

作用力 爲什麼等於 反作用力

● 林光爵

作用力爲什麼等於反作用力

這件事可以這麼想像。有一張桌子，
你用手去按它。

結果手也不動，桌子也不動。

這告訴我們什麼呢？

拿薄薄的一張紙放在桌上，手按在紙上，手施力出去，它以為紙是桌子的一部份，所以仍施同樣的力。桌子以為紙是手的一部份，所以仍回應同樣的力。

而紙不動。所以手的力 = 桌子的力

而紙不旋轉。所以作用力與反作用力

發生在手與桌的連線上。

得證。

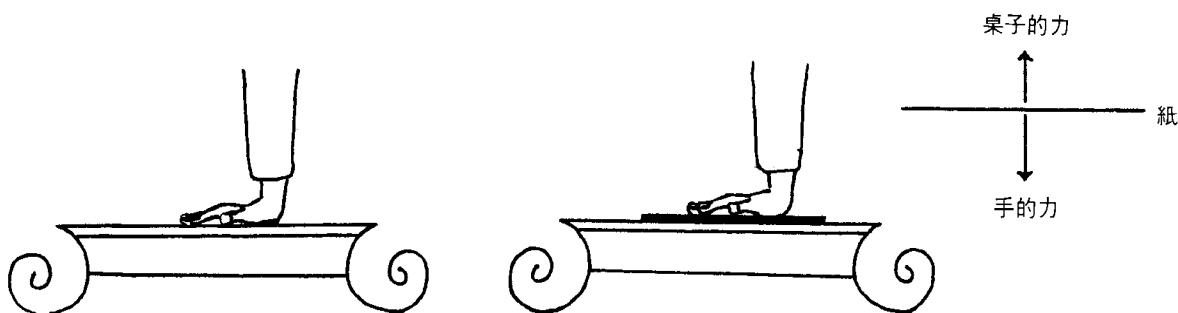
這一幅景像，值得細想，能感受其重要者，自然會著手推廣之，不能感受者，在這裏寫更多的計算也沒有用。一語道破，就是一種虛擬介質的觀念。

大部份的教科書，都把作用力等於反作用力用「假設」二字，一語帶過，殊爲可恨。

然後花一大堆時間在玩 Lagrange 那些座標變換的遊戲，在我看來，根本是本末倒置。

作為物理的基本，不可用「假設」二字支撐，必需要有更基本的理由支持。

作為物理的基本，亦不可用「通過無數次的實驗檢查」為支撐，殊不知人在時空中之渺小，其所累積的數據，何足以呈現在宇宙法官的面前？必需要有更强的哲



學背景，使得我們能清楚的理解它的源頭。

在我看來，作用力等於反作用力在物理的地位，等於畢氏定理在幾何學的地位，集合觀念在代數上的地位，連續觀念在分析上的地位，數學家慎重的對待它們，而我們呢？

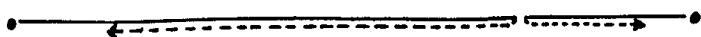
動量守恆

從作用力等於反作用力可以導出動量守恆，只要定義一下何謂質量即可。但動量守恆沒有用到「作用力發生在兩物連線」，你注意到了嗎？

動量守恆與能量守恆的關係

能從動量守恆能導出能量守恆嗎？讓我們試看看吧。

考慮一個這樣的情景，有兩個質點完全彈性相撞。對這事件，我們可以找到一個慣性座標系，使得去和回都在同一直線上。



並且去和回的速度都一樣。

這件事的前後 Σmv^2 保持完全一樣是很明顯的。

我們要問的是，在另外任意的人看來， Σmv^2 仍保持不變嗎？

若果如此 Σmv^2 就可叫做不變量，是不是算一下便知道。

$$\begin{aligned} & \text{令 } 1 \text{ 代表事前， } 2 \text{ 代表事後，} \\ & \text{則剛說過質心系看到 } \Sigma mv_1^2 = \Sigma mv_2^2 \\ & \text{其他的系 } \Sigma m(v_1 + c)^2 \stackrel{?}{=} \Sigma m(v_2 + c)^2 \\ \Rightarrow & \Sigma m(v_1^2 + 2v_1c + c^2) \\ & \stackrel{?}{=} \Sigma m(v_2^2 + 2v_2c + c^2) \\ \Rightarrow & \Sigma m(2v_1c + c^2) \\ & \stackrel{?}{=} \Sigma m(2v_2c + c^2) \\ \Rightarrow & \Sigma m2v_1c \\ & \stackrel{?}{=} \Sigma m2v_2c \\ & 0 = 0 \\ & \text{成立。} \end{aligned}$$

所以我們便知道彈性碰撞裏，動能是守恆的，而其原因來自動量守恆！

並且這過程沒有用到作用力與反作用必須在兩物的連線上！

對於兩個質子相撞，產生了一個光子，又怎麼說呢？那簡單，放棄粒子數守恆的要求，讓光子可以生生滅滅，但能量守恆仍要維護下來。

在有重力場的情況下，又怎麼說得通呢？那簡單，創造一個虛擬的能，位能，把能量定義改為動能 + 位能，則能量守恆仍被維護下來。

事實上，你可大聲辯明，位能並不是虛擬的，一個物體的動能化為位能時，有一天，這些位能，仍會釋放出來，再變成動能。那麼對於非彈性碰撞的熱能又怎麼說呢？

一顆子彈射入木塊，動能減少了，位能沒有增加。

損失的能量，我們猜測它化成各原子散亂的動能，可是這些能量再也沒有辦法取出來，你如何確定能量的存在呢？

我的確不能確定，但基於知道物質由原子構成的，我們又相信每個原子又都是執行動能不滅的碰撞，所以相信能量並沒有消失，只是化成各原子散亂的動能。如此，我們以信心把能量不滅維護下來。此正是忍痛讓一些事物是可變的，以便讓另外一些事物是不可變的。

我們苦心探索與維護一個不變量，以便我們的思路、行動，有所依恃。當一位船長航入太空旋渦，雷達所見都是遠離經驗的影像，變化萬千，有什麼可以讓他堅持信心，堅持一定的方向？就是這些經過哲學深思，實驗考驗過的不變量。而這樣的量是很少的，其單純如赤子，也正是物理的核心。

動量守恆與角動量守恆的關係

從作用力等於反作用力可以導出角動量守恆，簡單證明如下：

我們知道角動量在時間裏的變化率是

$$\Sigma \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

如果現在考慮最簡單的兩物相碰，則

$$\Sigma \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F} + \mathbf{r}_2 \times (-\mathbf{F})$$

因為作用力等於反作用力

$$= (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) \times \mathbf{F}$$

$$= 0$$

因為 \mathbf{F} 在 $\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$ 的連線方向上所以角動量不隨時間改變。

這證明裏用到「 \mathbf{F} 發生在兩物連線上」。

量子力學上的延伸

量力裏有所謂的 $[\mathbf{A}, \mathbf{H}] = 0$ ，則 \mathbf{A} 是一個不變量。

行話就是說如果有某某對稱性，就有某某不變量。這些話，在我覺得，不過是用來嚇唬高中生和大大二二的學生，讓他們一楞一楞的。

事實上並不是先有對稱性，才有不變量。而是先有不變量才有對稱性，或者說不變量和對稱性是同一件事。

常可看到量力課本裏兩三行就「導出」一個不變量。之所以如此，是因為某事不變早已隱含在先前的定義與假設裏，只是此刻才適時點破。任何事物是不是不變，乃基於我們人類思想上的信仰，以及建築於犧牲一些事物，令他們可變。在我看來，對稱只是一種空虛的美麗，在第一節裏所談的作用力等於反作用，才是平實的應對。在很多的摸索裏，我們宛如在玩一個拼圖遊戲，從線索中慢慢堆砌一個規則，如果心裏先存一個不對稱一定不行的念頭，很久以後，你才會發現浪費了時間。有什麼平實的理由，使你相信一個規則，才是最重要的，諸位以為然否？

