

第二課

力和運動

全年班

力的性質

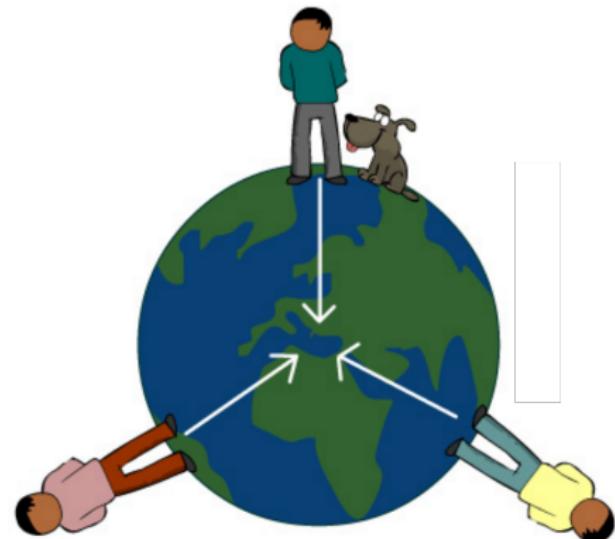
- 可分為接觸力和非接觸力。
 - ▶ 接觸力：包括張力、法向力、摩擦力、流體阻力；
 - ▶ 非接觸力：包括重量、電力、磁力。
- 在國際單位制中，力的單位是牛頓，符號為 **N**。

力的性質

- 力是矢量，有量值和方向。向某方向作用的力，可用箭號來表示，箭號的方向和長度分別顯示力的方向和量值。

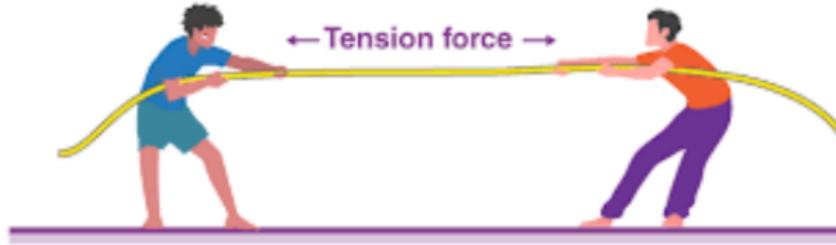
重量 (W) Weight (W)

- 地球作用於物體的拉力。
- 方向指向地球的中心。
- $W=mg$, g = 重力加速度



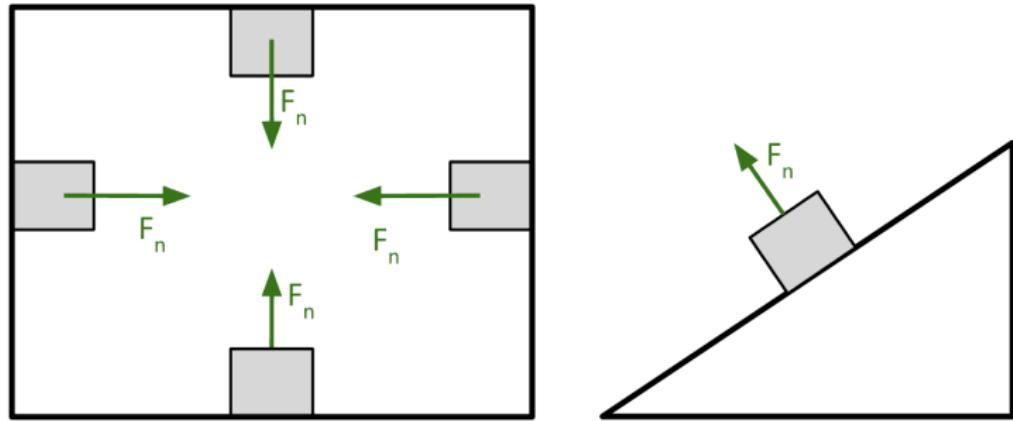
張力 (T)

- 繩子拉緊時產生的力。
- 在無質量的繩子裏，繩子每一點的張力量值都是相同的。



法向力 (N 或 R)

- 兩個物件的表面接觸所產生的力。
- 力和表面必定互相垂直。

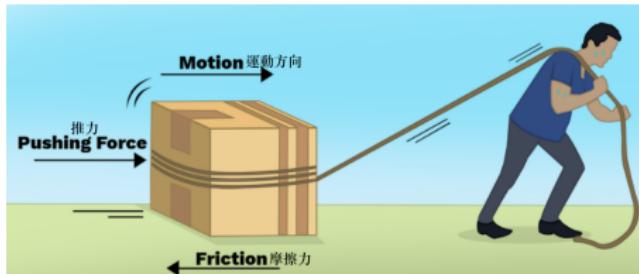


阻力 (f)

- 阻力是抗衡相對運動而產生的力。
- 例子：
 - ▶ 固體之間的摩擦力。
 - ▶ 空氣阻力。
 - ▶ 液體阻力。
 - ▶ 剎制力。

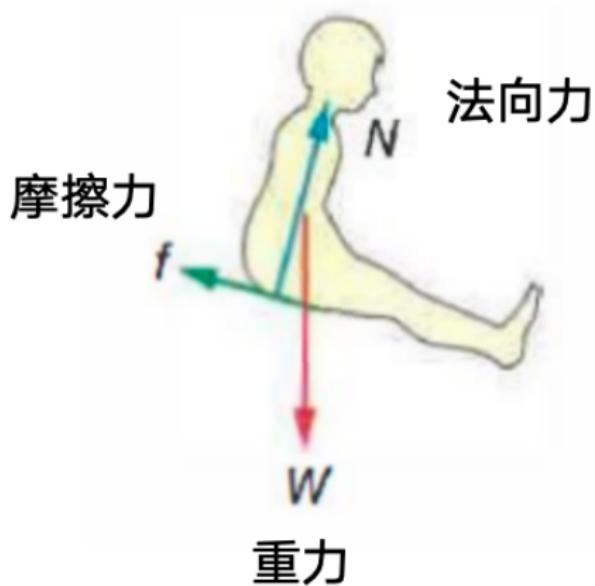
摩擦力

- 防止兩個接觸面發生相對運動所產生的力。
- 存在一個最大量值。
 - ▶ 摩擦力隨相對運動程度的增加而增加。沒有相對運動就沒有摩擦力。
 - ▶ 當摩擦力超過最大值時，摩擦力不會再增加。



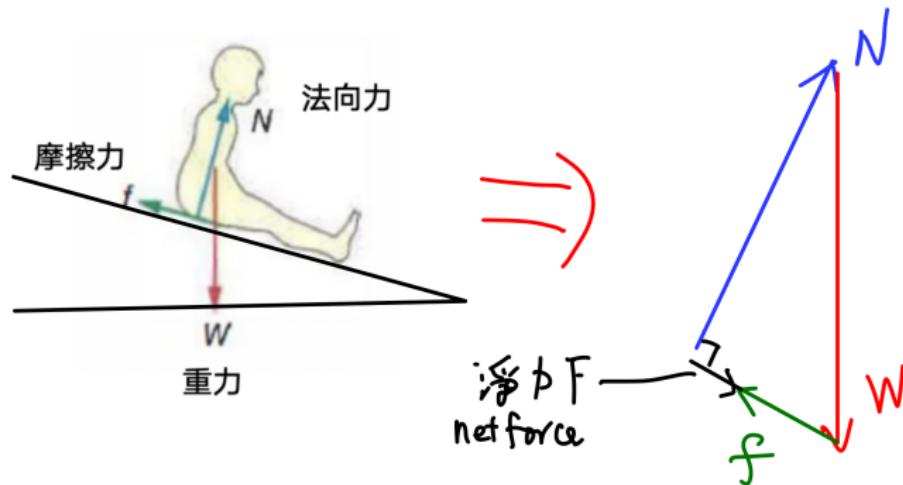
自由體圖/隔離體圖

- 顯示所有作用於物體的力。

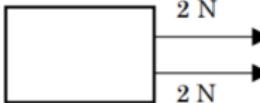
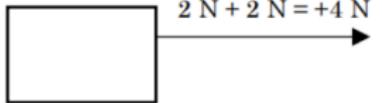
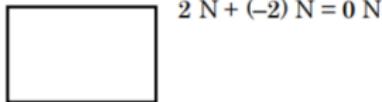
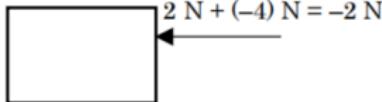


淨力/合力

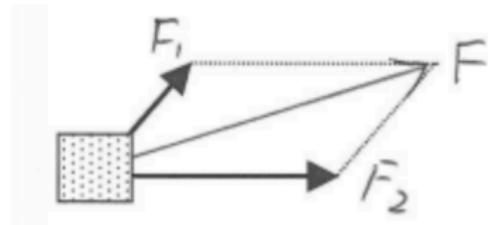
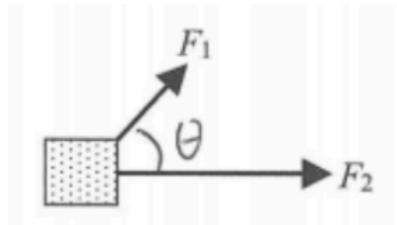
- 施加於物體的所有力的向量和。



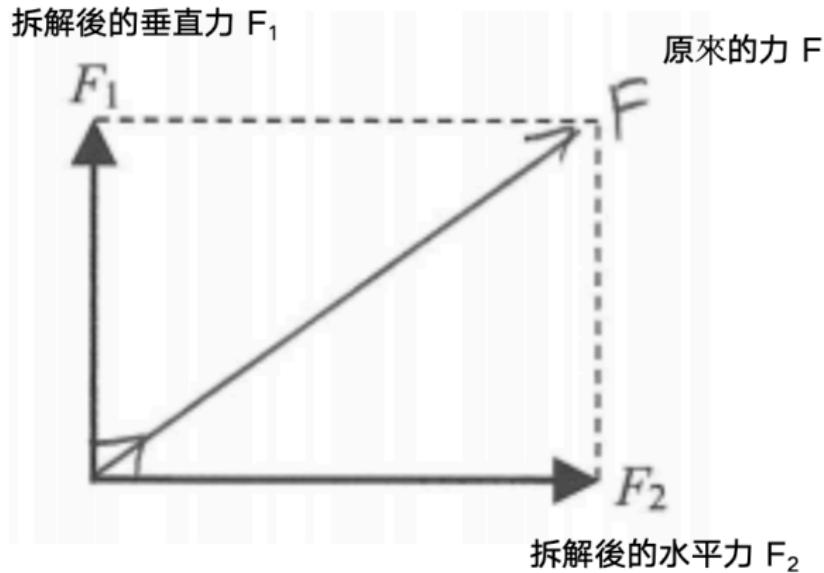
淨力/合力

力 Force	淨力 Net force
	
	 $2 \text{ N} + (-2) \text{ N} = 0 \text{ N}$
	

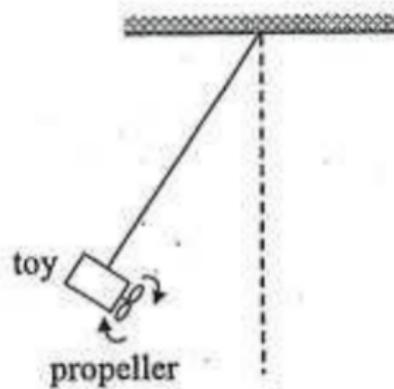
淨力/合力



力的拆解方法



例題 Example

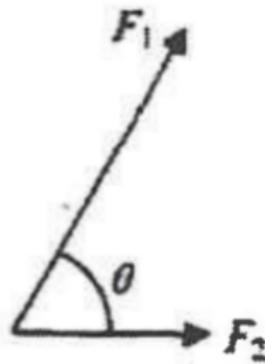


這個玩具裝了一個推進器和現在在靜止狀態。畫出這個玩具的自由體圖。

例題

如圖所示，兩個量使固定的力 F_1 及 F_2 作用於同一點，當 F_1 與 F_2 的夾角 θ 由 0° 增加至 180° ，求合力的量值的變化。

- (a) 增加 (b) 減少 (c) 先增加後減少 (d) 先減少後增加



有關力的定理

牛頓力學定律



Issac Newton 1642 – 1627

牛頓第一定律和慣性

牛頓第一定律

除非受到淨力作用，否則所有物體都會保持靜止狀態或勻速直線運動狀態。

慣性

慣性是物體保持靜止或以均勻速度運動的趨勢。

牛頓第一定律和慣性

- 慣性使物體繼續以勻速移動。



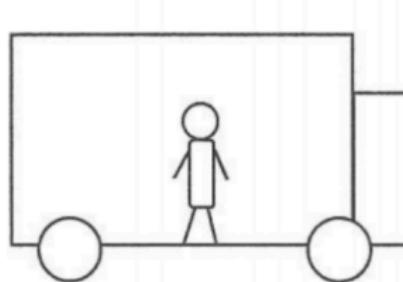
安全帶的應用

- 當移動中的車子突然停車，因為慣性乘客會繼續前進。
- 安全帶可以防止乘客被拋出車外。



牛頓第一定律和慣性

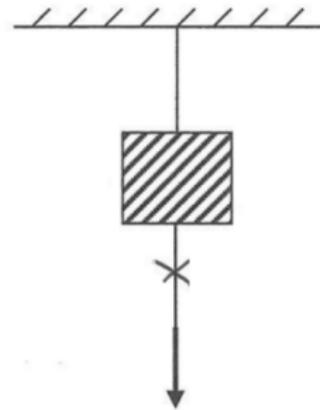
- 惯性使物體繼續靜止。



牛頓第一定律和慣性

- 慣性使物體繼續靜止。

- 慢拉線 \Rightarrow 上面先斷
 - ▶ 上面部分承受更大的張力。
- 快拉線 \Rightarrow 下面先斷
 - ▶ 物件傾向保持靜止狀態。



牛頓第二定律

牛頓第二定律

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

- 物件受到的淨力 F 與物件的質量 m 及加速度 a 成正比，且淨力和加速度方向相同，且量值滿足 $F = ma$ 。
- 淨力、質量和加速度分別採用 S.I. 單位牛頓 (N)、千克 (kg) 和米每平方秒 (m s^{-2}) 。

例題 Example

一塊起始靜止的方塊放在光滑的桌子上，被一個水平的恆定力 F 推動。利用牛頓運動定律，解釋為什麼這個方塊應該開始移動。

解 施加在方塊上垂直方向的合力（重力和法向反作用力）是平衡的。水平方向有非零的淨力 F 作用於方塊上。根據牛頓第二定律，方塊應該會有與力同方向的加速度。

例題 Example

一個球質量為 4 kg ，它被輕推了一下後，以速率 2 m s^{-1} 運動。 10 s 後，它停了下來。

- (a) 求球與地面間的摩擦力。

例題 Example

一個球質量為 4 kg ，它被輕推了一下後，以速率 2 m s^{-1} 運動。 10 s 後，它停了下來。

- (b) 如果摩擦力減半而其他因素不變，球移動的距離是多少？

例題 Example

一個球質量為 4 kg ，它被輕推了一下後，以速率 2 m s^{-1} 運動。 10 s 後，它停了下來。

- (c) 如果摩擦力加倍而其他因素不變，球移動的時間是？

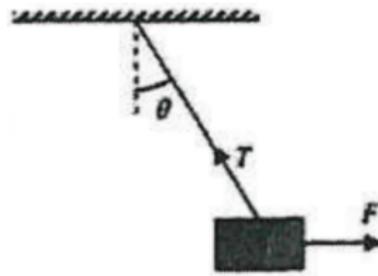
例題 Example

一個男孩的質量是 30 kg 。他以 5 m s^{-1} 垂直到達水而且他最深下降至 2 m 。求水對男孩施力的量值。

拆力相關題目

- 把力分解成水平和垂直方向。
 - ▶ 然後把該方向的所有力放一邊， ma 放另一邊。
 - ▶ 如果是靜止/勻速，一邊方向的所有力 = 另一邊方向的所有力。
- 斜坡問題：
 - ▶ 把力分解成沿斜坡，和垂直於斜坡。

例題



以 F 和 θ 表示方塊的重量。

例題 Example

揚浩將手推車推上斜坡。他施於手推車的力平行於斜坡，量值為 200 N。斜坡與水平線的夾角為 10° 。手推車連貨物的質量為 50 kg，斜坡施於手推車的摩擦力為 80 N。

- (a) 斜坡施於手推車的法向力，量值是多少？

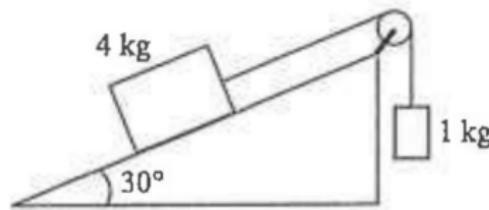
例題 Example

揚浩將手推車推上斜坡。他施於手推車的力平行於斜坡，量值為 200 N。斜坡與水平線的夾角為 10° 。手推車連貨物的質量為 50 kg，斜坡施於手推車的摩擦力為 80 N。

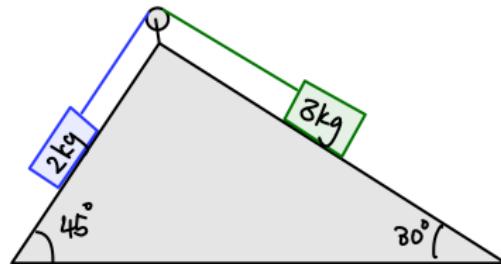
- (b) 求手推車的加速度量值。

滑輪問題

- **輕質不可延伸**的繩子：繩子上每一個點的張力皆為**零**。
- **光滑**滑輪：滑輪兩邊的張力量值**相等**。

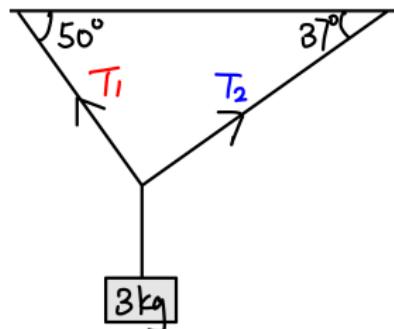


例題 Example



所有表面光滑，取重力加速度 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ 。求繩子的張力。

例題 Example

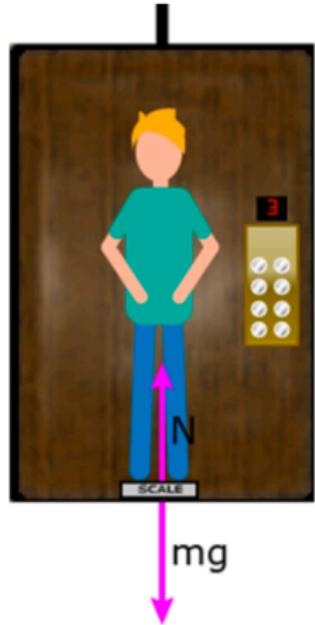


取重力加速度 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ 。求繩子的張力 T_1 和 T_2 。

升降機問題

假設這人有 50kg , 取 $g = 10 \text{ m s}^{-2}$

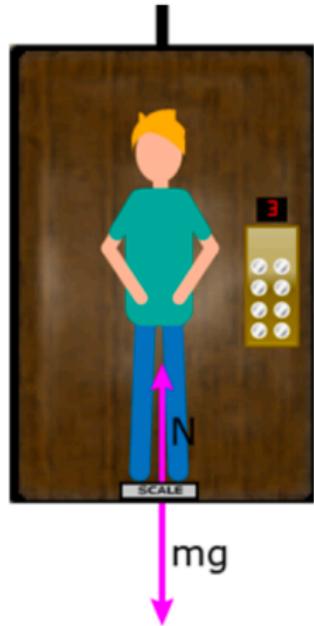
- 電梯是均速率
- 電梯以 1 m s^{-2} 向上加速
 $\Rightarrow N - mg = ma$
 $\Rightarrow N = 550\text{N}$
感覺重了。
- 電梯以 1 m s^{-2} 向下加速
 $\Rightarrow mg - N = ma$
 $\Rightarrow N = 450\text{N}$
感覺輕了。



升降機問題

假設這人有 50kg , 取 $g = 10 \text{ m s}^{-2}$

- 電梯以 $> g \text{ m s}^{-2}$ 向下加速
 $\Rightarrow N = 0$
- $N = \text{表觀重量}$



流體阻力

流體阻力

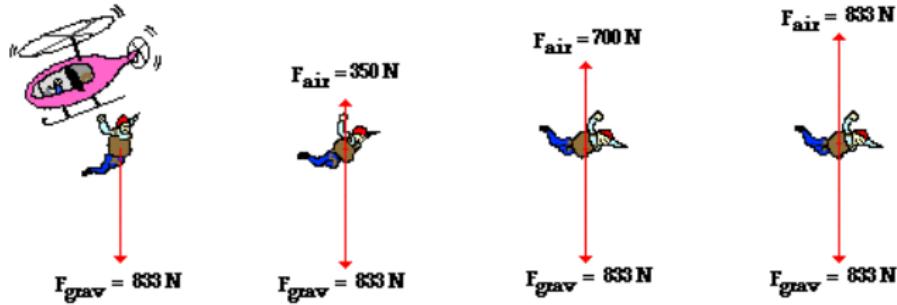
$$f = k \rho v^2 A \quad (2)$$

- k = 常數, ρ = 流體密度, v = 速率,
 A = 橫截面面積



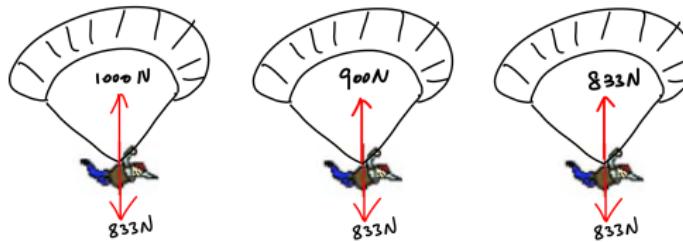
流體阻力

- 跳傘員不開跳傘降落時，
 - ▶ 加速度向下 $W - f = ma$
 - ▶ v 逐漸增加 $\Rightarrow f$ 逐漸增加 gradually
 - ▶ 直到 f 完全抵消 W ，淨力變成零： $W - f = 0$
 - ▶ 加速度為零，以**恆定的終端速率**繼續落下。



流體阻力

- 當在終端速率的跳傘員突然打開跳傘，
 - 橫截面面積突然增加， f 突然增加。
 - 淨力向上，跳傘員向下減速。
 - f 持續下降至淨力為零。
 - 以**更低**的終端速率落下。



流體阻力

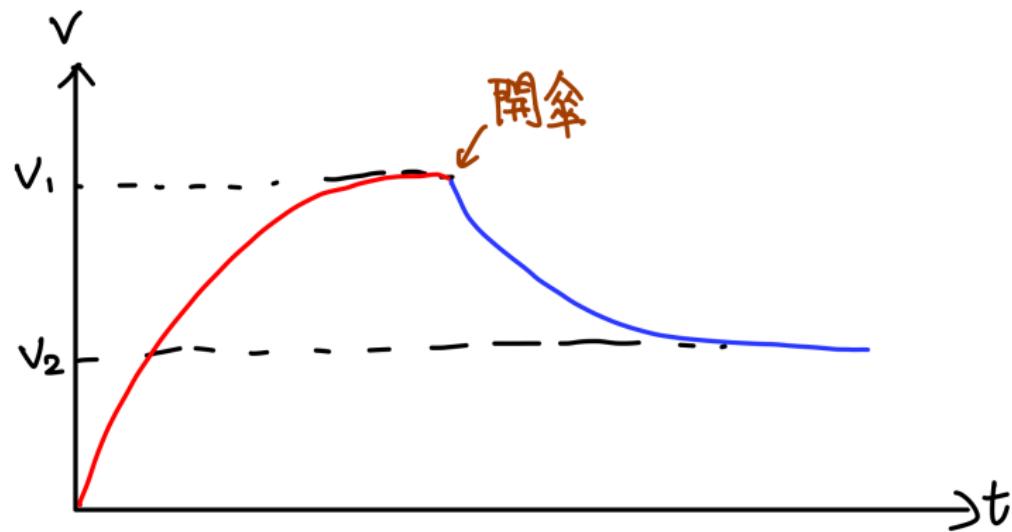
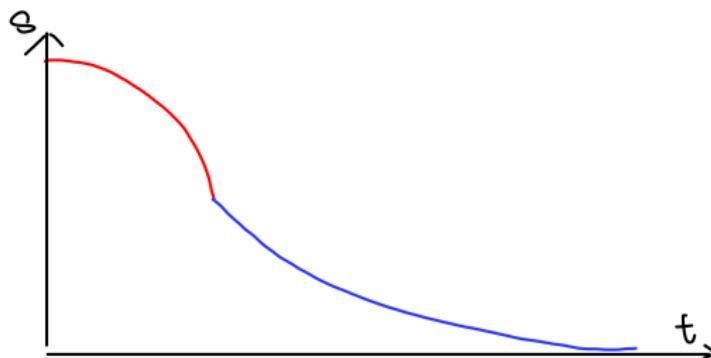
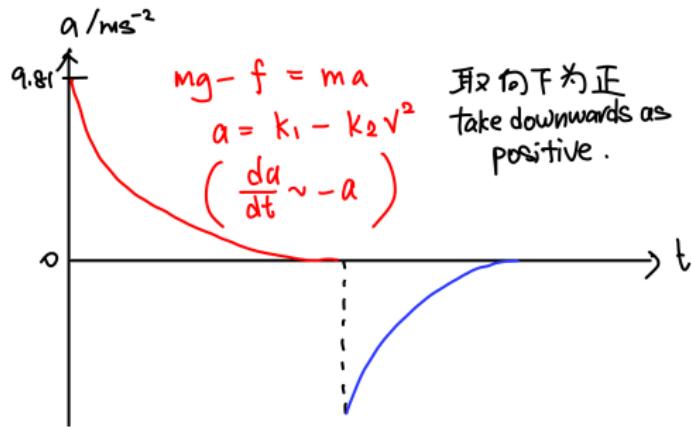


Figure: 跳傘員的 v - t 線圖

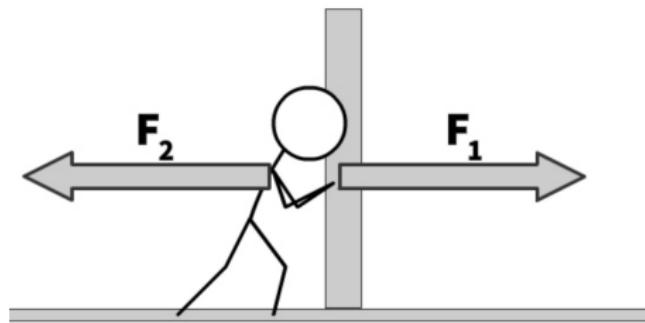
For interested students...



牛頓第三定律

牛頓第三定律

力總是成對出現。這些成對的力稱為作用力-反作用力對。



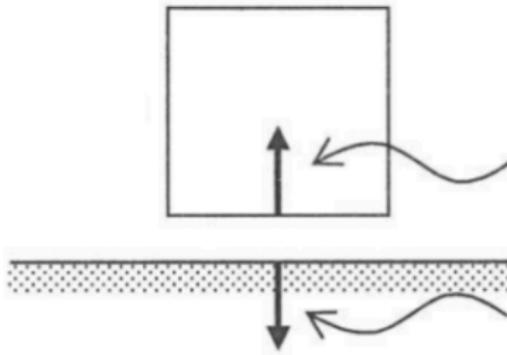
牛頓第三定律

- 作用力和反作用力的特性:

- ▶ 量值相同
- ▶ 方向相反
- ▶ 作用於不同的物體
- ▶ 必須屬於同一種力

牛頓第三定律

重量：

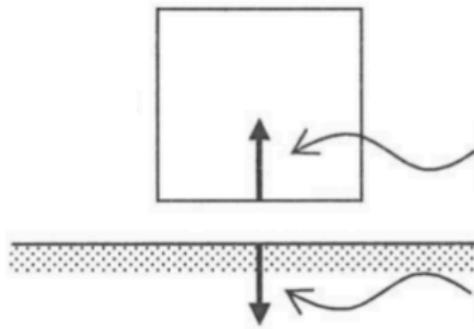


地面施加於物件的法向力
Normal reaction acting on
the object by the ground

物件施加於地面的法向力
Normal reaction acting on
the ground by the object

牛頓第三定律

法向力：

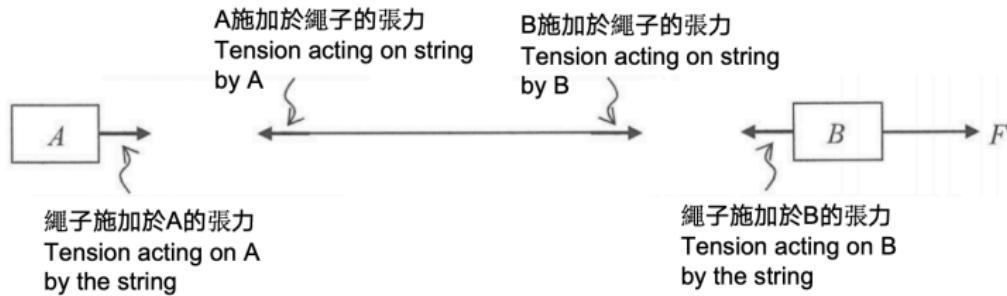


地面施加於物件的法向力
Force acting on the object by the ground

物件施加於地面上的法向力
Force acting on the ground by the object

牛頓第三定律

張力：



牛頓第三定律

無論我向前施加多少力，馬車總有相同且相反方向的反作用力把我往後拉，而這兩個力因為互相抵消，所以我永遠動不了

No matter how much force I apply forward, the carriage always exerts an equal and opposite reaction force that pulls me backwards. These two forces cancel each other out, so I can never move.

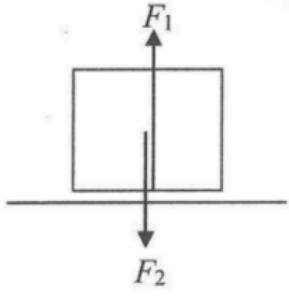


牛頓第三定律

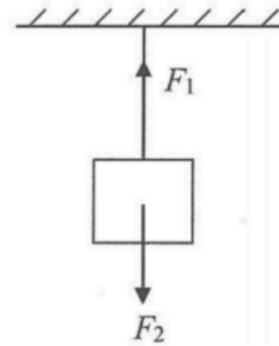
因為作用力和反作用力作用於不同物體，它們是不可能互相抵消的

Because action and reaction forces act on different objects, they cannot possibly cancel each other out.





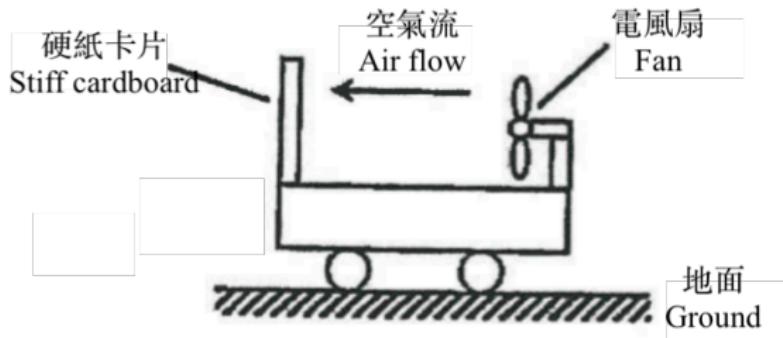
F_1 = 法向力 Normal reaction
 F_2 = 重量 Weight



F_1 = 張力 Tension
 F_2 = 重量 Weight

- F_1 和 F_2 不是作用力反作用力對的理由：
 - ▶ 作用於相同物體
 - ▶ 屬於不同種力

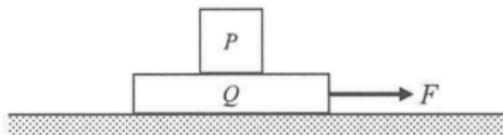
例題 Example



在小車的一端裝了電風扇，一張硬紙卡片固定在另一端且面向電風扇。當電風扇啟動後，小車將會怎樣運動？

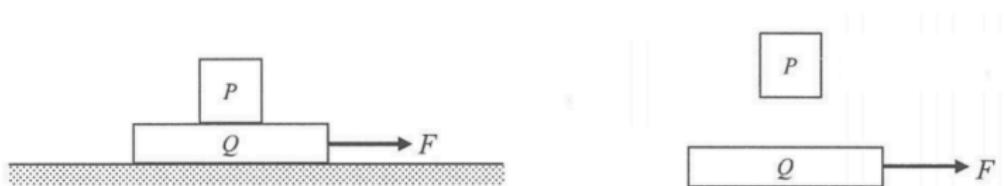
- (a) 不動 (b) 向左走 (c) 向右走 (d) 在原地往返運動

例題 Example



P 是 2kg，Q 是 3kg，F 是 6N，所有接觸面都是光滑的。求 P、Q 的加速度。

例題 Example



P 是 2kg，Q 是 3kg，F 是 6N，現在地面仍是光滑的，但 P 和 Q 之間存在摩擦力，使得 P 和 Q 能同時移動。求摩擦力的量值。

作用力和反作用力的日常應用



- 與地面產生的摩擦力大者勝出。

作用力和反作用力的日常應用



- 船槳向後推動河水，河水對船槳施加反作用力使船前進。

作用力和反作用力的日常應用



- 助跑器為運動員在比賽開始時提供穩定且有爆發力的推動。