

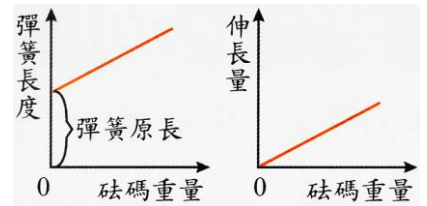
(一)虎克定律

A、定義：在彈性限度內，彈簧的伸長量和所受的外力成正比。

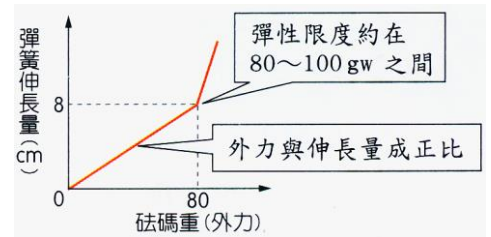
B、關係式： $\frac{F_1}{\Delta l_1} = \frac{F_2}{\Delta l_2}$ 或 $F_1 : F_2 = (L_1 - L_0) : (L_2 - L_0)$

C、注意事項：

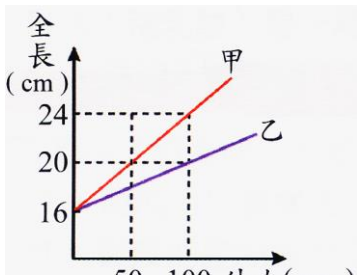
- (1) 依彈簧秤所受的作用力而改變伸長量。
- (2) 每次實驗將砝碼取下，觀察是否回到原長，目的在觀察是否超過彈性限度，使彈簧變形。
- (3) 彈性限度：不使彈簧產生永久形變的最大外力。



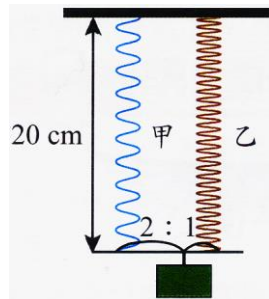
砝碼重 (gw)	0	20	40	60	80	100
彈簧長度 (cm)	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	24.0
彈簧伸長量 (cm)	0	2.0	4.0	6.0	8.0	14.0



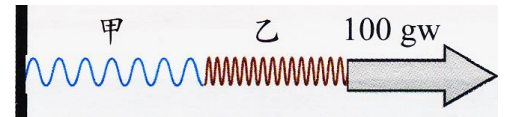
檢查彈簧的伸長量，發現每增加 20 克砝碼，彈簧長度增加 2.0cm，但超過砝碼重量超過 80 克後，卻增加 6.0cm。表示彈性在 80~100 克間不遵守虎克定律，超出彈性限度。



(A)



(B)



(C)

1. 甲、乙彈簧原長皆為 16cm。
2. 甲彈簧每增加 50gw，長度增加 4.0cm；乙彈簧每增加 100 克，長度增加 4.0cm；
甲、乙彈簧受相同作用力(皆受力 100gw)時，伸長量比=8cm：4cm=2：1。
甲、乙彈簧伸長量相同(皆伸長 4.0cm)時，作用力比=50gw：100gw=1：2。
3. (B)圖中，甲、乙並聯，長度皆為 20cm 時，甲彈簧伸長量=20-16=4cm，彈簧受力 50gw，乙彈簧伸長量=20-16=4cm，彈簧受力 100gw，下端的物體重量=50gw+100gw=150gw。
4. (C)圖中，甲乙彈簧串聯，受力 100gw，甲彈簧受力 100gw，彈簧長度為 24cm，伸長量為 8cm；乙彈簧受力 100gw，彈簧長度為 20cm，伸長量 4cm，因此串聯後的總長度為 24cm+20cm=44cm。

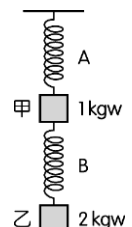
A、B 為兩條相同的彈簧，彈簧本身重量忽略不計。甲物體重 1kgw，乙物體重 2kgw，實驗過程中均在彈簧的彈性限度內，則 A 彈簧的伸長量與 B 彈簧的伸長量的比為何？

【關鍵】彈簧下端的物體重量。

A 彈簧下端共掛 1kgw+2kgw=3kgw

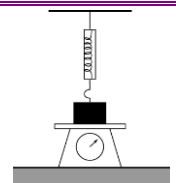
B 彈簧下端共掛 2kgw

相同的彈簧，彈簧受力比：彈簧伸長量比=3：2



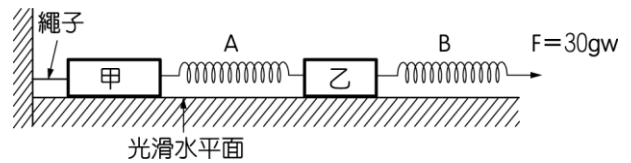
一物體置於磅秤上方，同時掛在一彈簧秤下，已知磅秤讀數為 500gw，彈簧秤讀數為 300gw，且物體靜止不動，則物體的重量為若干？

彈簧秤向上拉物體，彈簧秤讀數為 300gw，將彈簧秤鬆開，物體直接壓在磅秤上，因此磅秤讀數=物體重量=500+300=800gw



AB 彈簧串聯，甲乙物體在光滑水平面上，接觸面無摩擦力，因

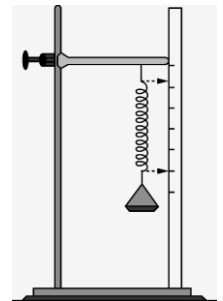
外力(gw)	20	40	60	80
伸長量(cm)	2	4	6	8



此在彈簧右端施力 30gw 達平衡時，兩彈簧受力皆為 30gw，依虎克定律，彈簧受力 20gw 時伸長量 2cm，則受力 30gw 時，伸長量為 3cm。

有關「力的測量」的實驗，已知彈簧下端秤盤重 10gw，且當作用於彈簧的力量不超過 50gw，此彈簧的伸長量與它所受的力量成正比。若下表為該實驗結果，則當彈簧的長度變為 88mm 時，秤盤內所放的砝碼重量為多少 gw？

	第一次	第二次	第三次
秤盤內砝碼重(gw)	16	20	34
彈簧的長度(mm)	79	85	106



20 - 16 = 4gw 85 - 79 = 6cm
每增加 4gw 時，彈簧伸長量為 6cm

拿掉砝碼(16gw)時，4 : 6 = 16 : X X = 24cm

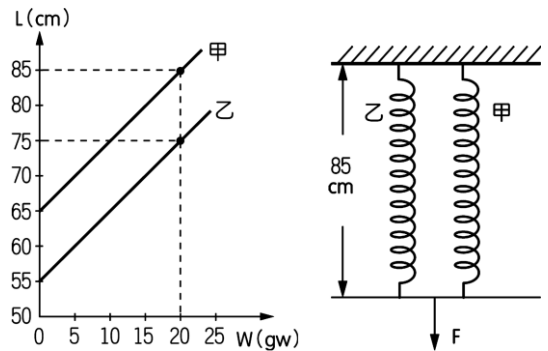
(1) 無砝碼(但仍有秤盤)時，彈簧長度 = 79 - 24 = 55cm

(2) 秤盤重 10gw，4 : 6 = 10 : Y → Y = 15cm 取下秤盤後，彈簧原長 = 55 - 15 = 40cm

(3) 全長為 88cm 時，砝碼造成的伸長量 = 88 - 55 = 33cm 4 : 6 = W : 33 W = 22gw

在甲、乙兩不同彈簧下懸掛砝碼，彈簧長度(L)與砝碼重量(W)關係如圖(一)，且兩彈簧質量皆可忽略。

已知甲、乙彈簧的彈性限度皆為 100gw。若將兩彈簧並聯後，向下用力拉長彈簧，同時要使兩彈簧的長度伸長至 85cm，如圖(二)，則施力 F 的大小應為多少？



甲彈簧原長 65cm，乙彈簧原長 55cm

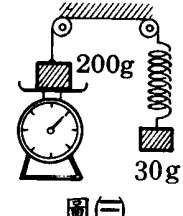
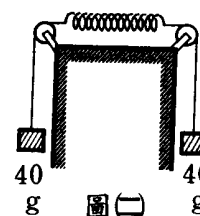
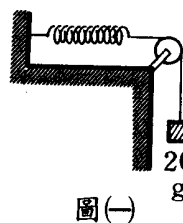
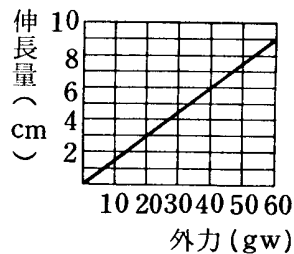
甲彈簧伸長量 = 85 - 65 = 20cm，甲彈簧受力 20gw

乙彈簧伸長量 = 85 - 55 = 30cm

乙彈簧受力 20gw 時伸長量 = 75 - 55 = 20cm → 20gw : 20cm = X : 30cm 乙彈簧受力 X = 30gw

施力 F = 20 + 30 = 50gw

1. 圖(一)中，彈簧下端掛 20gw 時，彈簧右端受物體拉力 20gw，左端受牆壁支撐力 20gw，因此彈簧保持平衡狀態；彈簧各處受力皆為 20gw，彈簧伸長量 4cm。



2. 圖(二)中，彈簧左端掛 40gw，右端掛 40gw，同一彈簧內部各點，受力皆相同，因此彈簧各處皆受力 40gw，達平衡狀態，因此彈簧的伸長量為 6cm。

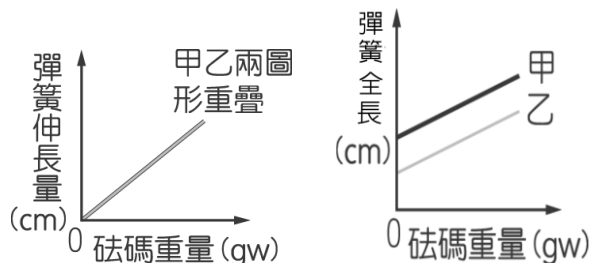
3. 圖(三)中，彈簧右端掛 20gw，左端掛 200gw，達平衡狀態，右端受物體重力 30gw，彈簧的恢復力為 30gw，同一條彈簧內，彈簧各處的恢復力皆為 30gw，彈簧左端也達平衡狀態，但左端物體受重力 200gw(向下)，受彈簧恢復力 30gw(向上)，以及磅秤的支撐力 F(向上)，因此物體所受合力 = 0，物體的重力 = 彈簧的恢復力 + 磅秤的支撐力 → 200 = 30 + F，磅秤的支撐力為 170gw。

表(一)

甲彈簧全長(cm)	41	44	47	50	53
甲彈簧所掛重量(gw)	100	150	200	250	300

表(二)

乙彈簧全長(cm)	36	39	42	45	48
乙彈簧所掛重量(gw)	75	125	175	225	275



甲彈簧受力每增加 50gw，彈簧伸長 $44-41=3\text{cm}$ ；因此受力 100gw，將增加 6 cm；

甲彈簧將物體除去，彈簧原長 $=41-6=35\text{cm}$ 。

乙彈簧受力每增加 50gw，彈簧伸長 $39-36=3\text{cm}$ ；因此受力 75gw，將增加 4.5 cm；

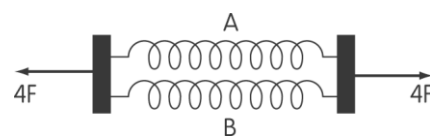
乙彈簧將物體除去，彈簧原長 $=36-4.5=31.5\text{cm}$ 。

甲乙兩彈簧的伸長量相同，但原長不同。

因此甲乙彈簧伸長量圖形，甲乙彈簧圖形重疊；

彈簧全長圖形，因甲彈簧較長，所以甲在上，乙在下，但是圖形的斜率相同，表示伸長量相同。

A、B 兩條完全相同之彈簧，將 A 彈簧一端固定於牆上，另一端以 F 公克重之力拉之，則彈簧伸長量為 X 公分。若將 A、B 彈簧並排如圖且



兩端各以 4F 公克重之力同時拉之，則其伸長量為多少公分？

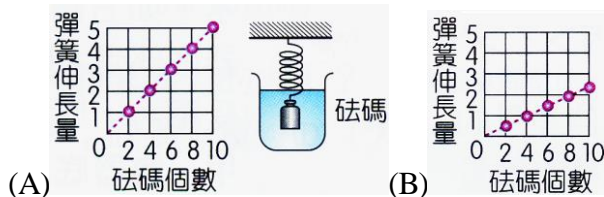
彈簧兩端拉力 F，則各處受力皆為 F，彈簧伸長量為 X，

將兩彈簧並聯，以 4F 的外力拉開，則每條彈簧受力為 2F，同一條彈簧各處受力皆為 2F，因此 2 條彈簧

的伸長量皆為 2X。

在彈簧下端懸掛砝碼，測量砝碼個數和彈簧伸長量的關係，結果如(A)圖。

將砝碼置於水中，則受到浮力的影響，砝碼的重量會減小，因此彈簧的伸長量會減少，彈簧伸長量和砝碼個數的關係圖形較平緩，結果如(B)圖。



一彈簧原長為 20 cm，今在月球上施力 200 gw 時，則：

彈簧在月球上受力 200gw，長度變為 24 cm，伸長量 $=24-20=4\text{cm}$ ；

(1) 若在地球懸掛重量 300 gw 的物體，則彈簧在地球受重力 300 gw，伸長量為 $200 : 4 = 300 : X$
 $X = 6\text{ cm}$ ，全長將為 $20+6=26\text{ cm}$ 。

(2) 若在地球上掛質量 300 g 的物體，則彈簧在地球受重力 300 gw，伸長量為 $200 : 4 = 300 : X$
 $X = 6\text{ cm}$ ，全長將為 $20+6=26\text{ cm}$ 。

(3) 若在月球上掛質量 300 g 的物體，則彈簧在月球受重力為 $300 \times \frac{1}{6} = 50\text{ gw}$ ，
 伸長量為 $200 : 4 = 50 : X \rightarrow X = 1\text{ cm}$ ，全長將為 $20 + 1 = 21\text{ cm}$ 。

(4) 若在月球上掛重量 300 gw 的物體，則彈簧在月球受重力為 300 gw，
 伸長量為 $200 : 4 = 300 : X \rightarrow X = 6\text{ cm}$ ，全長將為 $20 + 6 = 26\text{ cm}$ 。

彈簧秤上掛甲物全長 10cm，改掛乙物全長 12cm，若改掛兩個乙物，全長 18cm，則可推知 (A)乙為 2kgw (B)甲為 2kgw (C)乙的重量為甲的 $\frac{3}{2}$ 倍 (D)乙的重量為甲的 $\frac{3}{2}$ 倍。(彈性限度內)

掛一個乙物時，全長為 12cm；改掛兩個乙物，全長 18cm，多掛一個乙，伸長量 $=18-12=6\text{cm}$ 。

一個乙的長度可使彈簧伸長 6cm；將乙再拿掉，則 $12-6=6\text{cm}$ ，所以原長為 6cm。

掛一個甲物，長度為 10cm，伸長量為 $10-6=4\text{cm}$ 。

甲物重量：乙物重量 = 甲的伸長量：乙的伸長量 $=4\text{cm} : 6\text{cm} = 2 : 3$ 。

乙物的重量為甲物重量的 $\frac{3}{2}$ 倍。

(二) 摩擦力：

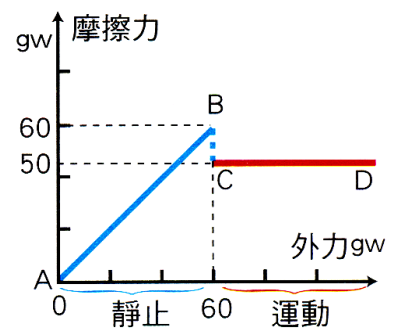
A、定義：一物體在另一物體的表面上滑動時，接觸面間產生阻止相對運動的作用力，稱為摩擦力。

B、種類：

種類	靜摩擦力	最大靜摩擦力	動摩擦力
定義	物體靜止時所受的摩擦力	物體由靜止開始運動瞬間，所受的摩擦力	物體運動時所受的摩擦力
受力關係	水平施力 = 靜摩擦力	物體移動瞬間的水平施力 = 最大靜摩擦力	為定值
變化關係	水平施力愈大，靜摩擦力愈大 與接觸面性質無關 與正向力大小無關	為定值 與接觸面性質有關。 與正向力大小成正比。	為定值 與接觸面性質有關。 與正向力大小成正比。 與運動速度、接觸面積無關。
圖形			
性質	(1) 最大靜摩擦力與接觸面的粗糙程度有關，愈粗糙的表面，最大靜摩擦力愈大。 (2) 最大靜摩擦力與物體重量(影響正向力)有關，重量愈大，正向力愈大，最大靜摩擦力愈大。 (3) 摩擦力的方向恆與物體產生相對運動的方向相反，先考慮光滑情況，若物體向右運動，則摩擦力方向便是朝左方。 (4) 物體在地面上由靜止開始運動之瞬間，須先克服最大摩擦力。		

將 200gw 的物體置於水平桌面上，摩擦力關係如右圖，則：

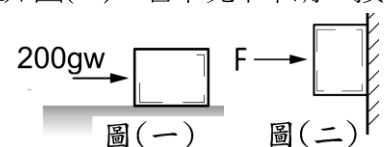
- 施外力 20gw 時，靜摩擦力 = 20gw，此時物體保持靜止。
- 施外力 50gw 時，靜摩擦力 = 50gw，此時物體保持靜止。
- 施外力 100gw 時，超過了最大靜摩擦力，此時動摩擦力 = 50gw，物體受合力 = 100 - 50 = 50gw，物體做等加速度運動。
- 物體上放置一個 100gw 的砝碼時，此時最大靜摩擦力 f_1 ， $200 : 60 = (200 + 100) : f_1 \rightarrow f_1 = 90\text{gw}$ (最大靜摩擦力)，需施力超過 90gw，才能開始運動。
- $200 : 50 = (200 + 100) : f_2 \rightarrow f_2 = 75\text{gw}$ (動摩擦力)，物體運動後，動摩擦力維持 75gw。

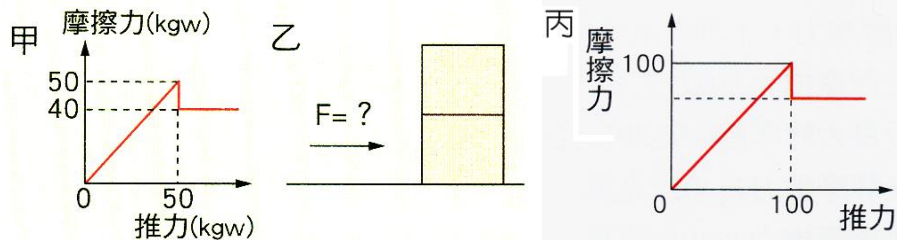


圖(一)，木塊重量 500gw，水平放置時最大靜摩擦力為 200gw，若將其直立如圖(二)，若木塊不下滑，接觸面需施力 $F = ?$ gw

圖(一)中，重量 500gw，接觸面的正向力 = 500gw，此時接觸面的最大靜摩擦力為 200gw。

圖(二)中，接觸面的正向力 = 施力 F ，而重量向下 = 500gw，欲保持靜止，最大靜摩擦力須大於 500gw，所以 $f_1 : N_1 = f_2 : N_2$ $200 : 500 = 500 : N_2$ $N_2 = 1250\text{gw} = F$ 。

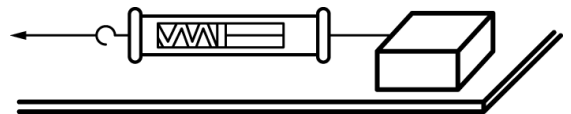




將 80kg 的物體，靜置於桌面上，施力推動得到推力與摩擦力關係圖，如圖(甲)，則：

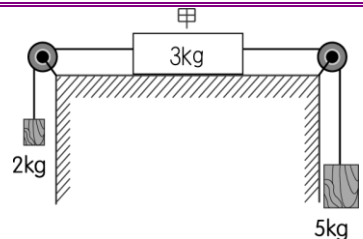
- (1) 施力 20kgw 時，物體靜止，靜摩擦力為 20kgw。
- (2) 施力 45kgw 時，物體靜止，靜摩擦力為 45kgw。
- (3) 施力 60kgw 時，物體運動，動摩擦力為 40kgw。
- (4) 將兩物體上下疊置，如圖(乙)，則：
正向力加倍，最大靜摩擦力加倍，動摩擦力加倍；推力與摩擦力關係圖如圖(丙)。

如圖，為利用彈簧秤求最大靜摩擦力的實驗裝置，已知木塊重量為 200gw，靜置於水平木板上，則：



- (1) 未施力前木塊呈靜止，此時外力=靜摩擦力=0，因此靜摩擦力為 0 gw。
- (2) 施力拉動木塊，當彈簧讀數為 20gw，木塊仍靜止在木板上，此時外力=靜摩擦力=20gw，因此靜摩擦力為 20gw。
- (3) 當木塊開始拉動的瞬間，彈簧秤的讀數為 100gw，則此時的最大靜摩擦力為 100gw。
- (4) 若在木塊上加 100gw 的物體，則最大靜摩擦力和正向力成正比，因此：
 $200 : 100 = (200 + 100) : X$ ， $X = 150gw$ ，因此至少需施力 150 gw 以上，才能再將木塊拉動。

將 3 公斤的物體甲置於水平桌面上，兩側分別懸掛重 5 公斤及重 2 公斤之砝碼，如圖：



- (1) 若物體甲靜止，表示合力=0，物體甲受到向右 5kgw 的拉力，向右 2kgw 的拉力，此時摩擦力為 $5 - 3 = 2kgw$ (向左)；
- (2) 若再接觸面沒有摩擦力存在時，則物體甲受到合力為 $5 - 2 = 3kgw$ ，物體將向右運動。
- (3) 若在左邊增加物體的重量至 8kgw 時，此時甲物體依然靜止，因為向左拉力為 8kgw，向右拉力為 5kgw，而此時摩擦力為 $8 - 5 = 3kgw$ (向右)，因此仍能保持靜止不動。

某生做「最大靜摩擦力的實驗」，他用同一木塊與桌面接觸，將不同砝碼置於木塊上，測量啟動時所需的拉力，獲得右表數據，則：

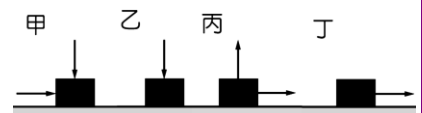
物體	下壓重量 (公克重)	水平拉力 (公克重)
木塊	50	20
木塊+2 個砝碼	150	60
木塊+4 個砝碼	250	100
木塊+6 個砝碼	350	140

- (1) 一個木塊質量為 50g，增加 2 個砝碼，為 100g，因此 1 個砝碼質量為 50g。
- (2) 彈簧拉動木塊瞬間的拉力，即為最大靜摩擦力；由表可知，增加 100gw 的正向力，水平拉力增加 40gw。
- (3) 由實驗的數據能推斷：拉動木塊所施的水平拉力，與下壓重量(正向力)成正比。

物體在相同的接觸面上，若箭頭代表施力相同，已知施力後，乙的木塊仍然不動，其他三種施力情況下，木塊均沿水平方向運動。則：

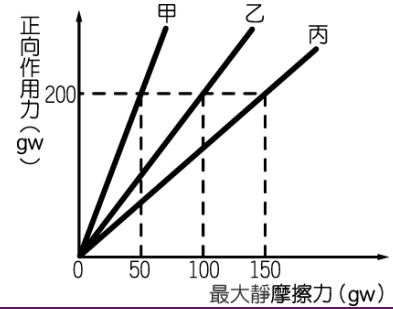
甲正向力最大，動靜摩擦力最大；丙正向力最小，動摩擦力最小；而乙未推動，因此摩擦力=0；

四者摩擦力的大小關係為： $f_{甲} > f_{丁} > f_{丙} > f_{乙}$ 。



探討最大靜摩擦力與接觸面性質的關係，將 A、B、C 三個重物分別置於甲、乙、丙三個平面上，得如右的圖形，則：

- (1) 若 A、B、C 為同一物體，則正向力相同，甲平面可能最光滑，因此最大靜摩擦力最小；三平面的粗糙程度為丙 > 乙 > 甲。
- (2) 若甲乙丙三平面與物體接觸面的光滑程度相同，則甲物體的質量可能最小，因此拉動瞬間的最大靜摩擦力最小，ABC 三物體的質量關係為 C > B > A。



- (1) 高速的磁浮列車是運用「磁力互相排斥使列車懸浮於軌道上」，以降低在行進時列車所受到的某種力。上述的某種力最主要是：列車與軌道之間的摩擦力。 [98.基測 I]
- (2) 爬竿比賽的裝置，在人順著竿子往上爬的過程中，主要是依靠人體與竿子之間的摩擦力支撐，而不致於往下滑。 [95.基測 II]
- (3) 用一雙筷子夾一個滷蛋，兩支筷子呈水平平行且靜止於空中，此時滷蛋不會掉下來的原因是：筷子給予滷蛋的靜摩擦力等於滷蛋的重量。