

羅素五大講演

物之分析

北京大學新知書社出版

楊
熙
和

北京大學新知書社廣告

本社爲北京大學及北京教育界同人所組織，以編印教科書及各種有價值之圖書雜誌爲主要營業；以承印各種書籍由歐美日本販運書籍，經售國內有價值之圖書雜誌，代售教育用品爲附屬營業。總發行所，編譯所，印刷所，設在北京東城乾麵胡同三號，另在南池子大街設立分發行所，專售門市，一切佈置均已完備。并聘定國內專門學者數十人擔任編輯。所有印刷機器中外書籍，亦已運到，業於四月十五日正式開幕。凡關於批發印刷編輯事務，請向乾麵胡同本社接洽（電話東局三四三五），零購書籍文具請向南池子分發行所接洽（電話東局三四三四），本社志在發揚學術，傳播文化，一切售價均極低廉，倘承各界賜顧，定當無任歡迎。

北京大學新知書社謹啟

中華民國十年五月初版

羅素五
大講演

物之分析

（每冊實收大洋一角五分）
（外埠酌加郵費）

發行者

北京大學新知書社

印刷者

北京大學新知書社印刷所

總發行所

北京大學新知書社
北京乾麵胡同東口
電話東局三四三五

分售處

北京大學新知書社分發行所
北京南池子北口路西
電話東局三四三四號
京內外各大書坊

▲此書版權所有翻印必究

筆記人的幾句話：

(一) 羅素先生這個講演，共合六次，從民國十年一月十一日起，每星期二晚七點半鐘，在北大講演。每次講兩小時。二月二十二日講畢。

(二) 我這個筆記，曾在羣報發表過。這次付印雖將原稿校正，但決不敢說就沒有錯誤——或者也許很多——還請讀者諸君隨時指示，以便改正。

(三) 羅素先生這個講演，都是講愛因斯坦的『相對論』。關於相對論的學說，一年以來外國雜誌上登載的很多。我現在介紹幾本關於這一類的英文書籍在下面：

1. Relativity,——by Conway, 1915.
2. Relativity and the Electron Theory——by Cunningham, 1915.
3. The Theory of Relativity of Motion——by Tolman, 1917.
4. Space, Time, and Gravitation,——by Eddington, 1920.
5. Relativity: the Special and the General Theory —— by Einstein, translated by Lawson, 1920.
6. The Foundation of Einstein's Theory of Gravitation —— by Freundlich translated by Brose, 1920.
7. From Newton to Einstein——by Harrow, 1920.

物之分析

二

在中文雜誌裏面所見的有：

- 一. 科學界裏的一革命——少年世界第一卷第三號（九，三，一）——張稔年。
 - 二. 相對性原理和四度空間——東方雜誌第十七卷第六號（九，三，二十五）——遜才。
 - 三. 論現代科學革命者愛恩斯坦因的新宇宙觀——學藝第二卷第四號（九，七，三十）——文元樓。
 - 四. 愛恩斯坦的重力新說——科學第五卷第十一期（九，十一，一）——任鴻雋。
 - 五. 安斯頓相對論——北京大學月刊第一卷第八號——何育杰。
 - 六. 空間時間之今昔的比較觀——少年中國第二卷第九期——魏嗣鑾。
- （附註）五，六兩篇，我只看見報紙上所登的題目，現在還沒有出版。
- 此外，少年中國第二卷第七期裏面有沈怡君譯的一篇亞司坦之新世界觀；時事新報學燈欄內（十年三月二十七至三月三日）王崇植君譯的相對論；同報若愚君的德國特約通信，題目是『德國科學界的大論戰』（九年十一月內的——日期忘記——但東方雜誌第十七卷第二十三號曾轉載；又北京高等師範數理雜誌第一卷第一期的『四度空間』，東方雜誌第十六卷第五號的『第四度量』，少年中國第一卷第七期的『空時釋體』都可以參考。
- 姚文林。十，三，二十，在北大第一宿舍。

物之分析

姚文林記

諸君：

這個講演的題目是「物之分析」(Analysis of Matter)。近來哲學家 and 科學家兩面夾攻，把從前對於物質的觀念都改變了。從前說物質是東西的意思，現在差不多是指事情 (Event) 而言。

講這個題目，有兩個觀點：一是物理學的觀點，一是哲學的觀點。因為物理學的觀點，可以用實驗來証實，所以先講物理學上的觀點，然後再從哲學的觀點上來解釋，看他的結論如何。

在這個講演裏面，大概三分之二是從物理方面講，三分之一是從哲學方面講。講物理的地方，要請諸位原諒，因為有許多地方恐怕諸君不能了解。因為宇宙間的事情，本來是很複雜，很難懂的。照現在的「相對論」(Theory of Relativity) 所得的結果，對於物質的觀念，和平常的完全不同。譬如平常我們對於時間 (Time) 和空間 (Space) 兩種觀念的界限，分得很清楚。但照相對論來講，時間和空間是不能單獨存在的，是有相互關係的。所以用舊的觀念講很容易，而用新的觀念講，因為與常識離

物之分析

二

得太遠，就難些了。

⁺相對論是愛因斯坦^{*} (Albert Einstein) 發明的。他分相對論為兩種：一種叫「特別相對論」(Special Relativity)；一種叫「普遍相對論」(General Relativity)。特別相對論較易懂些，所以先講特別相對論，然後再講普遍相對論。

⁺相對論發明的歷史，請讀愛鼎頓的空間，時間，萬有引力 (Space, Time, and Gravitation by Eddington) 第二百一十頁至二百十三頁。(記者註)。

^{*}愛因斯坦「原猶太人」，一八七九年三月十四日生於德國，他童年時代在德國之Munchen居住，到了十五歲時，便赴瑞士入Aarau之中學校，後又入Zurich之工藝學校，他的算學物理便在此處學的。……一九〇二年由學校畢業，得着工程師頭銜，不久「按係一九〇五年」便發表了一篇特別相對論。一九〇九年在Zurich大學當教授。一九一四年到柏林充當威廉皇帝物理學會的會長，「並繼Vant Hoff之後，任柏林大學教授」。一九一五年他又發表了一篇普遍相對論。自從他這兩篇相對論發表了以後，在科學界裏便起了一個大革命……

(節錄十年三月二日時事新報德國特約通信，句裏面的「」是記者加入的。關於愛因斯坦的生平，請參看東方雜誌十七卷十一號裏面的「二十世紀之牛頓」，或Lawson譯的Relativity第vii頁至第viii頁。記者註)。

關於運動的相對，從前的哲學家已經想到。譬如從地球上看到太陽，太陽是動的，地球是靜的。從太陽上看地球，地球是動的，太陽是靜的。那些哲學家已經曉得這種事情是相對的。不過把這種相對的觀念，應用到物理學上，乃是最近的事。

現在講特別相對論：特別相對論把從前對於時間和空間的舊觀念完全打破。從前說時間和空間是不相關的。譬如：現在就是現在；過去就是過去；將來就是將來。這裏一遠事，和一里路遠半點鐘後的一樁事是不同的。但照相對論來說，這並沒有什麼不同，不過因為觀察人的情形不同，結果也因之而異。譬如當彗星行近地球時走得很快，一個人在彗星上觀察地球上的一樁事情，和同時另一個人站在地球上觀察這一樁事情是不同的。那麼，站在地球上的人說他自己的觀察對，站在彗星上的人也說他自己的觀察對。究竟是那一個人的觀察對呢？照特別相對論來講，這兩個人的觀察都可以說是對的。因為無論什麼事情，都須把時間和空間併起來講，並不能專靠時間或專靠空間而定。

平常對於量長短，測時間，以為量多少就是多少，測多少就是多少，是不會變的。但照新的學說來講，要看運動的情形如何，纔可以定他變不變。只有在同一時間和同一空間的觀察，是不跟着運動的情形變的。

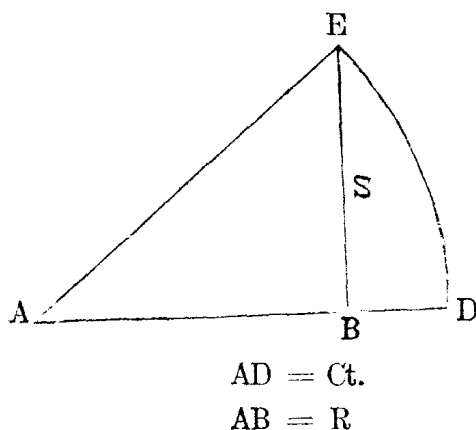
（羅素先生講至此處，有一段關於普遍相對論的話，現在暫且從畧不記，俟講普

物之分析

遍相對論時補入。(記者。)

照相對論的學說，兩樁事情因為發生的時間或空間的不同，就有「分離」(Separation)。方纔說時間和空間是有相互關係的，所以物質的觀念，只能說事情，不能說東西。因為一說東西，就變成物質的質點了。所以物理的現象，就是許多事情的集和。因此分離的定義，包括時間和空間在內，用方程式來代表，就是

$$S^2 = C^2 t^2 - R^2$$



第一圖

式內 S 代表分離；C 代表光之速度；t 代表兩樁事情發生時的「時間的相差」，R 代表「空間的相差」。今用圖(第一圖)來解釋：

圖內 A 和 B 代表兩樁事情；R 代表他們發生時的距離。以 AD 等於 Ct；以 A 為中心，AD 為半徑畫一弧；從 B 畫 AD 之垂直線，與弧相交於 E，則 AE 等於於 AD。BE 即代表分離 S，就可得上面

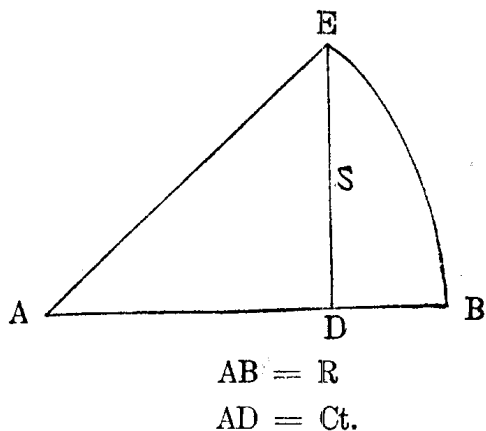
的方程式。

這是表明「時間性的分離」(Time-like Separation)

的一個圖，就是時間差得

多，而空間差得很少，則兩樁事情就彷彿是在同一個地方發生的。假若AB的距離很大，比光在那個時間內所行的距離還大，那就不能用上法做圖了。譬如在地球上五分鐘後有一樁事情A，太陽上五分鐘後有一樁事情B，光從太陽到地球需時八分鐘，那就得用下邊的做法(第二圖)：

第 二 圖



圖內A和B代表兩樁事情；R代表他們的距離；AD為五分鐘後光行的距離。

以A為中心，AB為半徑，畫一弧。從D畫AB的垂直線，與弧相交於E，則

AE當等於R，ED即代表分離S，可用下面的方程式表之：

$$S^2 = R^2 - C^2 t^2$$

物之分析

物之分析

六

這是表明「空間性的分離」(Space-like Separation)的一個方程式，就是空間差得多，而時間差得少，則兩樁事情就彷彿是在同一個時間發生的。

在這兩個方程式裏面，R無論怎樣的改變，S所代表的無論是時間性的分離，或是空間性的分離，而他的值永遠是一樣的。

講到相對論，有許多地方我們覺得很奇怪。因為我們平常見不到的地方很多，不能把相對論的學說表顯出來。譬如光行的速度，較行星運行的速度大得多，而我們感覺所及的物體的運動，又比行星運行的速度小得多，較比光的速度，那更是小的不得了啦。所以我們覺得相對論的學說奇怪，實在是因為平常物體的運動速度太小，不能把他表顯出來的原故。平常試驗物體運動的結果，覺得和「牛頓力學」沒有差別，其實差別是有的，不過因為運動的速度太小，看不出來罷了。若是把運動速度很大的物體來試，那就與「牛頓力學」差得多了。譬如鐳(Radium)是一種放射不息的原質，他放射的速度和光行的速度差不多，所以他的質量假若是按照牛頓的「質量與運動無關」的話講，就講不通了。照新的學說講，與牛頓的話就有些差別，就是「物體的質量，和他運動的方向，是有密切關係的」。

特別相對論內主要的事實，就是試驗光行速度的結果。照這個試驗的結果說：「光無論在什麼情境裏面，或光源若何，他的速度永遠是一樣的」。這與我們的常識就

有些相反了。譬如我們在火車站上看見一列每小時行六十里的火車，同時又有一列每小時行四十里的火車向同一方向進行，則每小時行六十里的車對於每小時行四十里的車的速度是六十減四十一——等於二十里。又如特別快車每小時行六十里，摩托車每小時行三十里，人每小時行四里，假若他們都是同向一個方向進行，則特別快車對於摩托車的速度大五十里，對於人的速度大七十六里，摩托車的速度對於人的速度每小時大二十六里，這是很易明白的了。光的速度則不然，光對於每小時行八十里的特別快車，對於每小時行三十里的摩托車，對於每小時行四里的人。對於不動的車站：的速度都是一樣的。照我們的常識說：應當從光每小時的速度（以里做單位）裏面減去八十，等於他對於特別快車的速度；減去三十等於他對於摩托車的速度；減去四等於他對於人的速度；減去零零等於他對於不動的車站的速度。而實際上則不然，這也奇怪極了！

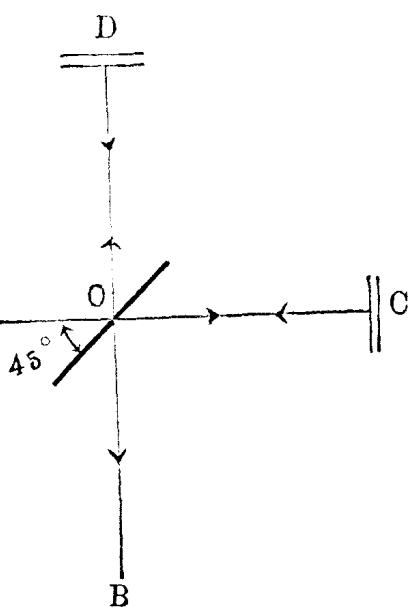
光之速度不變，美國的密契爾生（A. A. Michelson）和毛賚（E. W. Morley）在一八八七年曾證明過。他們實驗的結果，在物理學上供獻很大，在物理學史上也很負盛名。他們的實驗如第三圖所示：

圖內A代表光源。光線由A射至O，O處置一透明鏡與光線之進路成四十五度角。C，D為兩面全反射鏡。C鏡之平面與AO垂直，D鏡之平面與AO平行。兩鏡距O

之長須相等，就是 $OO' = OD$ 。B 是行試驗的人所在的地方。 OO' 與 OD 在一條直線上

， OB 與 DO 在一條直線上。

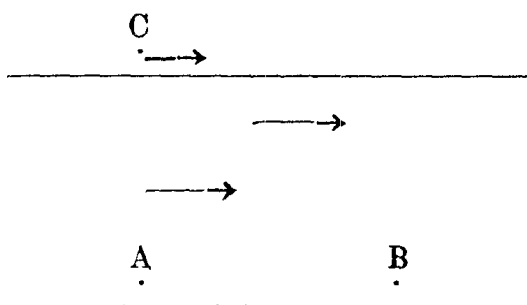
光線由 A 射至 O，則光



第 三 圖

法——波動說——謂宇宙充滿了以太 (Ether)，以太自己是不動的，光是以太中的一

線分兩路進行。一路透過半透明鏡而至 C，因 C 為全反射鏡，故全部反射至 O，再由 O 沿 OB 而至 B。他一路光線，由 O 反射至 D，因 D 為全反射鏡，故全部反射沿 DO 方向而至 O，再透過 O 而至 B。試驗的結果，在 B 處並沒有「光之干涉」的現象，可知兩路光線同時到 B，就是光行的路雖異，而速度却是相等。照舊的光學說



第 四 圖

種波動。平常我們說光之速度是每秒三十萬呎 (Kilometer)，乃是指着光對於靜的以太而言。那麼，假若有一種物體順着光行的方向進行——譬如地球上的火車——無論他的速度怎麼小，光對於他的速度總應該減小了。然而實際上無論這火車駛得怎樣快，光對於他的速度永遠不會減小的。足見波動說是靠不住了。

我們現在假定有 A，B 兩隻船在河內(第四圖)，不藉搖槳或其他的力量，使他們自己順着水流前進。假定 AB 的距離是二里，水流的速度是每小時三里——就是 A 同 B 的速度都是每小時三里。再假定岸上有一行人 C，距 A 也是二里路遠——CA 對於 AB 須成直角——沿着河岸往下流走，每小時的速度也是三里。假若 A 船上的人同時放兩隻鳥，他們飛行的速度都是每小時五里。一隻鳥從 A 飛到 B，再從 B 飛回到 A；他一隻鳥從 A 飛到 C，再從 C 飛回到 A。因為 B 是按照三里路一點鐘的速度向前進行的，所以飛向 B 船的鳥的相對速度是每小時五——三 = 二里。因為 A 也是按照三里路一點鐘向前進行的，所以鳥從

物之分析

10

B 船飛回到 A 船的相對速度是每小時 $5 + 3 = 8$ 里。我們既然曉得他飛往 B 船的時候，他的相對速度是每小時二里，我們並且曉得兩船的距離也是一里，所以這隻鳥在飛行的路上所需的時間是恰好一點鐘。我們又曉得這隻鳥飛回來的相對速度是每小時八里，而從 B 到 A 的距離只有二里，所以他在飛回的路上所需的時間是：

$$\frac{1}{8} \times 2 = \frac{1}{4} \text{ 小時} = 15 \text{ 分鐘}。$$

所以這隻飛往 B 船的鳥，來回共需一點一刻鐘。

我們再看從 A 船飛往 C 的那隻鳥，因為 C 也是向前進行的，所以從 A 飛往 C 的路徑須向前斜。既向前斜則路徑必較 AC 的距離——二里——為多。照計算的結果，這條斜路等於二里半。所以這隻飛往 C 的鳥，來回共需一點鐘就夠了。

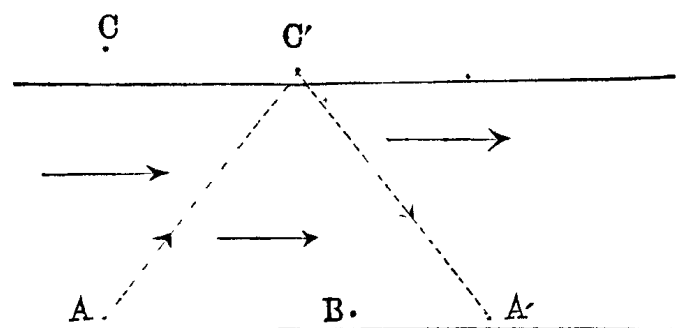
今以圖內虛線代表鳥飛往 C 的路徑；C' 代表鳥到 C 時，C 所在的地方。以 t 代表鳥由 A 至 C 時所需的時間（以小時做單位）。

$$\text{則 } CC' = 3t ; AC' = 5t$$

$$\text{但是 } (CC')^2 + (AC)^2 = (AC')^2$$

$$\text{就是 } (3t)^2 + 2^2 = (5t)^2$$

物
之
分
析



所以

$$16t^2 = 4$$

所以

$$t = \frac{1}{2} \text{小時}。$$

鳥由A飛到C'既需半小時，則再由C'飛到A'（A'代表鳥到A船時，A船所在的地方。）當然也需半小時，所以來回共需一小時。

所以

$$AC' = C'A' = 5 \times \frac{1}{2} \text{里} = 2\frac{1}{2} \text{里}$$

（記者註。）

在這個實驗裏面，A，B，C三者的速度是相等的——恰同在密契爾生和毛寶的實驗裏面的B，C，D相同，因為B，C，D都是按照地球在以太中運行的速度前進；兩隻鳥飛行的速度又是相等的——恰同在密契爾生和毛寶的實驗裏面的光沿OO進行相同。而兩隻鳥飛回到A，時間上竟差

一刻。照密契爾生和毛資的實驗所得的結果，光由兩異路同時至B。這不是太奇怪了嗎？這不同的所在，或者是因為密契爾生和毛資的實驗上的錯誤，譬如OO未必等於OD，半透面鏡未必與光進行的方向成四十五度角……但是他們這個實驗，無論怎樣小心去做，所得的結果是：光總是同時到B。

現在我們姑且假定以太存在，照這個學說來推算密契爾生和毛資的實驗所應差的時間。今以V代表地球在以太內運行的速度，C代表光在以太內進行的速度。設第三圖內OO與地球運行的方向相同，則(C-V)等於光自O至C對於實驗儀器的速度，(C+V)等於光自C回至O對於實驗儀器的速度。今假定OO之長等於1，則光線由O至C，再由C回至O所需的時間等於

$$\frac{1}{C-V} + \frac{1}{C+V} = \frac{2Cl}{C^2 - V^2}。$$

我們再計算光線由O至D，再由D返到O所需的時間：光線沿OD進行，OD又跟着地球向OO而前進，則相對速度為

$$\sqrt{C^2 - V^2}。$$