

§6-1 動量與衝量

範例：

【概念澄清】

1. 下列有關「動量」與「衝量」的敘述，何者正確？(應選三項)

(A) 質點動量的時變率等於其所受的衝量 $\vec{J} = \Delta \vec{p}$

(B) 質點動量的時變率等於其所受的(平均)作用力

(C) 質點所受的衝量方向與其加速度方向相同

(D) 質點的動量變化方向與其速度方向相同

(E) 施力體所受的衝量量值與受力體相等

$$\vec{J} = \vec{F} \Delta t$$

↑ ↑

$$\vec{J} = \vec{F} \Delta t, \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad \checkmark$$

$$\vec{J} = \vec{F} \Delta t, \vec{F} = m \vec{a}$$

$$\Delta \vec{p} = m \Delta \vec{v}$$

2.

某生打網球時，看見一時速為 80 公里的球水平朝自己飛來，立即揮拍回擊，使得球與原入射方向反向飛出，時速為 100 公里。已知球質量為 50 公克，且揮拍擊球時，球與球拍接觸時間為 0.10 秒，在球與球拍接觸的這段時間，球所受的平均作用力的量值約為多少牛頓？(A)50 (B)40 (C)35 (D)30 (E)25 [105 年指考]

$$v_1 = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 80 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{800}{36} \text{ m/s}$$

$$v_2 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000}{36} \text{ m/s}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta v}{\Delta t}$$

$$= 0.05 \times \frac{[-\frac{1000}{36} - \frac{800}{36}]}{0.01}$$

$$\Rightarrow \vec{F} = -25 \text{ (N)}$$

3. 神舟七號太空船的太空人在準備出艙進行太空漫步時，意外發現艙門很難打開，有人臆測這可能與光壓有關。已知光子的動量 p 、能量 E 與光速 c 的關係為 $E = pc$

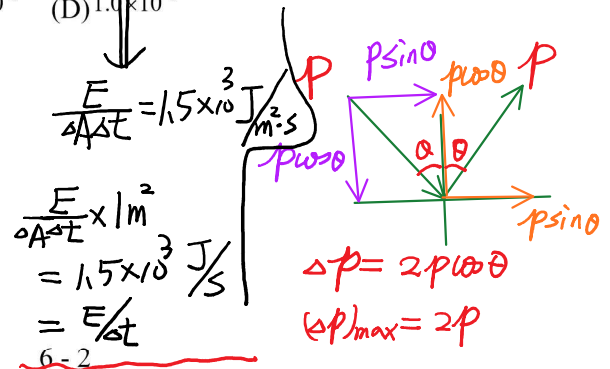
假設艙門的面積為 1.0 m^2 ，每平方公尺的艙門上每秒入射的光子能量為 1.5 kJ ，則艙門因反射光子而承受的力，最大約為多少牛頓？ [98 年學測]

(A) 0.5×10^{-5} (B) 1.0×10^{-5} (C) 0.5×10^{-2} (D) 1.0×10^{-2}

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2p}{\Delta t} = \frac{2 \times \frac{E}{c}}{\Delta t}$$

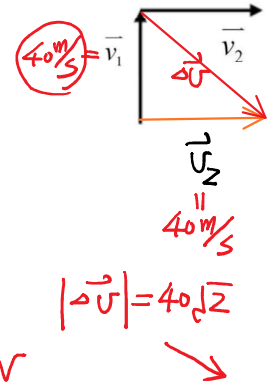
$$= \frac{2 \times 1.5 \times 10^3}{3 \times 10^8}$$

$$= 10^{-5} \text{ (N)}$$



4. 質量為 0.15 公斤的棒球，以 40 公尺/秒的速率 v_1 由南向北水平飛向本壘，與球棒接觸 0.001 秒之後，以 40 公尺/秒的速率 v_2 沿東方水平飛出，如圖所示，棒施於球的平均作用力 為何？

- (A) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東南方 (B) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東北方
 (C) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東方 (D) 4000 牛頓，向東南方
 (E) 1200 牛頓，向東方 [大學入學考試中心研究用試題]

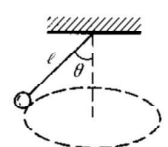


$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{0.15}{0.001} \times 40\sqrt{2}$$

$$= 6000\sqrt{2} \text{ (N)}$$

球的受力，球棒受力 = $6000\sqrt{2}$ N

5. 一長度為 l 的細繩，上端固定，下端懸一質量為 m 的小球，懸線保持與鉛直方向成 θ 角，使小球在水平面上等速圓周運動，細繩在空中掠掃而轉成一圓錐面，如右圖所示，這種裝置稱為「錐動擺」。重力加速度為 g ，錐動擺轉動一週期，回答下列問題：



- (1) 合力對小球所施的衝量量值為何？
 (2) 重力對小球所施的衝量量值為何？
 (3) 張力對小球所施的衝量量值為何？

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \theta}{g}}$ (後曾錐動擺)

(北一女中期中考試題)

(1) $\vec{J}_{\text{合}} = \Delta \vec{p}$
 繞一圈, $\Delta \vec{p} = 0$
 $\Rightarrow \vec{J}_{\text{合}} = 0$

(2) $\vec{J}_{\text{重力}} = \vec{F}_{\text{重力}} \cdot \Delta t$
 $\vec{J}_{\text{重力}} = mg \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \theta}{g}}$
 $\vec{J}_{\text{重力}} = 2\pi m \sqrt{gl \cos \theta}$

(3) $\vec{J}_{\text{合}} = \vec{J}_{\text{重力}} + \vec{J}_{\text{張力}}$
 $0 = \vec{J}_{\text{重力}} + \vec{J}_{\text{張力}}$
 $\Rightarrow \vec{J}_{\text{張力}} = -\vec{J}_{\text{重力}}$
 $= -2\pi m \sqrt{gl \cos \theta}$
 向上

6. 一質量 2 公斤，初速度量值為 12 m/s 的質點上在一直線上運動。運動期間受到一外力作用，此外力並非固定，若外力與時間的關係函數式為 $F(t) = 6 - 2t$ ，其中時間 t 的單位為秒，外力 F 的單位為牛頓，則質點在 8 秒末 的速度量值為何？ 4 m/s

(北一女中期中考試題)

$$\Delta \vec{p} = \vec{J} = \vec{F} \Delta t = m \Delta \vec{v}$$

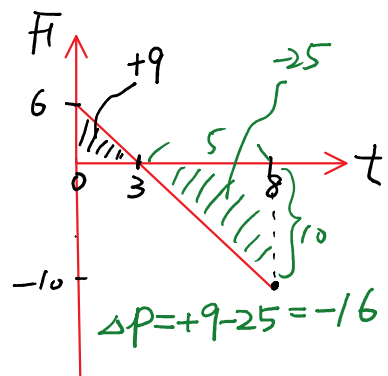
$$-16 = m \Delta \vec{v}$$

$$-16 = 2 [\vec{v}_2 - 12]$$

$$\vec{v}_2 - 12 = -8$$

$$\vec{v}_2 = +4 \text{ (m/s)}$$

6-3



7. 水在粗細一定且截面積為 2.0 cm^2 的水管內均勻穩定地流動，如圖所示。若已知水在水管內的位置 A 轉彎，每秒從位置 B 流出 2.0 kg ，則在轉彎處，水施予水管的合力(平均作用力)的量值為多少 N？

設水流速 U

① $|\vec{v}_1| = U$
 $U = |\vec{v}_2|$
 $|\Delta \vec{v}| = \sqrt{2}U$
 * 水的受力方向
 而題目問的是
 水管的受力:

② 水的受力
 $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t}$
 $= 2.0 \times \sqrt{2}U$
 $|\vec{F}| = 2\sqrt{2} \times 10 = 20\sqrt{2} \text{ (N)}$

③ Δt 時間內流過的水的體積
 $\frac{m}{\Delta t} = \frac{\rho \cdot V}{\Delta t} = \frac{\rho \cdot A \cdot U \Delta t}{\Delta t}$
 $\frac{m}{\Delta t} = \rho \cdot A \cdot U$
 $2 = 1000 \times 2 \times 10^{-4} U$
 $\rightarrow U = 10 \text{ (m/s)}$

* 水的密度
 $\rho = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 1000 \text{ kg/m}^3$

代回 $\rightarrow U = 10 \text{ (m/s)}$

8. 某大樓的玻璃窗，受到大風沙的衝擊，風沙以每秒 μ 公斤的總質量，速度 v 公尺/秒，入射角 θ 撞擊玻璃上。若風沙皆作完全彈性的反射，亦即反射速度量值與入射速度量值相同，則玻璃承受的平均作用力量值為多少牛頓？〈奧林匹亞初賽類似題〉

$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = \mu \times 2v \cos \theta = 2\mu v \cos \theta$

$\Delta \vec{U} = 2v \cos \theta$

$\vec{J} = \vec{F} \Delta t$
 相同 \downarrow 大
 小

9. 【討論題】

$\Delta \vec{p}$ 相同 $\Rightarrow \vec{J}$ 相同

- 跳高比賽時，有關落地處墊上厚墊的原因，下列哪些說明正確？(應選二項)
- (A) 減少運動員著地過程中受到的力
 - (B) 增加運動員著地過程中受到的衝量
 - (C) 減少運動員著地過程中受到的衝量
 - (D) 增加運動員著地過程中與地面接觸的時間 $> \Delta t$ 變長
 - (E) 減少運動員著地過程中與地面接觸的時間

【生活中還有哪些例子的物理概念與跳高厚墊的概念相似？】

$= \frac{108 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}}{3000} = 30 \text{ m/s} = \vec{v}_2 \Rightarrow |\Delta \vec{v}| = 30$

10. 棒球賽一名投手以水平速度 108 公里/小時 ，擲出質量約為 0.15 公斤 的棒球。如果投手對原靜止棒球的加速時間約為 0.15 秒 ，則投手對棒球的平均施力約為多少牛頓？(A)16 (B)30 (C)45 (D)108 (E)200 (103 年學測)

$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{0.15 \times 30}{0.15} = 30 \text{ (N)}$