

書 叢 學 科

釋 淺 論 對 相

著 坦 斯 因 愛 國 德

譯 璵 元 夏

社 學 共

# 相對論淺釋

愛因斯坦著 夏元璽譯

## 上篇

### 相對各論

#### 第一節 幾何學定理之物理意義

讀者諸君必記憶童時、在學校中習歐几里得幾何學之大構造、心雖歎其壯偉、然愛實不如敬、專門良師在無數授課時間、與諸君追逐於其崇階之上、若有人以幾何學定理爲不真確、諸君尊所素習、必輕視之、以爲幾何學、對其片詞隻字亦不應懷疑、然若有人問、幾何學定理真確七字果何所指、諸君卽恐不能如前之堅持矣、今將稍論此問題、

幾何學之入手、在若干基本觀念、如平面、如點、如直線、對此吾人多少有一

定之想像，再加以若干自說，即根據此種想像而認為真確者，其餘之定理，全用吾人所不能不承認之論理學方法，證其皆歸自說，方法合式，定理即真確，故欲問幾何定理之真確與否，當先問自說之真確與否，吾人久知自說真確與否之問題，用幾何方法，不能答復，且問題自身，絕無意味，不能問經過兩點是否真只一直線，只可言歐几里得幾何學中，有物名直線，任取其兩點，全線即定，所謂真確者，窮其究竟，均指與實有事物適合而言，幾何所治並非其觀念與經驗所有事物之關係，乃此觀念與彼觀念之論理上的關係，真確二字，不能加諸純粹幾何學所言也。

吾人何故常欲以真確二字加諸幾何定理，亦不難解，幾何觀念，多少與天然事物相應，此種觀念實全然因此發生，幾何學欲其論理上首尾之完具，不用此道，然吾人則思習深入，見一直線即思及剛體上兩記號，在適宜地點，以一目視三點，若三點合併，即假定其同在一直線，

吾人若遵此思習、在歐几里得幾何定理外、補加一定理、謂一剛體、無論在何方位、其兩記號間之距離不因之而不同、則從歐几里得幾何定理、得剛體方位定理、（由此則直線亦與實物相應、剛體上甲乙丙三點、設有甲丙二點、求乙點、若甲乙與乙丙之和爲最小數、甲乙丙三點即同在一直線、此註雖不完備、現亦可足用矣、）此補加之幾何學、當爲物理學之一部、幾何定理如此解釋時、吾人即可問其真確與否、幾何觀念既已與實物相應、定理亦可問其仍與實物相應否也、粗言之、幾何定理真確與否、即與用畫線尺及畫圓筆所造各圖、相應與否也、

此幾何定理真確與否之標準、全根於不甚完美之經驗、今姑假定幾何定理爲真確、書末討論相對通論時、當見其限、并限之所在也、

## 第二節 坐標式

依上所言距離之物理的解釋、剛體兩點間之距離、即可量定、先有一規定

不變之尺  $S$  爲距離單位、設甲乙爲剛體上之兩點、依幾何學定律、可造連兩點之直線、在此直線、以距離  $S$ 、自甲點度至乙點、度盡次數即爲甲乙距離之數、凡量長均以此爲本、（此量數固止指整者而言、若尺有分數、即可去此困難、並不另需新法也、）

記錄一事一物在空間之地點、止須表明剛體（引體）中何點、與此事地點相合、科學如此、日用亦如此、予言柏林泡此丹空場時、意即以地爲剛體、上有一點、名泡此丹空場、某事發生之地點、在空間與此空場之地點相合、（何謂空間相合、此處可以不必研究、因實際上對此意見、無不同之處也、）

此種記錄地點之法、粗而不精、止可用於剛體之面、面上各點、必須可以識別、今將去此二重限制而不改記錄性質、設泡此丹空場上有雲一朵、欲知雲較地面之地點、可在泡此丹空場上、豎立一桿、直上接雲、單位尺在桿所度之數、加以桿足地點、即爲雲之地點、由此例可知用何途術、使地點觀念漸精、

(甲)推廣比較地點用之剛體、使之包含所欲記錄之物、

(乙)識別地點、不用題名之點而用數、此處即用尺所量之桿長也、

(丙)卽不建桿、亦可言雲高、雲在各地、用光學法觀察、參以光傳佈性質、亦可知如建桿、須高若干方可達雲、

由此可見記錄地點用剛體上題名之點、不如用量數爲便、故測算之物理學、用狄氏坐標式、

狄氏坐標式者、有互成正角之平面剛壁三、與剛體相連、一現象之地點、在此坐標式以自此現象至三平壁之垂線之長、或三坐標( $x, y, z$ )定之、見後第二圖、三垂線之長、用剛尺依歐几里得幾何學律法計算、

應用時坐標式不必用剛壁、坐標亦不必真、用剛尺計算、皆可用間接方法、然地點之物理上的意義、則必用上列解釋、以免物理天文學說有不明瞭之感、(此解釋至本小冊下篇言相對通論時、方有更變、且更精微、)

總言之、記錄諸現象在空間之地位、必用剛體爲比較、所以能作此者、則以剛體上兩記號可代表距離、而計算距離可用歐几里得幾何學定律故也、

### 第三節 古力學之空間與時間

如予不深思曲喻、卽定力學之目的爲記錄物體空間所據地點在時間上之變更、則對於明瞭之聖神、殊負死罪、今請研究罪之所在、

地點也、空間也、究何所指乎、予在一等速前行之火車中、立其窗前、重擲一石、至軌岸上、自予觀之、若不顧空氣阻力、則石之軌道爲直線、地上行人見此頑惡之事、將云石墜地軌道、乃拋物線、石所經過之諸地點、果在一拋物線乎、抑在一直線乎、空間運動果何所指乎、觀第二節、答語固自顯然、空間二字、吾人自供無可置思、須先廢不用、運動皆以剛引體爲比較、地點比較引體、（火車或地面、）上節已有詳細定義、如不用引體而用便於數學記錄之坐標式觀念、則可言在與火車固定相連之坐標式、石之軌道爲直線、在與地面固定

相連之坐標式、石之軌道爲拋物線、自此例可見絕對軌道、（物體運動所經過之曲線、）本無是物、凡軌道均有引體爲比較也、

完全記錄運動、須言明物體地點在時間上變更、軌道每點旁、均須註明物體何時經過此點、故必有時間定義、且必擇其可以實測者、古力學解決方法如下、取同式之鐘兩枚、一置火車窗前人手中、一置地上行人手中、二人鐘擺作聲時、各視石在其引體何處、因光傳佈有一定速率而生之差、今暫置不論、此外尙有一難點、後當一并討論也、

#### 第四節 葛利來坐標式

葛利來及牛頓力學之基本定律、即通稱慣性定律者如下、離他物體甚遠之物體、不變其靜止或等速直線運動之狀態、此定理不但對於物體運動有所言、即對於力學記錄准用之引體或坐標式、亦有所言、若以慣性定律用諸可見各恆星、爲差自屬極微、如用一與地固定相連之坐標式、則每恆星在每

一天文日、行一大圈、似與惰性定律字句相背、故如拘守惰性定律、則坐標式必擇其恆星較此不作圈行者、凡運動狀態能使惰性定律有效之坐標式、均名葛利來坐標式、葛利來及牛頓力學諸定律、止在葛利來坐標式有效、

## 第五節 狹義之相對原則

今以力求明顯故、仍取等速前行之火車為例、此種運動名等速直線運動、等速者、指其速率及方向不變、直線運動者、指火車在軌上、地點雖變換、然不作旋轉、設有一鴉、飛空氣中、自軌岸觀之、其運動爲等速的、直線的、自前行之火車觀之、雖速率與方向不同、然運動亦爲等速的直線的、質言之、如有質量  $m$ 、比較坐標式  $K$ 、作等速直線運動、又如有第二坐標式  $K'$ 、比較  $K$  作等速直線運動、則  $m$  比較此第二坐標  $K'$ 、亦作等速直線運動、故參照前節、可言如  $K$  爲葛利來坐標式、則凡有比較  $K$  作等速直線運動之諸坐標式  $K'$ 、亦均爲葛利來坐標式、葛利來及牛頓力學定律、在  $K$  及  $K'$  均有效力、

今更推廣一層、此定理可作下說法、如  $K'$  比較  $K$ 、其運動爲等速的及不作旋轉的、則自然現象之進行、比較  $K'$  之通律與比較  $K$  之通律完全相同、此說法予等名之曰狹義之相對原則、

自然現象用古力學均能解釋時、相對原則之有效、自無可疑、晚近電力學光學發達以來、古力學不能範圍物理學全體爲其基礎、日益顯明、對於相對原則之效力、因亦發生問題、其答語或竟否認也、

然有兩事、甚爲相對原則助力、古力學基礎雖其廣不足範圍全體物理現象之理論、然其中必有甚重要之真理存、因天體運動、可從彼推算至極精密故也、故相對原則在力學範圍內、必頗有效力、一原則在一現象範圍內、廣遠精密如此、在別一現象範圍、竟謂毫無效力、初似未必然也、

第二事後當再論、今先言之如下、狹義之相對原則若無效力、則互爲等速運動之葛利來坐標式  $K$   $K'$   $K''$  等、於記錄自然現象不能有同等價值、諸葛利

來坐標式中、必有一坐標式 $K$ 。若擇爲引體、則自然定律特別單簡而自然、此坐標式因其便於記錄自然、可名爲絕靜、其餘諸葛利來坐標式 $K$ 、皆爲動、譬如軌岸爲 $K$ 、則火車爲 $K$ 、定律較 $K$ 不如較 $K$ 之單簡、較爲複雜之原因、以火車 $K$ 較 $K$ 爲動故、較 $K$ 之普通自然定律公式、當然含有火車之速率及方向、譬如風琴管、其軸與火車行向平行時、與成正角時、音節當有不同、地球繞日可比每秒鐘行三十基羅邁當之火車、如相對原則無效、則地球每刹那之運動方向、應見於自然定律、物理現象將隨地球在空間方位而俱變、因地球每年繞日一週、其速率方向有變化、比較理想坐標式 $K$ 、必不能全年皆靜、然最精密之觀察、亦永不能發見地球上各方向、物理現象有何不同之處、此實爲一重要之理由、爲相對原則助力者也。

## 第六節 依古力學之速率相加定理

設上所常言之火車、其行鐵軌上之不變速率爲 $V$ 、車中有人、與車行同向、

自車尾走至車頭、其速率爲 $W$ 、車人前行較鐵軌之速率 $W$ 、其大小如何乎、惟一之答語、似由下論發生、

車人若暫停一秒鐘不行、以車行故、彼較軌岸仍前進距離 $V$ 、然事實上則車人較車、每秒鐘尙前行距離 $w$ 、較軌岸亦同、故車人較軌岸、每秒鐘前進之距離總數、必爲

$$W + w$$

後當見此依古力學之速率相加定理、與事實不合、不能保存、現姑作爲可用耳、

### 第七節 光傳佈定律似與相對原則衝突

光在太空傳佈之定律、爲物理學中之最單簡者、學校小兒皆知或自謂皆知光行直線、每秒鐘三十萬基羅邁當、吾人深知此速率 $C$ 、各色之光皆同、如不然、則恆星爲鄰近之暗星掩蓋時、各色之最小度放射、不能同時觀察、荷蘭

天文家提雪特、觀察雙星、亦謂光傳佈速率、與發光物體之運動速率不能有關係、若謂光傳佈速率依空間方向而不同、亦似不然也

簡言之、光速率  $C$  不變之定律、（在真空、）其單簡果如校兒所信乎、孰料大不然、此單簡之定律、乃使深思熟慮之物理學者、遇思想上最大之困難乎、其困難發生如下、

光傳佈現象、吾人自須如他種現象、仍用剛引體或坐標式爲比較、譬用軌岸爲引體、設想將軌岸上之空氣均抽盡、今沿軌岸發一光線、光線頭依上所言、在軌岸以速率  $C$  前進、軌岸上火車之速率仍爲  $V$ 、與光線同向、惟行不如光線之速、今問光線傳佈速率、比較火車如何、此問題與上節所言情形相同、上節之車中人、卽此處之光線、上節之車中人比較軌岸之速率  $W$ 、卽此處之光線比較軌岸之速率、上節之  $W$ 、卽此處光比較火車之速率、故

$$W = C + V$$

故比較火車、光線傳佈之速率小於  $C$ 、

然此結果、與第五節所言之相對原則衝突、依相對原則、無論用火車或用鐵軌爲引體、光傳佈真空之定律、及其他各普通自然定律、均相同、依適所言、係屬不可能之事、如光線傳佈比較軌岸之速率爲  $C$ 、則比較火車、光傳佈必另有一定律、與前不同、與相對原則違反也、

介此兩難、相對原則或光在真空傳佈定律、兩者不能並存、必棄其一、讀者熟觀前論、見相對原則之自然而單簡、必願保存相對原則、光在真空傳佈定律、則擇一較繁複而與相對原則不衝突者以代之、理論物理學之發達、顯明此道不可通、羅倫子之動體電力學及光學理論、創前人所未有也、亦謂觀此二學所得經驗、光在真空速率不變之定律、爲磁電現象理論必然之結果、故即無一事實與相對原則違反、昔之理論鉅子、亦願棄去相對原則也、

新相對論即從此處入手、先分析時間及空間物理上的觀念、顯明相對原

則窮其究竟、實並未與光傳佈定律衝突、同時保存此二定律、可得一論理圓滿之理論、此相對論與下篇所言範圍更廣之相對論有別、吾人名之曰相對各論、今請言其大綱、

## 第八節 物理學上之時間觀念

軌岸上相去甚遠之甲乙兩處、同時有閃電擊入鐵軌、試問讀者、同時二字、意義如何、讀者必以爲甚易答復、然試請讀者詳爲解釋、諸君稍加思慮、便覺答語不如初觀時之易矣、

稍待讀者或將爲如下之答語、同時二字、自身固甚明瞭、不需曲解、實際上觀察二字同時與否、則須稍加思慮、方可得知、然此答語、予殊不能滿意、設有一精於氣候學之人、由巧妙之思想、推得甲乙兩處、每次必同時被電、今欲驗其實際果如理論所言否、凡物理學上言同時處、其困難正與此等、物理學家必有實驗方法在手、方能採用此觀念、同時二字之定義、必擇其隨時可以實

驗者、如適言閃電、同時二字之定義、必擇其有隨時可以實驗兩處是否同時被電之方法者、未達此目的而言同時二字有意義、物理學家或非物理學家實皆自欺、讀者請深思之、如不謂然者、請勿觀下文可也、

熟慮數時、讀者將提議一實驗同時之方法、先沿鐵軌、量甲乙兩點之距離、在其中點、置一觀察者、備有儀器如互成正角之二鏡之類、可以同時觀看甲乙兩處、如觀察者同時見甲乙兩處電光則閃電亦必同時、

予對此建議、雖甚滿意、然尚病其有一缺點、觀察人所見者爲電光、如光傳播速率、自甲點至中點與自乙點至中點等、則汝言甚謬、然究竟相等與否、今尙不能知、必先有測時之法、此處似不免於論理上所謂循環論也、

讀者再思、或謂予太多事矣、讀者將言、適所提議之定義實未假定光之性質、當然可用、所要求於同時二字之定義者、全在其能否隨時實驗、吾之定義無疑、可以隨時實驗、光自甲點至中點、與自乙點至中點、所需時同、並非對於

光之物理上性質有何假定，實不過一種自由規定，用爲吾同時之定義者也。此定義不但用諸二字之同時有一定意義，亦可用諸無論若干事之同時，各事發生之地，比較引體（此處軌岸）無論處何方位均可。（吾人再假定甲乙丙三事，在三處發生，如甲事與乙事同時，乙事與丙事同時，則甲事與丙事亦可作爲同時，此爲對於光傳佈定律一種物理上的假定，如嚴守光在真空速率不變之定律，則此假定不可少。）由此物理學得一時間之定義，設鐵軌（坐標式）上甲乙丙三點，各置一同樣之鐘，時同（依上言意義）則鐘針所向亦同，所謂一事之時間者，卽此事發生時，其最近之鐘針所指之數也，如此則每事時間，均得實測。

此規定尙包含一物理上的假定，若無事實與之相左，係屬不可疑者，此假定爲何，則同樣之鐘其行同速是也，切言之，靜置引體兩處之兩鐘，如鐘針同向，卽爲同時（依上言意義），則凡鐘針同向時卽全爲同時（依上言意義）。