

狹義相對論淺說

(1期) 劉源俊

初接受相對論的觀念時，往往僅能夠記憶一些數學公式，而不能明瞭式中含有的深義。本文只就最簡單之概念加以分析，一以補一般書籍之不足，二以獻與新朋友們做禮物。

一、基本原理及假設

①慣性系存在。即我們能找到一基準坐標系（通常以三個相垂直的架子表之），使不受外力作用的物體對於這基架或永遠靜止，或永遠以等速依直線運動。若兩系以一定速度相對運動而其中一系是慣性系，則顯見另一系也必為慣性系。

註：地球繞日公轉，太陽系又在本銀河系中運動（有移動也有繞本銀河系中心的轉動），本銀河系又在宇宙中運行。我們無法說地表、太陽、或本銀河中心是在慣性系中。因此慣性系之存在實為想像中之事。

②在一慣性系中，地點及時間與物理定律無關。即空間是 Homogeneous 與 Isotropic 的，時間是 homogeneous 的。例如：一個人在 A 點所作實驗之結果與 B 點所作者相同。

③在任何慣性系中，物理定律的數學公式沒有兩樣。這就是說若地表可視為是慣性系時，我們在等速度進行中的火車上所得實驗的結果（如落體、碰撞等）與在地表所得者相同。

④在任何慣性系，測得的真空光速均同。即真空光速 = $C = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$ 是一物理定律。

註：照以前的時空觀念，二速度相加是用向量加法，現在光速不依此律，顯然我們必須改變時空觀念。因此，向量加法對速度已不適用，只是在運動速小時，我們不覺其誤而已。

⑤時鐘的對準。在一慣性系中取兩完全相同的鐘，在某一時間對準之後，分置於兩不同地點，則這兩鐘一定隨時都相吻合。這意思是說如果在 t_1 時自 A 發光波作信號，則 B 收到信號時，鐘上

所指必為 $t_2 = t_1 + \frac{d}{c}$ （d 指 A B 之距離）。

⑤的方法自然是我們平日所能領會的，但加上④的實驗結果，「同時」的觀念就必須加以修正了。試看圖(一)， R' 基架對 R 基架以 v 之速向 ox 方向前進。ABC 為在 R' 中靜止之點，且 $AB = AC$

。現自 A 發信號，則 R' 中的觀測者將測知信號同時到達 B 及 C，但不管 A 之速度如何，R 系中的觀測得的光速都是 C，而他們測知 B 向光源移動，C 離光源移動，所以認為信號先到達 B 後到達 C。因此，「同時」一語只有在一定的慣性系中才有意義。

二、對基本量觀念之修正

(一) 長度 (僅就與相對速度平行方向的長度討論之)

① 靜止物之度量法：以一剛體尺作單位長，將之分度後用法與普通用法同。

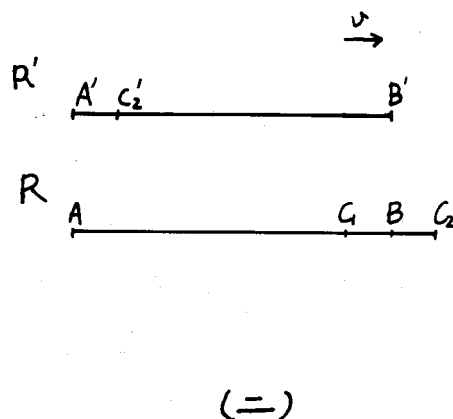
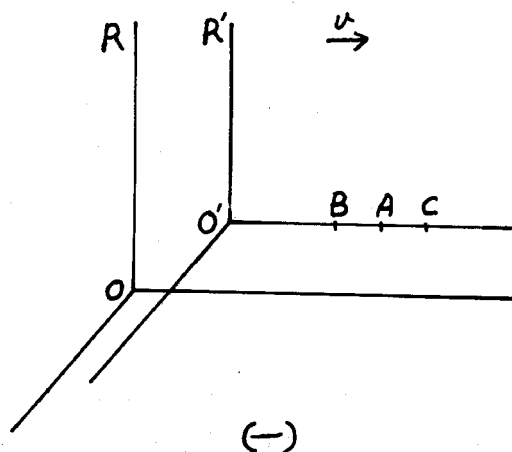
② 運動物之度量法：仔細論之，這種度量非常困難，例如要測開動中車子的長度，我們也許會想到帶尺上車去量。但如何上車？從車頭上與從車尾上會有不同嗎？爬上去與跳上去會有不同嗎？在日常生活中，我們覺不出有不同來，所以並不加注意。但當車行極快時，我們也許跟不上去，因此這種量法有其限制。我們不得不採其他的度量方法，較簡單的是相對論中的度量方法：讓觀測人們對準他們的鐘，排列在車行軌道旁，然後在特定時間時，使恰位於車兩端的兩觀測員各記下符號。再用尺依量靜止物之法量二人間距離，我們稱之為以 v 速度進行的車的「長度」。

依相對論之推理，如此測得的長度必較靜止時之長度為小。討論於下 (見圖二)：

A B 與 $A'B'$ 在靜止時同長 l ，現 $A'B'$ 以 v 速向右運動，設 R 系測得 $A'B'$ 之長為 l_1 。若 $\geq l$ ，則依 R 之觀點， A' 相當於 A 時 B' 相當於 C_2 。但 R' 中之觀者見位於 C_2 之人先做記號，位於 A 之人後做記號，所以認為 A 應早些做記號。即依 R' 之觀點，A 應相當於 C'_2 。如此說來，R 測 R' 之 l 較 l 大 (或等)，而 R' 測 R 之 l 較 l 小，與一、② 相違。所以 $l_1 < l$ 。這就是長度縮短論。

(二) 時間

設 R' 以 v 之相對速度對 R 運動，我們可假想 R 及 R' 中各有無數時鐘置於與 v 同向的直線上。設 R' 之原點 O' 經 R 之原點 O 時，二鐘恰對準，則以後 O 點之鐘與 R' 其他鐘相比時 (它永遠不能再跟 O' 鐘相比了)，會發現它們都比自己快。同樣，O' 鐘與 R 中其他鐘比時也一樣。這就是時間膨脹論。以下說明理由：(見圖三)



R 之觀測者認為 A' 與 O 相比時，O' 正與 A 相比。 \ominus A' 鐘與 O' 鐘不會都比 O 與 A 的鐘快，也不會都比 O 與 A 的鐘慢，因為 R 與 R' 的情形是對稱的。 \ominus R' 的觀測者認為 O' 與 A 的比較先於 A' 與 O 的比較。所以 A 的示數必大於 O' 之示數。 \ominus A' 的示數不會與 O 的示數同，因為若如此則 O' 與 A 比較時，O' 必然顯得慢了，破壞了對稱關係。唯一的可能是 O 比 A' 慢，O' 比 A 慢。

(三) 質量

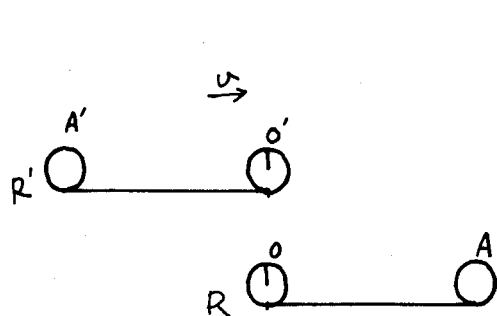
我們假定牛頓第二定律 $F = \frac{d}{dt}(mv)$ 正確，又假定兩物碰撞時第三定律成立，則我們可得動量不減定律。取一球作為標準質量，則其他物之質量可由動量不減定律及此物體與標準質量碰撞的速度關係而測定。為方便起見，設做完全彈性碰撞。

見圖四，設 A、B 在靜時有同樣質量，分置 R 系及 R' 系，各以直方向對各系同速拋出，在中途碰撞又各折回。圖示為 R 系中測者所見情形。若 R 測得 A 回到原處需時 T_0 ，則 R' 測得 B 回到原處亦需時 T_0 。但由 (二) 所述，R 所測得 B 回到原處所需時應比 T_0 大 (T)，所以 R 所知 B 之 y 向分速 (S_B) 必小於 v (因 $\frac{d}{T} < \frac{d}{T_0}$)。由動量不減定律 (R 系中)， $m_A v = m_B v_B$ ， $\therefore m_B$ 應比 m_A 大。

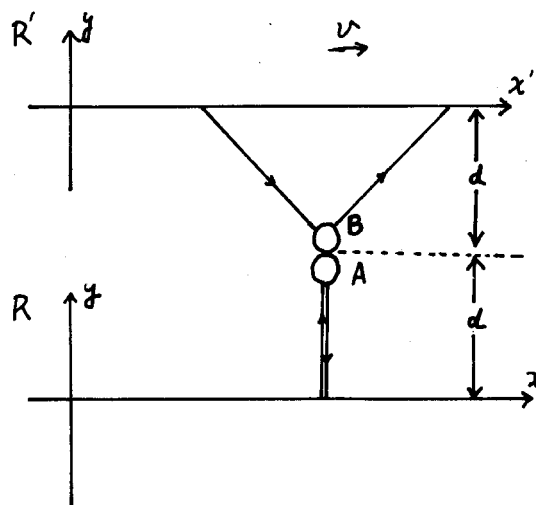
同理，R' 中測者認為 m_A 應比 m_B 大。

三、結論

物理量的意義與測量法有密切關係。例如 R 系測得 R' 系中一根棒的長度為 l_1 ，但 R' 系所測的長度比 l_1 為大，這裏並無矛盾，只是因為兩個「長度」概念及測法不同罷了。嚴格說來，我們不應統稱之為長度。時間與質量亦然。



(三)



(四)