

Conceptual physics

# 許人聰

## 觀念物理

觀念有限，題目無限，以有限觀念，解無限題目

動量與牛頓運動定律的應用

萬有引力定律



許人聰老師、郭勁老師、陳璋老師、黃今老師、連凱老師

編授



# 動量與牛頓運動定律的應用

## 第 1 節 衝量與因次

### 歷屆聯考試題分佈統計表

年度	~83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	
題數	5													1		1						1	

## 核心觀念

觀念有限題目無限 以有限的觀念解無限的題目

### (一) 定義

1. 作用於物體之力與作用之時間  $t$  的乘積，稱為衝量。
2. 公式： $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$                       單位：牛頓-秒或公斤·米/秒

### (二) 合力造成的衝量

1. 物體的動量變化等於其所受合力的衝量。即  $\vec{J}_{\text{合力}} = \Delta \vec{P}$
2. 定力作用於定質量之物體時，上式可寫成：  

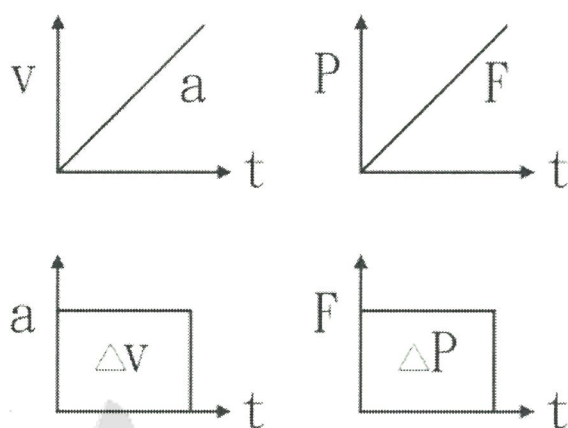
$$\vec{J} = \vec{F} \Delta t = m \vec{a} \Delta t = m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{P}$$

衝量 $J$	力的大小一定	力的大小在變
力的方向一定	$\Delta P = A_{F-t} = F \Delta t$	$\Delta P = A_{F-t}$
力的方向在變	$J_{\text{合力}} = \Delta P$	$J_{\text{合力}} = \Delta P$

3.  $P-t$  圖之斜率表外力  $F$ ， $F-t$  圖之面積表衝量  $J = \Delta P$

4.  $F(t) = \frac{dP(t)}{dt}$





### (三) 方向

與力之方向相同。其為向量，故運算時須以向量法則處理。

$\vec{J}$ 、 $\Delta\vec{P}$ 、 $\vec{F}$ 、 $\vec{a}$ 、 $\Delta\vec{v}$  五者同向。

【99、100 嘉中】【101 嘉女】

### (四) 因次

1. 物理量中只要基本性質相同，單位名稱雖不同，我們可將他們歸為一類，稱為同一因次。
2. 大部份的力學物理量均可用「 $L$ 」、「 $T$ 」、「 $M$ 」三個因次去表示，它們分別代表長度、時間及質量。
3. 一物理方程式，其等式在左右兩方之因次式必相等，故透過因次分析可檢驗一個物理方程式。
4. 常見物理量的因次：

【101、102 嘉中】【103 嘉女】

物理量	速度	加速度	力	重力常數
因次式	「 $LT^{-1}M^0$ 」	「 $LT^{-2}M^0$ 」	「 $LT^{-2}M$ 」	「 $L^3T^{-2}M^{-1}$ 」
物理量	彈力常數	重力場	動量	衝量
因次式	「 $L^0T^{-2}M$ 」	「 $LT^{-2}M^0$ 」	「 $LT^{-1}M$ 」	「 $LT^{-1}M$ 」
物理量	功	動能	位能	力學能
因次式	「 $L^2T^{-2}M$ 」	「 $L^2T^{-2}M$ 」	「 $L^2T^{-2}M$ 」	「 $L^2T^{-2}M$ 」
物理量	功率	壓力	克卜勒常數	簡諧常數
因次式	「 $L^2T^{-3}M$ 」	「 $L^{-1}T^{-2}M$ 」	「 $L^3T^{-2}M^0$ 」	「 $L^0T^{-2}M$ 」
物理量	轉動慣量	角動量	力矩	密度
因次式	「 $L^2T^0M$ 」	「 $L^2T^{-1}M$ 」	「 $L^2T^{-2}M$ 」	「 $L^{-3}T^0M$ 」



經典題型 1

認真聽講，用心體會觀念解題精妙之處

質量為  $m$  物體作等速率圓周運動，頻率為  $f$ ，軌道半徑  $r$ ：

(A) 動量大小恆為  $2\pi mfr$

(B) 向心力的大小  $m4\pi^2rf^2$

(C) 繞  $\frac{1}{3}$  週的時間內，共受總衝量的大小  $2\sqrt{3}\pi mfr$

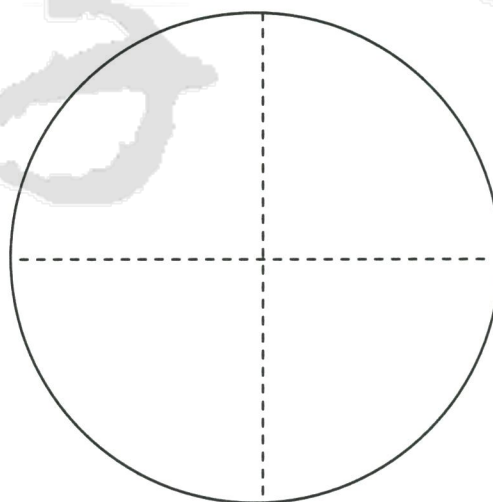
(D) 繞  $\frac{1}{2}$  週的時間內，共受總衝量的大小  $4\pi mfr$

(E) 繞一週時間內，所受總衝量為零

【89 嘉中】【94、95、97、101、103 嘉女】【85 興華】

ANS: ABCDE

HINT:  $\Delta v = v\sqrt{2-2\cos\theta}$



## 精選類題 1

請詳加練習，以期稱霸天下，睥睨群倫

1. 一物體以初始動量  $P$  在水平面上滑行，因受到摩擦力  $F$  之作用而逐漸減速，歷經時間  $t$  後，物體完全停止。試問下列敘述何者正確？

- (A) 由  $P$ 、 $F$  及  $t$  可求出物體之質量  
 (B) 由  $P$ 、 $F$  及  $t$  可求出物體之初速度  
 (C) 若  $P$  一定， $t$  與  $F$  無關  
 (D) 若  $F$  一定， $t$  與  $P$  無關  
 (E)  $t$  與  $P$  成正比

重點指數：★★

ANS: E

HINT:  $J = \Delta P \quad -Ft = 0 - P \quad \therefore Ft = P$ 

2. 質量  $m$  的物體作等速圓周運動，向心力為  $F$ ，週期  $T$ ，則物體旋轉  $\frac{1}{4}$  周

所受衝量大小為\_\_\_\_\_。

重點指數：★

ANS:  $\frac{FT}{\sqrt{2\pi}}$ HINT:  $F = m\left(\frac{2\pi v}{T}\right) \quad \therefore mv = \frac{FT}{2\pi}$  又  $J = \Delta P = \sqrt{2}mv$

## 經典題型 2

認真聽講，用心體會觀念解題精妙之處

投手陳偉殷將質量為 200 克的棒球以  $30\text{ m/s}$  的水平速度投向本壘，打擊手陳金鋒揮棒擊之，球以  $30\text{ m/s}$  的初速度及  $60^\circ$  的拋射向投手飛去。

- (1) 球所受到之衝量大小為\_\_\_\_\_牛頓·秒。
- (2) 設球與棒的接觸時間為 0.001 秒，則球所受球棒打擊力的大小為若干？
- (3) 球自擊出至飛到頂點所受衝量大小為\_\_\_\_\_牛頓·秒，方向為\_\_\_\_\_。

【南一版習題計算 5-7】【85、91、92 嘉中】【86、89、97、101 嘉女】【85、87、89 協同】【89 宏仁】

Ans: (1)  $6\sqrt{3}$  (2)  $6000\sqrt{3}$  牛頓 (3)  $3\sqrt{3}$ ，向下

