

第五課

動量 I Momentum I

全年班

動量 Momentum

- 質量和速度的乘積

動量 Momentum \vec{p}

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

- 動量是向量
- 單位 Unit: $[\text{kg m s}^{-1}]$ or $[\text{N s}]$

動量改變 Momentum change

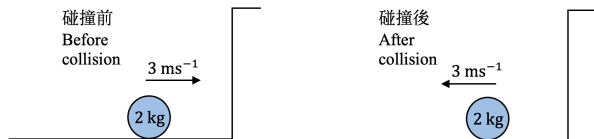
動量的改變 = 最終動量 - 起始動量

動量的改變 $\Delta \vec{p}$

$$\Delta \vec{p} = m\vec{v} - m\vec{u} \quad (2)$$

動量改變 Momentum change

- 要注意動量本身是有方向的：
- 例如，取向右的方向為正：



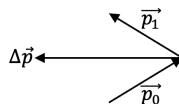
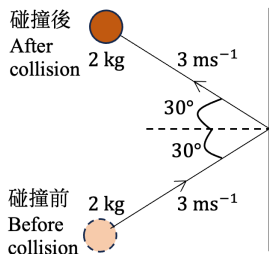
- ▶ 動量的改變

$$\Delta p = mv - mu = (2)(-3) - (2)(3) = -12 \text{ kg m s}^{-1}$$

- ▶ 動量的改變量值 $= 12 \text{ kg m s}^{-1}$

動量改變 Momentum change

例 For example:



- 取向右的方向為正：
- 動量的改變只有水平的方向：

$$\Delta p = m\vec{v} - m\vec{u} = (2)(-3) \cos 30^\circ - (2)(3) \cos 30^\circ = -10.4 \text{ kg m s}^{-1}$$

牛頓第二定律 Newton's second law

- 一個系統在外力作用下，必定會有動量變化。

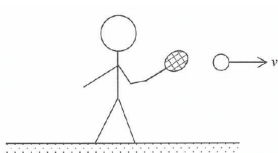
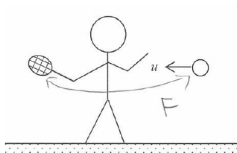
淨力 Net force $F_{net} = ma = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

牛頓第二定律的動量版本

$$F_{net} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv - mu}{\Delta t} \quad (3)$$

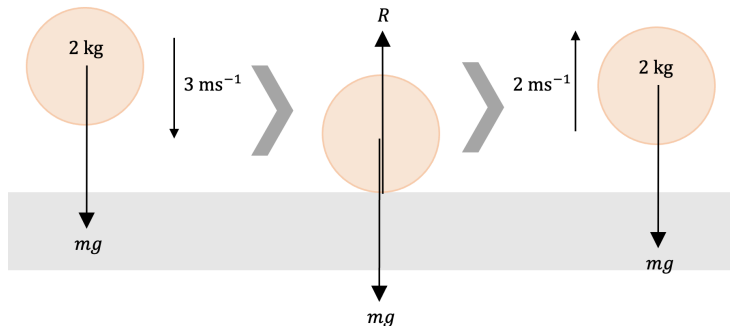
牛頓第二定律 Newton's second law

$$F = \frac{mu - mu}{t}$$



牛頓第二定律 Newton's second law

e.g.



牛頓第二定律 Newton's second law

已知碰撞時間是 0.1 s，求碰撞期間地面施加的力。

- 取向上為正，

$$F_{net} = R - mg = \frac{mv - mu}{t}$$

$$R - (2)(9.81) = \frac{2(2) - 2(-3)}{0.1}$$

$$R = 119.62 \text{ N}$$

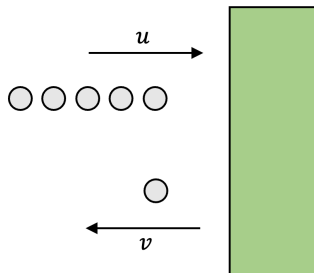
- 取向下為正，

$$F_{net} = mg - R = \frac{mv - mu}{t}$$

$$(2)(9.81) - R = \frac{2(-2) - 2(3)}{0.1}$$

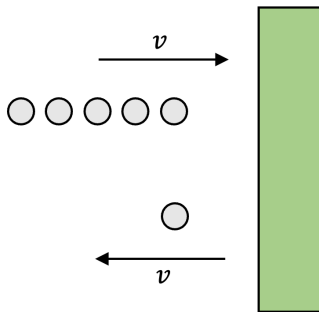
$$R = 119.62 \text{ N}$$

連續流動的物體 Continuous flowing objects



- $$F = \frac{m}{t}(v - u)$$
- 其中 $\frac{m}{t}$ 是質量的改變/流動速率。

例題 Example

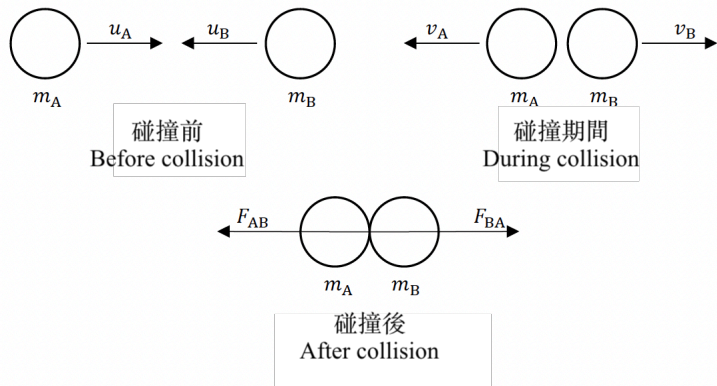


子彈以每秒 n 個的發射速率射擊牆壁，每個子彈的質量為 m ，並以水平速度 v 撞擊牆壁後以相同的水平速度 v 彈回。以下哪個陳述正確？

例題 Example

- (1) 子彈的總動量變化是 0。
- (2) 子彈每秒的總動量變化是 $2mnv$ 。
- (3) 牆壁所受的平均力是 $2mnv$ 。

動量守恆定律 Conservation of momentum



動量守恆定律 Conservation of momentum

- 根據牛頓第三定律，
- 若沒有外力施於物體，

$$\frac{m_A(v_A - u_A)}{t} = -\frac{m_B(v_B - u_B)}{t}$$

- 透過移項可得

$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$$

動量守恆定律 Conservation of momentum

動量守恆定律 Conservation of momentum

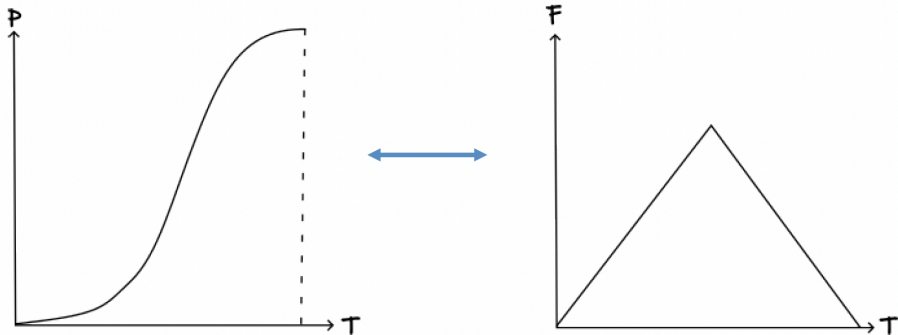
$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \quad (4)$$

- 換言之，一個系統的起始動量總和，等於最終動量總和。
- 同樣要注意 u 和 v 也是可以是正或負號。正負號取決於哪個方向取作正。

例題 Example

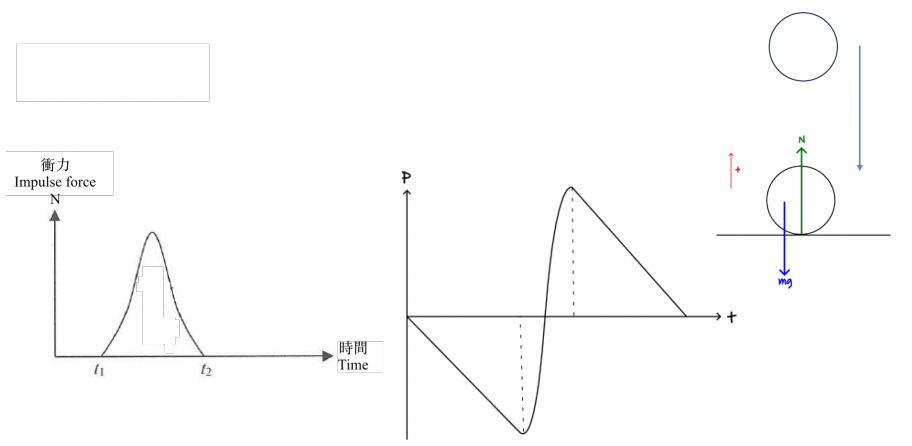
質量為 1000 kg 的汽車 P 以 20 m s^{-1} 的速度向前行駛，並與質量為 1500 kg 的汽車 Q 發生正面碰撞。在碰撞前，汽車 Q 以 10 m s^{-1} 的速度朝相反方向行駛。如果兩輛汽車在碰撞後黏在一起，請找出碰撞後它們的共同速度。

力和動量的關係線圖 Relation graphs between force and momentum

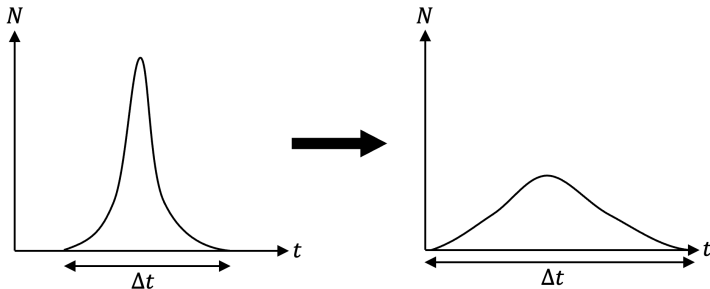


$\therefore F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, $p-t$ 線圖的斜率 $= F-t$ 線圖的值。
Slope of $p-t$ graphs = value of $F-t$ graphs.

力和動量的關係線圖 Relation graphs between force and momentum

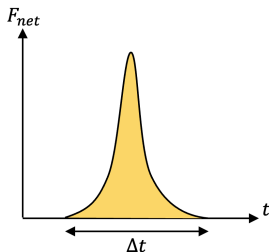


力和動量的關係線圖 Relation graphs between force and momentum



- 增加撞擊的持續時間 Δt , 可以減少受到的平均衝力 N 。

力和動量的關係線圖 Relation graphs between force and momentum



衝量定義 Definition of impulse

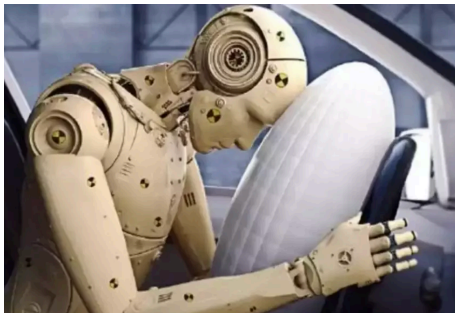
- 衝量 Impulse = $mv - mu$
= $F_{net} - t$ 線圖下的面積
= **Area** under $F_{net} - t$ graphs.

一顆蛋如果從高處掉落並落在硬表面上，很可能會破裂。然而，如果蛋從相同的高度掉落，但落在軟墊上，它可能不會破裂。這是因為使用軟墊時，

- A. 蛋在撞擊前的動量變小。
- B. 蛋撞到軟墊後反彈。
- C. 蛋在撞擊期間的動量變化率變小。
- D. 軟墊對蛋的作用力比蛋對軟墊的作用力小。

汽車上的應用 Application to vehicles

- 氣袋具有彈性 \Rightarrow 增加撞擊時間 \Rightarrow 減少碰撞期間的平均撞擊力。



汽車上的應用 Application to vehicles

- 汽車氣囊具有彈性 \Rightarrow 增加撞擊時間 \Rightarrow 減少碰撞期間的平均撞擊力。

