「重 量」和 「失 重」 感 覺 的 由 來

我們感覺自己有多重，其實我們感覺的是 W 還是 R？

我們站在地上時，身體受著兩個力作用。

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」）。

物 理 邏 輯 上， W 和 R 的 量 值(magnitude) 沒 必 要 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。我們不是感覺 W 而知自己有多重。不錯， W 是重量，但 我 們 不 能 直 接「感 覺」W。簡單而言， W 有別 於 其 他 力， 它 是 人 自己 感 覺 不 到 的！

以下的簡單生活經驗希望可以「說服」大家：

1.

R > W

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.

在「跳樓機」跌下的一剎那，乘客有失重的感覺。乘客的重量沒有改變，只是椅子施於他們的 R 減少了。

希望你已接受（至少知道）了這個概念： 我們的「重量感覺」是來

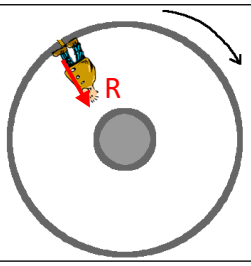
自 R，而不是 W。

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 的量值可以相等也可以不相等。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	不存在	存在	有重量感覺

	的外太空的太空旋轉器內			（此謂「人造重量）」

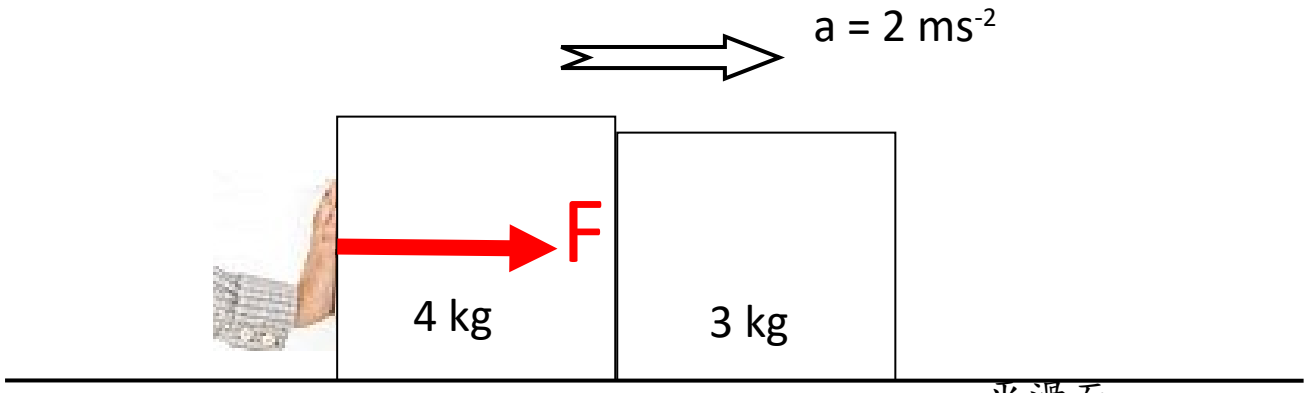
R 和 W 本質上有何分別？ 為甚麼重量感覺來自 R？

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， 同學對此始終十分迷惘。 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 ms^{-2} ，問推力 F 為多大？

答：F = (M + m)a = (4 + 3)2 = 14 N。

問：在兩個方塊接觸的「縫隙」，存在壓強嗎？

答： 存在。 前面的 3 kg 也需力加速。設 4 kg 推向 3 kg 的力為 R，

R = 3 x 2 = 6 N。將 6 N 除以接觸面的大小就是壓強。

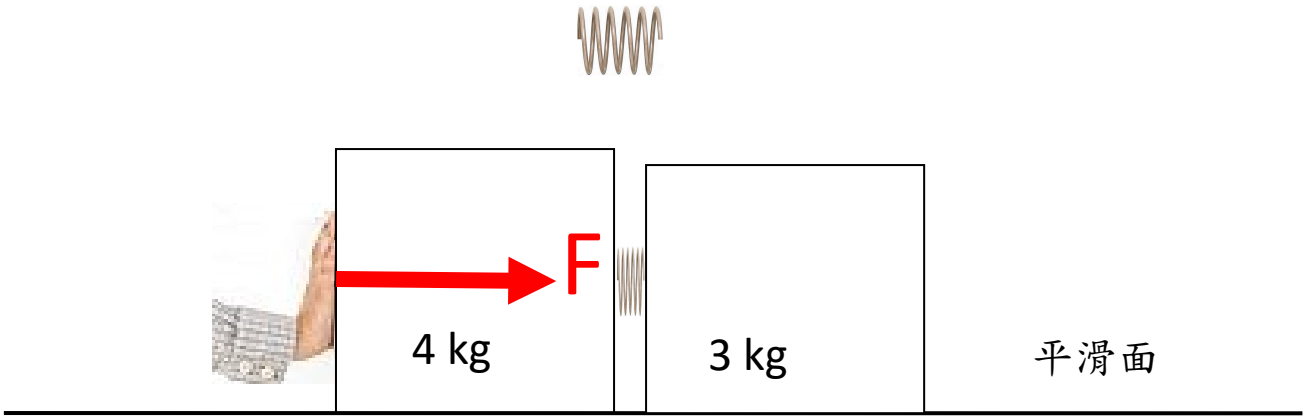
即是推方塊的手給予的 14 N， 其中 8 N 留給 4 kg 方塊「自己用」，餘下的 6 N 則透過接觸面來傳給前面的 3 kg 方塊「用」。

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！



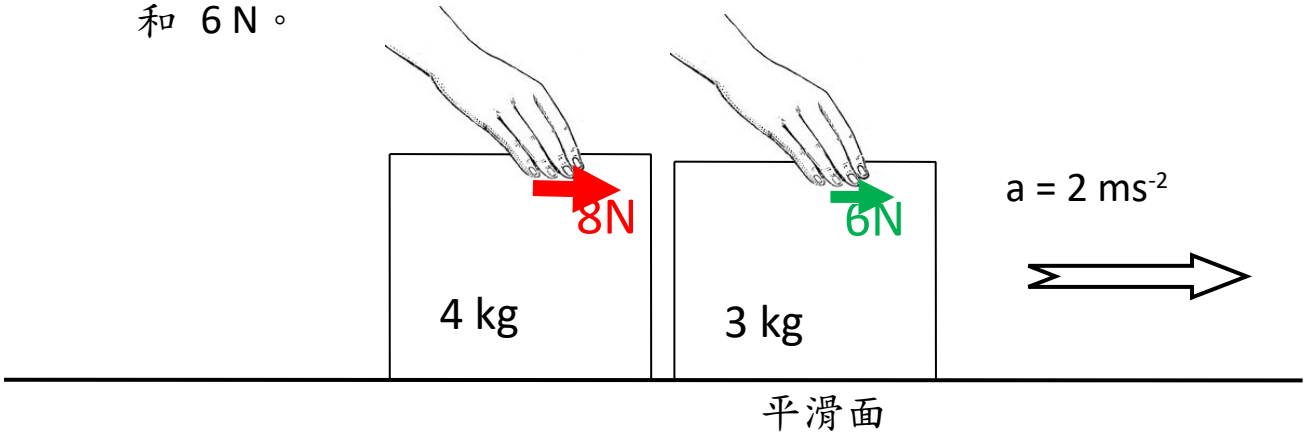
問：想像將我們身上的一條感覺神經放在「縫隙」去，我們會有甚

麼感覺？

答：相信是痛楚，至少是有被「擠壓」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 8 N 和 6 N。



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。

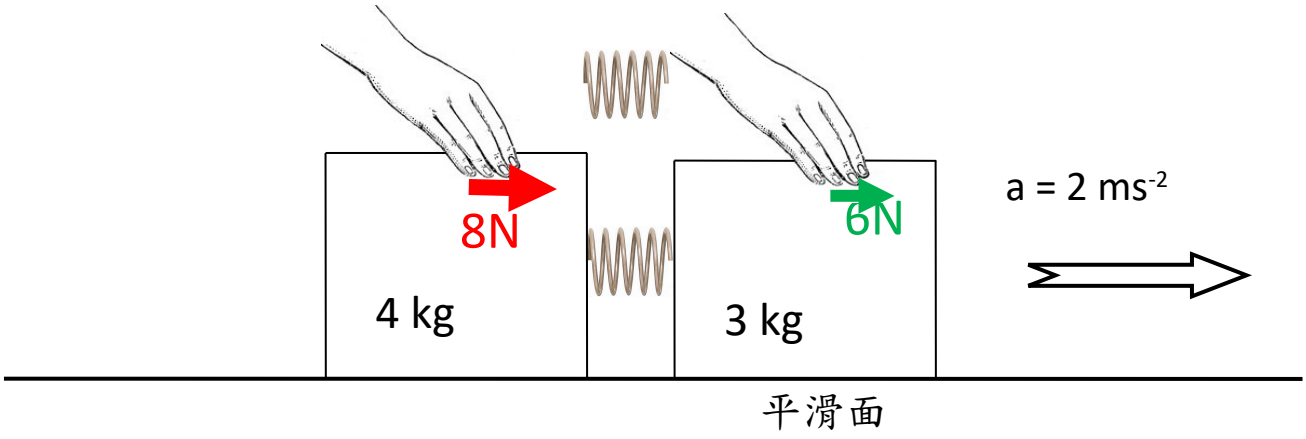
問：若一隻小毛蟲在加速前爬入這兩方塊接觸面的「縫隙」，牠會有甚麼「遭遇」？

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。

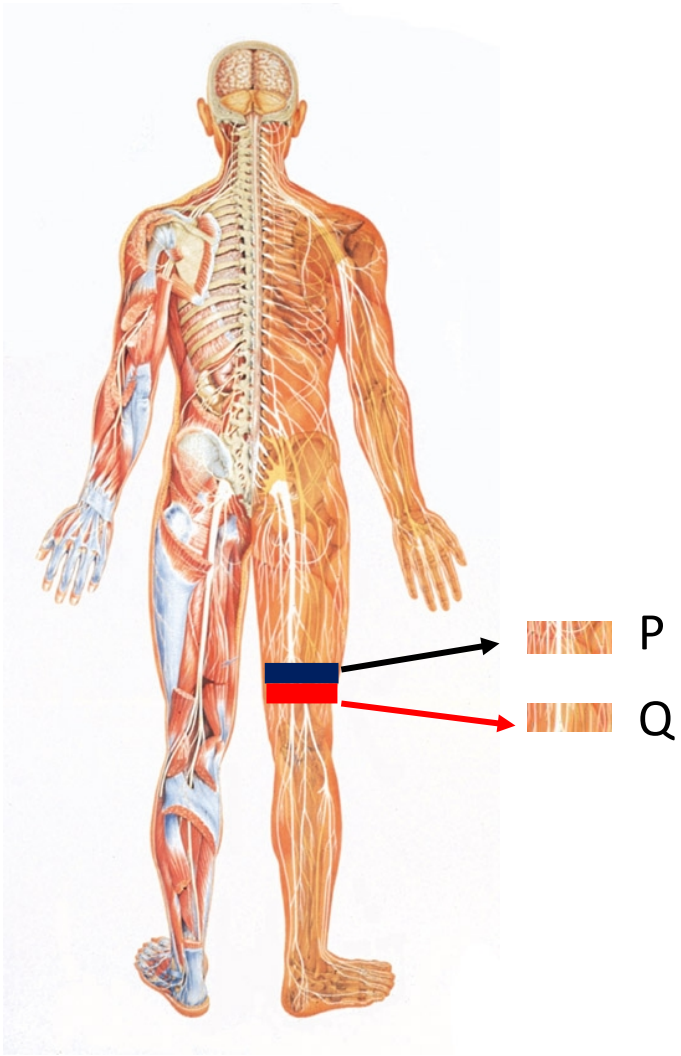


問：想像將我們身上的一條感覺神經放在「縫隙」去，我們會有甚麼感覺？

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。

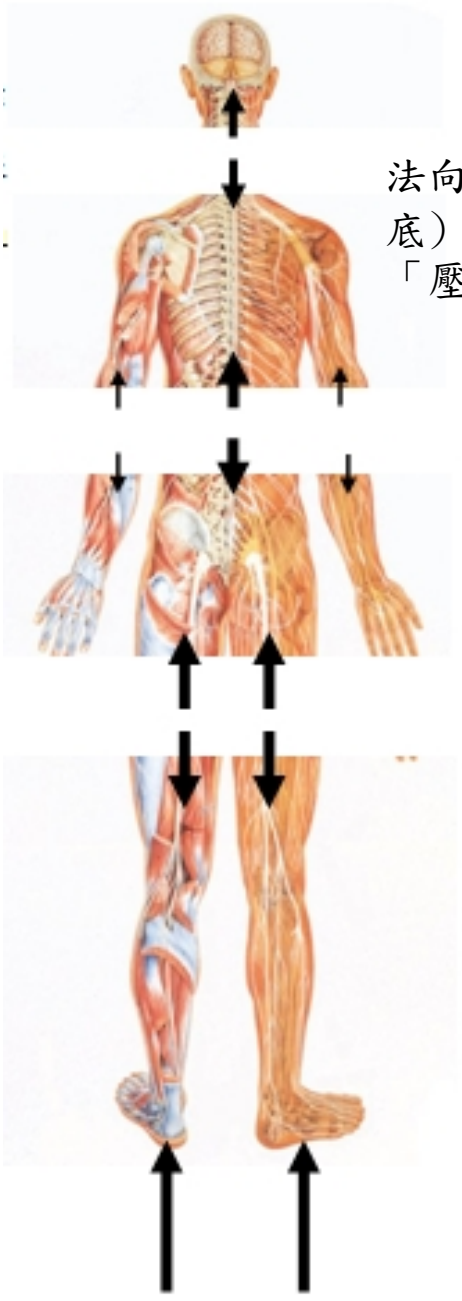
P、Q 如是，身體任何部份皆如是。

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，我們的確又可以感覺自己的重量。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「踏實地」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。這個力是由接觸點起始，然後傳遍身體各部份。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：

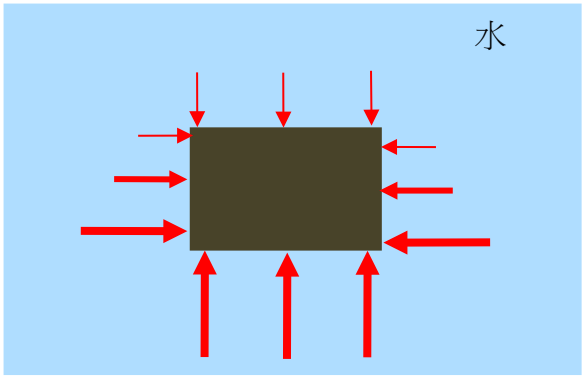
1. 法向反作用力 R 有多大，我們就感覺有多大的重量。此稱之為

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。
4. 太空人接受「失重」訓練，其中一個方法是把太空人放入一個大水池。這是利用水的浮力來取代 R，令太空人有較接近「失重」的感覺。

當物體浸入水中，物體受壓強 (pressure)作用。 壓強有別於力，前者是標量(scalar)，而後者是向量(vector)。「壓強」變成「壓力」，是「壓力」必定垂直物體表面並且向入。所以浸入水中的

物體受「力」向內「壓」著整個物體。大家知道，水越深，水的壓強越大。世間物體(薄如一張紙)皆有厚度， 所以當物體浸入水中，物體底部受到的壓強定比頂部受到的大。



左右的壓力可抵消，但上下的壓力不能抵消。上下壓力造成一向上的淨力施於物體，此力稱之為「浮力」。

人浸入水中，只是有 近 乎「失重」的 感覺，但 不 是 完全「失 重」的 感 覺。浮力包圍着並作用於整個人的表面，但始終不能作用於身體內每部份。 這樣只是把原來作用腳底的承托力 R 分散於整個人表面。 因此，身體內肌肉、骨骼、神經之間的壓擠會大大減少，但不是完全消失。

近日人們喜歡向人工智能 AI 問問題。筆者也湊個熱鬧， 問問 GPT-4.1 :

“解釋為甚麼太空人浸在水中可以給予他/她一個近乎失重的感覺 ？為甚麼這只是近似，而不是完全失重的感覺 ？”

解釋為甚麼太空人浸在水中可以給予他/她一個近乎失重的感覺？為甚麼這只是近似，而不是完全失重的感覺？

下午11:14

GPT-4.1

當太空人浸在水中時，**會感受到近乎失重的感覺**，其原因和限制如下：

為甚麼水中可以給予「近乎失重」的感覺？

1. **浮力抵消重力**
   當太空人浸在水中時，水會對他的身體產生一個向上的浮力。只要這個浮力和太空人受到的重力大小相等，太空人就不會往下沉，也不會往上浮，仿佛「漂浮」在水中。

2. **漂浮＝減輕了重量感**
   在這種狀態下，太空人不再像在地面上一樣感受到身體的重量，可以自由漂浮，移動時不會被自重拉住，和在太空「失重」時的感覺很接近。

為甚麼這只是「近似」，而不是「完全失重」的感覺？

1. **地球重力仍然存在**
   即使漂浮在水中，重力實際上還在，只是被浮力抵消了。太空中的失重是因為人和船都在自由落體，真正感受不到任何重力作用。

2. **水有阻力，太空沒有**
   在水中移動身體時會遇到水的阻力，而在真正的太空（真空）中沒有這種阻力，物體會一直漂浮、移動下去。

3. **浮力方向有限**
   水的浮力是直接向上的，不像太空中沒有任何方向上的重量感。在水中，如果你用力下壓，還是會感受到浮力的反作用。

4. **其他感覺不同**
   例如在水中呼吸要靠呼吸器，身體有水壓包圍，而太空中則完全不同。

總結

- **太空人在水中訓練時，靠浮力抵消重力，能體驗到類似失重的漂浮感。**
- **但水中始終有重力，也有水的阻力，所以只能近似模擬失重，而不是完全失重。**

這就是為什麼水中訓練能給太空人「近乎失重」的感覺，但不等同於真正的失重。

第一個「為甚麼」，答得尚可。第二個「為甚麼」，就答得不那麼對了。若由我評分，我只給 2-3 分(10 分滿分)。

問題重點，是問「失重感覺」，不是問「失重表現」　　。

記得多年前香港太空館有供參觀者親身體驗的一項設計 ： 用多條繩、吊帶把人包裹並吊起，使人仿佛像「飄浮」在空中，是模擬太空人失重的狀態。吊帶的張力是抵消了人的重量。那人或多或少真的可做到失重的凌空姿態，但此人有失重的感覺嗎 ？ 肯定地說 ： 沒有 ！

不是說當外力抵消了人的重量，淨力為零，人就有失重的感覺。 若閣下還未明白甚麼是「失重感覺」，希望你可以再花時間重讀本文一次。

❋❋❋　❋　❋　❋　❋　❋❋

吳老師 (Chiu-king Ng)

http://phy.hk

https://ngsir.netfirms.com

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數