

吳笛 物理

WU
DY.
PHYSICS

單元名稱

第五章

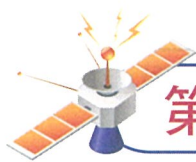
衝量、圓周、
動量與質心

簡諧



樂學





5-1 衝力與衝量

一、動量與動量變化

1. 動量： $\vec{P} = m\vec{v}$ (質量 × 速度向量)

(1) 是向量，與 \vec{v} 同向

(2) 分解： $P_x = mv_x$ ； $P_y = mv_y$

2. 動量變化： $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2$ (末) - \vec{P}_1 (初)

可用分解或作圖求之。

二、牛頓第二定律

1. 平均力： $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ (力是用來改變動量)

F ： m 所受合力

2. 瞬時力： $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ (P 對 t 的微分)

三、衝量

1. 定義：衝量 = 作用力 × 時間

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

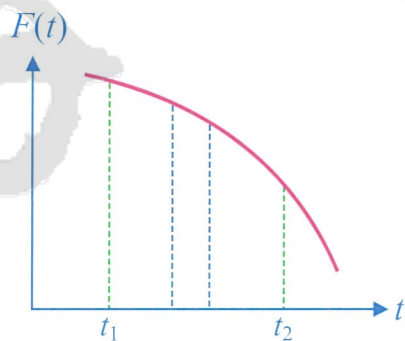
(1) 上式只適用於定力所施之衝量的計算。

(2) 單位： $N \cdot s$ 或 $Kg \cdot m/s$ (與動量相同)

2. 圖示： $\vec{J} = F-t$ 圖面積

3. 結果： $\vec{J} = \Delta\vec{p}$

合力所施的衝量 = 動量變化量



四、討論

當兩物 m_1 ， m_2 發生碰撞時，兩者



1. 作用力：
2. 所受衝量：
3. 動量變化：
4. 速度變化大小比：
5. 加速度大小比：

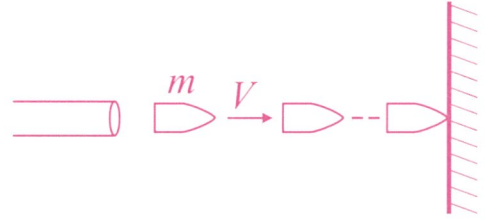
範例 01 直線平均力

某槍手射擊機槍時感覺後座力平均 $180nt$ ，如果此機槍每分鐘發射 216 發子彈而每一顆質量 50 克則子彈射出的速度大小為若干？

【答】 $1000m/s$

【提示】 平均合力 $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$

【解】 取一分鐘平均：



範例 02 注意正負號

質量 $100g$ 之球從 19.6 米處自由落下著地後反彈之高度為 4.9 米，若球觸地時間為 0.01 秒，則球作用於地之平均力量值為何？ ($g = 9.8m/s^2$)

【答】 $295(N)$

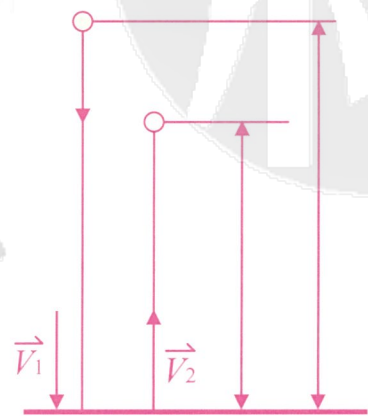
【解】 ① 著地前一瞬間： $V_1^2 = 2g \times 19.6 \Rightarrow V_1 = 19.6 m/s$

② 反彈瞬間： $V_2^2 = 2g \times 4.9 \Rightarrow V_2 = 9.8 m/s$

③ 合力 $F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta V}{\Delta t} = \frac{0.1 \times (V_1 + V_2)}{0.01} = 294 N$

④ $F = N - mg$

$N = 294 + 0.1 \times 9.8 = 295$ 牛頓



隨堂練習

1. 一機槍每秒發射 n 發子彈，已知子彈質量為 m ，速率為 v ，且射入牆內即陷留於其內，則牆所受的平均力為

(A) nmv (B) $\frac{mv}{n}$ (C) n^2mv (D) $\frac{mv}{n^2}$ (E) nmv^2 。

2. 承上題，若子彈垂直擊牆後，均以 $v/2$ 速率反彈，則牆所受平均力變為

(A) nmv (B) $\frac{nmv}{2}$ (C) $2nmv$ (D) $\frac{3nmv}{2}$ (E) $\frac{nmv}{4}$ 。

【答】 1. (A) 2. (D)

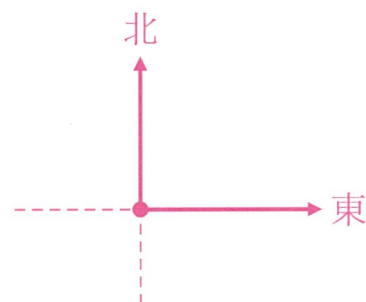
範例 03 平面衝力

投手將一質量 20g 之棒球投出，當球接近打擊者時速度為 30m/s 向東，球被擊中後，以速度 40m/s 向北飛去，若球與球棒接觸時間為 $\frac{1}{10}$ 秒，求接觸期間球所受的平均力為

(A) 10N 北偏西 37° (B) 10N 北偏西 53° (C) 100N 北偏西 37° (D) 14N 向北。

【答】 (A)

【解】



隨堂練習

有一小球質量 200g ，以 20m/s 之速度射向地面，入射角 60° ，反射角 30° ，觸地時間 0.2 秒，彈起速率為 15m/s ，則球觸地期間的平均力量值 _____ 牛頓。

【答】 25

範例 04 由函數求平均力、瞬時力

初速度 $\vec{v} = 6\vec{i} - 2\vec{j}$ (m/s) 之質點，其質量 500 克，受衝力 \vec{F} 作用後 2 秒鐘後，末速度變為 $8\vec{i} + 4\vec{j}$ (m/s)，求 $\vec{F} =$ _____ 牛頓。

【答】 $0.5\vec{i} + 1.5\vec{j}$

【解】
$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.5}{2} \times (2\vec{j} + 6\vec{i})$$
$$= \frac{1}{2}\vec{i} + \frac{3}{2}\vec{j} (\text{N})$$

範例 05

作直線運動的物體，其動量 P 與時間 t 的關係為 $P(t) = t^2 + 2t - 3$ ，則該物體

(1) 前 3 秒內所受平均力大小為 _____。

(2) 第 3 秒末所受瞬間力大小為 _____。

【答】 (1) 5N (2) 8N

【解】 (1) 平均力：
$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P(3) - P(0)}{3} = \frac{12 - (-3)}{3} = 5\text{N}$$

(2) 瞬時力：
$$F = \frac{dP}{dt} = 2t + 2, \text{ 故 } F(3) = 8\text{N}$$

範例 06

一座大樓的大玻璃窗受到大風沙的衝擊，風沙以每秒 μ 公斤的質量、速度 $V(m/s)$ ，入射角 θ 撞擊玻璃，若風沙皆作完全彈性的反射，則玻璃受力若干？

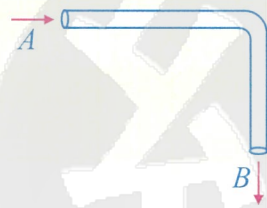
【答】 $2\mu v \cos\theta(N)$

【解】

範例 07

粗細均勻的水管內，每秒有 $2Kg$ 的水自 A 流入，自 B 流出，若水管截面積 $2cm^2$ ，則在轉彎處，水施於水管之力若干？

【答】 $20\sqrt{2} N$ 45°



隨堂練習

水管噴出一束水柱沖洗玻璃窗。水柱以每秒 $2.0kg$ 之質量， $10m/s$ 之速度， 37° 之入射角撞擊玻璃窗。假設水均作完全彈性的反射，則受水沖洗處的玻璃所受的衝力之量值為何？

【答】 $32nt$