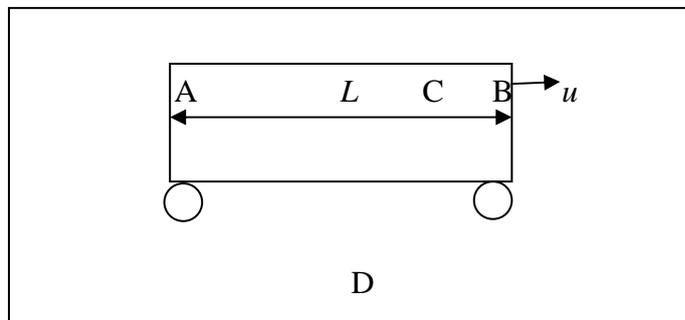


為甚麼有迅子會破壞因果律？

朱明中

想像以下例子：

火車內 A 和 B 各在兩端。火車長度為 L ，即 A, B 相隔 L 。B 身旁有炸彈，可以用光束引爆。B 有迅子槍，可以用光速 2 倍速度發放訊息。



在火車內有觀察者 C，站在距離 B $L/4$ 之處，亦即他與 A 距離為 $3L/4$ 。C 向 A 及 B 同時放射光束。其一到達 B 時引發爆炸。B 在爆炸時即時用迅子通知 A。迅子以光速 2 倍由 B 飛向 A，剛好與 C 射向 A 的光束同時到達 A。以上所有「同時」均以火車內的時鐘為準。

這兒有 4 個事件：1. B 放射迅子(=爆炸)； 2. C 的光束到達 B(=爆炸)； 3. C 的光束到達 A； 4. B 的迅子到達 A, A 知道爆炸。顯然事件 1 和 2 是相同時間地點，可以看成同一事件。事件 3 和 4 亦然。事件 1 和 4 的因果時序等於事件 2 和 3 的因果時序。

C 的位置是按迅子速度而定的，只要迅子比光速快，C 就一定站近 B 那邊，但總有位置可使得事件 1, 2 相同，以及 3, 4 相同。

C 在火車內看到的，是事件 1(=2)先於事件 4(=3)。因早於果。

火車以高速 u 相對外面一個觀察者 D 均速前進(如圖示)。D 看到事件 2 及 3 的時序又如何？

假設光速為絕對，光速相對 A, B, C, D 均為 c 。這是相對論一個基本假設。假設火車長度相對 D 為 L' 。 L' 不等於 L ，但對以下推論沒有影響。

先計算事件 2 的時間(以 D 的時鐘) = t_2 ，以 D 見到 C 放射光束的時間為 0。

D 見到光束以速度 c 向 B 飛，但 B 以速度 u 逃跑。光束飛了的總距離為 ct_2 ，等於原先 B 和 C 的距離 $L'/4$ 加上 B 在 t_2 移動距離： $ct_2 = L'/4 + ut_2$

因此 $t_2 = L'/[4(c-u)]$ ($u < c$)。

事件 3 的時間為 t_3 。因為 D 見到 A 以速度 u 飛向光束，光束飛的總距離為 $3L'/4 - ut_3$ ，因此 $ct_3 = 3L'/4 - ut_3$ ，亦即 $t_3 = 3L'/[4(c+u)]$ 。

D 見到事件 2(=1)和 3(=4)的時序就看 t_2 和 t_3 那一個的數值比較大了。

$t_2/t_3 = (c+u)/[3(c-u)]$ 與 L' 無關。

若 $u \sim 0$ ， $t_2/t_3 \sim 1/3$ ，即事件 2(=1)早於事件 3(=4)，這和火車內的 A, B, 或 C 看到的時序都一樣。

但若 $u > c/2$ ， $t_2/t_3 > 1$ ，那麼 D 見到事件 2 遲於事件 3，亦即是**事件 1 遲於事件 4**！A 知道爆炸早於爆炸！但 A 是因為 B 放射迅子才知道爆炸的，若 A 知道爆炸早於 B 放射迅子，這便是破壞因果律了。

以上我們以迅子速度為光速 2 倍作例子，但顯然任何高於光速的迅子速度都可以有類似結果。若迅子速度愈接近光速，C 必要站得愈接近 B，才可以令事件 3 和 4 同時發生。而上例 t_2/t_3 在份母為 3 的數便愈大(3 為 C 與 A 及 C 與 B 距離的比例)，使得 t_2/t_3 大於 1 亦愈難，須 u 愈大。若迅子速度低於 c ， u 亦要大於 c 才可以扭轉時序了！

我們引入 C 及事件 2, 3 是因為討論建基於相對論，特別是光速為絕對的假設。迅子若存在，並不表示相對論一定錯誤。上面的討論顯出，若迅子存在，而光速仍為絕對，那就因果可以不順序了，起碼相對某些觀察者而言。因此，若真的發現迅子，有可能表示光速不是絕對的，而因果律仍不被破壞。那麼相對論便要修正了。