

# 對「失重」現象的了解

## 是 W 還是 R?

我們站在地上時，身體受著兩個力作用。



其中一個力是我們的重量  $W$  (地心吸力)。另一個力是地面承托著我們，不讓我們下跌的法向反作用力  $R$  (或稱「法向力」、「正向力」)。

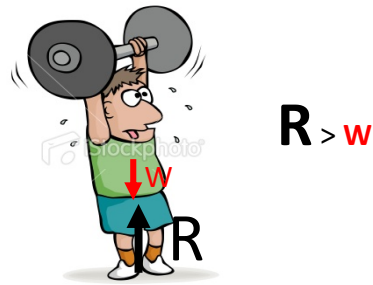
$W$  和  $R$  的量值(magnitude) 邏輯上不一定相等。當上下方向沒有加速，淨力為零， $W$  和  $R$  的量值才相等。

**問題：我們感覺自己有多重，究竟我們感覺的是  $W$  還是  $R$ ?**

**答案：是  $R$ 。我們從不感覺到  $W$ 。**

以下的簡單生活經驗已證明這是 R：

1.



當我們舉起重物，腿感覺辛苦了，「感覺的力」大了。 但我們身體的重量  $W$  不曾改變，舉起的重物內沒有我們的神經細胞。 若我們「感覺的力」是  $W$ ，那無論我們舉起多重的東西，我們依然只會感覺到相同的  $W$ 。那是不合乎常理！

舉起重物，地板要承托較大的力， $R$  大了。 我們「感覺的力」就是  $R$ ，不是  $W$ 。

2. 我們跑步，著地的腳比凌空的腳有較大的「感覺的力」。為甚麼？因為那時著地的腳要承托全身， $R$  就作用在那隻腳。若「感覺的力」是  $W$ ，那兩隻腳應該有相同感覺，因為兩隻腳的重量  $W$  也應該差不多。



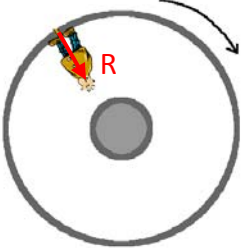
希望你已接受了這個概念：**我們的「重量感覺」是來自  $R$ ，而不是  $W$ 。**

就因為我們的「重量感覺」是來自 R，而不是 W。所以失去「重量感覺」的條件就是沒有了 R。

R 和 W 是兩個完全不同的力。在各情況下，R 和 W 的量的值可以相等，也可以不相等。也可以在沒有 W 之下有 R、也可以有 W 之下沒有 R。無論如何，我們要製造「失重」感覺，唯一的條件和方法就是令 R 消失。

我們不妨舉一些 W 和 R 存在和不存在的例子

	情景	W	R	感覺
1.	從高處跳下，著地時一剎那	存在	存在 ∵減速， $R>W$	較平常重
2.	「跳樓機」急墮 (但不是自由落體)	存在	存在 ∵向下加速， $R<W$	較平常輕
3.	在以自由落體跌下的飛機內 	存在	不存在	失重感覺
4.	在環繞地球的太空船內	存在	不存在	失重感覺

5.	在遠離任何星球的外太空的太空船內	不存在	不存在	失重感覺
6.	在遠離任何星球的外太空的太空旋轉器內	不存在	存在 	有重量感覺 (此謂「人造重量」)

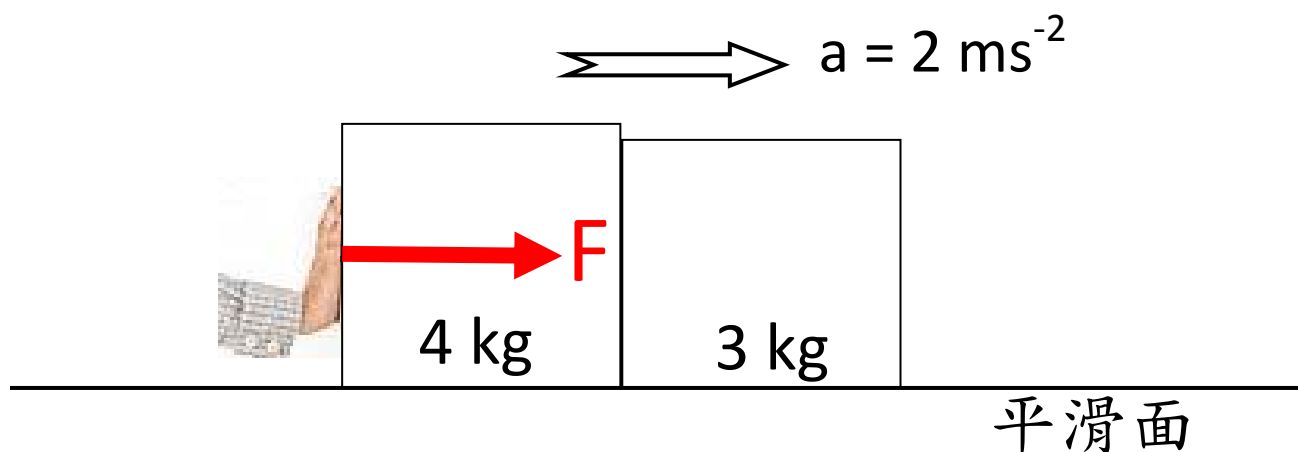
### R 和 W 本質上有何分別？為甚麼重量感覺來自 R？

當失去承托力 R，就算仍然存在地心吸力 W，也一樣出現「失重」感覺和相關現象，同學對此始終有點兒迷惘。我們如何把事情再說得明白一些？

我們先討論以下兩個不同情況：

## 情況 A

在一個平滑無摩擦的水平面上放著兩方塊，如圖所示。方塊被推向前。



問：若兩木塊一齊向前加速  $a = 2 \text{ ms}^{-2}$ ，問推力  $F$  為多大？

答： $F = (M + m)a = (4 + 3)2 = 14 \text{ N}$ 。

問：在兩個方塊接觸的「縫隙」，存在壓強嗎？

答：存在。前面的  $3 \text{ kg}$  也需力加速。設  $4 \text{ kg}$  推向  $3 \text{ kg}$  的力為  $R$ ，

$R = 3 \times 2 = 6 \text{ N}$ 。將  $6 \text{ N}$  除以接觸面的大小就是壓強。

即是推方塊的手給予的  $14 \text{ N}$ ，其中  $8 \text{ N}$  留給  $4 \text{ kg}$  方塊「自己

用」，餘下的  $6 \text{ N}$  則透過接觸面來傳給前面的  $3 \text{ kg}$  方塊「用」。

問：若一隻小毛蟲在加速前爬入這兩方塊接觸面的「縫隙」去，牠會有

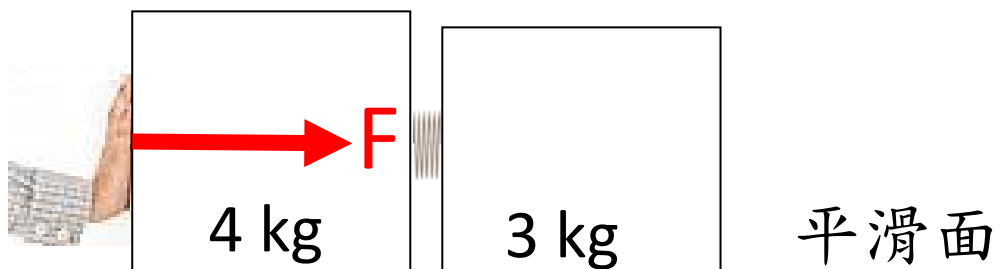
甚麼「遭遇」？



答：小毛蟲或許被壓扁了！

問：若把一個短彈簧 (spring) 放在這兩方塊接觸面的「縫隙」去，彈簧的形狀會變得如何？

答：彈簧被壓縮了！

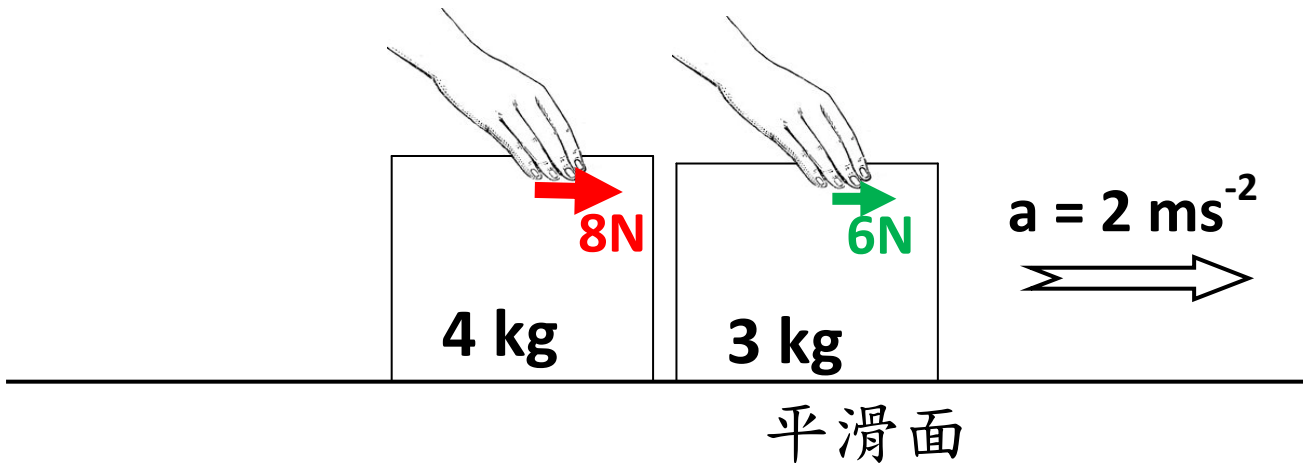


問：想像將我們身上的一條感覺神經放在「縫隙」去，我們會有甚麼感覺？

答：相信是痛楚，至少是有被「壓擠」的感覺。

# 情況 B

現改用兩隻手來推這兩方塊。兩隻手施於方塊的力分別是 8N 和 6N。



每隻手給予方塊的力剛好是這方塊加速所需的力。

問：這時，在兩個方塊接觸的「縫隙」存在壓強嗎？

答：沒有。方塊加速相同，它們之間也不需要靠接觸面來傳遞力。所以方塊之間沒有施予對方任何力。

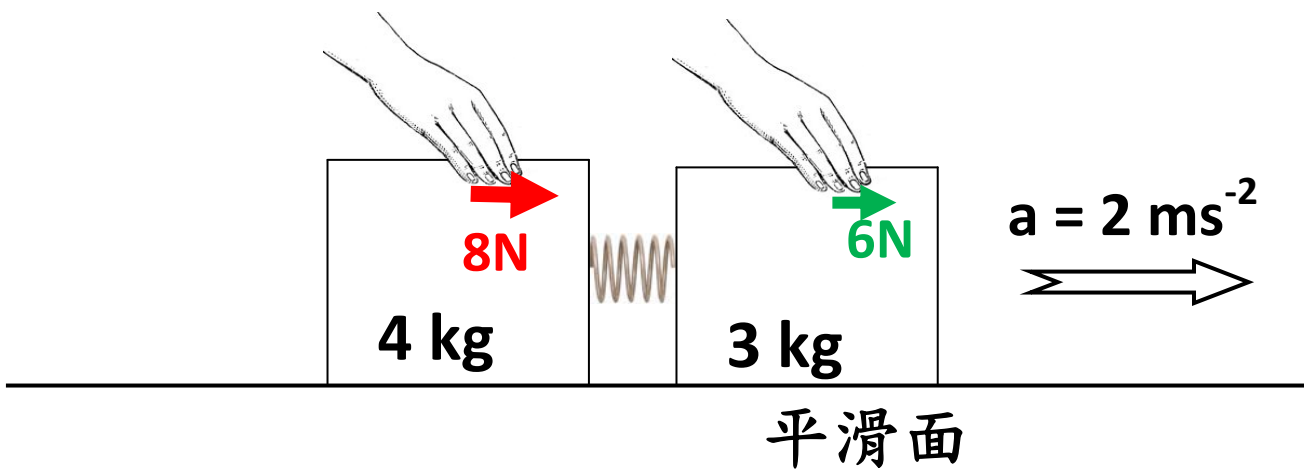
問：若一隻小毛蟲在加速前爬入這兩方塊接觸面的「縫隙」，牠會有甚麼「遭遇」？

答：小毛蟲可以爬入「縫隙」，而「縫隙」的闊度也沒有因為方塊移動而減少（兩方塊的速度和位移總是相同）。小毛蟲不會有任何「不幸遭遇」。

問：若把一個短彈簧 (spring) 放在這兩方塊接觸面的「縫隙」去，彈簧的形狀會變得如何？



答：把彈簧放入時，「縫隙」的闊度與彈簧長度相同。當方塊加速，方塊之間沒有壓擠，「縫隙」的闊度也沒有改變。所以，彈簧的形狀沒有改變；既沒有壓縮，也沒有伸長。

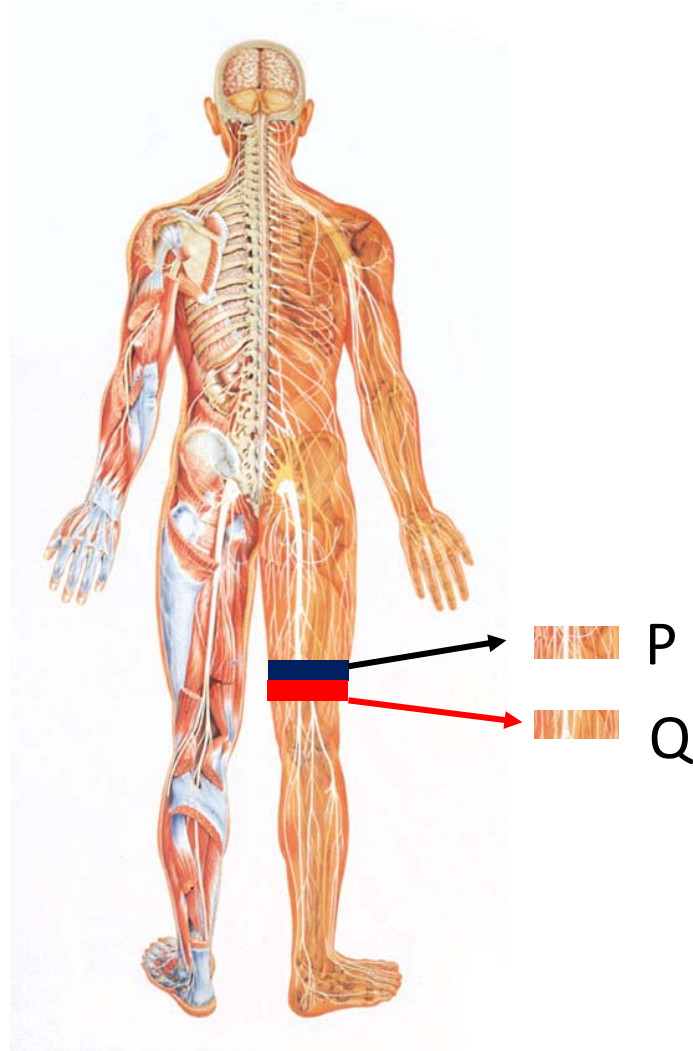


問：想像將我們身上的一條感覺神經放在「縫隙」去，我們會有甚麼感覺？

答：後面的方塊沒有壓著來推前面方塊。放進「縫隙」去的神經感覺不到任何「力」的存在。

我們回到失重的討論。

我們的身體滿佈觸覺神經。



想像大腿的其中兩截部份，P 和 Q(上圖)

現在上圖的人從高處自由下跌 (free falling) 。

P 和 Q 兩部份之間的隙縫是像上面討論的「情況 A」或

「情況 B」？兩者的分別是

情況 A：隙縫之間存在壓強。

情況 B：隙縫之間不存在壓強。



這是關鍵問題。

答案是像「情況 B」那樣。

因為 身體各部份皆可從引力場獲得自由墮下加速所需要的力。需要多大的力，就從空間取到這個力，丁點也不差！

抓著身體各部份的「無形之手」就是引力場。身體的每一個細胞、每一個細胞內的每一粒原子、每一粒原子內的每一粒電子，質子和中子都受這「無形之手」抓著。若某部份的質量是  $m$ ，從這「無形之手」(引力場)取得的力(重量)就是向下的  $mg$ 。這個力正好就是這部份作  $g$  加速時所需要的力。

下跌時，P 和 Q 之間完全沒有擠壓。P 和 Q 之間的神經感覺不出甚麼力來。

P、Q 如是，身體任何部份皆如是。

即是當人在自由跌下時，肌肉、關節、骨骼之間完全沒有擠壓；身體各部份之間互不施力。在這情況下，我們身體的觸覺神經是不會感覺到任何力。

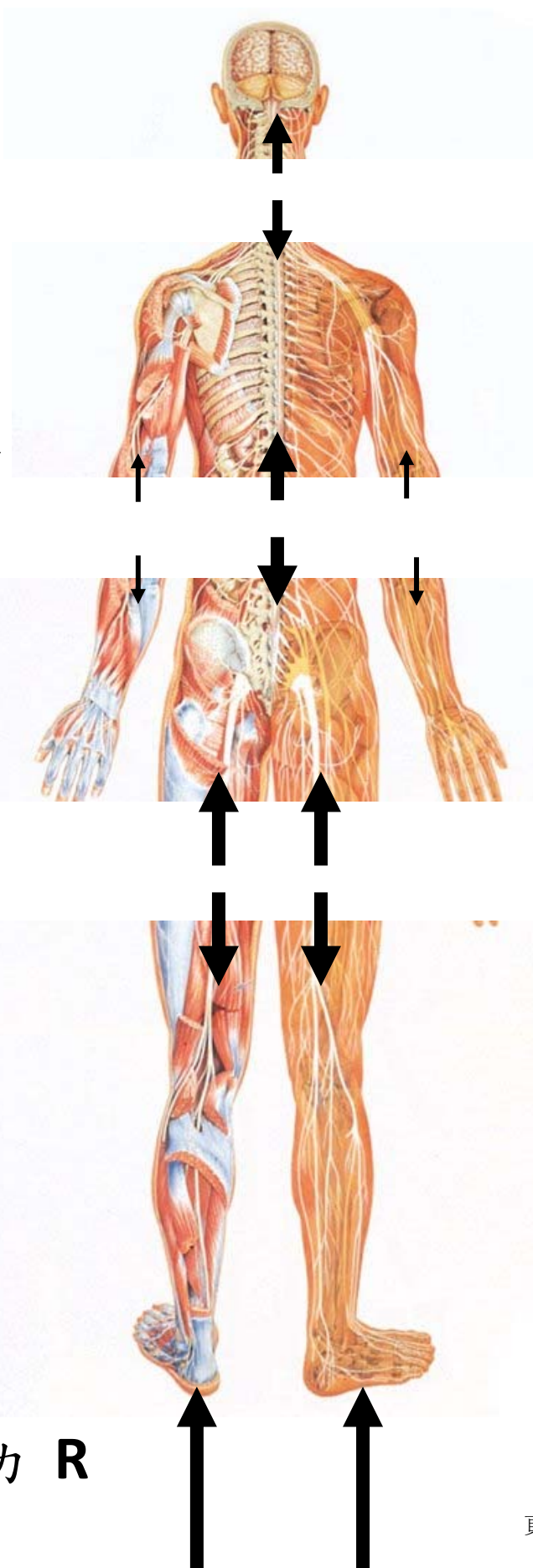
平日，我們的確可感覺自己的重量。這是甚麼一回事？

平日，我們不會是自由落體 (free falling)。我們站在地上生活。

就是地面施於我們的法向反作用力（法向力、承托力、正向力、normal reaction force) 令我們感覺自己有多重。

法向反作用力和引力不同，它只是作用在我們的腳底或身體某一部份。這個力是由接觸點傳至身體各部份。如何傳遞呢？就是通過各部份的接觸、壓擠來把力傳遞（像以上討論的「情況 A」）。身體各部份的壓擠就令滿佈我們身體的神經網絡感覺到力的存在。

法向反作用力  $R$   
由作用點(腳底)  
開始,經身體各部  
份的「壓擠」來傳  
遍全身。



法向反作用力  $R$

當人靜止站在地上。以因果次序來說「力」和「感覺」的出現：

- (i) 人受地心吸力作用，所以人有了重量。但此時人還未感覺到自己的重量。
- (ii) 人站在地上。受制於客觀環境，人不能跌下。地板施於腳底  $R$ ；這個  $R$  以肌肉、骨骼之間互相壓推的形式來傳遍全身，以使身體任何部份皆可靜止不動。

身體任何 (大或小) 部份，從引力場得到的重量和從腳底傳上來的法向反作用力抵消。

就是這個法向反作用力  $R$  從腳底傳上來的過程中令我們感覺到力了。  $R$  有多大，我們就感覺有多大的力。

補充：

1. 法向反作用力  $R$  有多大，我們就感覺有多大的重量。此稱之為表觀重量 (apparent weight)。
2. 所謂“ $g$  耐力 (g-force tolerance)” ，即是人體可忍受多大的  $R$ 。若  $R$  太大，肌肉、關節、骨骼、神經之間的壓擠太大，會造成損傷。  
經訓練的人可忍受高達  $20g$  的力 (即是平時體重的  $20$  倍)。
3. 若把人吊起，那令人有重量的感覺不是來自法向反作用力  $R$ ，而是張力  $T$ 。  
張力也是從作用點開始而傳遞至全身。傳遞的方式是拉扯，而不是壓擠。

**吳老師 (Chiu-king NG)**

**網址：物理勿勿理 <http://ngsir.netfirms.com>**