



第二章 力與運動

2-3 作用力與反作用力定律 (牛頓第三運動定律)

作用力與反作用力

1. 由生活經驗可知當施力在**物體**時，物體同時亦產生一方向相反的力作用在**施力者**，稱之為反作用力。



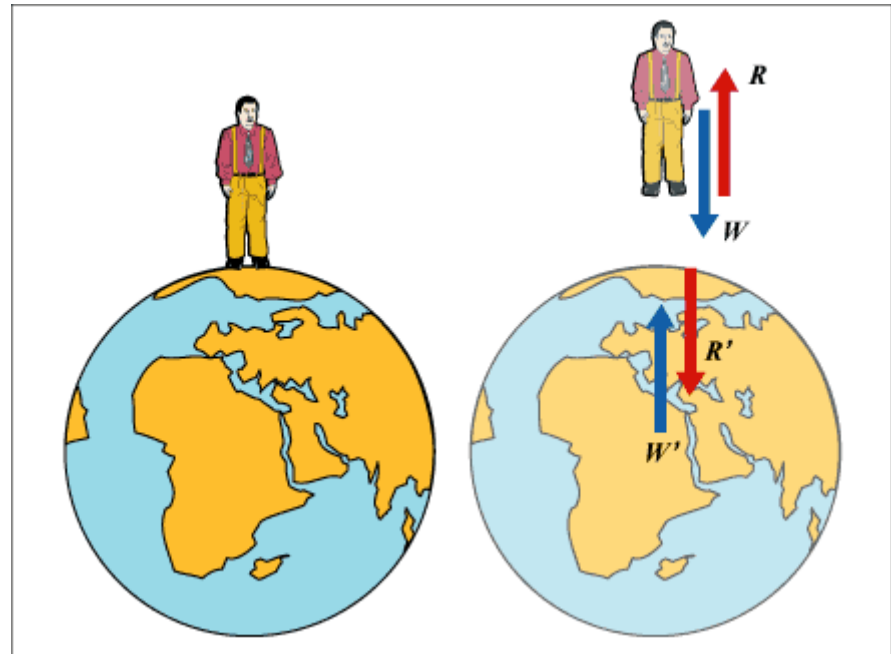
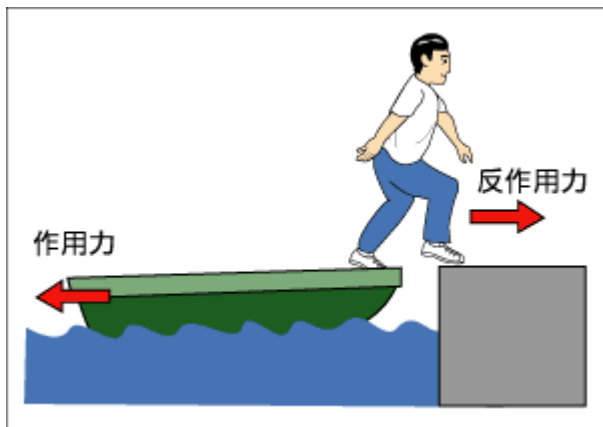
受力者

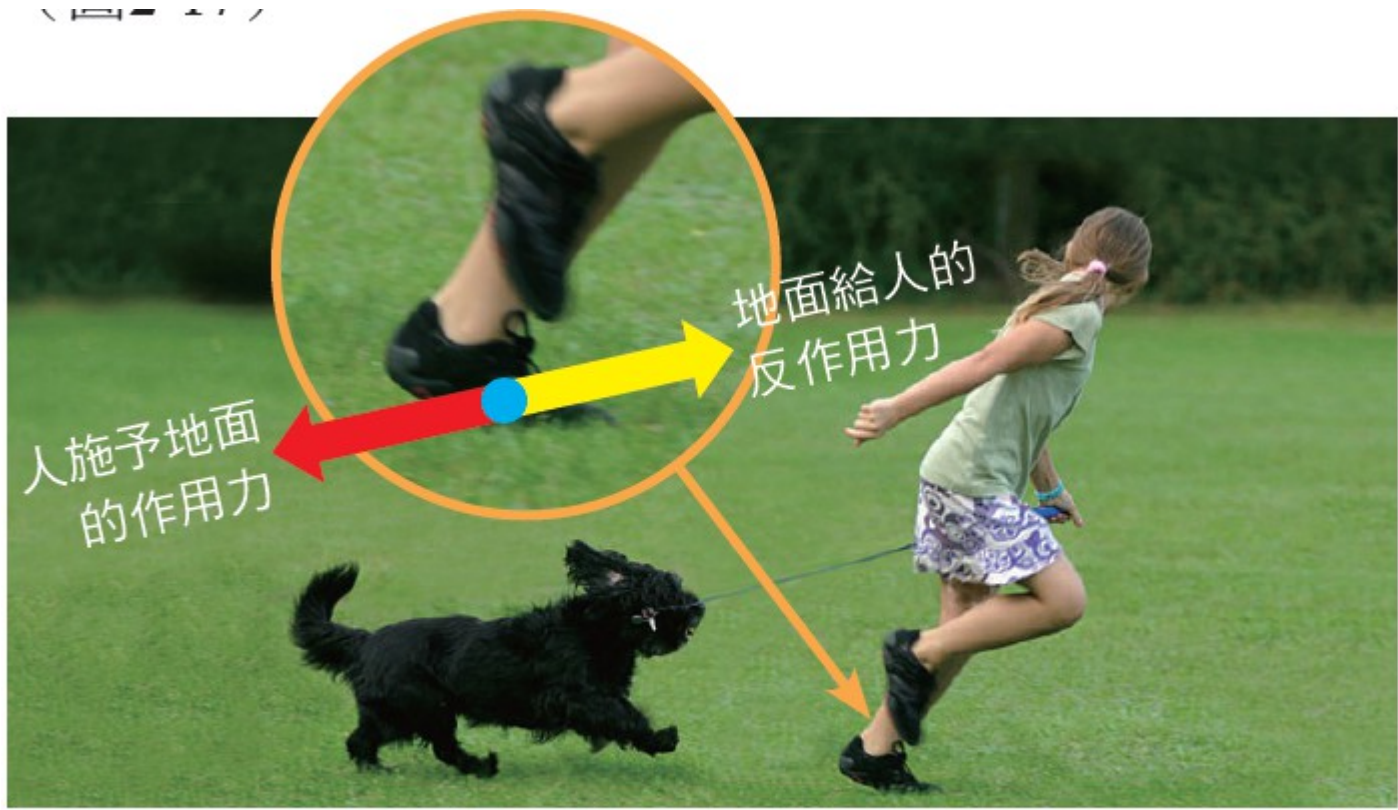
2. 牛頓第三運動定律

(又稱作用力與反作用力定律)

(1) 每施一作用力於物體，物體必給與施力者一反作用力，兩力的大小相等，方向相反且作用在同一直線上，二者同時發生且同時消失。

(2) 作用力與反作用力作用在不同的物體上，所以無法抵消。

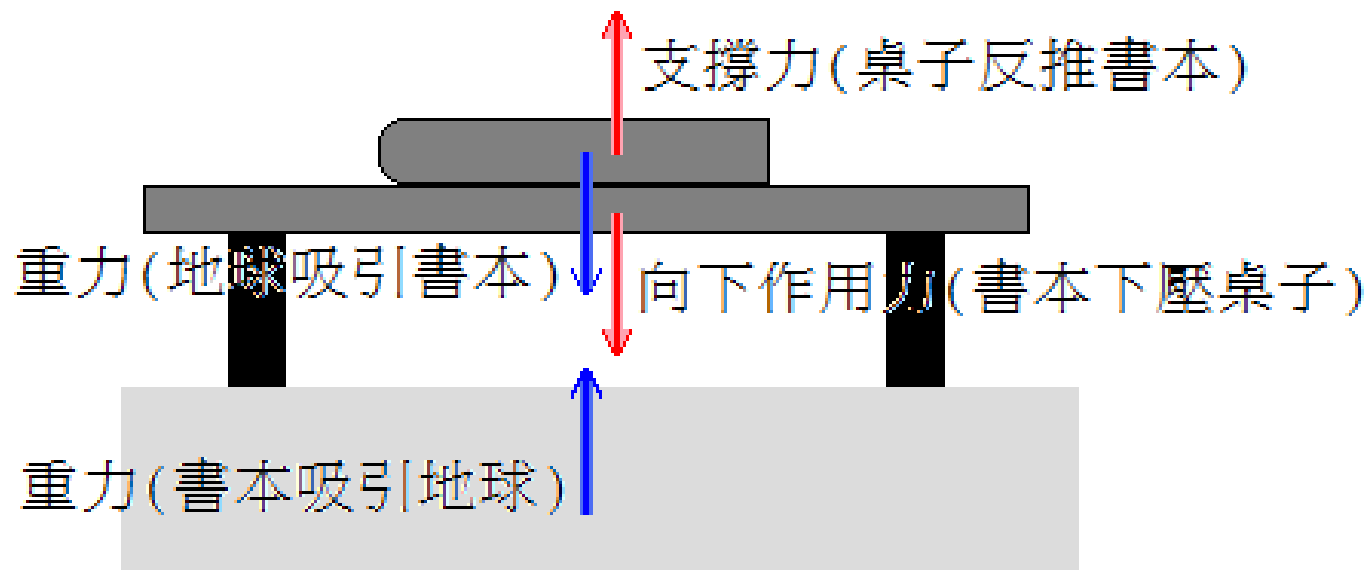




▲ 圖2-17 人跑步時，是靠地面給予的反作用力前進。

(3)例如：

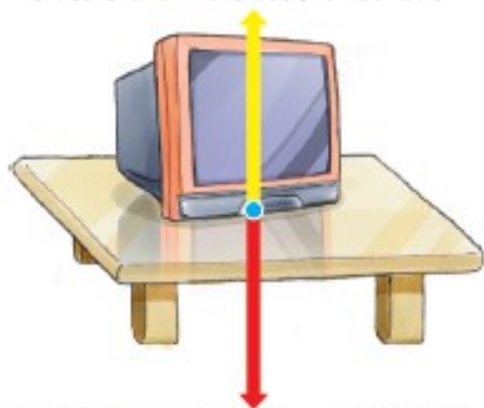
- a. 地球吸引書本的重力與書本吸引地球的重力，
這兩個力互為作用力與反作用力。
- b. 書本下壓桌子的向下作用力與
桌子反推書本的支撐力，
這兩個力互為作用力與反作用力。



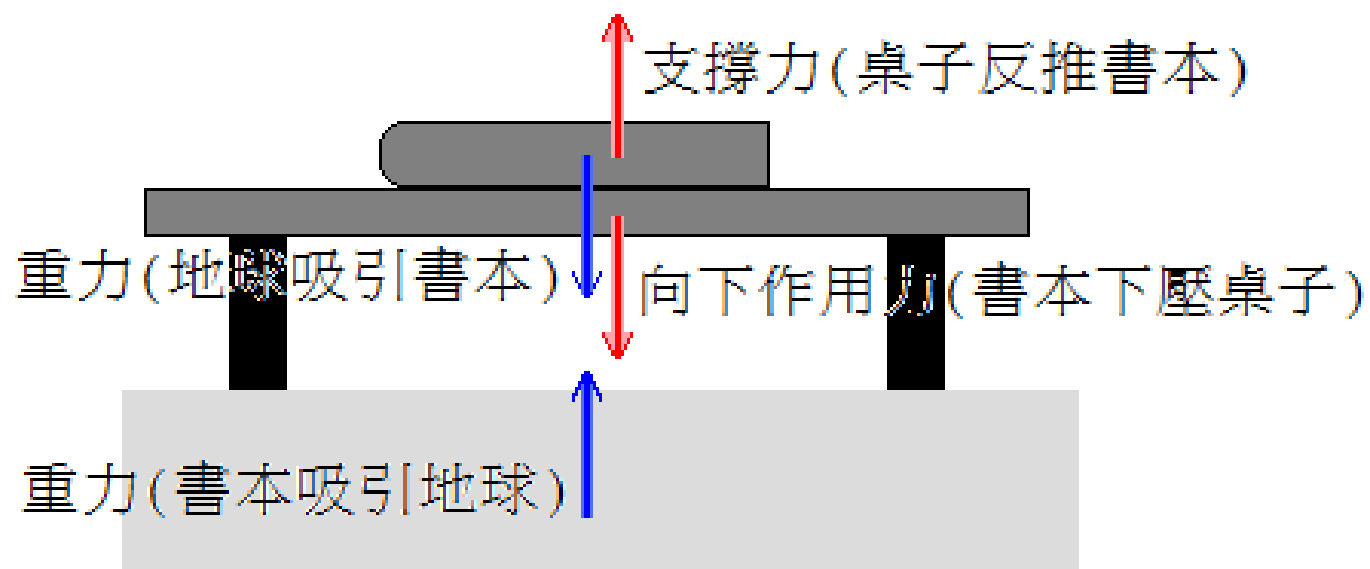
知識快遞

靜置於桌面上的物體，由兩力平衡的條件可知：桌面給物體的支撐力必等於物體的重量；另外由牛頓第三運動定律可知：物體壓桌子的力（作用力），必等於桌面給物體的支撐力（反作用力）。綜合以上所述，桌面給物體的支撐力和物體壓桌子的力，其大小都與物體的重量相等。

支撐力（反作用力）



物體壓桌子的力（作用力）

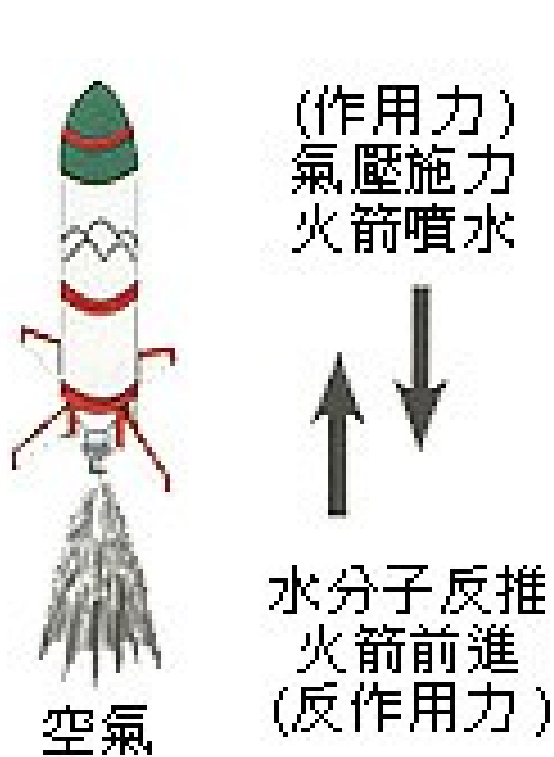


作用力與反作用力的應用

1. 游泳時須用手或腳撥水，手或腳對水施力，同時水給予身體反作用力，使身體前進或後退。
2. 划船時必須用槳撥水，槳對水施力，同時水給予槳反作用力，使船前進或後退。



3. 火箭及噴射機燒燃燃料後會噴出氣體，
利用噴出氣體所產生的反作用力升空。
4. 射出砲彈的砲身因為反作用力而後退，
此時的作用力亦稱為後座力

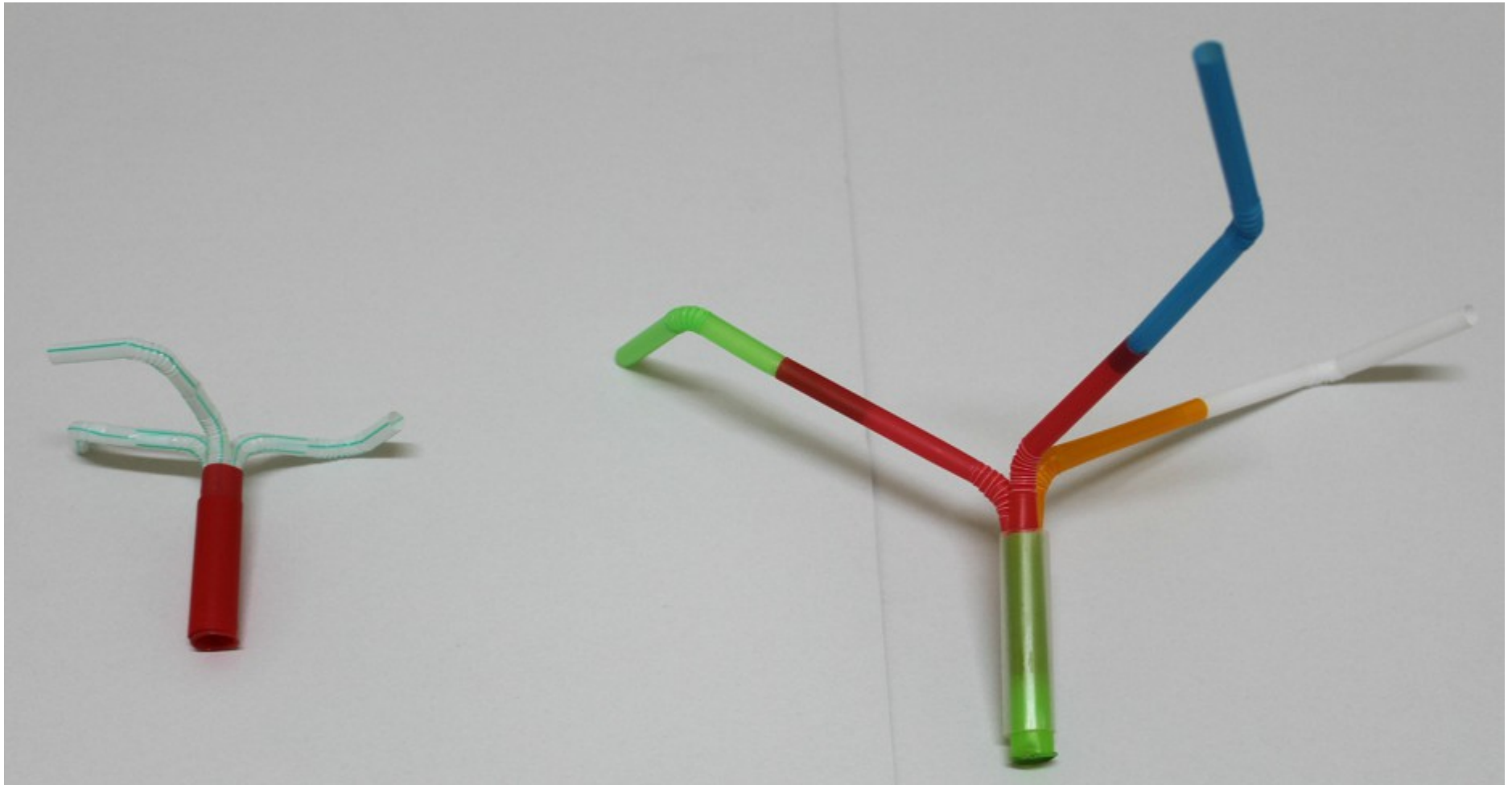


5. **烏賊**收縮充水腔室，迫使體內的**水**噴出體外，而使其推向相反方向。
6. **章魚**運用噴出體內的**水**所產生的反作用力使身體前進。
7. 賽跑時使用**起跑架**，**腳**蹬起跑架的力愈大，起跑架施予人的反作用力**愈大**。



牛頓第三運動定律的教具

吸管風車



牛頓第三運動定律的教具

水火箭



牛頓第三運動定律的活動

推牆壁、拔蘿蔔



例題一

講解：甲、乙二人同時互推，其推力甲為 4 kgw，乙為 3 kgw，則甲和乙所受的作用力為何？（甲和乙兩人互推對方的肩膀）



$$F_{\text{甲}} = \text{乙的推力} + \text{甲推乙的反作用力} \\ = 3 + 4 = 7(\text{kgw})$$

$$F_{\text{乙}} = \text{甲的推力} + \text{乙推甲的反作用力} \\ = 4 + 3 = 7(\text{kgw})$$

例題一

練習：若A、B兩人分別站在兩彈簧秤上，秤得A = 60 kgw，B = 30 kgw，如果A在B肩上垂直向下用10 kgw的力壓下，則A、B兩人腳下彈簧秤讀數各為多少？



$$W_A = \text{A的重力} + \text{B給A的反作用力} \\ = 60 + (-10) = 50 \text{ (kgw)}$$

$$W_B = \text{B的重力} + \text{A壓B的作用力} \\ = 30 + 10 = 40 \text{ (kgw)}$$

例題二

講解：如下圖，甲、乙兩物體靜置於光滑的水平面上，今施一水平推力F，使甲、乙同時產生 4 m/s^2 的加速度。

- (1) F的大小為 20 牛頓。
(2) 甲作用於乙的力，大小為 8 牛頓，方向為向 右。
(3) 乙作用於甲的力，大小為 8 牛頓，方向為向 左。

- (1) $F = ma = (3 + 2)4 = 20 \text{ (N)}$
(2) $F_{\text{甲乙}} = m_{\text{乙}} a_{\text{乙}} = 2 \times 4 = 8 \text{ (N)}$
(3) <法一> 由牛頓第三運動定律，

$$F_{\text{乙甲}} = -F_{\text{甲乙}}$$

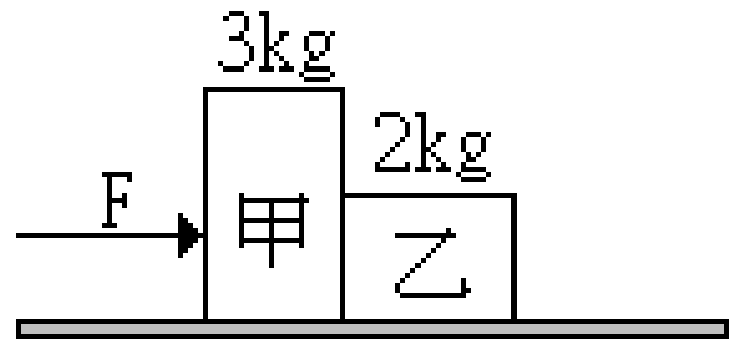
$$F_{\text{乙甲}} = -8 \text{ (N)}$$

- <法二> 由合力觀點(受力者為甲)，

$$F_{\text{合力}} = m_{\text{甲}} a_{\text{甲}}$$

$$20 + F_{\text{乙甲}} = 3 \times 4$$

$$F_{\text{乙甲}} = -8 \text{ (N)}$$



例題二

練習：甲、乙兩物體互相接觸，置於光滑的桌面上，今有水平力F作用在其上，如下圖；若甲物體質量為4公斤，乙物體質量為3公斤， $F=28$ 牛頓。

- (1) 整個裝置運動的加速度為 4m/s^2 。
- (2) 甲作用於乙之力的為 12 牛頓。
- (3) 乙作用於甲之力的為 12 牛頓。
- (4) 甲物體所受合力的大小為 16 牛頓。

$$(1) F = ma, a = F/m = 28/(3+4) = 4 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

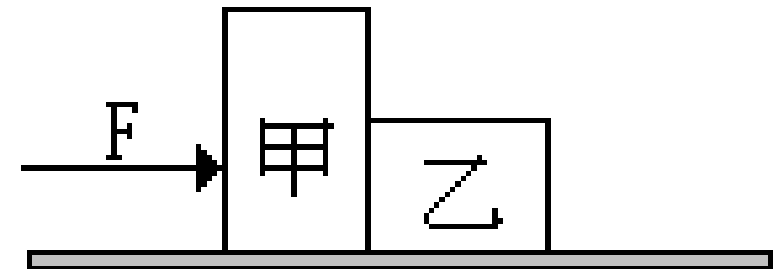
$$(2) F_{\text{甲乙}} = m_{\text{乙}} a_{\text{乙}} = 3 \times 4 = 12 \text{ (N)}$$

(3) 由合力觀點(受力者為甲)

$$F_{\text{合力}} = m_{\text{甲}} a_{\text{甲}}, 28 + F_{\text{乙甲}} = 4 \times 4,$$

$$F_{\text{乙甲}} = -12 \text{ (N)}$$

$$(4) F_{\text{合力}} = F + F_{\text{乙甲}} = 28 + (-12) = 16 \text{ (N)}$$



練習題

1. 下列何者為**火箭**前進所利用的原理？

(A)噴出的高速氣體，會減少空氣阻力

(B)噴出的氣體施力於空氣，
空氣給火箭反作用力

(C)噴出的氣體給火箭反作用力

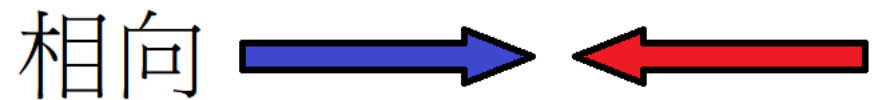
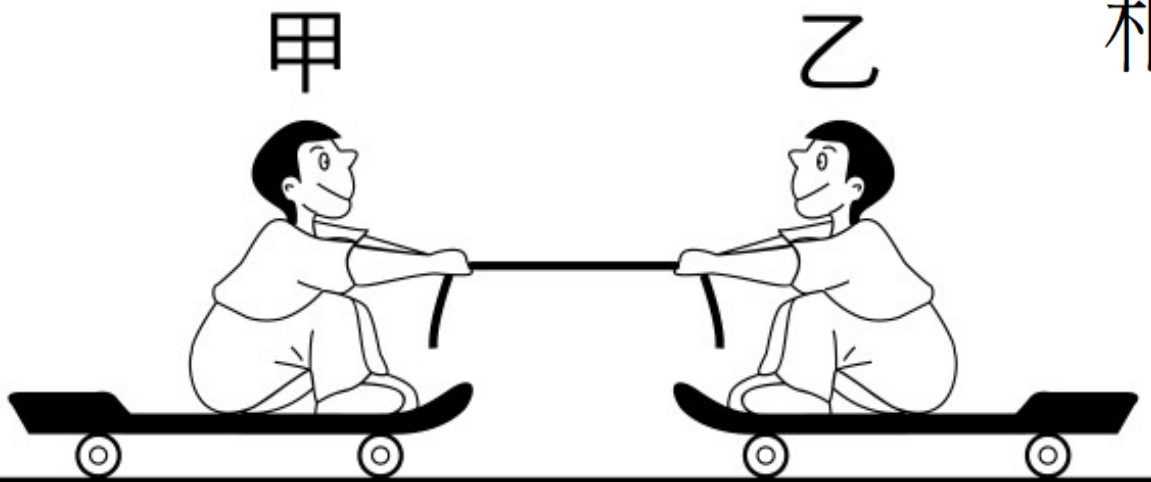
(D)噴出的氣體減少火箭重量，並產生浮力



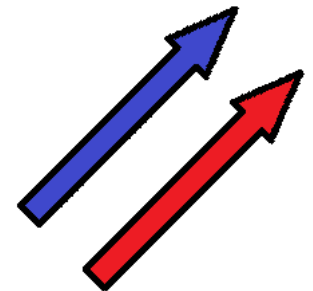
練習題

2.甲、乙兩人分別坐在滑板上，各握繩的一端，如圖所示，設滑板與水平地面間無摩擦力，當甲用力拉乙時，下列敘述何者正確？

- (A)甲靜止不動，乙向甲靠近
- (B)乙靜止不動，甲向乙靠近
- (C)甲、乙皆反向運動
- (D)甲、乙皆相向運動**



同向



練習題

3. 如果一塊石頭重400牛頓，而小偉用手以475牛頓之力將石頭向上舉起，則石頭給手的反作用力為何？

- (A) 75牛頓
- (B) 400牛頓
- (C) 475牛頓**
- (D) 875牛頓

作用力
(向上)=475N

反作用力
(向下)=475N



重力 (重量)=400N

練習題

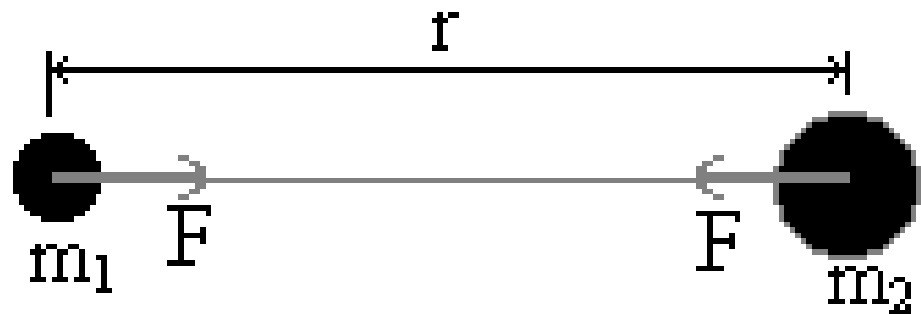
4. 假設火星上的重力加速度約為地球上的 10 倍，若地球對火星的萬有引力為 F ，則火星對地球的萬有引力為何？

(A) F

(B) $0.1F$

(C) $10F$

(D) $100F$



練習題

5. 雞蛋碰石頭後雞蛋破裂，其原因為何？

(A) 雞蛋受力較大

(B) 雞蛋所受壓力較大

(C) 兩者受力相等，

雞蛋破裂只因蛋殼比石頭脆弱

(D) 石頭質量較雞蛋大



練習題

6. 質量比為 2 : 1 的甲、乙兩人在光滑的平面上互推，甲用 40N 的力推乙，乙用 50N 的力推甲，則下列何者錯誤？

- (A) 甲、乙受力比為 5 : 4
- (B) 甲、乙由靜止所獲得的加速度比為 1 : 2
- (C) 甲、乙分開的速率比為 1 : 2
- (D) 當兩人互推分開後均向後退，此即為牛頓第三運動定律的現象



練習題

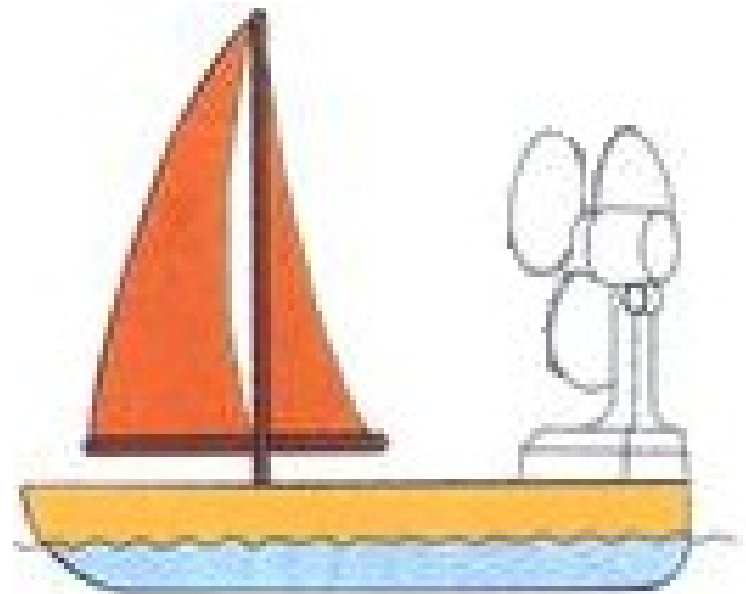
7. 下列哪一種作法無法使帆船加速航行？

(A) 在船尾加裝一臺大電風扇，
並使風扇吹向帆面

(B) 拿起船槳努力划

(C) 在船尾加裝一強力馬達

(D) 增加船帆的面積與數量

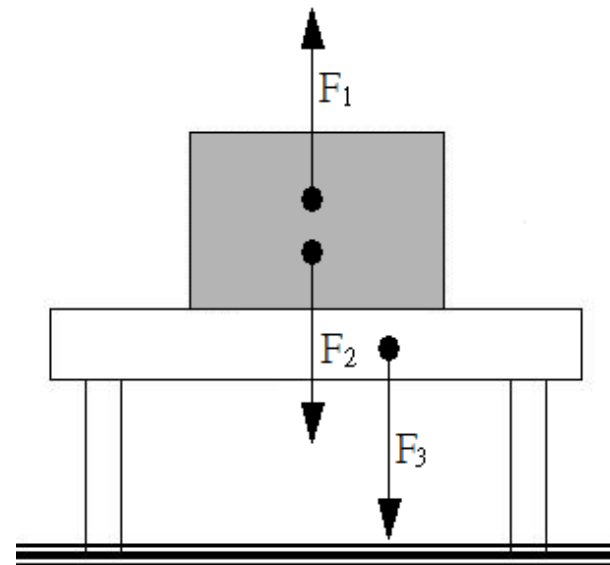


練習題

8. 如下圖， F_1 ：桌面對物體的支撐力，
 F_2 ：物體所受的重力，
 F_3 ：物體壓桌子的力。

則哪些力彼此之間會互相抵消？
哪些力互為作用力跟反作用力？

- (A) F_1 與 F_2 可以互相抵消，
 F_1 與 F_3 互為作用力跟反作用力
- (B) F_1 與 F_3 可以互相抵消，
 F_1 與 F_2 互為作用力跟反作用力
- (C) F_1 與 (F_2+F_3) 可以互相抵消，
不存在互為作用力與反作用力的情形
- (D) 不存在力可以互相抵消的情形，
 F_1 與 (F_2+F_3) 互為作用力與反作用力



練習題

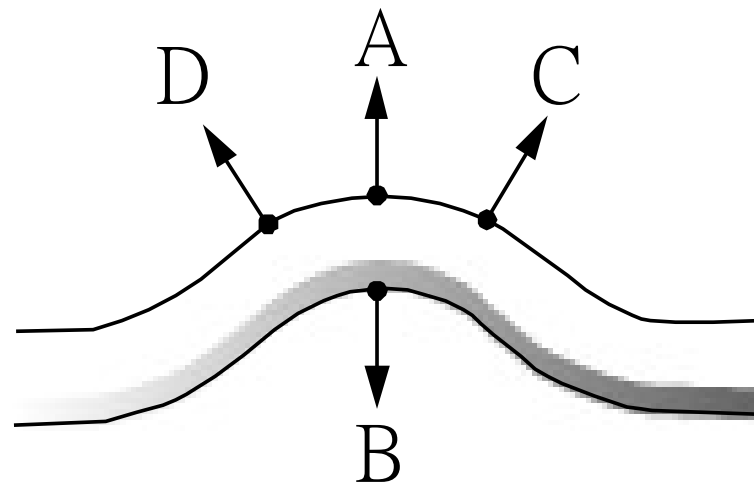
9. 有一長直水管，內部通有水流，如附圖（一），後來水管因破洞而噴水，水管變成附圖（二）的形狀，則水柱噴出的方向最可能是哪一方向？

(A) A

(B) B

(C) C

(D) D



練習題

10. 如附圖所示， $m_1 = 1 \text{ kg}$ ， $m_2 = 3 \text{ kg}$ ， $m_3 = 2 \text{ kg}$ ，受兩水平力之作用，其中 $F_1 = 30 \text{ 牛頓}$ ， $F_2 = 18 \text{ 牛頓}$ ，若不計摩擦力及阻力，且

F_{12} 為 m_1 作用於 m_2 的力， F_{21} 為 m_2 作用於 m_1 的力， F_{23} 為 m_2 作用於 m_3 的力， F_{32} 為 m_3 作用於 m_2 的力。請回答下列問題：

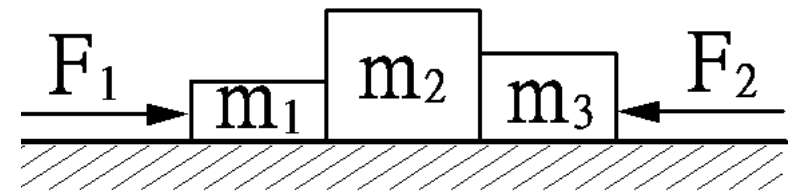
(1) 其大小關係為下列何者？

(A) $F_{12} > F_{21} > F_{23} > F_{32}$

(B) $F_{12} < F_{21} < F_{23} < F_{32}$

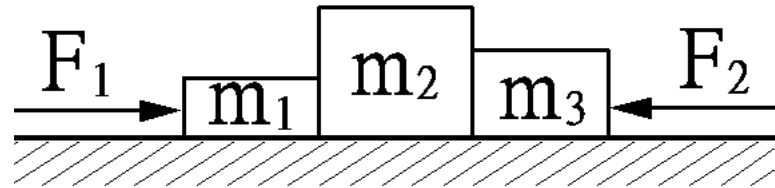
(C) $F_{12} = F_{21} > F_{23} = F_{32}$

(D) $F_{12} = F_{21} = F_{23} = F_{32}$



$$m_1 = 1 \text{ kg}, m_2 = 3 \text{ kg}, m_3 = 2 \text{ kg}$$

$$F_1 = 30 \text{ 牛頓}, F_2 = 18 \text{ 牛頓}$$



$$F = ma, a = F/m = \frac{30 - 18}{(1 + 3 + 2)} = 2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

以右方為正

$$(F_1 + F_{21}) = m_1 \times 2$$

$$30 + F_{21} = 1 \times 2, F_{21} = -28 \text{ (N)}$$

$$F_{12} = -F_{21} = 28 \text{ (N)}$$

$$(F_{23} + F_2) = m_3 \times 2$$

$$F_{23} + (-18) = 2 \times 2, F_{23} = 22 \text{ (N)}$$

$$F_{32} = -F_{23} = -22 \text{ (N)}$$

$$F_{12} = F_{21} > F_{23} = F_{32}$$

練習題

10. 如附圖所示， $m_1 = 1 \text{ kg}$ ， $m_2 = 3 \text{ kg}$ ， $m_3 = 2 \text{ kg}$ ，受兩水平力之作用，其中 $F_1 = 30 \text{ 牛頓}$ ， $F_2 = 18 \text{ 牛頓}$ ，若不計摩擦力及阻力，且

F_{12} 為 m_1 作用於 m_2 的力， F_{21} 為 m_2 作用於 m_1 的力， F_{23} 為 m_2 作用於 m_3 的力， F_{32} 為 m_3 作用於 m_2 的力。

請回答下列問題：

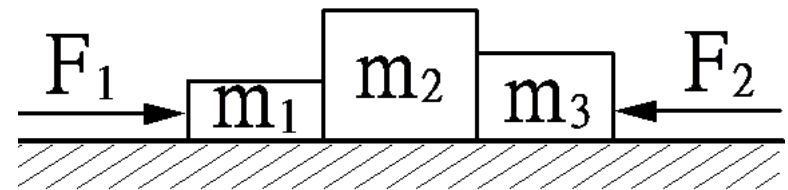
(2) 若 F_2 增加為 30 牛頓 ，且 m_1 ， m_2 ， m_3 以 1 m/s 向右作等速度運動，則其大小關係為：

(A) $F_{12} > F_{21} > F_{23} > F_{32}$

(B) $F_{12} < F_{21} < F_{23} < F_{32}$

(C) $F_{12} = F_{21} > F_{23} = F_{32}$

(D) $F_{12} = F_{21} = F_{23} = F_{32}$



練習題

12. 下列物理現象各為：

- (a) 搖動果樹，使成熟的果實掉落。
- (b) 人能舉物，但不能舉自己。
- (c) 車子煞車時，仍會向前滑行。
- (d) 草皮上的灑水器灑水時，會不停地轉動。
- (e) 蘋果靜置於水果盤內。
- (f) 射擊時，槍托要抵緊肩窩。
- (g) 小朋友溜滑梯。
- (h) 皮球撞到牆壁時會反彈。
- (i) 龍舟比賽，選手滑槳使船前進。
- (j) 抖動衣服，甩掉衣服上的灰塵。
- (k) 工程施工不慎，鋼筋從高處墜落。



試問：

- (1) 屬於牛頓第一運動定律的是 a、c、e、j ○
- (2) 屬於牛頓第二運動定律的是 g、k ○
- (3) 屬於牛頓第三運動定律的是 b、d、f、h、i ○

The End

練習題

12. 下列物理現象各為：

- (a) 搖動果樹，使成熟的果實掉落。
- (b) 人能舉物，但不能舉自己。
- (c) 車子煞車時，仍會向前滑行。
- (d) 草皮上的灑水器灑水時，會不停地轉動。
- (e) 蘋果靜置於水果盤內。
- (f) 射擊時，槍托要抵緊肩窩。
- (g) 小朋友溜滑梯。
- (h) 皮球撞到牆壁時會反彈。
- (i) 龍舟比賽，選手滑槳使船前進。
- (j) 抖動衣服，甩掉衣服上的灰塵。
- (k) 工程施工不慎，鋼筋從高處墜落。



試問：

- (1) 屬於牛頓第一運動定律的是 a、c、e、j ○
- (2) 屬於牛頓第二運動定律的是 g、k ○
- (3) 屬於牛頓第三運動定律的是 b、d、f、h、i ○

例題三

講解：質量50公斤的小英站在電梯內的磅秤上，若重力加速度為9.8公尺/秒²(1 Kgw=9.8 N)，試回答下列問題：

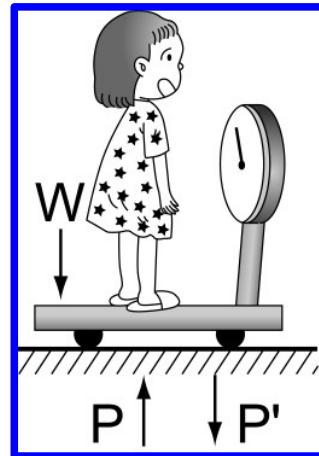
- (1)小英受到地球引力與地球受到小英的引力為各為多少牛頓？
- (2)電梯以4.9公尺/秒²加速度上升時，小英所受磅秤向上的作用力與磅秤讀數為各為多少公斤重？
- (3)電梯以4.9公尺/秒²加速度下降時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (4)電梯以4.9公尺/秒等速度上升時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (5)如果上升途中，電梯鋼索斷裂，則磅秤讀數為多少公斤重？

定座標軸向上為正

(1)由牛頓第三運動定律

$$F_{\text{地人}} = -50(\text{kgw}) = -490(\text{N})$$

$$F_{\text{人地}} = 50(\text{kgw}) = 490(\text{N})$$



例題三

講解：質量50公斤的小英站在電梯內的磅秤上，若重力加速度為9.8公尺/秒²(1 Kgw=9.8 N)，試回答下列問題：

- (1)小英受到地球引力與地球受到小英的引力為各為多少牛頓？
- (2)電梯以4.9公尺/秒²加速度上升時，小英所受磅秤向上的作用力與磅秤讀數為各為多少公斤重？
- (3)電梯以4.9公尺/秒²加速度下降時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (4)電梯以4.9公尺/秒等速度上升時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (5)如果上升途中，電梯鋼索斷裂，則磅秤讀數為多少公斤重？

定座標軸向上為正

$$(2) F = ma,$$

$$N + W = ma$$

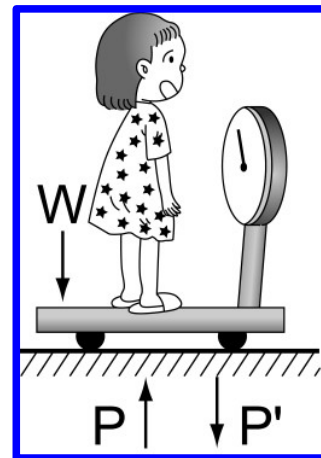
$$N = -W + ma$$

$$= -(50 \times -9.8) + 50 \times 4.9$$

$$= 75 \times 9.8 (\text{N}) = 75 (\text{kgw})$$

A:磅秤向上的作用力為75kgw
磅秤讀數為75kgw

向下 向上



例題三

講解：質量50公斤的小英站在電梯內的磅秤上，若重力加速度為9.8公尺/秒²(1 Kgw=9.8 N)，試回答下列問題：

- (1)小英受到地球引力與地球受到小英的引力為各為多少牛頓？
- (2)電梯以4.9公尺/秒²加速度上升時，小英所受磅秤向上的作用力與磅秤讀數為各為多少公斤重？
- (3)電梯以4.9公尺/秒²加速度下降時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (4)電梯以4.9公尺/秒等速度上升時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (5)如果上升途中，電梯鋼索斷裂，則磅秤讀數為多少公斤重？

定座標軸向上為正

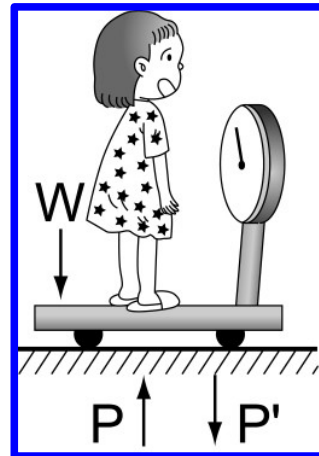
$$(3) F = ma$$

$$N + W = ma$$

$$N = -W + ma$$

$$= -(50 \times -9.8) + 50 \times (-4.9)$$

$$= 25 \times 9.8 (\text{N}) = 25 (\text{kgw})$$



例題三

講解：質量50公斤的小英站在電梯內的磅秤上，若重力加速度為 9.8 公尺/秒²($1 \text{ Kgw} = 9.8 \text{ N}$)，試回答下列問題：

- (1)小英受到地球引力與地球受到小英的引力為各為多少牛頓？
- (2)電梯以 4.9 公尺/秒²加速度上升時，小英所受磅秤向上的作用力與磅秤讀數為各為多少公斤重？
- (3)電梯以 4.9 公尺/秒²加速度下降時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (4)電梯以 4.9 公尺/秒等速度上升時，磅秤讀數為多少公斤重？
- (5)如果上升途中，電梯鋼索斷裂，則磅秤讀數為多少公斤重？

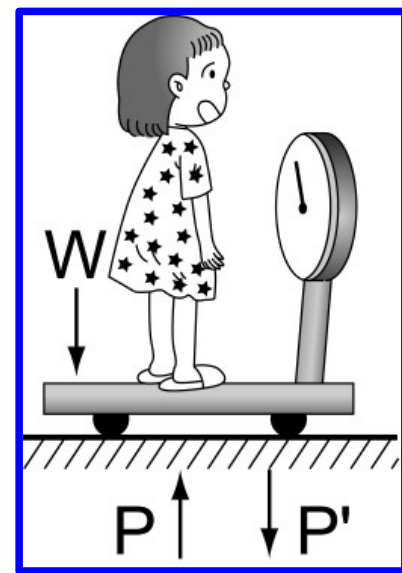
(4)等速度,磅秤讀數不變, $N = 50(\text{kgw})$

(5) $F = ma$

$$N + W = ma$$

$$N = -W + ma$$

$$= -(50 \times -9.8) + 50 \times -9.8 = 0(\text{kgw})$$



例題三

練習：如圖一所示，物體的質量為1公斤，受作用力F為2公斤重，其伸長量為5公分。將附在彈簧上的物體，掛在電梯中，如圖二所示，試回答下列問題：

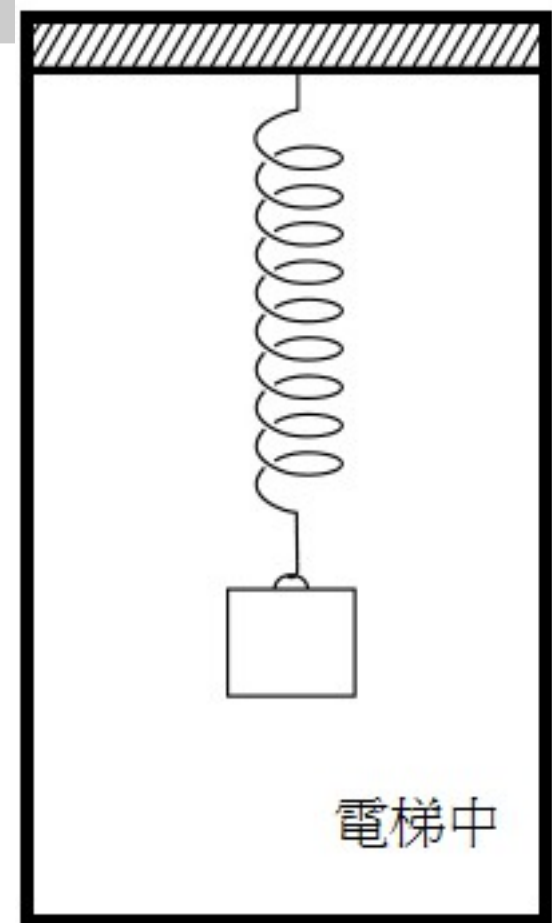
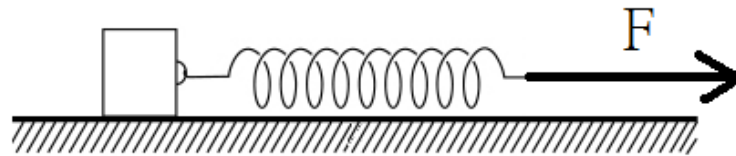
- (1)若電梯不動，則彈簧的伸長量為何？
- (2)若電梯以 4.9公尺/秒^2 加速度上升時，則彈簧的伸長量為何？
- (3)電梯鋼索斷裂，則彈簧的伸長量為何？

(1)由虎克定律，

$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{1}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = 2.5(\text{cm})$$



例題三

練習：如圖一所示，物體的質量為1公斤，受作用力F為2公斤重，其伸長量為5公分。將附在彈簧上的物體，掛在電梯中，如圖二所示，試回答下列問題：

- (1)若電梯不動，則彈簧的伸長量為何？
- (2)若電梯以 4.9公尺/秒^2 加速度上升時，則彈簧的伸長量為何？
- (3)電梯鋼索斷裂，則彈簧的伸長量為何？

(2)定座標軸向上為正，

$$F = ma, F_{\text{拉力}} + W = ma,$$

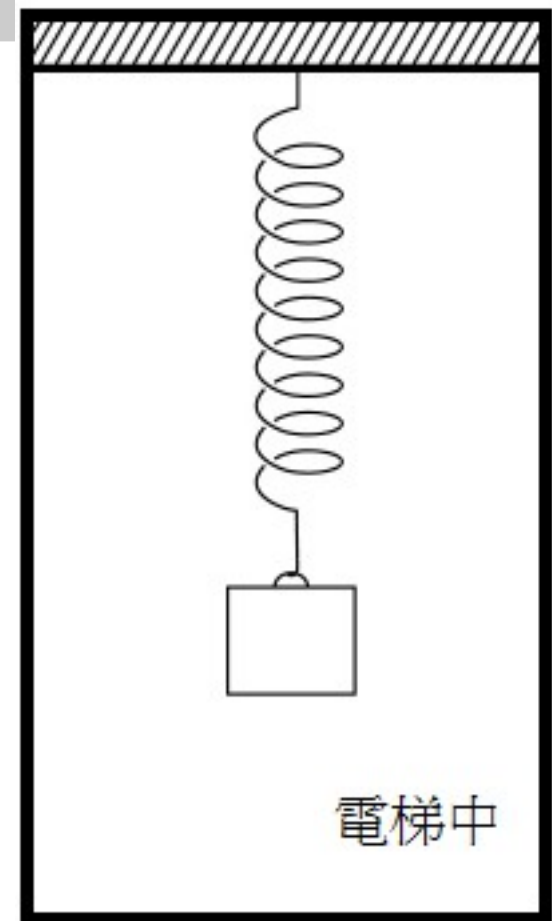
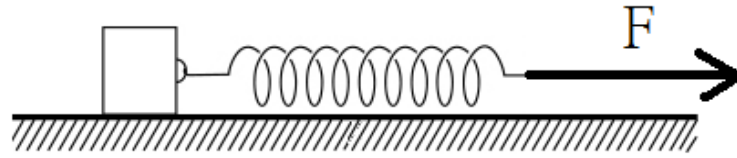
$$\begin{aligned} F_{\text{拉力}} &= -W + ma = -(1 \times -9.8) + 1 \times 4.9 \\ &= 1.5 \times 9.8 (\text{N}) = 1.5 (\text{kgw}) \end{aligned}$$

由虎克定律，

$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{1.5}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = 3.75 (\text{cm})$$



例題三

練習：如圖一所示，物體的質量為1公斤，受作用力F為2公斤重，其伸長量為5公分。將附在彈簧上的物體，掛在電梯中，如圖二所示，試回答下列問題：

- (1)若電梯不動，則彈簧的伸長量為何？
- (2)若電梯以 $4.9\text{公尺}/\text{秒}^2$ 加速度上升時，則彈簧的伸長量為何？
- (3)電梯鋼索斷裂，則彈簧的伸長量為何？

(3) 定座標軸向上為正，

$$F = ma$$

$$F_{\text{拉力}} + W = ma,$$

$$F_{\text{拉力}} = -W + ma$$

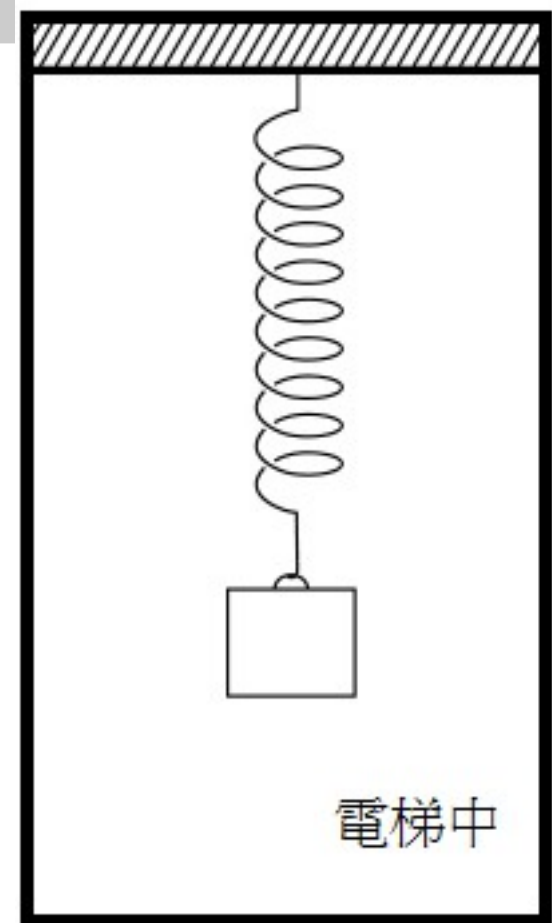
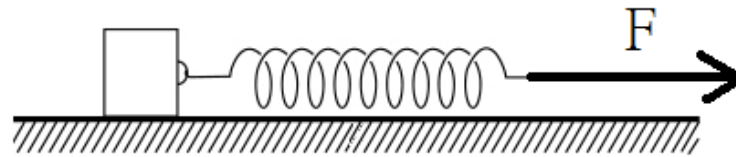
$$= -(1 \times -9.8) + (1 \times -9.8) = 0(\text{kgw})$$

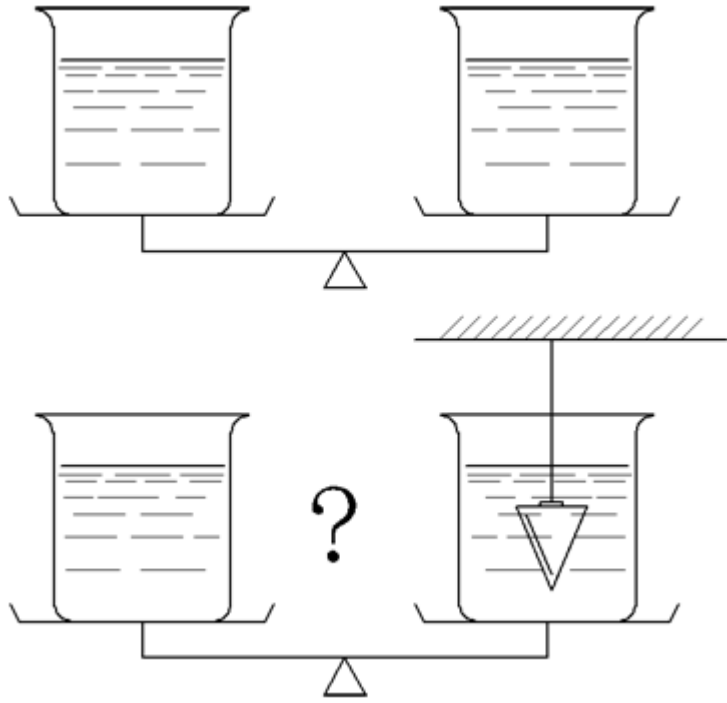
由虎克定律，

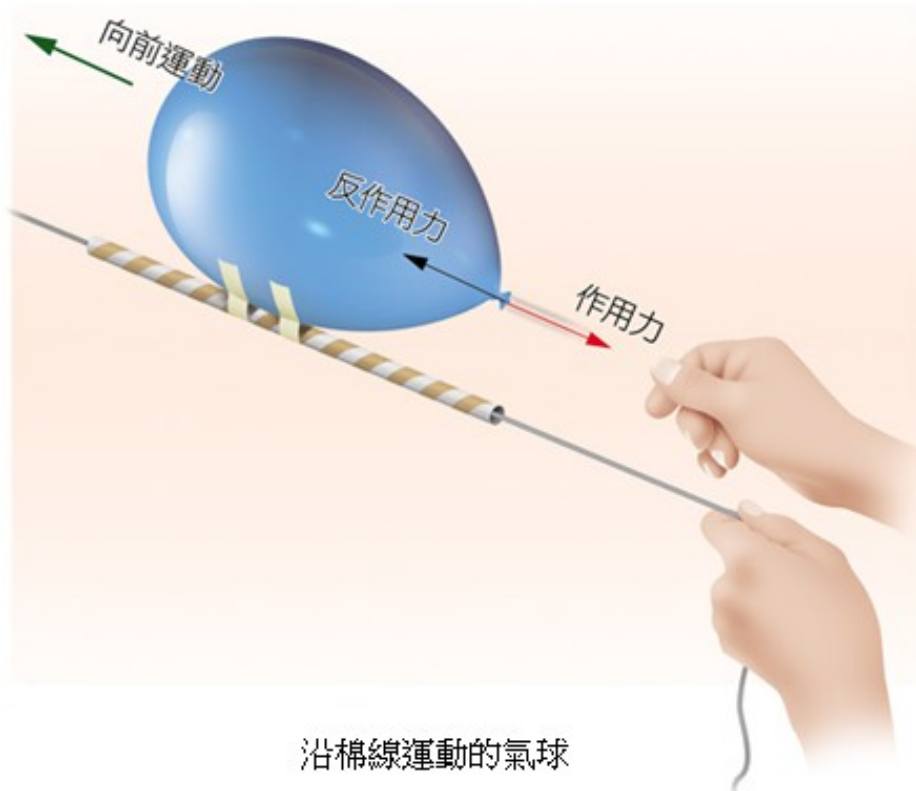
$$\frac{F_1}{\Delta x_1} = \frac{F_2}{\Delta x_2}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{0}{\Delta x_2}$$

$$\Delta x_2 = 0(\text{cm})$$







例題 2-7

小穎體重60公斤重，站在甲磅秤上，小緯體重40公斤重，站在乙磅秤上，若小穎以3公斤重的力下壓在小緯的肩膀，且兩人皆靜止不動，如下圖所示，請問：



- (1) 甲磅秤的讀數為多少公斤重？
- (2) 乙磅秤的讀數為多少公斤重？