



# 普通物理



Dr. 陳柏穎

W01 上課資料

Sept./18/2008

# 學歷



## 學校名稱 系所別

1. 國立交通大學 電子研究所博士 固態電子組 1991 (Sep.)-1995 (May.)
2. 國立中山大學 材料研究所 1989 (Sep.)-1991 (May.)





# 評分標準

---

## ---對普通物理之規定

- 期中考 30 %
- 出席率：20% 每次缺席扣 3%  
隨堂考 每次 2%，(共14次)
- 二次小考：  $2 \times \underline{5\%} = 10\%$
- 期末考：  $1 \times \underline{30\%} = 30\%$
- 筆記：  $1 \times \underline{10\%} = 10\%$  (學期成績)
- 期末報告：  $1 \times \underline{10\%} = 10\%$  (學期成績加分)



# 期末報告評分標準

---

## ---普通物理之規定

- 上台報告: 25 min presentation, 5min Q&A
- Power-point presentation
- 寫成Word格式13頁, 12號字書面報告
- 題目與:普通物理之章節名稱

----- 一切與普通物理有關的topics



# 期中報告評分標準

---

## 報告之格式

1. 封面
2. 目錄
3. 簡介
4. 內容
5. 討論

## ---普通物理之規定

6. 結論
7. 心得
8. 參考資料



# 預備態度 & 資料

---

## 2. Textbook

(1) Harris Benson, “University Physics”, Revised Edition,  
Wiley

International Edition, 歐亞書局代理

(2) Reese, “University Physics, 2版,

黃元正, 姬梁文, 謝昭輝 編譯

高立圖書公司出版, 書籍代碼0005A7



# 評分標準

---

學生素質：培養關鍵核心能力

$$C_{\text{能力}} = (K_{\text{知識}} + S_{\text{技能}})^A_{\text{態度}}$$

**C=Competence**

**K=Knowledge**

**S=Skill**

**A=Attitude**

資料來源：Stein B.Jensen, et al. ICEE 2001  
International Conference on Engineering Education 2001 Oslo, Norway



# 普通物理

---

## 衝量、動量與碰撞

- 1.1 動量與牛頓第二運動定律
- 1.2 衝量 - 動量定理
- 1.3 火箭：一個質量改變的系統
- 1.4 動量守恆
- 1.5 碰 撞
- 1.6 質 心
- 1.7 質點系統之動力學
- 1.8 質點系統的動能

# 普通物理

## 衝量、動量與碰撞

一個質量 $m$ 、速度為 $\vec{v}$  物體的動量 $\vec{p}$  (momentum) 為

$$\vec{p} \equiv m\vec{v}$$

因此，動量是向量，其方向與速度之方向相同。而在SI制中，動量之單位 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

# 普通物理 CH 1

## 動量與牛頓第二運動定律

➤ 牛頓第二運動定律最普遍的陳述。

$$\vec{F}_{\text{total}} = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_{\text{total}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\vec{F}_{\text{total}} = \frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt}$$

$$\begin{aligned}\vec{F}_{\text{total}} &= \frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \\ &= m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}\end{aligned}$$

# 普通物理 CH 1

## 例題 1.1

一隻**600 kg**的非洲黑犀牛，正在攻擊一輛坐滿驚恐觀光客、失速的旅行車。若相對於某座標而言，犀牛的速度  $\vec{v} = (5.00 \text{ m/s})\hat{i} + (600 \text{ m/s})\hat{j}$ ，則

- 試求該犀牛的動量及動量的大小。
- 若質量**0.145 kg**的棒球，要具有同樣大小的動量，則需要有多大的速率？

# 普通物理 CH 1

解：

$$\begin{aligned}\vec{p} &= m\vec{v} \\ &= (600 \text{ kg})[(5.00 \text{ m/s})\hat{i} + (6.00 \text{ m/s})\hat{j}] \\ &= (3.00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})\hat{i} + (3.60 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})\hat{j}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p &= [(3.00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})^2 + (3.60 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})^2]^{1/2} \\ &= 4.69 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}\end{aligned}$$

b.

$$p = mv$$

$$4.69 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (0.145 \text{ kg})v$$

$$v = 3.23 \times 10^4 \text{ m/s} = 32.3 \text{ km/s}$$

# 普通物理 CH 1

## 衝量 - 動量定理

▶ 作橢圓軌道運行之行星，在不同時間、抵達軌跡上不同位置、太陽對其所施之萬有引力之大小與方向皆不相同。所以我們宜以隨時間改變之合力作為考慮之情況。

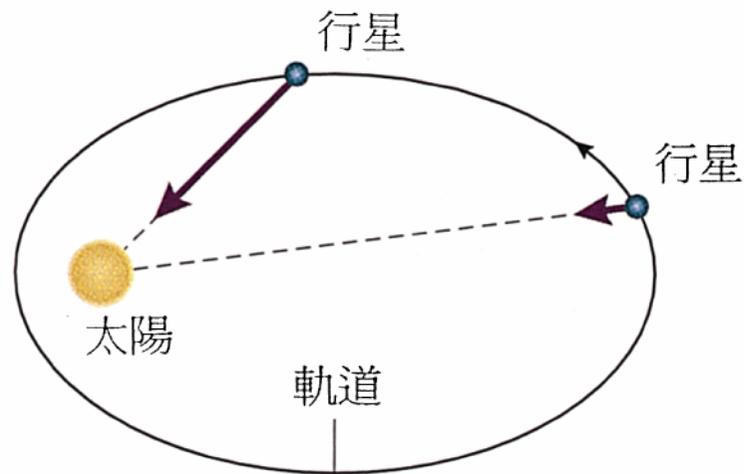


圖 1 太陽對行星所施之萬有引力的大小與方向，隨行星在軌道上位置之不同而改變。

# 普通物理 CH 1

► 有關牛頓第二運動定律一般形式

$$\vec{\mathbf{F}}_{\text{total}}(t)dt = d\vec{\mathbf{p}}$$

$$(t_i \rightarrow t_f) \quad \int_{t_i}^{t_f} \vec{\mathbf{F}}_{\text{total}}(t)dt = \int_{\vec{\mathbf{p}}_i}^{\vec{\mathbf{p}}_f} d\vec{\mathbf{p}}$$

$$\int_{t_i}^{t_f} \vec{\mathbf{F}}_{\text{total}}(t) dt = \vec{\mathbf{p}}_f - \vec{\mathbf{p}}_i$$

$$\vec{\mathbf{I}} \equiv \int_{t_i}^{t_f} \vec{\mathbf{F}}_{\text{total}}(t) dt$$

# 普通物理 CH 1

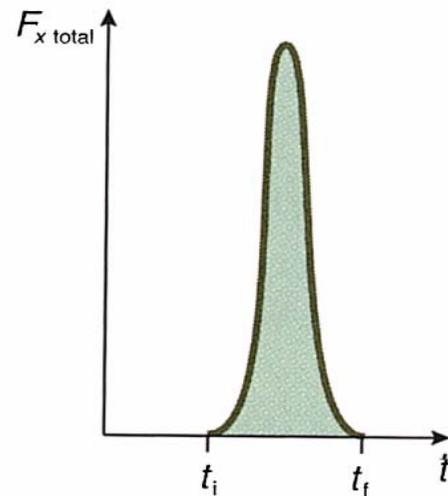
因為  $\vec{p}_f - \vec{p}_i$  代表動量之變化，可記為  $\Delta\vec{p}$ ，所以式 (1.3) 表示合力的衝量等於系統總動量之變化，即：

$$\vec{I} = \Delta\vec{p}$$

以上的關係稱為衝量 - 動量定理 (impulse-momentum theorem)。

# 普通物理 CH 1

如果作用於系統之合力的某一分量隨時間變化的關係為已知，並且可以用圖1.2加以表示。則在作用時間中  $(t_i \rightarrow t_f)$ ，此合力之分量所產生的對應衝量應等於  $t_i$  與  $t_f$  間，曲線底下之面積大小。



在  $\Delta t$  時間中，衝量之  $x$  分量，等於  $t_i$  至  $t_f$  間， $F_{x \text{ total}} \sim t$  曲線下方的面積。

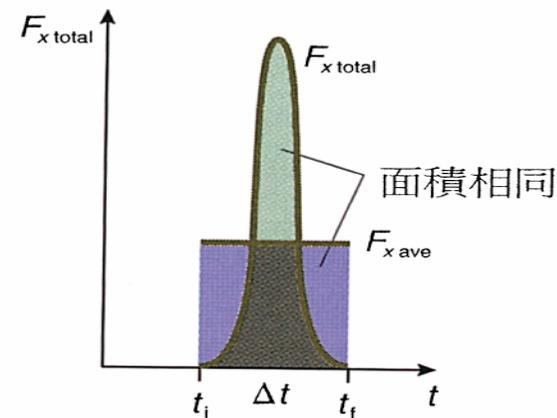
# 普通物理 CH 1

在球棒與球碰撞的過程中，球棒擊球的力量，作用時間非常短暫，因此稱爲衝力 (**impulsive force**)。但在這麼短的作用時間中，打擊力卻戲劇性的由增而減，如圖1.3之曲線所示。

$$F_{x \text{ ave}} \Delta t \equiv \int_{t_i}^{t_f} F_{x \text{ total}} dt \equiv I_x$$

$$I_x = F_{x \text{ ave}} \Delta t = \Delta p_x$$

$$F_{x \text{ ave}} = \frac{\Delta p_x}{\Delta t}$$



曲線之下的面積（衝量之分量）與代表平均力分量之水平線下的面積相等。

# 普通物理 CH 1

## 例題 7.2

一個質量**0.250 kg**的嘟嘟鳥的醃蛋由博物館的架子上掉落**2.00 m**下的地板。

- 使用 (1.4) 式計算地球施於鳥蛋之引力，在蛋下落過程中的衝量。
- 決定鳥蛋在撞擊地板前瞬間的速率，從而計算下落過程中蛋之動量變化。
- 若地板在**0.010 s**內使蛋停住，試求作用在蛋上合力的衝量。及碰撞過程中合力之平均值，並將此平均合力與蛋之重量作比較。

# 普通物理 CH 1

解：

$$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$y = 0$

$y_0 = 2.00 \text{ m}$

$v_{y0} = 0 \text{ m/s}$

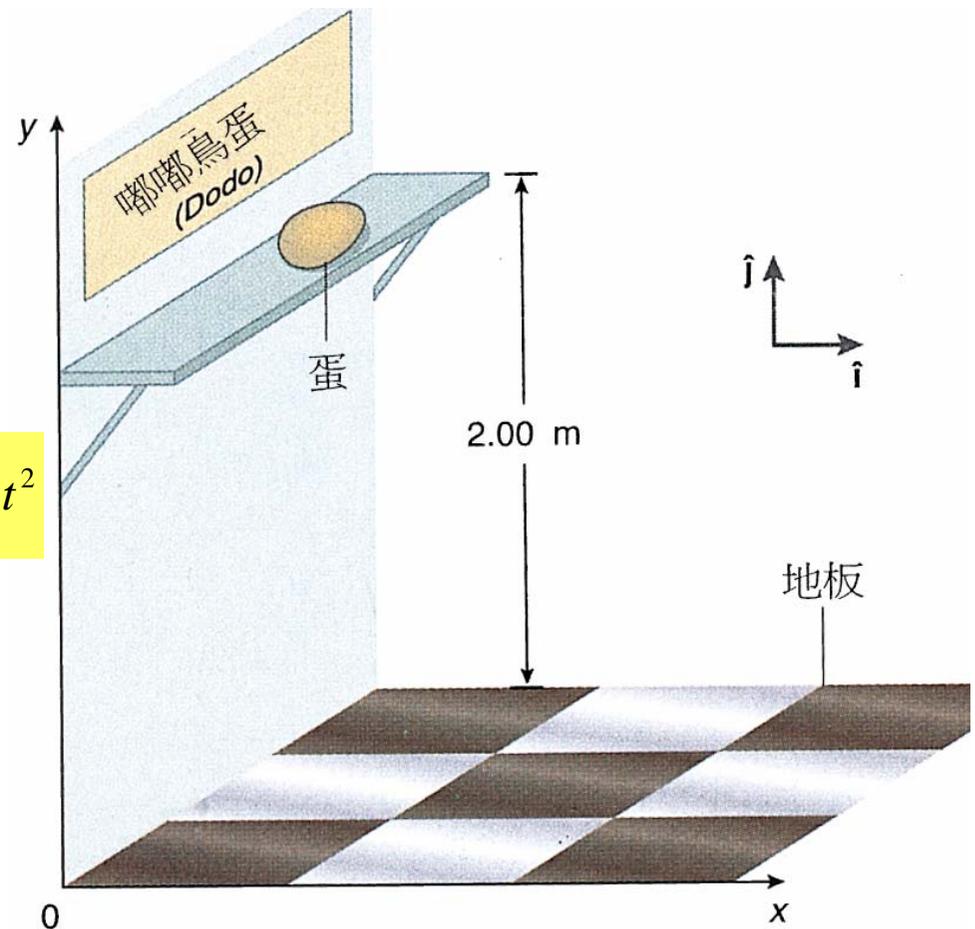
$a_y = -9.81 \text{ m/s}^2$

$$0 \text{ m} = 2.00 \text{ m} + (0 \text{ m/s})t + \frac{1}{2}(-9.81 \text{ m/s}^2)t^2$$

$t = 0.639 \text{ s}$

$$\begin{aligned}\vec{\mathbf{I}} &= \int_0^t (-mg\hat{\mathbf{j}}) dt = -mg\hat{\mathbf{j}} \int_0^t dt \\ &= -mg(t-0)\hat{\mathbf{j}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{\mathbf{I}} &= (-0.250 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(0.639 \text{ s})\hat{\mathbf{j}} \\ &= (-1.57 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2)\hat{\mathbf{j}}\end{aligned}$$



# 普通物理 CH 1

b.

$$v_y = v_{y0} + a_y t = 0 \text{ m/s} + (-9.81 \text{ m/s}^2)(0.639 \text{ s}) = -6.27 \text{ m/s}$$

$$\vec{p}_f = m \vec{v}_f = (0.250 \text{ kg})(-6.27 \text{ m/s}) \hat{j} = (-1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j}$$

$$\vec{p}_i = (0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j}$$

$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i = (-1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} - (0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} \\ &= (-1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} \end{aligned}$$

b.

$$\begin{aligned} \vec{p}_i &= m \vec{v}_{\text{impact}} = (0.250 \text{ kg})(-6.27 \text{ m/s}) \hat{j} \\ &= (-1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} \end{aligned}$$

$$\vec{p}_f = (0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j}$$

$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i = (0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} - (-1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} \\ &= (1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \hat{j} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{ave}} &= \frac{\vec{I}}{\Delta t} = \frac{(1.57 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2) \hat{j}}{0.010 \text{ s}} \\ &= (1.6 \times 10^2 \text{ N}) \hat{j} \end{aligned}$$

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

$$(\Delta t = 0.010 \text{ s})$$

$$\frac{1.6 \times 10^2 \text{ N}}{2.45 \text{ N}} = 65$$

# 普通物理 CH 1

## 動量守恆

當  $\vec{\mathbf{p}}_{\text{total}}$  不變，我們就說系統顯示了動量守恆 (**conservation of momentum**)。

如果系統所受合力為零，則此系統稱為力學上的獨立系統。

$$\vec{\mathbf{F}}_{\text{total}} = \frac{d\vec{\mathbf{p}}_{\text{total}}}{dt} \quad \rightarrow \quad 0 \text{ N} = \frac{d\vec{\mathbf{p}}_{\text{total}}}{dt}$$

由於微分為零，所以表示  $\vec{\mathbf{p}}_{\text{total}}$  必定是不變的向量。

祇有在系統所受外力之合向量為零時，系統之總動量才會守恆不變

# 普通物理 CH 1

## 碰 撞

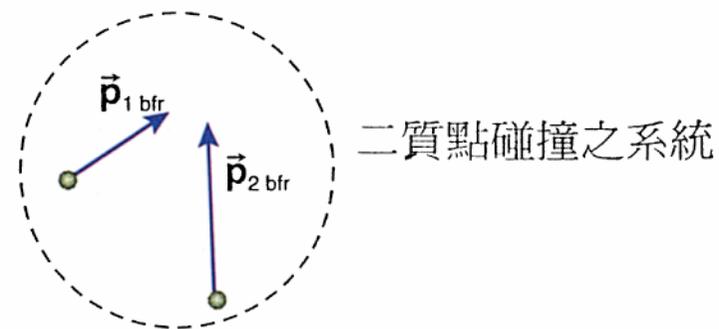
在碰撞中，個別質點之動量的確會改變，但系統的總動量則不變。

以下圖之二質點為例，此二質點系統在相互碰撞前之總動量為二質點動量之向量和：

$$\vec{\mathbf{p}}_{\text{total bfr}} \equiv \vec{\mathbf{p}}_{1 \text{ bfr}} + \vec{\mathbf{p}}_{2 \text{ bfr}}$$

$$\vec{\mathbf{p}}_{\text{total aft}} \equiv \vec{\mathbf{p}}_{1 \text{ aft}} + \vec{\mathbf{p}}_{2 \text{ aft}}$$

$$\vec{\mathbf{p}}_{\text{total bfr}} = \vec{\mathbf{p}}_{\text{total aft}}$$



碰撞時，需將所有參與之質點皆納入為一系統。