之抵消，所以畢竟沒有長短的差別。這種解說，自然完全是一個假設，但是這種假設，在相對說上，是可以成立的。

許多有關係的物體速度的總和，不是相加的，但比各分速度之總和小一點。比如你在火車的通道上行走，每點鐘四英里，你的火車每點鐘行三十英里。你對鐵路的速度，並不是每點鐘十四英里，但是稍小一點。

關於這個問題，費佐(Fizeau)曾經有一個試驗。他用一個很長的玻璃管，裝滿了水，使光線通過，測定速度。再用流水在管中通過，再測定光的速度。設如光在靜水中的速度是 w ，水流的速度是 v ，費佐求得光對於水管的速度

$$W = w + v \left(1 - \frac{1}{n^2} \right).$$

在這個算式內， n 是光的屈折係數等於 $\frac{c}{v}$ 。

照羅倫慈的算式，如水流與光行爲同向。

$$W = w + v \left(1 + \frac{vw}{c^2} \right),$$

爲異向，

$$W = w - v \left(1 - \frac{vw}{c^2} \right).$$

這方程式是完全由理論上得來的。但是如把這方
程推展起來，他同費佐的方程式，在觀察上必不可免的
差誤以內，可算是密合的。

(二)

上次講演的最後，講到相對說的幾個根本的實驗。一個是邁可生，莫爾
列的關於光在以太中速度的試驗，結果光的速度總是一樣的。我們所謂
光的速度，固然是指光在真空中的速度而言，但是據相對說講來，就在真空
中，也不是絕對的。一個是費佐的試驗，光在流水中速度的試驗，結果光對
水管的速度，並不是光的速度或水的速度的相加數，但是比相加的總數要
小一點。關於這兩個試驗的解說，一個是普遍縮短說 (Theory of General

Contraction) 凡物都向運動的方面，照 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 的比例而縮短。這是用來解釋密且生莫爾流試驗的。一個是費佐的解釋，譬如火車的速度是 w 火車中有人在上行走，他的速度是 v ，那麼人對於外界的速度不是 $v+w$ 而是 $\frac{v+w}{1+\frac{vw}{c^2}}$ 。這兩個公式，都是應用在特別事情上的，不是總公式。

現在要問相對說關於時間的問題有甚麼話說？平常的觀念，以為時間總是一樣的。時間只有前後長短的分別，在這前後長短中間，可不發生問題。但是據相對說說來，前後長短，也是因人而異，一半是主觀的。要是兩件事在一個地方發見，那嗎兩個事情的時間關係，大約不成問題，若是兩件事情不在一處，就非用間接的方法，不能定時間的前後，這間接的方法，就是困難所由起的了。愛丁頓 (Eddington) 的書中，有一個譬喻，很有趣味。他說設如有一個飛行機，用每時間 165000 英里的速度，從你面前飛過。在