

萬有文庫

第一集一千種

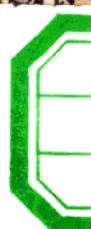
王雲五主編

相對論淺釋

愛因斯坦著

夏元瑩譯

商務印書館發行



萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

目次

上編 相對各論

第一節	幾何學定理之物理意義	一
第二節	坐標式	三
第三節	古力學之空間與時間	六
第四節	葛利來坐標式	七
第五節	狹義之相對原則	八
第六節	依古力學之速率相加定理	一〇
第七節	光傳佈定律似與相對原則衝突	一一
第八節	物理學上之時間觀念	一四
第九節	同時之相對	一七

第一〇節	空間距離觀念之相對	一九
第一一節	羅倫子換標公式	二〇
第一二節	尺及鐘運動時之態度	二五
第一三節	速率相加定理 飛蘇試驗	二八
第一四節	相對論指示途徑之價值	三一
第一五節	相對論之一般結果	三二
第一六節	相對各論及實驗	三七
第一七節	明可夫斯基之四度空間	四一

下編 相對通論

第一八節	特別相對原則及普通相對原則	四四
第一九節	吸力區域	四七

關於世界全體之研究

相對論淺釋 目次

第二〇節	慣性質量與重力質量相等爲普通相對假定之理由……	四九
第二一節	古力學及相對各論之基礎尙有何不滿意處……	五三
第二二節	普通相對原則之結論數則……	五四
第二三節	鐘及尺在旋轉引體上之態度……	五八
第二四節	歐几里得及非歐几里得的連續體……	六一
第二五節	高斯坐標……	六四
第二六節	相對各論之空間時間連續體爲歐几里得的連續體……	六七
第二七節	相對通論之空間時間連續體乃非歐几里得的連續體……	六九
第二八節	普通相對原則之確說……	七二
第二九節	以普通相對原則解釋吸力問題……	七四

第三〇節 牛頓理論在宇宙問題之困難……………七八

第三一節 世界可作爲有限的無邊的……………八〇

第三二節 依相對通論空間之構造如何……………八四

附錄……………八六

相對通論之實驗證明……………九四

一 水星近日點之運動……………九五

二 吸力區域中光之屈折……………九七

三 光帶線之紅端推移……………一〇〇

譯名表

愛因斯坦小傳

相對論淺釋

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)即不建桿、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、其運動為等速的、直線的、自前行之火車觀之、雖速率與方向不同、然運動亦為等速的直線的、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 為葛利來坐標式、則凡有比較 K 作等速直線運動之諸坐標式 K' 、亦均為葛利來坐標式、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

$$W = V + w$$

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