

物理疑難問題解答

郭 鴻 銘
國立臺灣師範大學

一、什麼是操作型定義？

力、溫度、速度……等都是日常生活中常用的名詞，也是物理科學上重要的物理量。一般人均能適切的應用這些名詞於語言、文章中，但對它們的意義通常卻僅具有模糊的概念，以速度為例，常人眼中的速度代表了瞬時速度、平均速度及速率等概念含混的混合。有時其所代表的意義與物理學上的意義甚至迥異，例如在「某人獲得地方上有力人士的支持」這句常用的話中，「力」的意義與物理上的「力」就截然不同。此種缺乏明確定義之情形或許能滿足一般意義傳達的須要，但在物理學上則是絕不能被接受的。

這些名詞既然是物理量，我們應可加以測量並以數值表示。因此在物理學上我們可採用敘述測量某物理量之過程的方式來下定義，此種定義的方式包括了敘明如何測量，如何運算的操作過程，故稱為操作型定義。

物理量可分成基本量及導出量兩類。在力學上我們通常選擇長度、質量、時間為基本量（此指公制而言，在英制上則採用長度、力、時間為基本量），對基本量下操作型定義之方式是先選定公認之標準單位（Standard），然後說明如何比較待測物理量與標準單位之過程。國中物理第一冊對長度、時間、質量之定義，已明顯示範此種步驟。導出量是指可以用其他的物理量，暫

稱為基礎物理量（最後可歸根於基本量）為基礎來下定義的物理量。因此對此類物理量的操作型定義通常僅敘述其所須之基礎物理量，及運算法則。例如密度的操作型定義為：

一物體之質量與其體積之商

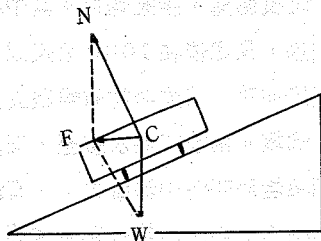
在此體積、質量兩基礎物理量之操作型定義皆為已知，因此不必贅述其定義，僅以「質量」及「體積」兩名詞代表其整個之測量操作過程。「商」即代表「質量」除以「體積」之運算法則。上述定義亦可改寫為：

物體單位體積所具有的質量

其意義與「質量與體積之商」雷同，因在上面之敘述中已隱含了求商的運算過程。

二、車子在傾斜的道路上作圓周運動，如何分析它受力的力圖？

國中物理第十一章所示的力圖為（圖一），其中 $\vec{CW}$ 代表車重， $\vec{CN}$ 代表斜面對車子之作用



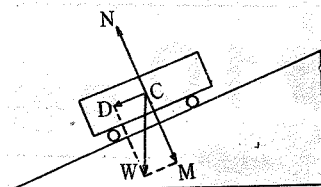
（圖一）

力， $\vec{CF}$ 代表 $\vec{CW}$ 與 $\vec{CN}$ 之合力。 $\vec{CF}$ 之力即為使車子作圓周運動之向心力。對於(圖一)，老師們所提出的問題通常有兩個，即

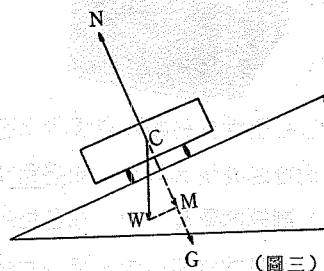
(1) 為什麼求 $\vec{CW}$ 及 $\vec{CN}$ 的合力？為什麼不像處理沿斜面下滑的物體一樣，先將 $\vec{CW}$ 分解為 $\vec{CM}$ 及 $\vec{CD}$ 兩力，令 $\vec{CM}$ 與 $\vec{CN}$ 相消，只剩下 $\vec{CD}$ 之力呢？(圖二)

(2) $\vec{CN}$ 為什麼比 $\vec{CM}$ 大，這是否違背作用反作用定律？

對於第一個問題，我們的回答是(圖二)的作法是以解析的方法求合力，(圖一)的方法是用平行四邊形法求合力，兩種方法，在基本上並無不同。問題的關鍵應在第二個問題上。在圖二所示的情形中，由於車子具有重量 $\vec{CW}$ 的關係，車子對斜面施有一垂直方向之作用力，其大小及方向等於 $\vec{CM}$ ，而 $\vec{CN}$ 則為斜面作用於車子之反作用力，因此 $\vec{CN}$ 與 $\vec{CM}$ 大小相等，方向相反，且同時作用於車子，故 $\vec{CN}$ 與 $\vec{CM}$ 兩力相消。如果車子無重量，即 $\vec{CW}$ 為零，則 $\vec{CM}$ 為零，故 $\vec{CN}$ 亦為零。反觀圖一之情形，由於車子作圓周運動的關係，縱使車子不具重量，車子亦施力於斜面(由課本圖 11-5 中，手須施力之情形，即可體會)，此力 $\vec{MG}$ ，再加上由於車子具有重量，所引起之對斜面之施力 $\vec{CM}$ ，使得車子垂直作用於



(圖二)



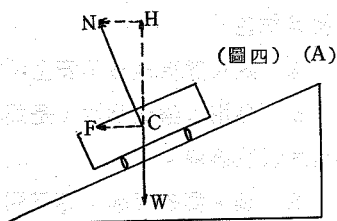
(圖三)

斜面之力量 $\vec{CG}$ 大於 $\vec{CM}$ ，所以 $\vec{CG}$ 之反作用力 $\vec{CN}$ 之大小也大於 $\vec{CM}$ 。(參考圖三)。因此 $\vec{CW}$ 與 $\vec{CN}$ 兩力之合力是圖一中的 $\vec{CF}$ 而非圖(二)中的 $\vec{CD}$ 。

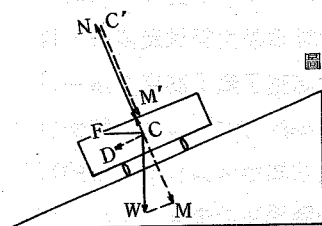
若以解析分力的方法求 $\vec{CW}$ 與 $\vec{CN}$ 之合力，可用下圖(圖四)來表示。

在(A)圖中 $\vec{CN}$ 分解成 $\vec{CF}$ 與 $\vec{CH}$ 二力， $\vec{CH}$ 與 $\vec{CW}$ 相消，合力為 $\vec{CF}$ 。在(B)圖中 $\vec{CW}$ 分解為 $\vec{CD}$ 與 $\vec{CM}$ (即 $\vec{CM'}$)， $\vec{CN}$ 與 $\vec{CM'}$ 之合力為 $\vec{CM'}$ ，再求 $\vec{CM'}$ 與 $\vec{CD}$ 之合力即得 $\vec{CF}$ 。

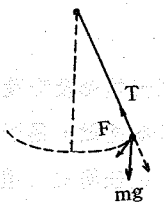
上述的情形與單擺及錐擺的情形相似，請大家比較(圖五)與(圖六)中的淨力 $\vec{F}$ 與 $\vec{F'}$ 。



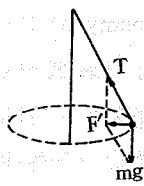
(圖四) (A)



圖四 (B)



(圖五) 單擺



(圖六) 錐擺