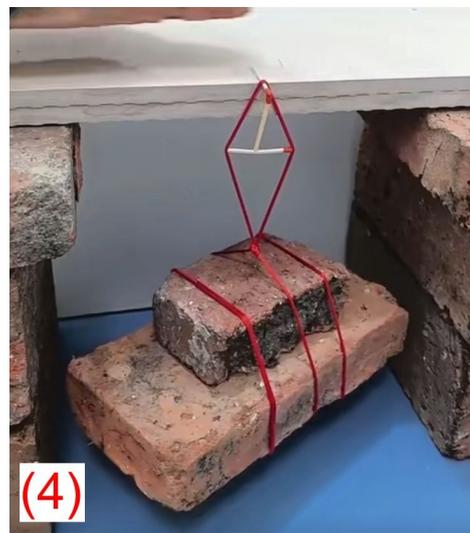
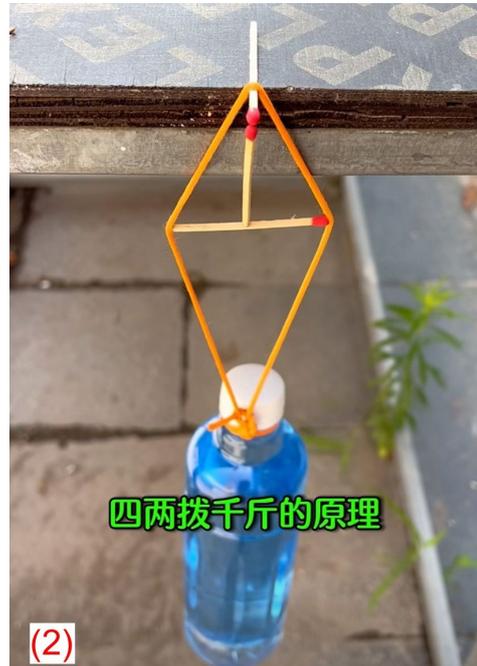


解釋這個「四兩撥千斤」平衡實驗



以上示範見於多個網上影片分享平台，大同小異。詳細做法可參看

<https://www.youtube.com/watch?v=CO5YUrbFTig>

<https://www.youtube.com/watch?v=vfTxIHblxww>

有評論說此實驗違反物理，不可信；也有說此乃真實的「四兩撥千斤」；更有人堅稱已成功複製實驗，…眾說紛紜。

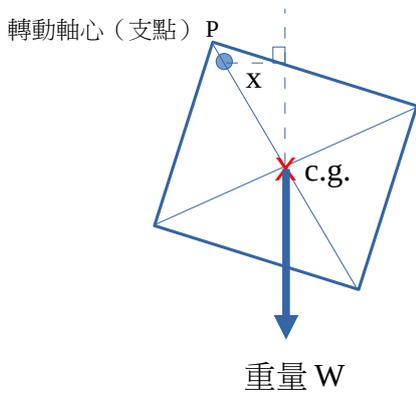
此實際是一個簡單的力學平衡示範。我們先用重心這概念作解釋，最後才以力矩 (torque, moment) 的概念補充。

(I) 我們拿起任何一件形狀固定的物體。若物體有孔、伸出或凹入部分可作為支點，我們利用此支點把物件支撐承起。經過小幅振動後，物件都會停下來掛在半空，大家對此不會驚訝。

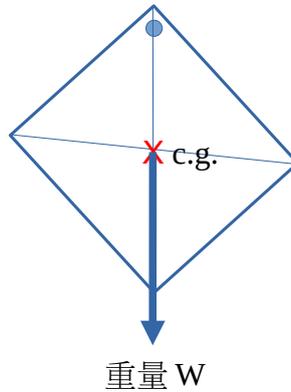


物體停止擺動之後，它的重心 (c.g.) 必在支點的正下方某處。

這點不難明白，若物體的重心不在支點的正下方 (或正上方)，物體重量會產生一個非零轉矩，令擺動未能停止。



相對 P，轉矩 = Wx



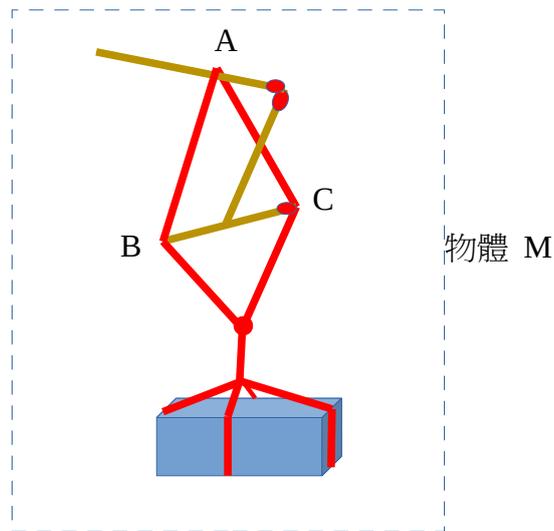
轉矩 = 0



這特性可讓我們容易用實驗方法找出物體的重心。請參看

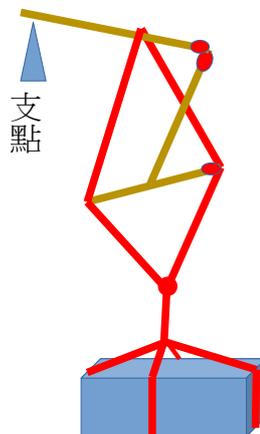
<https://www.youtube.com/watch?v=vrV8Y3tOT2c>

(II) 這幾樣東西 (三支火柴 + 紅繩 + 重物) 組織成一件物體 M 。那三支火柴就如一個支架，把物體撐開形成一個勉強算是一個剛體。

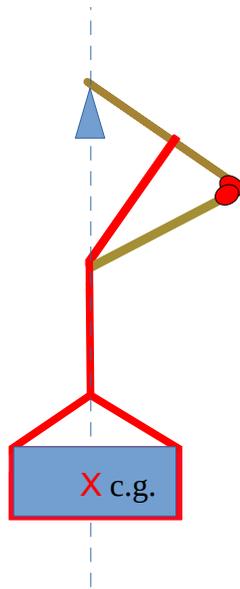


三支火柴和紅繩的總重量可忽略，所以物體 M 的重心就是懸掛着的重物的重心。那重心處於在上圖 A 點的垂直正下方。

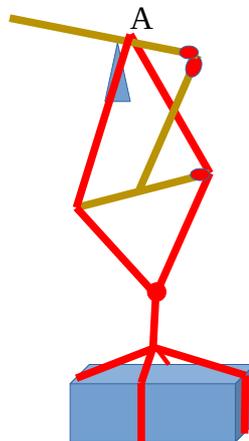
(III) 以不同支點來承托物體 M
(i) 這樣可以嗎？



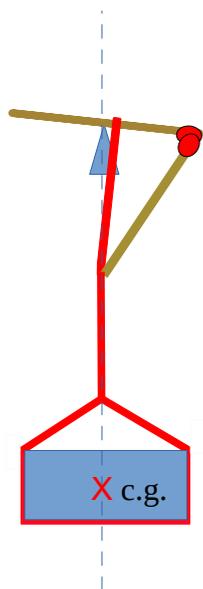
理論上可以。穩定後物體的形狀會變成以下模樣。
這麼傾斜，物體 **M** 大可能早已在支點滑下；那三支火柴造成的支架亦可能已崩塌了。



(ii) 支點非常靠近 A。

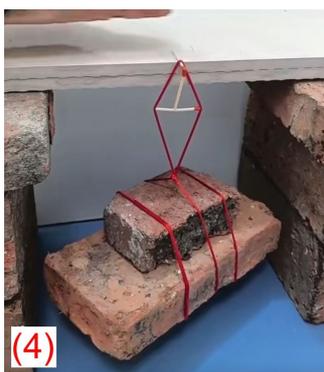


物體 M 旋轉非常小幅度已足夠了。這時在支點上的那支火柴仍然相當水平，不會滑下 (火柴木桿表面粗糙)。這平衡在現實真正可行。

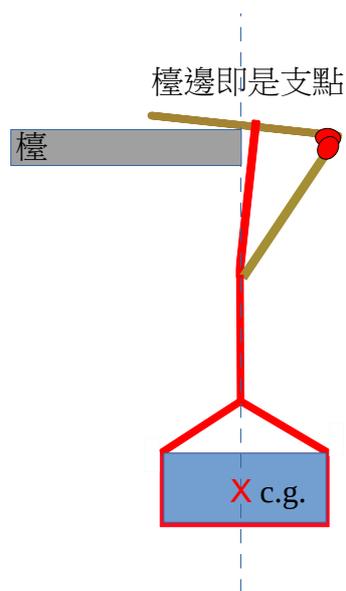


(IV)

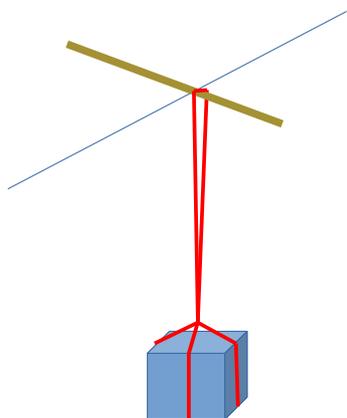
我們討論的



其實就是它→



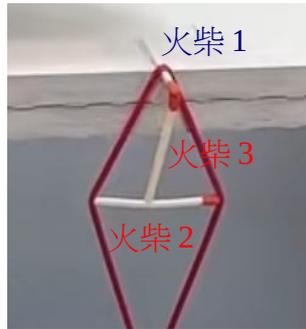
問題：為甚麼以下這個不能平衡？為甚麼需要下面兩支火柴？



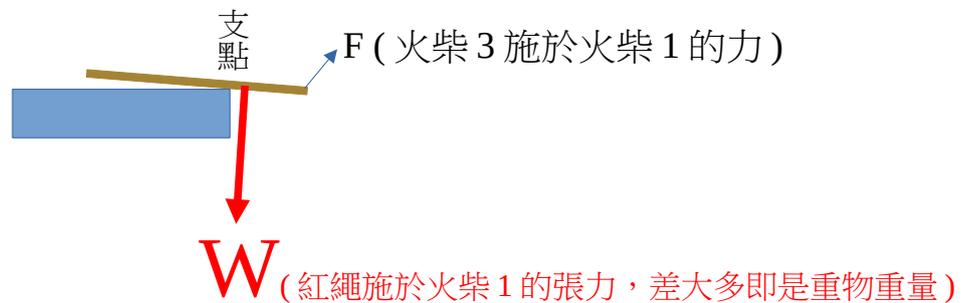
道理簡單。當檯上的火柴以檯邊為軸心翻轉時，重物的重心沒法子可以調整去到支點的正下方。

下面兩支火柴形成一個支架，當火柴以檯邊為軸心翻轉時，它會把懸掛着重物向內推（見上圖）。當轉動至一適當角度，重物重心處於支點之下，平衡因此發生。

(V) 若我們研究在檯面上的那支火柴，看它受的力和力矩如何滿足平衡要求。



上圖可見，火柴 2 中間向下彎曲，即是火柴 3 會施一斜向上的力於火柴 1。



相對支點， W 造成一順時針轉矩，而 F 則造成一逆時針轉矩。平衡時，兩轉矩數值相等。因為 W 非常接近支點，而 F 出現在較遠位置，所以最後平衡時 $F \ll W$ 。這就是「四兩撥千斤」？



作者：吳老師 (Chiu-King Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

<http://phy.hk>

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數