

Conceptual physics

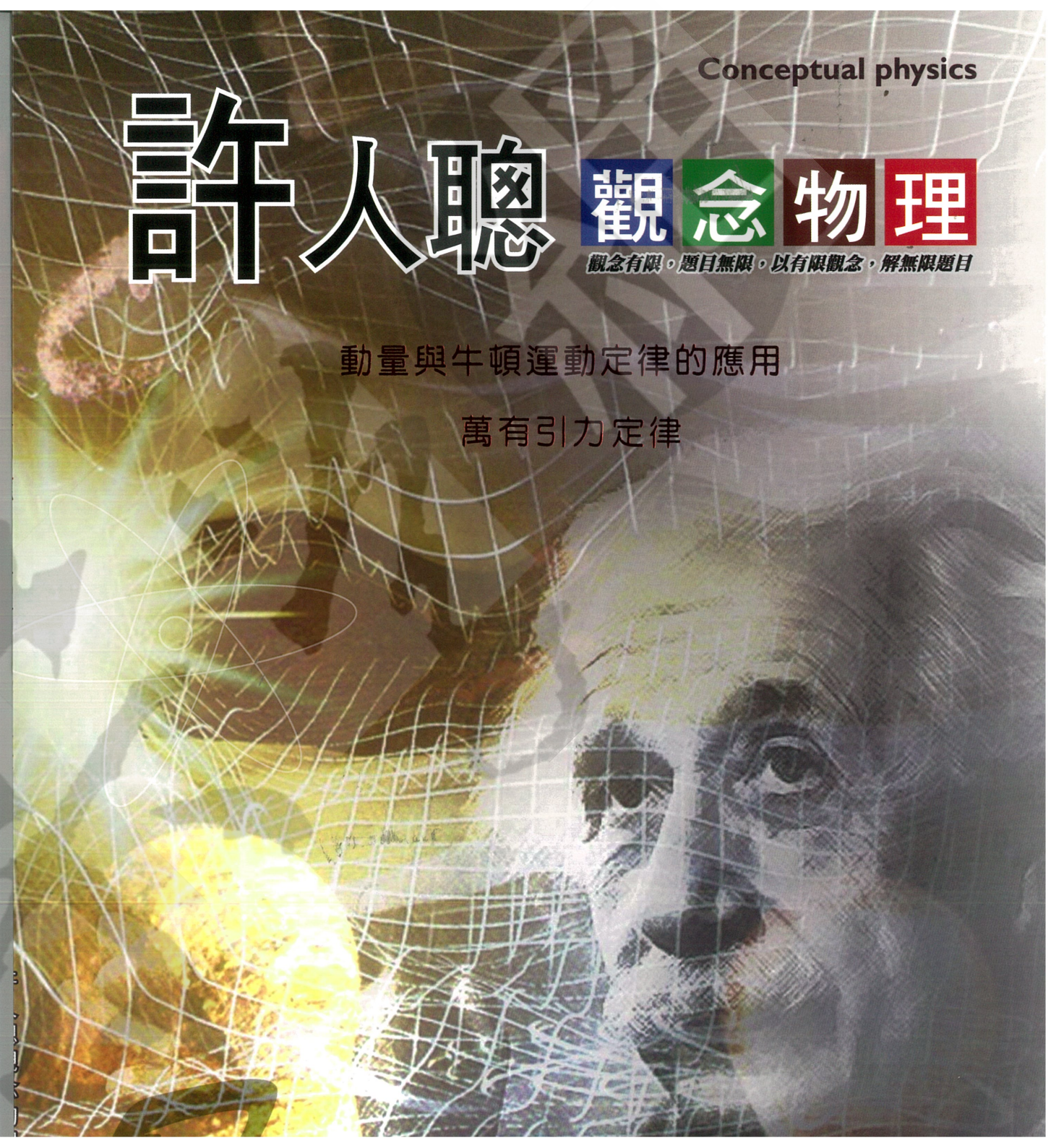
許人聰

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



許人聰觀念物理

目次

動量與牛頓運動定律的應用

第 1 節	衝量與因次	1
第 2 節	質心運動與動量守恆	23
第 3 節	角速度與角加速度	55
第 4 節	質點的角動量	61

萬有引力定律

第 1 節	萬有引力定律與衛星運動	75
第 2 節	重力場	97
第 3 節	克卜勒的行星運動三定律	107

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	~87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
題數	5								1		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

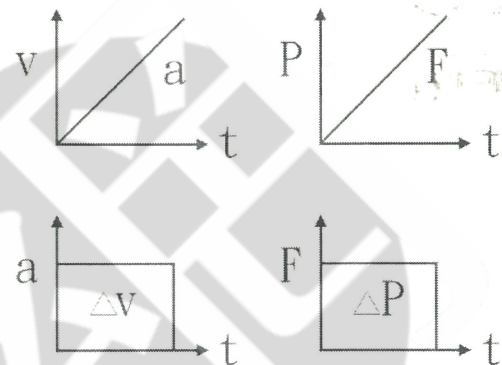
(二) 合力造成的衝量

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	$J_{\text{合力}} = \Delta P$	$J_{\text{合力}} = \Delta P$

$$3. F(t) = \frac{dP(t)}{dt}$$

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



(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、105 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^3T^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 $2\sqrt{3}\pi mfr$

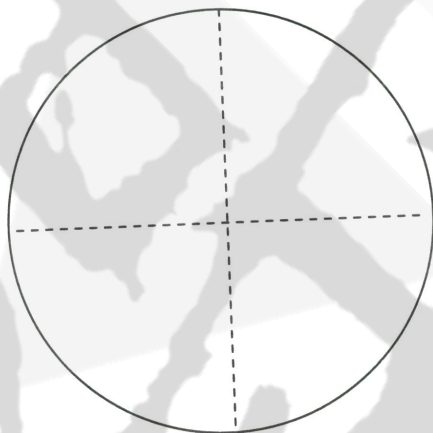
(D) 繞 $\frac{1}{2}$ 週的時間內，共受總衝量的大小 $4\pi mfr$

(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：★★ 【79 日大】

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

3. 欲瞭解聲波如何在金屬中傳播，可利用簡化的一維模型：將金屬原子視為質量 m 的小球，以間距 d 排列成一直線，且相鄰兩個小球間以力常數 k 的彈簧連結，藉以模擬原子間的作用力。在此簡化模型的假設下，應用因次分析來判定，下列何者可能為金屬中的聲速？

(A) $d\sqrt{k/m}$ (B) $d\sqrt{mk}$ (C) $\sqrt{dm/k}$ (D) dk/m (E) mk/d

重點指數：★★★ 【105 指考】

ANS: A

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 m/s 的水平速度投向本壘，打擊手陳金鋒揮棒擊之，球以 30 m/s 的初速度及 60° 的拋射角向投手飛去。

- (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，則球受力的大小為若干？
 (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 6-7】【85、91、92、105 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

精選類題 2

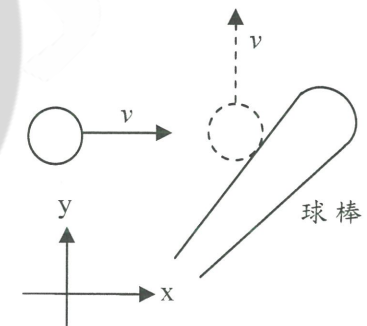
請詳加練習，以期稱霸天下，睥睨群倫

1. 如圖所示，一質量為 m 的棒球以速度 v 水平飛向擊球手，擊球手揮棒擊球，使球以速度 v 鉛垂向上飛出，設水平飛行方向為 $+x$ ，鉛垂向上飛出方向為 $+y$ ，則球所受到衝量的量值及方向為下列何者？

- (A) $2mv$ ，向 $+y$ 方向
 (B) mv ，與 $+x$ 方向成 45°
 (C) mv ，與 $+x$ 方向成 135°
 (D) $\sqrt{2}mv$ ，與 $+x$ 方向成 45°
 (E) $\sqrt{2}mv$ ，與 $+x$ 方向成 135°

重點指數：★★★ 【98指考】【翰林版習題5-7】【101嘉女】

Ans: E



經典題型 3

認真聽講，用心體會觀念解題精妙之處

一機槍每秒鐘可發射10發子彈，每發子彈的質量為100克，射出之速率為50公尺/秒。

(1)每發子彈作用於機槍的衝量大小為_____牛頓·秒。

(2)作用於機槍的平均力大小為_____牛頓。

(3)若子彈垂直射擊石牆而以20公尺/秒的速率反彈，則子彈作用在石牆之平均作用力大小為_____牛頓。

【71 夜大】【大考中心題庫】【南一版習題計算 6-8】【翰林版習題 5-6】【康熹版習題 6-6】【85、94、95、103、106 嘉中】【86、91、94、97 嘉女】【101 協同】【85、89 輔仁】

Ans: (1)5 (2)50 (3)70

精選類題 3

請詳加練習，以期稱霸天下，睥睨群倫

1.機關槍可發射每顆質量 m ，速率為 v 之子彈，若 L 長之彈流中含有 n 顆子彈，且這些子彈擊中岩壁而沒入，則岩壁所受之平均力大小為_____。

重點指數：★

Ans: $\frac{nmv^2}{L}$

Hint: $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$, $\Delta P = nmv$, $\Delta t = \frac{L}{v}$

經典題型 4

認真聽講，用心體會觀念解題精妙之處

一個大樓的大玻璃窗，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。

- (1) 如風沙皆作完全彈性的反射，問垂直玻璃窗所受的力大小若干牛頓？
 (2) 如風沙一半做完全彈性的反射，另一半的風沙撞擊玻璃後附著於玻璃窗上而靜止，則垂直玻璃窗所受的力大小若干牛頓？

【大考中心題庫】【南一版習題計算 6-10】【85、86、90、95、98、102 嘉中】【91、93 嘉女】【85、89 輔仁】
 【89 嘉華】

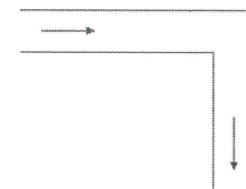
ANS: (1) $2\mu v \cos \theta$ (2) $\frac{3}{2}\mu v \cos \theta$

精選類題 4

請詳加練習，以期稱霸天下，睥睨群倫

1. 粗細均勻之水管每秒流出 2kg 之水。水管截面積 2.0cm^2 ，則在直角轉彎處水施於管之合力大小為 _____ N 。

重點指數：★★★ 【南一版例題 6-2】【康熹版習題 6-5】【90、95、100、101、103 嘉中】【91 嘉女】



ANS: $20\sqrt{2}$

HINT: $\frac{m}{t} = \frac{DAv}{t} = DA$ 又 $F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{m}{t} \cdot (\sqrt{2}v)$