

進度評估

1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.2)。

11 在國際單位制中，長度的單位是

A 寸。

B 尺。

☒ C 米。 *m*

D 秒。

3 2 在國際單位制中，時間的單位是

A 小時。

B 分鐘。

☒ C 秒。 *s*

D 年。

習題與思考 1.1

- 4 1 香港天文台有一個銫原子鐘 (圖 a)，它的最大誤差是每日 10^{-6} s。求銫原子鐘的最大百分誤差。



圖 a

$$\frac{10^{-6}}{24 \times 3600} \times 100\%$$

- A $1.16 \times 10^{-11} \%$
C $10^{-6} \%$

- ☒ B $1.16 \times 10^{-9} \%$
D $10^{-4} \%$

- 4 ★ 2 錦文的手錶每日慢一分鐘。他在 2014 年 1 月 1 日下午 2 時校準手錶，當實際時間為 2014 年 1 月 10 日下午 2 時，手錶顯示的時間便是

- A 下午 1 時 50 分。
C 下午 2 時 9 分。

- ☒ B 下午 1 時 51 分。
D 下午 2 時 10 分。

- 2 ★ 3 浩琳用直尺量度物體的長度。若直尺的最大誤差是 0.5 mm，而量度結果的百分誤差是 5%，物體的長度是多少？

- A 1 mm
☒ C 1 cm

- B 5 mm
D 5 cm

$$\frac{0.5}{l} \times 100\% = 5\% \\ l = 10 \text{ mm}$$

- 2 4 把下列長度改為以米為單位。

(a) 183.4 cm *1.834 m*

(b) 357 500 km

(c) 32.0 nm

$$\frac{0.000\,000\,032\,0 \text{ m}}{3.20 \times 10^{-8} \text{ m}}$$

- 4 5 把下列時距改為以秒為單位。

(a) 一日 *86 400 s* *24 \times 3600 s*(b) 一年 (365 日) *31 536 000 s* *3.1536 \times 10^7 s*(c) 3 小時 35 分鐘 4 秒 *12 904 s*

$$3 \times 3600 + 35 \times 60 + 4$$

- 6 寫出下圖所示的讀數，並計算百分誤差。取直尺的最大誤差為 0.5 mm，秒錶的最大誤差為 0.005 s。

(a)



5.5 cm、0.909%

$$\frac{0.05}{5.5} \times 100\% = 0.909\%$$

(b)



23.38 s、0.0214%

$$\frac{0.005}{23.38} \times 100\% = 0.0214\%$$

(無須考慮反應時間)

- 4 ★ 7 智傑在學校陸運會的 100 m 短跑中勝出。計時員以秒錶量度到智傑的成績是 12.04 s。

- (a) 假設由計時員反應時間引致的總誤差是 0.3 s。求智傑成績的百分誤差。

$$\frac{0.3}{12.04} \times 100\% = 2.49\%$$

- (b) 為甚麼奧運會並不會採用秒錶來量度時間？

- 4 ★ 8 女孩在盪鞦韆 (圖 b)，父親要量度女孩來回擺動一次所用的時間。假設每個擺動週期所用的時間相同。試描述父親應怎樣做才可得到準確的結果。

- 同。試描述父親應怎樣做才可得到準確的結果。



圖 b

例題 3 總位移

汽車從 A 點出發，沿綠色路線經 B 點到達 C 點（圖 a）。求汽車的總位移。

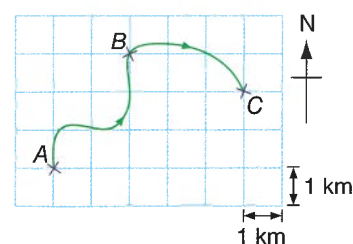


圖 a

題解

參閱圖 b。根據畢氏定理，

$$AC = \sqrt{AD^2 + CD^2} = \sqrt{2^2 + 5^2} = 5.39 \text{ km}$$

利用三角比，

$$\tan \theta = \frac{5}{2}$$

$$\theta = 68.2^\circ$$

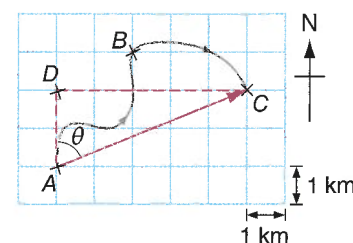


圖 b

總位移的量值是 5.39 km，方向是 N68.2°E。

▶ 習題與思考 1.2 Q5 (p.12)

進度評估 2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.8）。

（第 1 至 2 題）如圖 a 所示，文迪沿半圓形跑道從 X 點走到 Y 點。跑道的直徑是 800 m。

- 11 文迪移動的距離是多少？ 1260 m

[提示：圓周 = $\pi \times$ 直徑]

- 12 相對於 X 點，文迪的位移是多少？

800 m (向西)

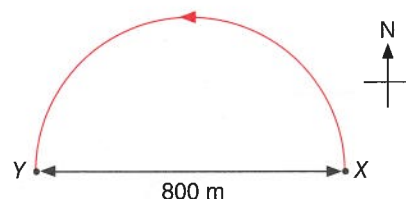


圖 a

生活中的物理

標距柱

本港部分遠足徑每 500 m 便豎立一根標距柱，告知遠足者身處的位置。在起點中，該遠足徑的第一根標距柱為 L 000，豎立在起點。由起點出發，沿路走到標距柱 L 018，經過的距離便是 9000 m (= 500 × 18)。

第二組數字 (HE033632) 是地圖座標，顯示所在地的準確位置。從起點指向該位置的矢量，就是遠足者的位移。



習題與思考 1.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.8)。

- 1 1 碧珊和偉文在同一跑道上向相反方向慢跑 (圖 a)，他們同時從 X 點出發，然後在 Y 點相遇。

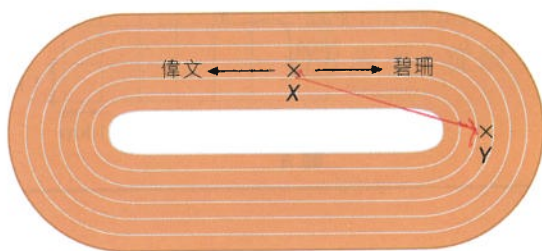


圖 a

他們的位移

- A 量值和方向都不相同。
B 量值不相同，但方向相同。
C 量值和方向都相同。
D 量值相同，但方向不相同。

- 1 ★ 2 下列有關物體移動的距離和位移的敘述，哪一項必定正確？

- A 物體移動的距離愈長，位移的量值愈大。
B 物體位移的量值愈大，移動的距離愈長。
C 物體位移的量值可大於移動的距離。
D 物體移動的距離可大於位移的量值。

- 3 ★ 3 桌上有三個倒置的杯，每個相距 15 cm (圖 b)。魔術師將硬幣放在位置 B 的杯下，然後將位置 A 和 B 的杯對掉，再將位置 A 和 C 的杯對掉。每次對掉中，硬幣都隨杯移動。求硬幣的總位移。

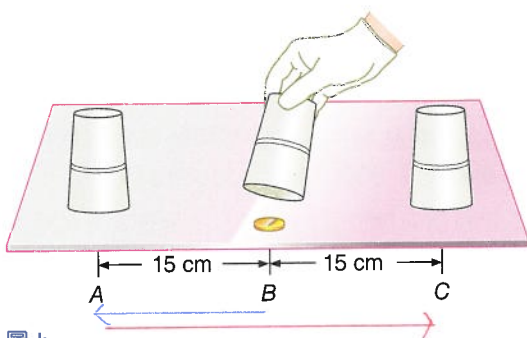


圖 b

- A 0
B 向左 15 cm
C 向右 15 cm
D 無法確定

- 1 4 如圖 c 所示，足球員準備射罰球。為避開人牆，足球須沿曲線而不是直線飛行。



圖 c

現假設沒有人牆，考慮圖 c 中的直線路徑 A 和曲線路徑 B。

- (a) 比較足球沿這兩條路徑的移動距離。 $B > A$
(b) 比較足球沿這兩條路徑移動的位移。 相同

- ★ 5 偉業駕車從 A 點出發，行駛 26 km 至 B 點，再駛 8 km 至 C 點，最後駛了 14 km 至 D 點 (圖 d)。D 點位於 B 點正南方。

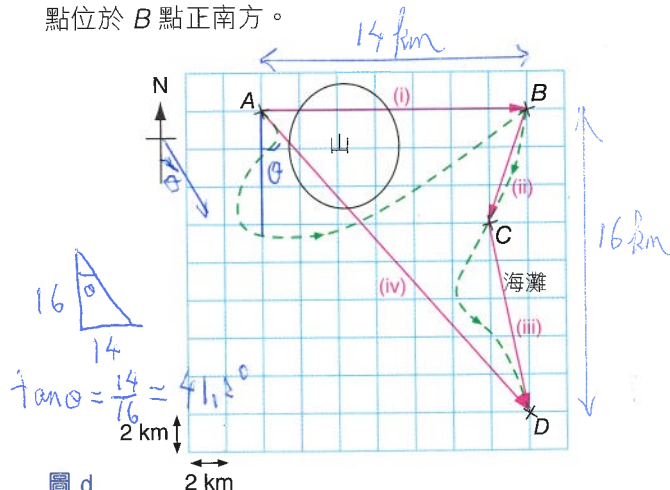


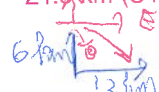
圖 d

- (a) 在圖 d 中，繪畫偉業在下列各段路程的位移。

- (i) 從 A 至 B 14 km
(ii) 從 B 至 C
(iii) 從 C 至 D
(iv) 整個旅程

$$S = \sqrt{14^2 + 16^2} = 21.3 \text{ km}$$

- (b) 求偉業在整個旅程的總位移。 21.3 km (S41.2°E)



- ★ 6 汽車向南行駛 16 km，然後向北行駛 10 km，最後向東行駛 12 km。

- (a) 求汽車行駛的總距離。 38 km
(b) 求汽車的總位移。 13.4 km (S63.4°E)

$$S = \sqrt{6^2 + 12^2} = 13.4 \text{ km}$$

$$\tan \theta = \frac{12}{6}, \theta = 63.4^\circ$$

例題 5 用光閘量度瞬時速率

小車沿跑道移動，車上裝有一塊 4 cm 闊的紙板（圖 a）。跑道中央的上方安裝了一個連接數據記錄器的光閘。系統錄得的時間是 0.048 s。

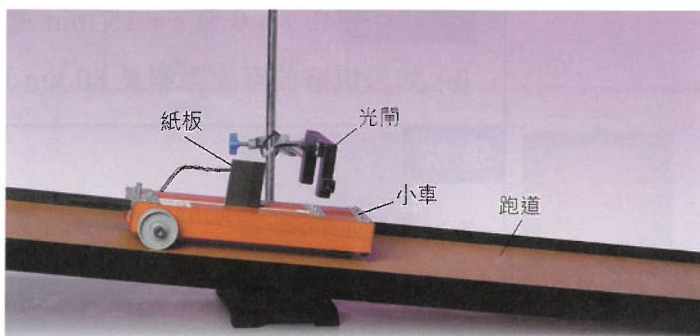


圖 a

- 解釋光閘的運作原理。
- 量度小車瞬時速率的近似值時，車上的紙板不可以過闊。試簡單解釋原因。
- 估算小車通過光閘時的瞬時速率。

題解

- 當光閘的光束被物件遮擋，計時器便開始計時；當物件離開，光束不再受遮擋，計時便終止。因此，光閘能夠量度物體通過它所用的時間。
- 紙板愈闊，通過光閘所用的時間愈長，瞬時速率的量度結果便愈不準確。
- 瞬時速率

「 $\approx$ 」即「大約等於」。

$\approx$ 紙板通過光閘的平均速率

$$= \frac{0.04}{0.048} = 0.833 \text{ m s}^{-1}$$

► 複習 Q31 (p.37)

進度評估 3

✓ 題號旁的數字對應本節重點（參看 p.13）。

- 1 下表列出港鐵三條路線的資料。試在空格內填上答案。

1, 2

	將軍澳線	西鐵線	迪士尼線
長度 / km	12.4	35.7	3.5
行駛時間 / s	1200	2220	210
平均速率 / m s^{-1}	10.3	16.1	16.7

進度評估 4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.13)。

(第 1 至 2 題) 蝴蝶沿半徑 1 m 的半圓路徑飛行，需 2, 4 1 時 30 s。

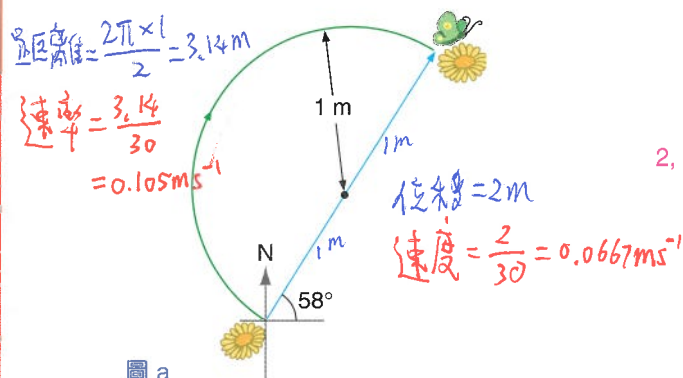


圖 a

提示：平均速率 = $\frac{\text{總移動距離}}{\text{所需時間}} = ?$ 0.105 m s⁻¹

平均速度 = $\frac{\text{總位移}}{\text{所需時間}} = ?$ 0.0667 m s⁻¹ (N32°E)

2, 4 2 是非題：蝴蝶的瞬時速率與瞬时速度的量值必然相同。 (對/錯)

3 加速度

日常用語中，「加速」的意思是移動得愈來愈快。物理學有「加速度」這個術語，但它的含義較廣，除了可以描述正在加快的運動外，也可以描述正在減慢或改變方向的運動。

加速度定義為速度的變化率，它表示物體速度改變的快慢。

加速度 = 每單位時間內物體的速度變化

per sec

加速度的單位

= $\frac{\text{速度的單位}}{\text{時間的單位}}$

= $\frac{1 \text{ m s}^{-1}}{\text{s}}$
 = m s⁻²

不要混淆加速度的單位 (m s⁻²) 和速度的單位 (m s⁻¹)！

► 加速度是矢量。在國際單位制中，它的單位是米 / 平方秒，簡寫是 m s⁻²。

每當物體的速度出現變化 (圖 1.3h)，物體便有加速度。速度變化包括以下幾種情況：

- 1 物體加快；
- 2 物體減慢；
- 3 物體改變方向。

有時候，我們會用**減速度**這個術語，意思是減慢移動。

「減速度」(或「減速」) 這術語在公開試頗常見 (例如文憑試 2012 年卷一乙部 Q4、會考 2010 年卷二 Q6)，常用於表示物體減慢時加速度的量值 (例如會考 2003 年卷一 Q11)。從這個意義來看，減速度不會是負數。



圖 1.3h 電單車加快、減慢或改變方向時，便有加速度

當物體的速度在一段時間內出現變化，它的平均加速度就可用以下方法求得：

$$\text{平均加速度} = \frac{\text{速度的總變化}}{\text{所需時間}}$$

單元 1.4 會討論物體沿直線運動時的平均加速度，第 9 課會探討物體繞圈運動時的加速度。

例題 7 山羊的平均加速度

山羊看見獅子，立即沿直線向東逃跑，只用了 3 s 便從靜止加快至 14 m s^{-1} 。山羊平均加速度的量值是多少？

題解

$$\begin{aligned} \text{平均加速度的量值} &= \frac{\text{速度的總變化}}{\text{所需時間}} \\ &= \frac{14 - 0}{3 - 0} \\ &= 4.67 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

▶ 進度評估 5 Q2 (p.20)

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.13）。

51 是非題：物體以恆定速率移動時，加速度必然是零。

（對 ☒ 錯 ☐）

52 單車從靜止沿直線向北加速，4 s 後速度達到 10 m s^{-1} 。單車平均加速度的量值是多少？ 2.5 m s^{-2}

$$a = \frac{v - u}{t} = \frac{10 - 0}{4} = 2.5 \text{ m s}^{-2}$$

習題與思考 1.3

2, 4 1 水星每年繞太陽運行 4 圈，每繞一圈所經過的距離是 $3.64 \times 10^{11} \text{ m}$ 。當水星剛好繞了 1 圈，

- A 它的平均速率是 3 km s^{-1} 。
- B 它的平均速率是 12 km s^{-1} 。
- C 它的平均速度是 12 km s^{-1} 。
- ☒ D 它的平均速度是零。

2 2 汽車在 4 分鐘內行駛了 3 km，它的平均速率是多少？

- A 0.75 m s^{-1}
- ☒ B 12.5 m s^{-1}
- C 45 m s^{-1}
- D 750 m s^{-1}

$$\bar{v} = \frac{3000}{4 \times 60} = 12.5 \text{ m s}^{-1}$$

5 3 電單車沿直路向西加速行駛（圖 a），在 $t = 0$ 至 $t = 5 \text{ s}$ 之間，速度從 10 m s^{-1} 提升至 20 m s^{-1} 。電單車平均加速度的量值是多少？



圖 a

- ☒ A 2 m s^{-2}
- B 5 m s^{-2}
- C 10 m s^{-2}
- D 15 m s^{-2}

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{20 - 10}{5} = 2 \text{ m s}^{-2}$$

4★4 下列哪項有關物體瞬时速度的敘述是正確的？

- (1) 它的方向必然與平均速度相同。
- (2) 它展示物體在某一時刻移動的快慢。
- (3) 它大約等於物體在極短時距內的平均速度。

- A 只有 (1)
- B 只有 (1) 和 (2)
- C 只有 (2) 和 (3)**
- D (1)、(2) 和 (3)

1-4★5 女孩以平均速率 3 km h^{-1} 走了 1 小時。下列哪一項敘述**不正確**？

- A 女孩總位移的量值不會大於 3 km 。
- B 女孩的瞬時速率可以大於 3 km h^{-1} 。
- C 女孩瞬时速度的量值可以大於 3 km h^{-1} 。
- D 女孩平均速度的量值可以大於 3 km h^{-1} 。**

2, 4★6 物體以恆速率移動時，以下哪些物理量的數值必然相等？

- (1) 物體的平均速率
- (2) 物體的瞬時速率
- (3) 物體平均速度的量值
- (4) 物體瞬时速度的量值

- A 只有 (1) 和 (2)
- B 只有 (3) 和 (4)
- C 只有 (1)、(2) 和 (4)**
- D (1)、(2)、(3) 和 (4)

2, 4★7 保特(圖 b)是 100 米和 200 米短跑的世界紀錄保持者。



圖 b

10.4 m s^{-1} 、 10.4 m s^{-1}

(a) 他 100 米的紀錄是 9.58 s ，200 米的紀錄是 19.19 s 。求他在這兩項賽事的平均速率。

(b) 在這兩項賽事中，保特平均速度的量值是否等於他的平均速率？

100 米：是
200 米：不是

走了彎道

$$v_1 = \frac{100}{9.58} = 10.4 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_2 = \frac{200}{19.19} = 10.4 \text{ m s}^{-1}$$

2★8 小巴在車速限制為 50 km h^{-1} 的道路上行駛，在 2 分鐘內經過了 1.5 km 。

- (a) 求小巴的平均速率。 45 km h^{-1}
- (b) 小巴有沒有超速？試簡單解釋原因。無法確定

$$v = \frac{1.5}{2 \div 60} = 45 \text{ km h}^{-1}$$

3, 5★9 一匹馬沿直線以 30 km h^{-1} 奔跑(圖 c)。



圖 c

$$v = \frac{30}{3.6} = \frac{600}{t}, t = 72 \text{ s}$$

(a) 牠跑過 600 m 的距離，需要多長時間？ 72 s

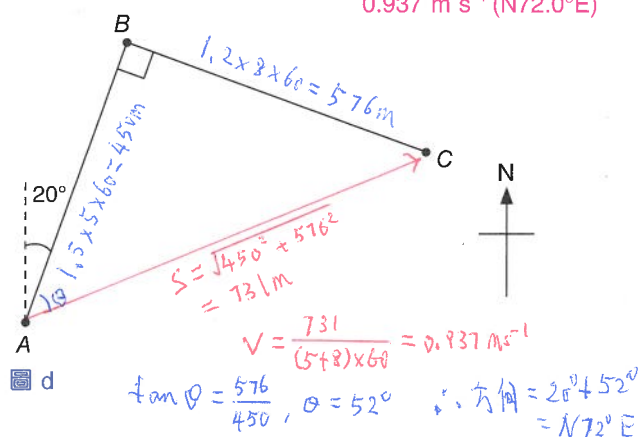
(b) 牠在 5 s 內從 30 km h^{-1} 加快至 40 km h^{-1} 。

求它平均加速度的量值。 0.556 m s^{-2}

$$a = \frac{\frac{40}{3.6} - \frac{30}{3.6}}{5}$$

2, 4★10 啟明沿直路從 A 點走到 B 點(圖 d)，這段路程共用了 5 分鐘，平均速率是 1.5 m s^{-1} 。然後他向右轉，以 1.2 m s^{-1} 的平均速率走了 8 分鐘，最後到達 C 點。啟明在整段路程中的平均速度是多少？

0.937 m s^{-1} ($N72.0^\circ E$)



2★11 正豪以 1.4 m s^{-1} 的平均速率步行 5 km ，再以平均速率 v 步行 10 km 。若他在整個旅程的平均速率是 2 m s^{-1} ， v 是多少？ 1.12 m s^{-1}

$$t_1 = \frac{5000}{1.4}, t_2 = \frac{10000}{v}$$

$$2 = \frac{5000 + 10000}{\frac{5000}{1.4} + \frac{10000}{v}}$$

2, 4★12 (a) 試舉例說明在甚麼情況下，兩輛汽車的瞬時速率相同，但瞬時速度卻不相同。

(b) 試舉例說明在甚麼情況下，一個人的平均速率不是零，但平均速度卻是零。

我們可任意選取正方向。►
如果取向西為正，各路段的位移和平均速度是多少？

► 如果取向西為正，位移和速度的正負值會相反，但意義不會改變。老師可着學生自行試做。

► 可着學生在圖 1.4a 上練習繪畫總位移。

	位移	所需時間	平均速度
由 A 至 B	$s_{AB} = +200 \text{ m}$	$t_{AB} = 3 \text{ min}$ $= 180 \text{ s}$	$v_{AB} = \frac{s_{AB}}{t_{AB}} = +1.11 \text{ m s}^{-1}$
在 B 點	$s_B = 0$	$t_B = 12 \text{ min}$ $= 720 \text{ s}$	$v_B = \frac{s_B}{t_B} = 0$
由 B 至 C	$s_{BC} = -1000 \text{ m}$	$t_{BC} = 5 \text{ min}$ $= 300 \text{ s}$	$v_{BC} = \frac{s_{BC}}{t_{BC}} = -3.33 \text{ m s}^{-1}$
由 A 至 C	$s_{AC} = s_{AB} + s_{BC}$ $= +200 + (-1000)$ $= -800 \text{ m}$	$t_{AC} = 20 \text{ min}$ $= 1200 \text{ s}$	$v_{AC} = \frac{s_{AC}}{t_{AC}} = -0.667 \text{ m s}^{-1}$

表 1.4a 各路段的位移和平均速度

位移為正數，表示位移矢量指向正方向（男孩在該路段起點的東邊）；位移為負數，表示位移矢量指向負方向（男孩在該路段起點的西邊）。

瞬時速度與平均速度的正負值未必相同，例如在 12:15，男孩開始從 B 向西跑，他的瞬時速度是負數，但在 12:00 至 12:15 這段時間內，他的平均速度卻是正數。

► 同樣，速度為正數，表示速度矢量指向正方向；速度為負數，表示速度矢量指向負方向。在同一時段內，平均速度與總位移的正負值必然相同。

圖 1.4b 顯示在各路段男孩的位移和平均速度的矢量。

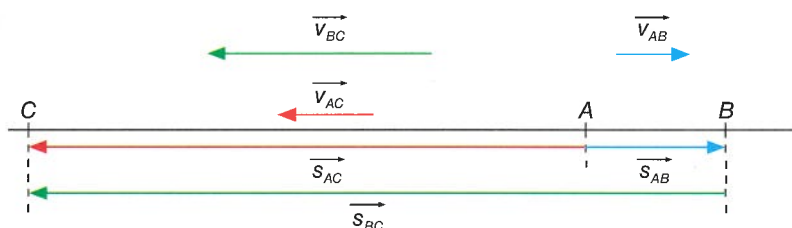


圖 1.4b 男孩的位移和平均速度的矢量

進度評估

6

✓ 題號旁的數字對應本節重點（參看 p.22）。

- 11 飛機沿着直線，由 P 飛到 Q，再到 R，最後到 S（圖 a）。表 a 顯示飛機的航班資料。

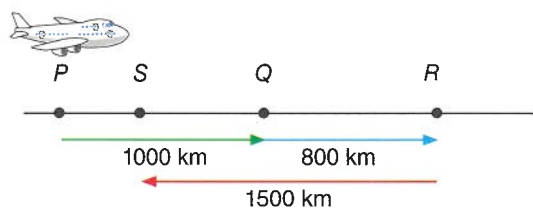


圖 a

	起飛	著陸
P → Q	9:38 am	10:46 am
Q → R	11:00 am	12:45 pm
R → S	1:15 pm	3:08 pm

表 a

求下列各段路程的總位移和平均速度。

- (a) 1800 km (向右)、578 km h⁻¹ (向右) (a) 從 P 飛到 R
(b) 300 km (向右)、54.5 km h⁻¹ (向右) (b) 從 P 飛到 S
(c) 700 km (向左)、169 km h⁻¹ (向左) (c) 從 Q 飛到 S

進度評估 7

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.22)。

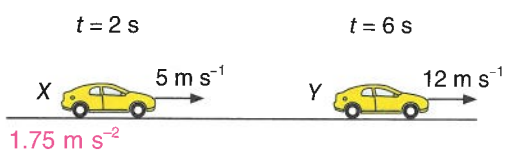
1 在以下情況中，物體沿直線從 X 點移動至 Y 點。

1, 2

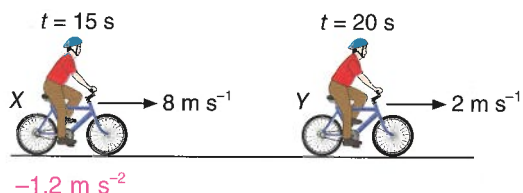
(a) 各個物體的平均加速度是多少？

(b) 選取不同的方向為正，會影響加速度的正負值嗎？會

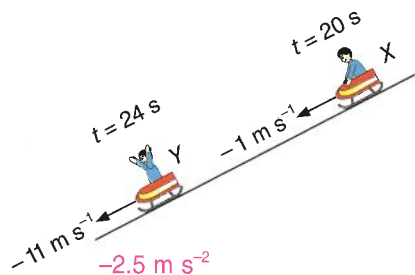
(1)



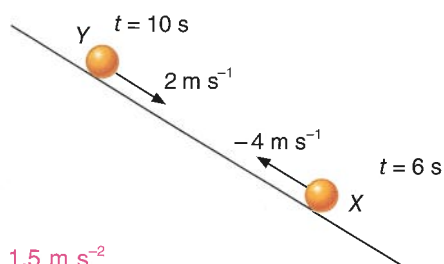
(2)



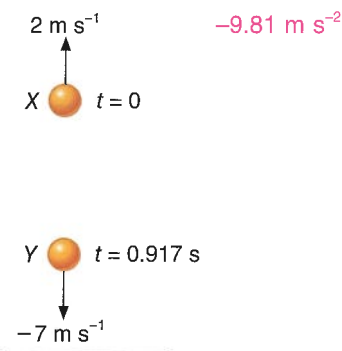
(3)



(4)



(5)



習題與思考 1.4

1 火箭的平均加速度是向上 25 m s^{-2} ，速度由向上 20 m s^{-1} 提高至 60 m s^{-1} ，需時多久？

- A 0.625 s
☒ B 1.6 s
 C 15 s
 D 1000 s

2 巴士沿直路行駛，在 5 s 內從 40 km h^{-1} 勻減速至停下。巴士的減速度（加速度的量值）是多少？

- ☒ A 2.22 m s^{-2}
 B 8 m s^{-2}
 C 11.1 m s^{-2}
 D 20 m s^{-2}

1, 2 對於加速度為正數的物體，下列哪一項敘述必然正確？

- A 物體正在加快。
 B 物體正以圓形路徑移動。
☒ C 物體的速度正在改變。
 D 物體的移動方向正在改變。

2 ★ 4 在一場足球比賽中，景亮以 5 m s^{-1} 向前跑，準備快攻。跑了 2 s 後，隊友失了球，景亮便以 6 m s^{-1} 向後跑以協助防守。若取前方為正，景亮的總位移就是 -8 m 。景亮向後跑了多久？

- A 0.3 s
 B 1.3 s
 C 1.7 s
☒ D 3.0 s

(第 5 至 6 題) 工作平台離地 20 m (圖 a)，以恒定速率下降 2 分鐘至地面，然後又以相同速率上升 2.5 分鐘。取向下為正。



圖 a

1★ 5 在整個過程中，工作平台的總位移是多少？

- A -25 m
- B -5 m**
- C 5 m
- D 25 m

1★ 6 在整個過程中，工作平台的平均速度是多少？

- A -16.7 cm s^{-1}
- B -1.85 cm s^{-1}**
- C 1.85 cm s^{-1}
- D 16.7 cm s^{-1}

2★ 7 女孩在 $t = 0$ 把小球垂直向上拋出，小球逐漸減慢，在 $t = 2 \text{ s}$ 達到最高點，並瞬時靜止。小球在 $t = 4 \text{ s}$ 跌回最初的位置，速率跟拋起時的初速率相同。關於小球上升和下降時的加速度，下列哪一項敘述是正確的？

- A 它們的量值和方向都相同。**
- B 它們的量值相同，方向相反。
- C 它們的量值不同，但方向相同。
- D 它們的量值不同，方向相反。

2 8 汽車在直路上勻加速，表 a 顯示汽車速率增加的情況。試完成表 a，並據此找出汽車加速度的量值。

時間 / s	0	2	4	6	8
速率 / m s^{-1}	2	7	12	17	22

表 a

2 9 志勤以 15 m s^{-1} 的初速率向上拋起小球。小球的平均加速度是 10 m s^{-2} (向下)。在 2 s 後，小球的速度是多少？ **5 m s^{-1} (向下)**

2 10 法拉利 FXX 跑車 (圖 b) 能夠在 2.5 s 內從靜止加速至 100 km h^{-1} 。它的平均加速度量值是多少？ **11.1 m s^{-2}**



圖 b

1 11 黃太從自己的家走了 4 分鐘到陳太的家 (圖 c)，與陳太閒談半小時後，走了 10 分鐘到街市。取向右為正。

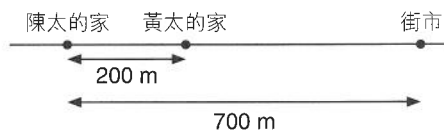


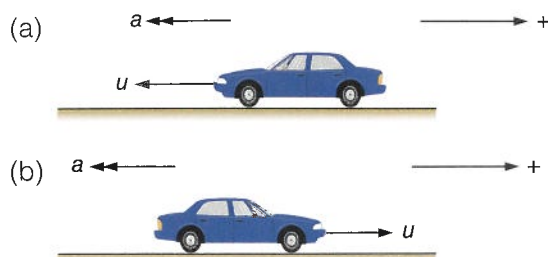
圖 c

- (a) 黃太在陳太的家時，位移是多少？ **-200 m**
- (b) 黃太在整個旅程中的總位移是多少？ **500 m**
- (c) 黃太從陳太的家走到街市，平均速度是多少？ **1.17 m s^{-1}**
- (d) 黃太在整個旅程中的平均速度是多少？ **0.189 m s^{-1}**

2★ 12 溜冰運動員以 1.2 m s^{-2} 減速。過了 2 s 後，她的速度下降至 3 m s^{-1} 。

- (a) 草繪圖表，以顯示運動員的加速度與末速度的方向。
- (b) 求運動員的初速度。 **5.4 m s^{-1}**

2★ 13 在以下情況中，假設汽車的加速度 a 不變，試描述汽車在開始時及隨後的運動。



進度評估 1

✓ 題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.40)。

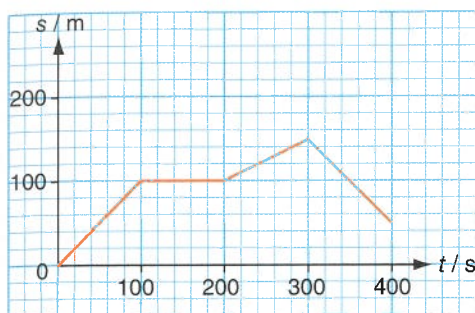
11 男孩沿直路走，他的 $s-t$ 線圖如下 (圖 a)。

圖 a

找出以下每個時段中，男孩的位移變化和速度。

時段 / s	位移變化 / m	速度 / m s^{-1}
0-100	100	1
100-200	0	0
200-300	50	0.5
300-400	-100	-1

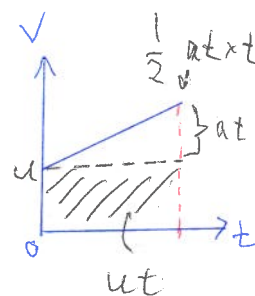
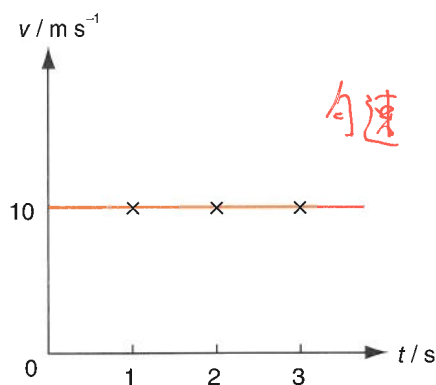


模擬程式 2.2

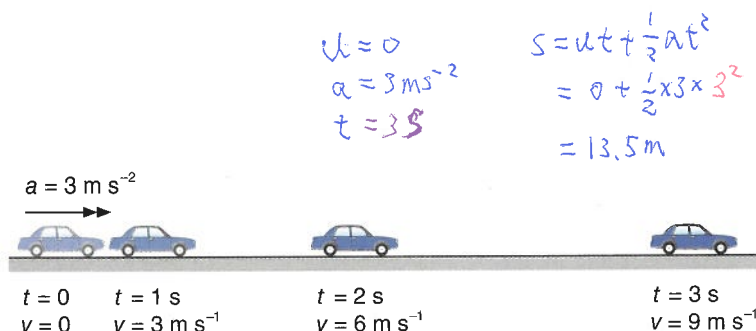
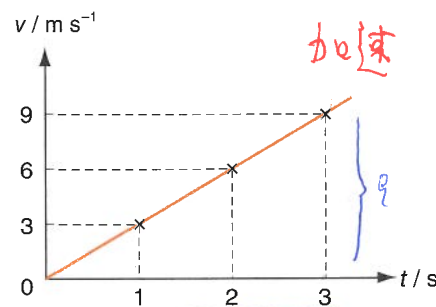
→ 模擬程式 2.2 用速度—時間關係線圖顯示不同的運動過程。學生可隨意選擇關係線圖，估計物體的運動過程，再觀察屏幕所示物體實際的運動情況，核實自己的估計結果。他們也可以先觀察運動過程，再繪畫速度—時間關係線圖。

2 速度—時間關係線圖

速度—時間關係線圖簡稱 $v-t$ 線圖，顯示物體於不同時刻的速度。如果汽車以 10 m s^{-1} 的恆速度行駛，它的 $v-t$ 線圖就是一條水平直線 (圖 2.1e)。

圖 2.1e 汽車的 $v-t$ 線圖 (以 10 m s^{-1} 行駛。取向前為正)

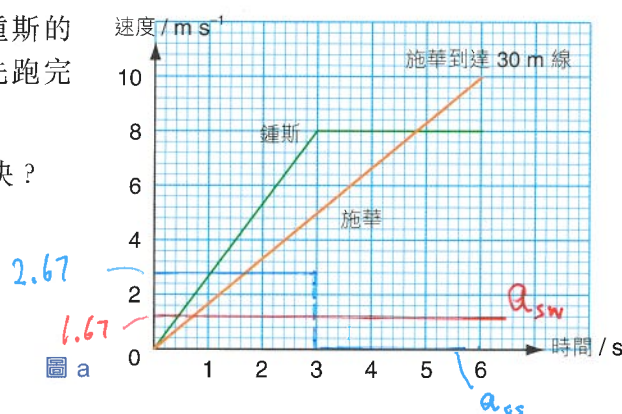
現假設另一輛汽車從靜止開始，沿直路以 3 m s^{-2} 向前勻加速 (圖 2.1f)。汽車的速度每秒增加 3 m s^{-1} ，因此， $v-t$ 線圖如圖 2.1g 所示。

圖 2.1f 汽車從靜止以 3 m s^{-2} 加速圖 2.1g 汽車的 $v-t$ 線圖 (從靜止開始以 3 m s^{-2} 勻加速。取向前為正)

例題 6 誰先跑完首 30 m?

考慮起點提及的 60 m 賽跑。只要繪畫施華和鍾斯的速度—時間關係線圖(圖 a)，便可輕易找出誰先跑完首 30 m。

- (a) 比賽開始後，施華在哪一刻跑得跟鍾斯一樣快？
(b) 誰先跑完首 30 m？



題解

- (a) $t = 4.8$ s
(b) 設鍾斯在時間 T 越過 30 m 線。

線圖下方的面積 = 30

$$\frac{1}{2} \times 8 \times 3 + 8 \times (T - 3) = 30$$

$$T = 5.25$$

因為施華用了 6 s，所以鍾斯比他先跑完首 30 m。

在 $t = 0$ 至 $t = 3$ s 之間，

$$\text{面積} = \frac{1}{2} \times 8 \times 3$$

在 $t = 3$ s 至 $t = T$ 之間，

$$\text{面積} = 8 \times (T - 3)$$

在首 30 m 中的不同時刻，領先的是誰？

鍾斯在首 30 m 一直領先。

▶ 進度評估 2 Q3 (p.49)

進度評估 2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.40)。

(第 1 至 2 題) 在 $t = 0$ ，A、B、C、D 四個物體從 O 點沿同一直線移動。圖 a 顯示它們的 $v-t$ 線圖。

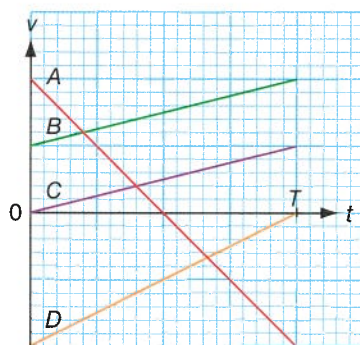


圖 a

- 21 在圖示的時段內，哪個物體的加速度量值最大？A

- 22 在時間 T ，哪個物體與 O 點相距最遠？B

- 23 選手 X 和 Y 賽跑，圖 b 是他們的 $v-t$ 線圖。誰在 $t = 10$ s 領先？X

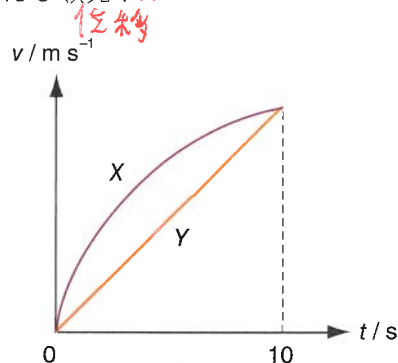


圖 b

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.40)。

- 31 物體沿直線從靜止加速，圖 a 顯示它的加速度—時間關係線圖。

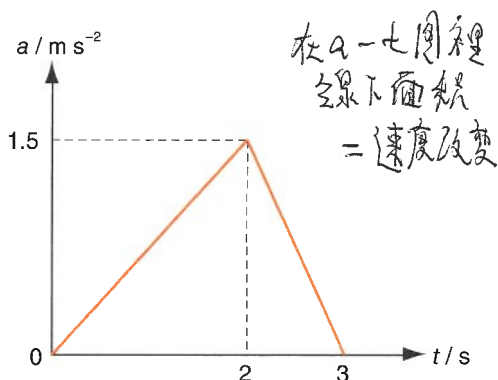


圖 a

下列哪一項敘述是正確的？

- (A) 物體在 $t = 3\text{ s}$ 的速度最高。
 B 物體在 $t = 0$ 至 $t = 3\text{ s}$ 之間的總位移是 0。
 C 物體在 $t = 2\text{ s}$ 改變運動方向。

- 42 圖 b 顯示汽車的 $v-t$ 線圖。

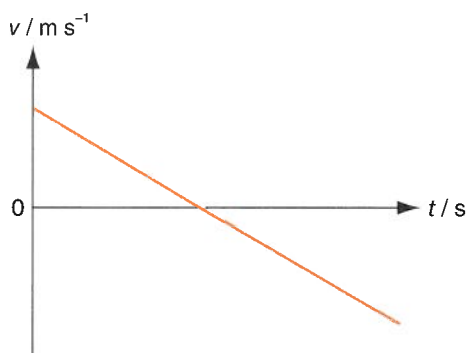


圖 b

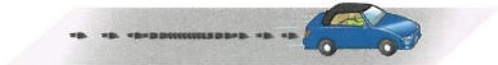
這汽車每秒漏出一滴電油，在路上留下油漬。

下列哪一幅圖顯示正確的油漬圖案？

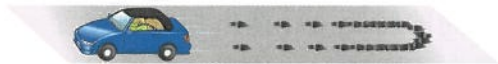
A



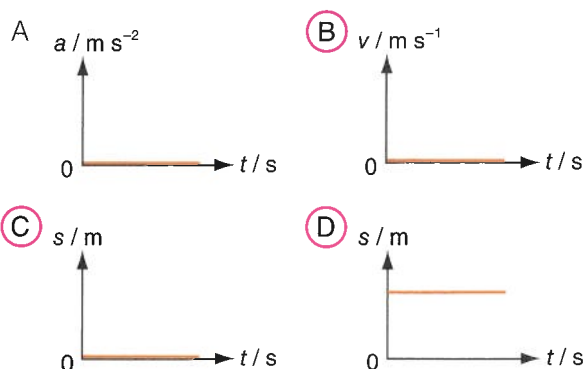
B



(C)



- 3 下列哪幅線圖所描述的物體必然靜止不動？可選多於一個選項。



- 44 汽車在直路上行駛，圖 c 顯示它的 $s-t$ 線圖。下列哪項有關該汽車運動的敘述是正確的？可選多於一個選項。

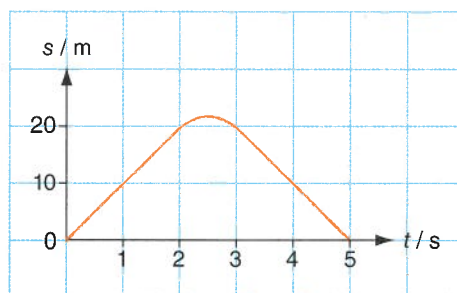


圖 c

- (A) 在 $t = 0$ 至 $t = 2\text{ s}$ 之間，汽車以恆速度 10 m s^{-1} 行駛。
 (B) 在 $t = 2\text{ s}$ 至 $t = 3\text{ s}$ 之間，汽車減慢、瞬間靜止，然後沿相反方向加快行駛。
 C 在 $t = 2\text{ s}$ 至 $t = 3\text{ s}$ 之間，汽車的平均加速度是 -10 m s^{-2} 。

- 45 草繪例題 6 (p.49) 中施華和鍾斯的 $s-t$ 線圖及 $a-t$ 線圖。

- 46 圖 d 顯示物體的 $s-t$ 線圖。試草繪它的 $v-t$ 線圖。

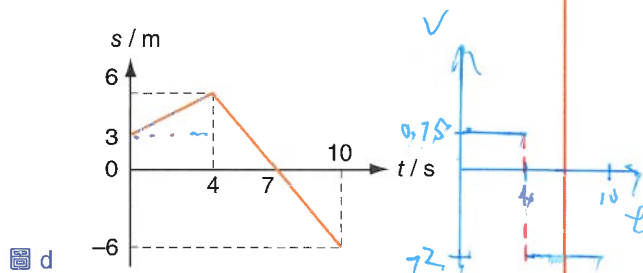


圖 d

運動感應器的位置是物體位移的參考點，物體在這一點的位移是零。

- 位置的讀數必定是正數。► 1 物體移離運動感應器時，位置的讀數(位移)是正數，且數值愈來愈大。
- 2 物體移離感應器時，速度是正數；移近感應器時，速度是負數。

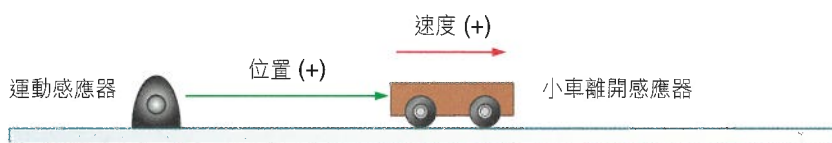


圖 2.1s 運動感應器怎樣探測運動

b 錄像運動分析

下載以下應用程式，便可► 即使在實驗室以外，也可分析物體的運動。假設一段影片記錄了學生沿直路跑步的過程，我們便可應用電腦軟件，分析學生的運動，並製作運動線圖(圖 2.1t)。



iOS



Android



錄像片段 2.3

→ 錄像片段 2.3 顯示運動員跑步的情況。

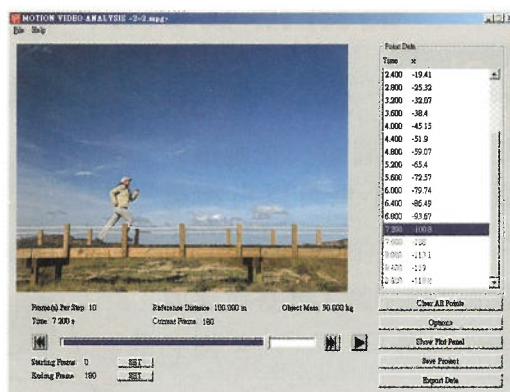
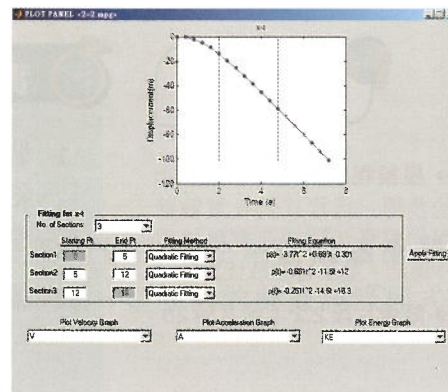


圖 2.1t 錄像運動分析



進度評估 4

✓ 題號旁的數字對應本節重點(參看 p.40)。

- 1 學生利用運動感應器探測小車的運動，並
1, 6 得出一幅 $s-t$ 線圖(圖 a)

下列哪一項有關小車的敘述**不正確**？

- A 它在 $t = 0.5 \text{ s}$ 靜止不動。
- B 它在 $t = 1.0 \text{ s}$ 至 $t = 2.0 \text{ s}$ 之間以恆速度移動。
- Ⓒ 它向着運動感應器移動。

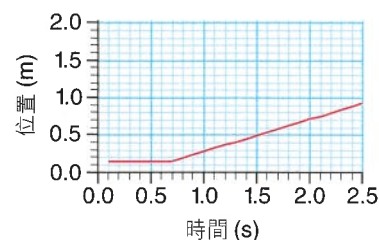


圖 a

習題與思考 2.1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.40)。

- 1 1 男孩爬一條垂直的梯子，圖 a 顯示他在不同時刻的高度。由 $t = 0$ 至 $t = 10$ s，他的總位移是多少？

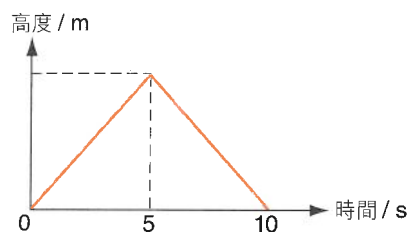
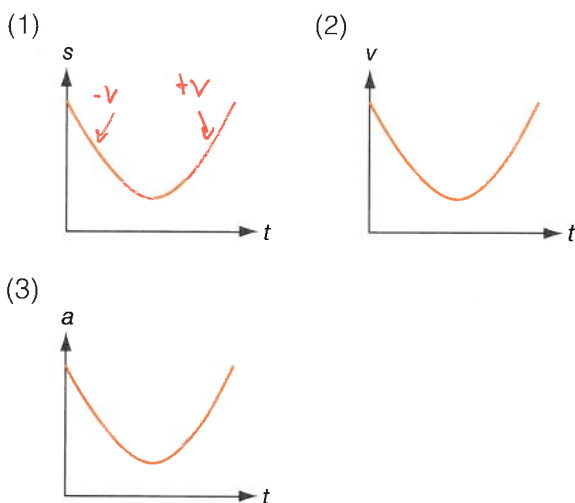


圖 a

- A 0
B 2 m
C 4 m
D 10 m

- 1-3 2 以下各運動線圖描述不同物體沿直線運動時的情況。哪幅線圖所描述的物體必定改變過運動方向？



- A 只有 (1)
B 只有 (1) 和 (2)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

- 2 ★ 3 匪徒駕駛的士沿直路行駛，從警車旁邊經過時，警車立即從靜止開始追趕。圖 b 顯示兩車的 $v-t$ 線圖。

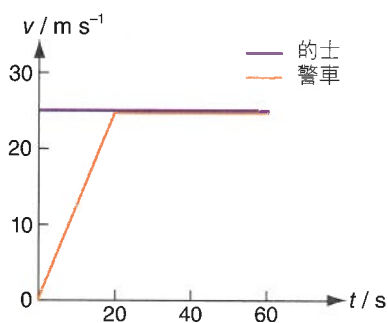


圖 b

下列哪項敘述是正確的？

- (1) 警車在首 20 s 的加速度是 1.25 m s^{-2} 。
(2) 在 $t = 20$ s 後，警車和的士以相同的勻速度行駛。
(3) 警車在 $t = 20$ s 追上的士。
A 只有 (1)
B 只有 (1) 和 (2)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

- 1 ★ 4 運動員 X 和 Y 參加 50 m 短跑，圖 c 顯示他們的 $s-t$ 線圖。

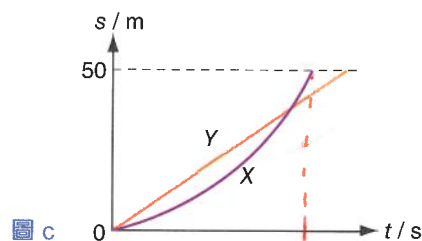


圖 c

下列哪一項敘述是正確的？

- A X 在整場比賽中以恆速度移動。
B X 一直落後於 Y。
C X 和 Y 相遇時，兩者速度相同。
D 在整場比賽中，X 的平均速度比 Y 高。

- 2 ★ 5 卓輝和志豪參加游泳比賽，圖 d 是他們的 $v-t$ 線圖。

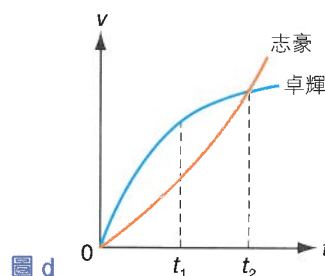
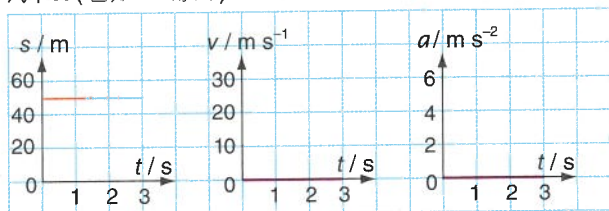
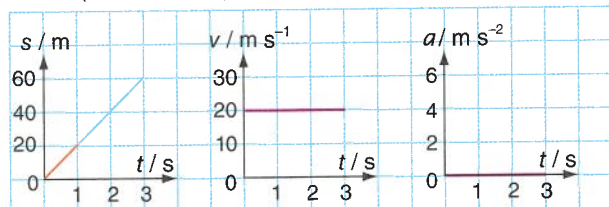
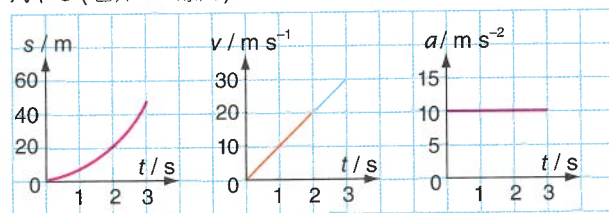
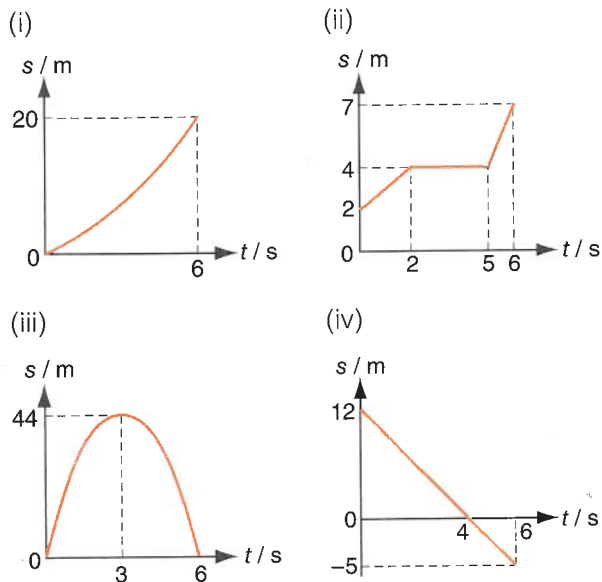


圖 d

下列哪項敘述是正確的？

- (1) 在圖示的時段內，卓輝愈游愈慢。
(2) 在時間 t_1 ，卓輝領先志豪。
(3) 在時間 t_2 ，卓輝領先志豪。
A 只有 (1)
B 只有 (1) 和 (2)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

4 6 完成以下汽車的運動線圖。

汽車 A (已知 $s-t$ 線圖)汽車 B (已知 $s-t$ 線圖)汽車 C (已知 $v-t$ 線圖)1 ★ 9 以下 $s-t$ 線圖描述不同物體沿直線的運動。

- (a) 簡單描述每幅線圖所展示的運動。
 (b) 求每個物體在 $t=0$ 至 $t=6$ s 之間的總位移。
 (c) 求每個物體在 $t=0$ 至 $t=6$ s 之間的平均速度。

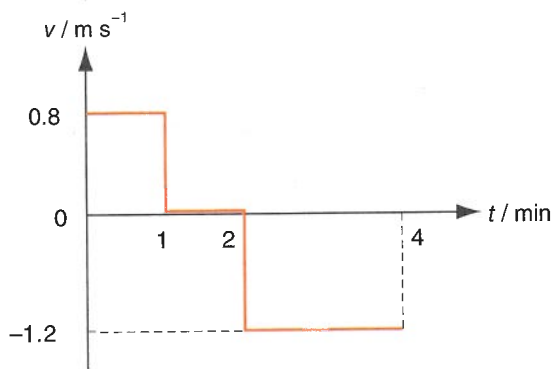
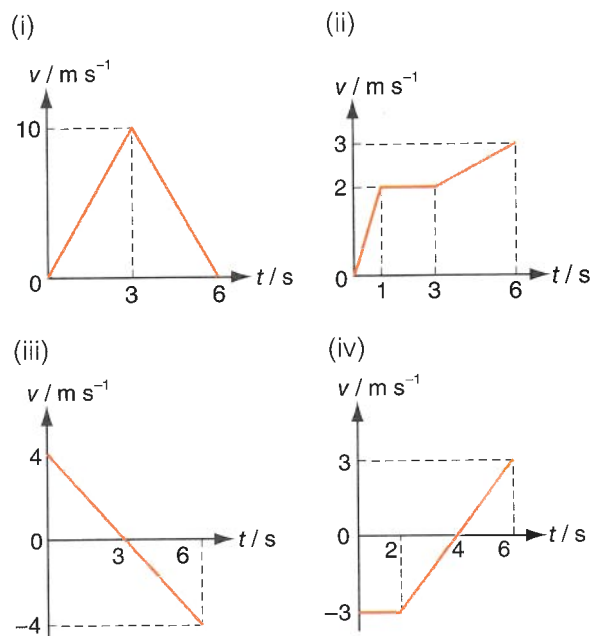
★ 7 藹文沿直路走，圖 e 是她的 $v-t$ 線圖。試草繪線圖，顯示她經過的距離怎樣隨時間變化。

圖 e

1 ★ 8 草繪下列物體的 $s-t$ 線圖，並寫出取哪個方向為正。

- (a) 女孩用 8 s 向東慢跑 10 m，接着用 5 s 沿相同方向跑 20 m，最後用 20 s 慢跑回原位。
 (b) 花貓用 1 s 朝老鼠跑了 5 m，抓住老鼠後，在原地停留 5 s，然後用 20 s 往相反方向走 10 m。
 (c) 俊明以 1 m s^{-1} 向左走 30 s 後突然停下，再以 1.5 m s^{-1} 向右走 30 s。

★ 10 以下 $v-t$ 線圖描述不同物體沿直線的運動。

- (a) 簡單描述每幅線圖所展示的運動。
 (b) 求每個物體在 $t=0$ 至 $t=6$ s 之間的總位移。
 (c) 求每個物體在 $t=0$ 至 $t=6$ s 之間的平均速度。
 (d) 草繪每個物體在 $t=0$ 至 $t=6$ s 之間的 $a-t$ 線圖。

- ★ 11 物體 X 和 Y 在南北向的直線上移動。圖 f 顯示它們的 $s-t$ 線圖，線圖取向北為正。

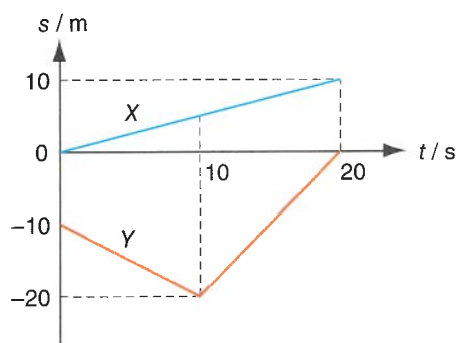


圖 f

- (a) 物體在甚麼時候相距最遠？ $t = 10 \text{ s}$
 (b) 它們在 $t = 0$ 至 $t = 20 \text{ s}$ 之間的平均速度是多少？ $X = 0.5 \text{ m s}^{-1}$ 、 $Y = 0.5 \text{ m s}^{-1}$
 (c) 它們在 $t = 5 \text{ s}$ 和 $t = 15 \text{ s}$ 的瞬時速度是多少？在 $t = 5 \text{ s}$ ， $X: 0.5 \text{ m s}^{-1}$ 、 $Y: -1 \text{ m s}^{-1}$
 在 $t = 15 \text{ s}$ ， $X: 0.5 \text{ m s}^{-1}$ 、 $Y: 2 \text{ m s}^{-1}$

- 2★ 12 物體開始時的速度是 u ，以勻加速度 a 移動了時間 t 後，速度變為 v 。

- (a) 草繪物體的 $v-t$ 線圖。
 (b) 證明物體在這段時間內的平均速度是 $\frac{u+v}{2}$ 。

- 2★ 13 草繪下列物體的 $v-t$ 線圖，並寫出取哪個方向為正。

- (a) 猴子在樹上以 1 m s^{-1} 向上攀爬了 3 s ，停留 6 s 後，以 1.5 m s^{-1} 向下滑了 2 s 。
 (b) 汽車從靜止以 2 m s^{-2} 勻加速 10 s ，然後以當時的速度行駛 10 s ，最後以 4 m s^{-2} 減慢至停下。

- ★ 14 港鐵列車沿直線從車站 X 行駛至車站 Y，圖 g 顯示列車的 $v-t$ 線圖。

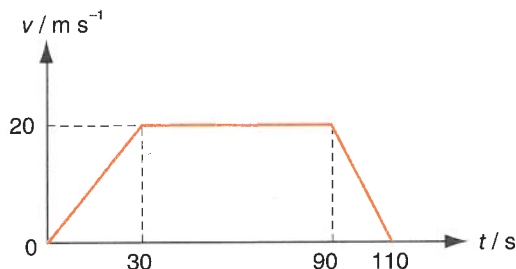


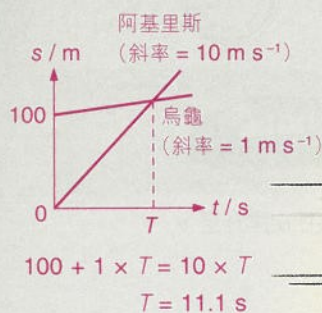
圖 g

- (a) X 和 Y 相距多遠？ 1700 m
 (b) P 點位於 X 和 Y 之間，與 X 相距 1500 m 。列車在甚麼時候經過 P 點？ $t = 90 \text{ s}$
 (c) 求列車從 X 行駛至 Y 的平均速度。 15.5 m s^{-1}
 (d) 草繪列車的 $s-t$ 線圖和 $a-t$ 線圖。

補充資料 阿基里斯與烏龜

大約 2400 年前，希臘哲學家芝諾提出了以下悖論（似是而非的說法）：

阿基里斯與烏龜賽跑。阿基里斯的速度是 10 m s^{-1} ，烏龜的速度是 1 m s^{-1} ，阿基里斯讓烏龜在他前面 100 m 處起步。當他跑了 100 m ，烏龜已在他前面 10 m ；他再跑 10 m ，烏龜仍在他前面 1 m 。總之，每當他跑到烏龜先前的所在，也依然落後烏龜一段距離，怎樣也追不上烏龜。



在這悖論中，阿基里斯追上烏龜所需的時間分為無限個小時段，而每個時段愈來愈短。利用數學可以證明，這些小時段的總和並非無限長，所以阿基里斯可在有限時間內追上烏龜。

你也認為阿基里斯追不上烏龜嗎？試繪畫兩者的 $s-t$ 線圖，從中找出答案。

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.60)。

- 2.1 婉玲身高 1.5 m，她站在蘋果樹下，正上方有一個蘋果。蘋果離地 2.5 m，若以 9.81 m s^{-2} 的加速度掉下來 (圖 a)，需時多久才會擊中婉玲？0.452 s



圖 a

- 2.2 電單車能夠沿直線以 9.79 m s^{-2} 的勻加速度從靜止加速至 26.8 m s^{-1} 。試估算這過程中電單車的位移。36.7 m

例題 9 估算初速率

汽車在交通意外中緊急剎車，留下長 20 m 的剎車痕 (圖 a)。調查人員發現，相同的汽車以 50 km h^{-1} 行駛時緊急剎車，會留下長 10 m 的剎車痕。假設上述兩輛汽車以相同的恆減速度剎車。試估算發生意外的汽車在剎車前一刻的速率。



圖 a

題解

另解：

在調查人員的測試中，

 根據 $v^2 = u^2 + 2as$ ，

$$0 = \left(\frac{50}{3.6}\right)^2 + 2a(10)$$

$$a = -9.645 \text{ m s}^{-2}$$

在意外中，

 根據 $v^2 = u^2 + 2as$ ，

$$0 = u^2 + 2(-9.645)(20)$$

$$u = 19.64 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 70.7 \text{ km h}^{-1}$$

 根據 $v^2 = u^2 + 2as$ ，

$$u^2 = v^2 - 2as = -2as \propto s$$

根據比例，

$$\frac{u_1^2}{u_2^2} = \frac{s_1}{s_2}$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{s_1}{s_2}} \times u_2 = \sqrt{\frac{20}{10}} \times 50 = 70.7 \text{ km h}^{-1}$$

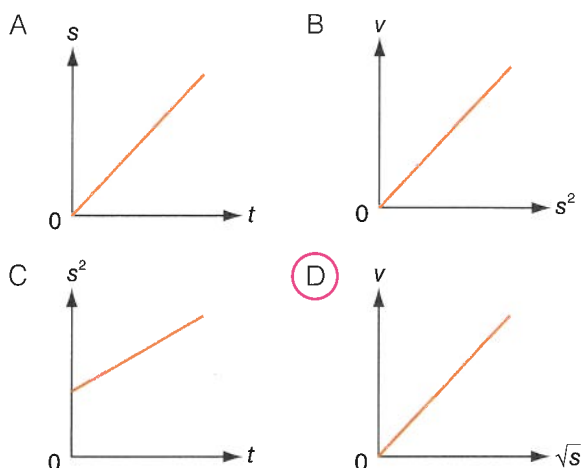
 汽車剎車前一刻的速率是 70.7 km h^{-1} 。

▶ 習題與思考 2.2 Q3 (p.68)

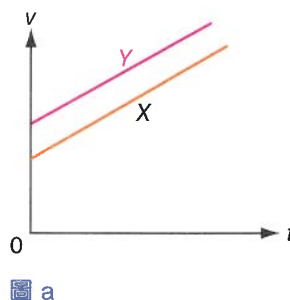
進度評估 6

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.60)。

- 3.1 物體以勻加速度運動且 $a \neq 0$ 。下列哪一幅線圖顯示物體的運動？



- 3.2 物體 X 和 Y 以相同勻加速度向同一方向移動。在 $t = 0$, Y 的速度高於 X。圖 a 顯示 X 的 $v-t$ 線圖。試在圖 a 草繪 Y 的 $v-t$ 線圖。



習題與思考 2.2

- 2.1 機場的跑道必須夠長，才能讓噴射機由靜止加速至起飛速率 290 km h^{-1} 。假設噴射機起飛時會沿直線以 1 m s^{-2} 勻加速，求跑道的最短長度。 $u=0$

- A 2 km
B 3 km
C 3.5 km
D 4 km

$$v = 80.6 \text{ m s}^{-1}$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$80.6^2 = 0^2 + 2 \times 1 \times s$$

$$s = 3244 \text{ m}$$

- 2.2 子彈穿過 16 cm 厚的木牆，需時 $5 \times 10^{-4} \text{ s}$ 。如果子彈碰到木牆時的速率是 500 m s^{-1} ，剛穿出木牆時的速率是多少？假設子彈在整個過程中都沿同一直線移動，且在木牆內以勻減速度移動。

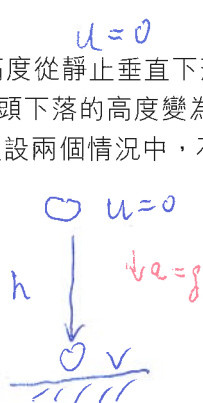
- A 70 m s^{-2}
B 140 m s^{-2}
C 210 m s^{-2}
D 265 m s^{-2}

$$s = 0.16 \text{ m}$$

$$t$$

- 2.3 石頭在離地 h 的高度從靜止垂直下落，掉到地面時速率為 v 。如果石頭下落的高度變為 $2h$ ，掉到地面時速率是多少？假設兩個情況中，石頭以相同的恆加速度下跌。

- A v
B $1.41v$
C $2v$
D $4v$



$$\textcircled{1} v^2 = 2gh$$

$$\textcircled{2} v'^2 = 2g(2h)$$

$$= 4gh$$

$$\frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}}: \frac{v'^2}{v^2} = 2$$

$$v'^2 = 2v^2$$

- 2.4 看門狗坐在地上，看到小偷在 10 m 外的地方跑過去，小偷同時起步逃走。5 s 後，小偷跑了 20 m，看門狗剛好捉住小偷 (圖 a)。如果看門狗捉住小偷前一直沿直線勻加速，牠的加速度是多少？

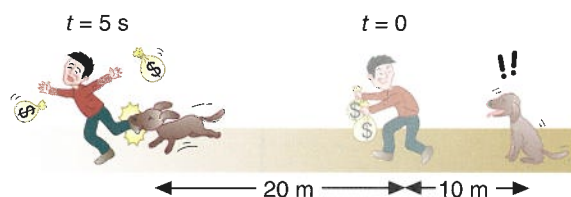


圖 a

- A 0.8 m s^{-2}
B 1.6 m s^{-2}
C 2.4 m s^{-2}
D 3.0 m s^{-2}

$$u = 0$$

$$s = 20 + 10 = 30 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

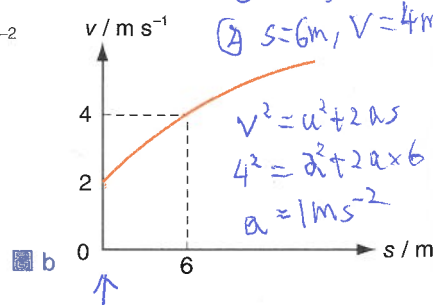
$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$30 = \frac{1}{2}a \times 5^2$$

$$a = 2.4 \text{ m s}^{-2}$$

- 2.5 巴士沿直路勻加速，圖 b 顯示巴士的速度 v 怎樣隨位移 s 改變。巴士的加速度是多少？

- A 0.333 m s^{-2}
B 0.666 m s^{-2}
C 1 m s^{-2}
D 2 m s^{-2}



$$\textcircled{1} s = 0, u = 2 \text{ m s}^{-1}$$

$$\textcircled{2} s = 6 \text{ m}, v = 4 \text{ m s}^{-1}$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$4^2 = 2^2 + 2a \times 6$$

$$a = 1 \text{ m s}^{-2}$$

- 3★6 羽毛球沿直線移動，圖 c 顯示它的 $v-t$ 線圖。在時間 t_1 ，羽毛球的速度是 v_1 ，加速度是 a_1 。下列哪項有關羽毛球的敘述是正確的？

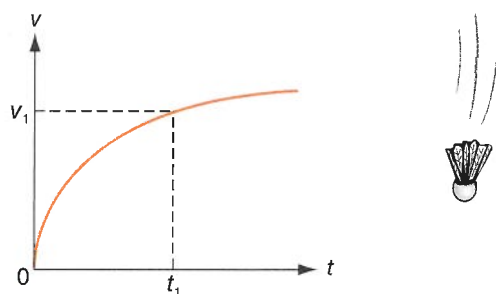


圖 c

- (1) 在圖示的時間內，羽毛球移動得愈來愈快。
- (2) 羽毛球的總位移相等於曲線下方的總面積。
- (3) 羽毛球的速度 v_1 等於 $a_1 t_1$ 。

- A 只有 (2)
 B 只有 (1) 和 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)

- 27 在圖 d 所示的一刻，一列火車以 15 m s^{-1} 向右行駛，並開始減慢；行駛 180 m 後，在車站停下來。假設火車的加速度均勻。

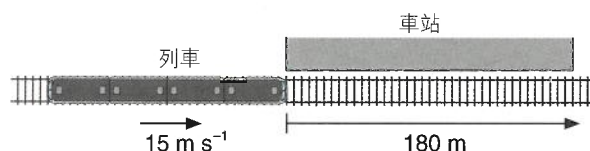


圖 d

- (a) 求火車的加速度。 0.625 m s^{-2} (向左)
- (b) 求火車停下需時多久。 24 s

- 28 高爾夫球與球洞相距 8 m (圖 e)。球手擊球後，球沿直線移動，並以 0.5 m s^{-2} 勻減速。

- (a) 要球掉進洞，球的最低初速率是多少？ 2.83 m s^{-1}
- (b) 以 (a) 部的最低初速率計算，球掉進洞需時多久？ 5.66 s



圖 e

- 29 汽車以 108 km h^{-1} 沿直路行駛。司機看見前方有障礙物，3 s 後汽車便停下來。

- (a) 假設司機的反應時間是 0.8 s，找出他的反應距離。 24 m
- (b) 假設汽車勻減速，求制動距離。 33 m
- (c) 求汽車的停車距離。 57 m

- ★10 電單車從 90 km h^{-1} 沿直路勻減速至 36 km h^{-1} ，過程中，行駛了 175 m。

- (a) 求減速過程所用的時間。 10 s
- (b) 求電單車的減速度。 1.5 m s^{-2}
- (c) 草繪線圖，顯示電單車速度的平方 v^2 隨位移 s 的變化。寫出線圖斜率的物理意義。

$2 \times \text{加速度}$

- 2★11 (a) 物體沿直線以恆定率 a 加速。證明

$$s = vt - \frac{1}{2}at^2$$

其中 s 是加速過程中物體的位移， v 是物體的末速度， t 是加速所用的時間。

- (b) 女孩沿直路踏單車，以 2 m s^{-2} 勻加速，5 s 後速率變為 14 m s^{-1} 。求女孩在過程中的位移。 45 m

- ★12 景華從靜止開始滑下雪山 (圖 f)。滑雪道分為兩段，第一段較平緩，景華滑下時以 0.1 m s^{-2} 加速，滑行 500 m 後到達第二段滑雪道，這段較陡峭，長 800 m，景華滑下時以 0.5 m s^{-2} 加速。

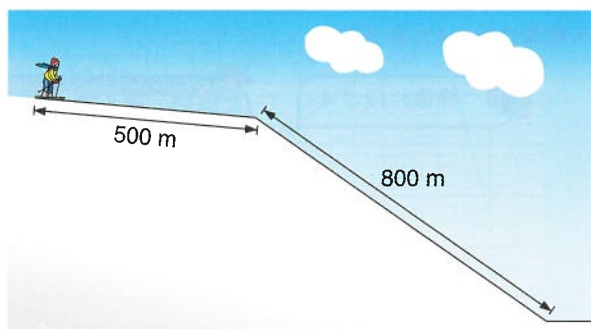


圖 f

- (a) 滑過首 500 m 後，景華的速率是多少？ 10 m s^{-1}
- (b) 求景華滑下兩段滑雪道共需時多久。 140 s
- (c) 設景華相對起點的位移是 s ，所用的時間是 t 。試草繪 $s-t^2$ 關係線圖，顯示景華在首 500 m 的運動狀況。

STSE

高空墮物足以致命

例題 12 中的混凝土速率極高，達 101 km h^{-1} 。即使物件細小如電池，從高處墮下也是十分危險的。以往，高空墮物的意外不時釀成人命傷亡；現今本港樓宇愈建愈高，有些更高達 300 m （超過 70 層高），高空墮物的問題正日趨嚴重。

10/6/2014

旺角天降飛凳
途人無辜喪命

16/5/2014

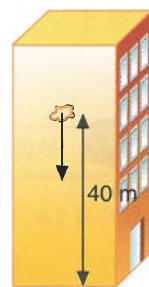
葵涌晾衫竹墮下傷途人

例題 12 高空墮物

大廈老舊的外牆剝落，混凝土從離地 40 m 的高處掉下（圖 a）。假設空氣阻力可略去不計，取重力加速度為 9.81 m s^{-2} 。

- (a) 混凝土掉到地面需時多久？
 (b) 求混凝土掉到地面時的速率，答案以 m s^{-1} 及 km h^{-1} 為單位。

圖 a



題解

取向下為正。

已知 $u = 0$, $s = 40 \text{ m}$, $a = g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

- (a) 根據 $s = ut + \frac{1}{2}at^2$,

$$40 = 0 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times t^2$$

$$t = 2.86 \text{ s}$$

混凝土需要 2.86 s 才掉到地面。

- (b) 根據 $v^2 = u^2 + 2as$,

$$v^2 = 0 + 2 \times 9.81 \times 40$$

$$v = 28.0 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 28.0 \times 3.6 \text{ km h}^{-1}$$

$$= 101 \text{ km h}^{-1}$$

混凝土掉到地面時的速率是 28.0 m s^{-1} (或 101 km h^{-1})。

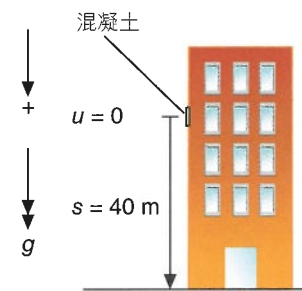


圖 b

▶ 進度評估 7 Q3 (p.73)

進度評估

7

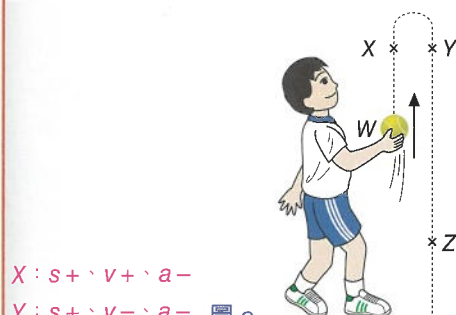
✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.70）。

- 11 在日常生活中，輕的物體通常比重的物體下墜得慢，原因是
 A 重力加速度的大小視乎物體的重量。
 (B) 物體受空氣阻力影響。
 C 量度時出現誤差。
- 12 是非題：隨着自由落體下墜得愈來愈快，它的加速度也會不斷增加。（對 / 錯）
 ✖ 學生或誤以為移動得較快的物體加速度也必定較大。
- 23 永明在距離海面 45 m 的懸崖上垂直向下投擲石子，石子在 2.5 s 後到達海面。假設空氣阻力可略去不計，石子的初速率是多少？取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ 。
 A 1.47 m s^{-1} B 2.97 m s^{-1}
 (C) 5.74 m s^{-1} D 18.0 m s^{-1}

進度評估 8

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.70)。

(第 1 至 2 題) 學生把小球從 W 點垂直向上拋起 (圖 a)，球以 2 m s^{-1} 的初速率上升。 Z 點位於 W 點下方 0.3 m 。



$X: s+, v+, a-$

$Y: s+, v-, a- \quad \text{圖 a}$

$Z: s-, v-, a-$

31 取向上為正，位移從 W 點開始量度。找出小球在 X 、 Y 、 Z 三點時，位移 s 、速度 v 及加速度 a 的正負值。

32 小球在 Z 點的速率是多少？

A 1.89 m s^{-1}

B 2.60 m s^{-1}

C 3.14 m s^{-1}

D 9.89 m s^{-1}

33 嘉倫舉起手臂時，雙手離地 2.3 m 。籃球框離地 3.05 m 。若嘉倫以 4.3 m s^{-1} 起跳，他能夠入樽嗎 (圖 b)? 能夠

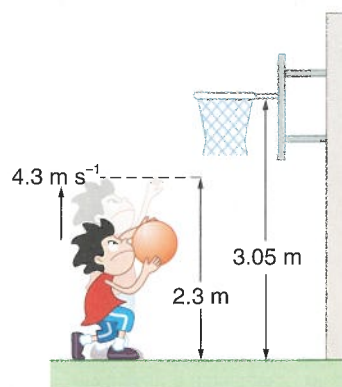


圖 b

24 在時間 $t = 0$ ，石子由高處從靜止下墜。找出石子在 $t = 1 \text{ s}$ 、 2 s 和 3 s 的速率及下墜的距離。

在 $t = 1 \text{ s}$: 9.81 m s^{-1} 、 4.91 m

在 $t = 2 \text{ s}$: 19.6 m s^{-1} 、 19.6 m

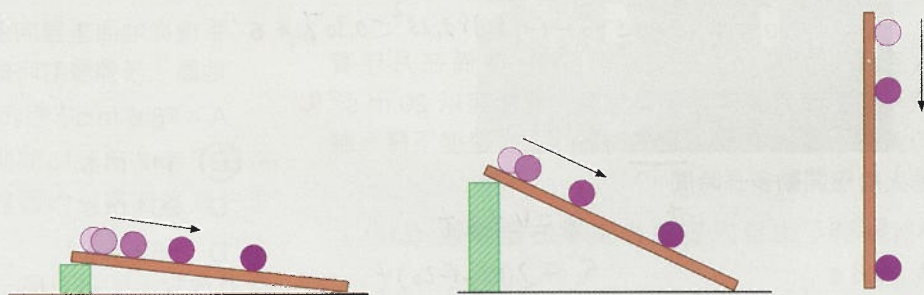
在 $t = 3 \text{ s}$: 29.4 m s^{-1} 、 44.1 m

歷史點滴 伽利略 (1564–1642)

伽利略是第一個用實驗的方法去研究物體運動的科學家。據說他曾在意大利的比薩斜塔上做實驗，比較不同重量的物體下墜的情況。

自由落體移動得很快，當時沒有計時工具可以準確量度，伽利略於是利用斜面「把運動減慢」。他用水鐘計時，發現不同重量的球體滾下斜面時加速度相同，而且球體移動的距離與時間的平方成正比。

他以不同的傾斜角度重複實驗，都得到相同的結果。他推論，自由落體只不過沿傾斜角度為 90° 的斜面移動，應與其他情況無異。這推翻了物體愈重下墜得愈快的固有成見。



牛津物理網

習題與思考 2.3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.70)。

取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ 。無須考慮空氣阻力。

- 2 1 敏淇放手讓石頭掉進井裏，並量度石頭下墜的時間，從而找出井的深度。她應該運用下列哪一條方程？

A $s = \frac{1}{2}(u + v)t$

B $v = u + at$

C $v^2 = u^2 + 2as$

☒ D $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

- 3 2 慧蘭從學校二樓以 10 m s^{-1} 擲出棒球，她應該向上擲還是向下擲，棒球到達地面時的速率才會較高？

A 向上

B 向下

- ☒ C 無論向上或向下擲出棒球，棒球到達地面時的速率都相同。

D 由於不知道二樓的高度，所以無法判斷。

- 3 ★ 3 小狗躍起，0.5 s 後回到地面 (圖 a)。牠到達的最大高度是多少？



圖 a

☒ A 0.307 m

B 0.5 m

C 1.23 m

D 2.45 m

- 2 ★ 4 太空船以 200 m s^{-1} 的速率下降，準備在月球着陸。太空船只要開動制動火箭，便能夠以 20 m s^{-2} 勻減速。要太空船以低於 5 m s^{-1} 的速度下降，制動火箭應開動多長時間？

A 9.3 s

B 9.6 s

☒ C 9.9 s

D 10.2 s

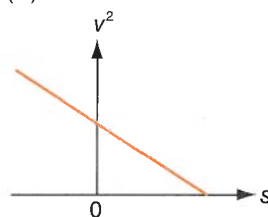
- 3 ★ 5 梅利準備發球。他把網球垂直向上拋起 (圖 b)，但由於觀眾發出噪音，梅利決定不擊球，讓球掉到地上。



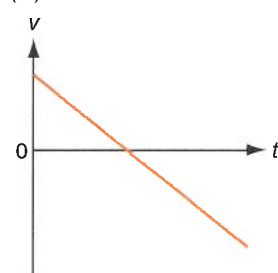
圖 b

下列哪幅圖正確描述球的運動？

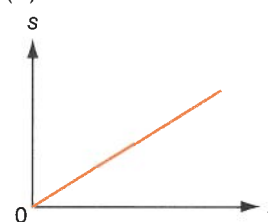
(1)



(2)



(3)



A 只有 (1)

- ☒ B 只有 (1) 和 (2)

C 只有 (2) 和 (3)

D (1)、(2) 和 (3)

- 3 ★ 6 手槍從地面垂直向上射出子彈，子彈在 30 s 後掉回地面。子彈發射時的速率是多少？

A 73.6 m s^{-1}

- ☒ B 147 m s^{-1}

C 294 m s^{-1}

D 552 m s^{-1}

- 3 7 小球從地面以 8 m s^{-1} 垂直向上拋出，天花板離地 3 m 。小球在甚麼時候撞上天花板？

↑ve ↑

$$v = u + at \quad u = 2.45 \text{ m s}^{-1}$$

$$0 = u - 9.81 \times 0.25$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$s = 2.45 \times 0.25 + \frac{1}{2}(-9.81) \times 0.25^2 = 0.307 \text{ m}$$

$$v = u + at$$

$$5 = 200 + (-20)t$$

$$t = 9.75 \text{ s}$$

↑

$$a = g = -9.81$$

$$a = g = -9.81$$

- 3 ★ 8 座頭鯨跳出水面 (圖 c)，到達的最高點與水面相距 3 m 。假設空氣和水的阻力可略去不計。



圖 c

- (a) 座頭鯨離開水面時的速度是多少？ 7.67 m s^{-1} (向上)
 (b) 座頭鯨從水面上升至最高點需要多長時間？ 0.782 s

- 3 ★ 9 煙花在最高點爆發會最燦爛。在一次煙花匯演中，兩枚煙花 X 和 Y 會在不同高度同時爆發 (圖 d)。

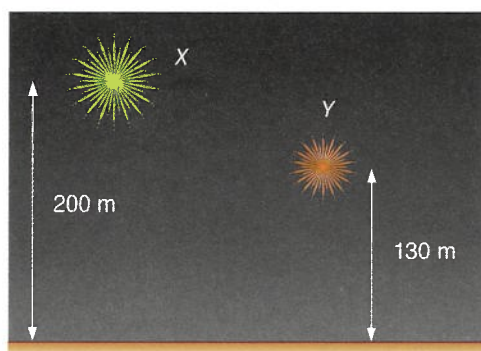


圖 d

- (a) 煙花 X 發射時的速率是多少？ 62.6 m s^{-1}
 (b) 煙花 X 需要多長時間才到達圖中所示的高度？ 6.39 s
 (c) 根據 (a) 部和 (b) 部的結果，制訂一個使煙花 X 和 Y 同時爆發的安排。

- 3 ★ 10 展明在跳彈牀。他在 $t = 0$ 跳起，經過 A 點時的速率是 4 m s^{-1} ，最後在 $t = 1.2 \text{ s}$ 回到彈牀。

- (a) 展明到達的最高點距離彈牀的高度是多少？ 1.77 m
 (b) A 點距離彈牀的高度是多少？ 0.950 m

- 2 ★ 11 蘋果在離地 4 m 的位置從樹上掉下。

- (a) 蘋果下墜至地面需時多久？ 0.903 s
 (b) 求蘋果到達地面前一刻的速率。 8.86 m s^{-1}
 (c) 草繪蘋果在半空下墜期間的速度—時間關係線圖 (取向下為正)。線圖的斜率有甚麼物理意義？
 (d) 一個較重的蘋果從同一高度掉下。試解釋它到達地面前一刻的速率是否與 (b) 部的答案相同。是

- 3 ★ 12 書豪跳射時 (圖 e)，在半空中逗留了 0.8 s 。假設射球動作不會影響書豪在空中的運動。



圖 e

- (a) 他離開地面的最大位移是多少？ 0.785 m
 (b) 他回到地面時的速率是多少？ 3.92 m s^{-1}
 (c) 草繪書豪在跳射過程中的 $v-t$ 線圖。

- 2 ★ 13 美國太空總署的零重力研究中心設在美國俄亥俄州地底 (圖 f)。研究中心有一個鋼鐵製造的真空室，內有一座垂直塔，運載器能在其中自由下落 132 m 後才以減速裝置剎停。



圖 f

- (a) 運載器在零重力裝置內自由下落的時間有多長？ 5.19 s
 (b) 估算運載器的最高速率。 50.9 m s^{-1}
 (c) 草繪運載器在自由下落過程中的 $v-t$ 線圖。

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.94)。

- 31 男孩拉着一車書 (圖 a)。把小車和書看作同一件物體，畫出它的隔離體圖。



圖 a

- 42 圖 b 顯示所有作用於物體的力，求淨力的量值和方向。15 N (向下)

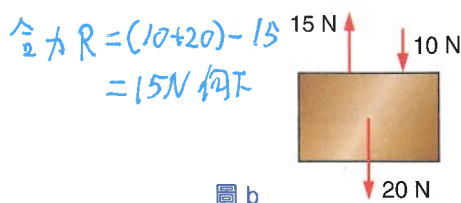


圖 b

習題與思考 3.1

- 1 下列哪一項有關力的敘述**不正確**？

- A 力是矢量。
B 力總是成對地出現。
C 物體必須互相接觸，才能向對方施力。
D 力的單位是牛頓。

- 2 ★ 2 下列哪項敘述是正確的？

- (1) 繩索上的張力總是沿着繩索作用。
(2) 物體只有接觸地面時，才會受重量作用。
(3) 法向力妨礙兩個表面之間的相對運動。
A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (3)
D 只有 (2) 和 (3)

- 3 雅明和家誠如圖示拉着繩子 (圖 a)。

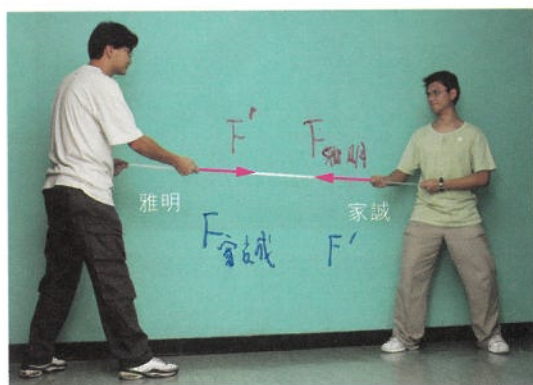


圖 a

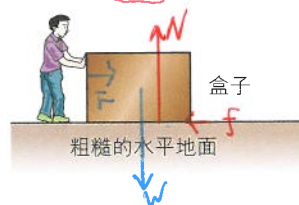
- (a) 在圖中繪畫箭號，表示作用於雅明和家誠的張力。
(b) 作用於雅明和家誠的張力，量值是否相同？ 是

- 4 4 兩道力作用於箱子：它的重量和垂直指向上的力 F 。箱子的重量是 10 N，如果作用於它的淨力是向上 12 N， F 是多少？ 22 N

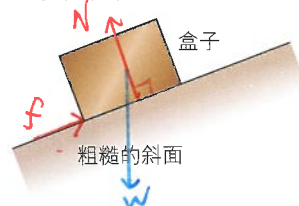
$$F = 10 + 12 = 22 \text{ N}$$

- 3 5 畫出下列盒子的隔離體圖。

- (a) 一個人在粗糙的水平地面推盒子。



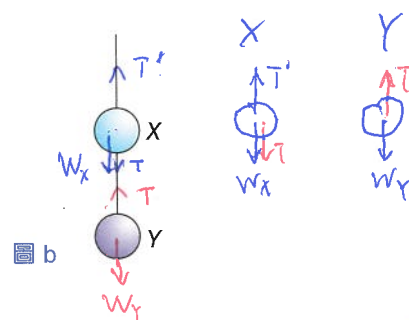
- (b) 盒子在粗糙的斜面靜止不動。



- (c) 盒子在半空中下跌 (空氣阻力可略去不計)



- 3 ★ 6 球 X 和 Y 如圖示般懸掛 (圖 b)。畫出每個球的隔離體圖。



例題 3 慣性與列車的運動

在起點中，向左行駛的列車內有一個乘客。當列車停止不動或以勻速行駛，乘客的情況如圖 a 所示。圖 b 和 c 顯示列車的運動改變時，乘客相對於列車的運動。哪張圖顯示列車 (a) 正在剎停和 (b) 剛開動？



圖 a



圖 b



圖 c

題解

- (a) 列車剎停時速率下降，然而根據慣性，乘客會以原本的速率繼續向左移動（速率較列車高），所以相對於列車，乘客會向左移動。因此，圖 b 顯示列車剎停時的情況。
- (b) 列車剛開動時向左加速，然而根據慣性，乘客會保持靜止（速率較列車低），所以相對於列車，乘客會向右移動。因此，圖 c 顯示列車剛開動的情況。

► 習題與思考 3.2 Q7 (p.107)

進度評估 2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.100）。

- 21 男孩踏着滑板以恆速度沿平緩的斜坡向下滑（圖 a）。



圖 a

下列哪一項敘述是正確的？

- (A) 因為男孩以恆速度移動，所以沒有淨力作用於他。
- B 因為男孩正沿斜坡滑下，所以必然有淨力作用於他。

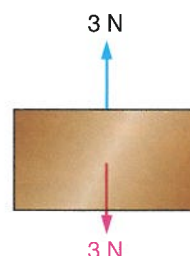
$$F = ma$$

$$\text{當 } a = 0 \Rightarrow F = 0$$

$$F = 0$$

- 22 下列各圖均顯示作用於物體的力，但還欠一道力沒畫出來。已知物體保持靜止或以勻速移動，試畫出剩下的那道力。

(a)



(b)



習題與思考 3.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.100)。

- 1 X 和 Y 是兩輛相同的貨車，X 載着 1000 kg 棉花，Y 載着 1000 kg 鐵。哪輛車的運動狀態較難改變？

A 貨車 X
B 貨車 Y
C 難度相同
D 資料不足，無法確定

- 2 巴士以 70 km h^{-1} 的恆速度向前行駛，計程車以 90 km h^{-1} 的恆速度超越巴士。哪輛車受到不平衡力作用？

A 只有巴士
B 只有計程車
C 巴士和計程車
D 兩者都不受不平衡力作用

$$F_{\text{net}} = 0$$

- 3 拖船以水平的纜繩拉着汽車渡輪，以恆速度向前行航 (圖 a)。如果水施於汽車渡輪的摩擦力是 2000 N，纜繩的張力是多少？



圖 a

A 0
B 1000 N
C 2000 N
D 4000 N

- 4 乒乓球和保齡球以同一速度移動 (圖 b)。哪個較難停下？試解釋答案。保齡球

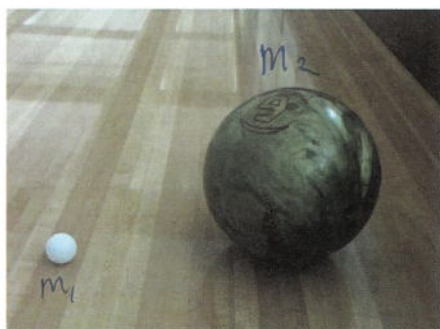


圖 b

- 5 航行者二號 (圖 c) 於 1977 年發射上太空，現距離地球 150 億公里。即使它關掉推進火箭，仍能繼續在太空中前進。試解釋原因。



圖 c

- 6 一片茶葉浮在茶中 (圖 d)。如果沿水平面轉動茶杯，茶葉會跟着轉動嗎？試加以解釋。不會

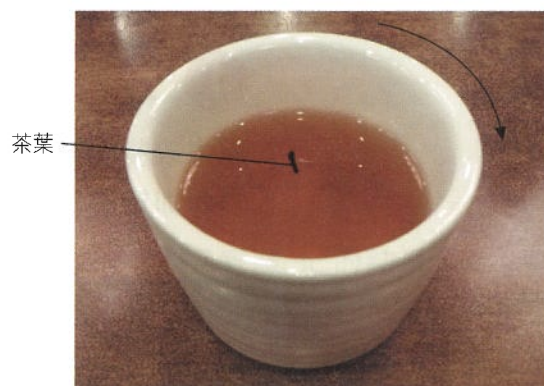


圖 d

- 7 為甚麼乘搭巴士或地鐵時要緊握扶手？

- 8 要用繩索懸掛起重物，以下哪個方法中的繩索會較易斷？試解釋答案。方法 2

方法 1：繩索兩端都繫在重物上 (圖 e)

方法 2：繩索一端固定，另一端繫在重物上 (圖 f)

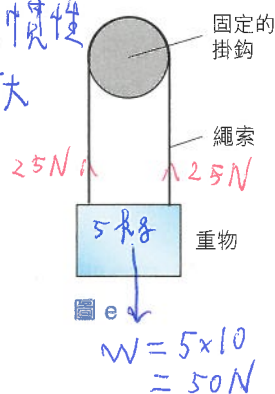


圖 e

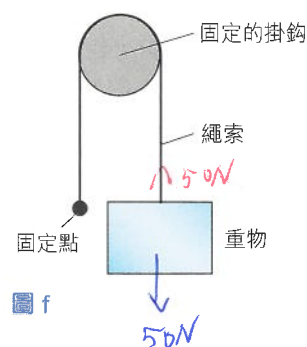


圖 f

例題 5 繩的張力

美珊在練習滑水(圖 a)。她由靜止開始沿直線以 2 m s^{-2} 向左加速，期間她拉着的繩保持水平。她的質量是 55 kg ，與水之間的摩擦力為 100 N 。



圖 a

- (a) 繩的張力是多少？
 (b) 美珊突然放開繩索。假設作用於她的摩擦力保持不變，試描述她剛放手時的運動。

題解

圖 b 是美珊的隔離體圖。

取向左為正。

- (a) 根據 $F = ma$,

$$\begin{aligned} T - f &= ma \\ T &= ma + f \\ &= 55 \times 2 + 100 \\ &= 210 \text{ N} \end{aligned}$$

繩的張力是 210 N 。

- (b) 美珊放手後，摩擦力便成為作用於她的淨力。

根據 $F = ma$,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-100}{55} = -1.82 \text{ m s}^{-2}$$

美珊向左移動，減速度是 1.82 m s^{-2} 。

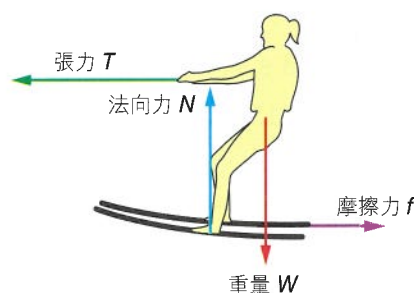


圖 b

第98頁的表 3.1a 把作用力相加來計算淨力 ($F = F_1 + F_2$)，當中所有力都是矢量，本例題則把淨力寫作 $T - f$ ，這裏 f 其實是摩擦力的量值，算式中的減號已處理了摩擦力的方向。

▶ 進度評估 3 Q2 (p.111)

「物理技巧手冊」載有教學筆記及練習。

技巧分析

運用牛頓第二定律解題

- ① 畫出物體的隔離體圖。
- ② 選定哪個方向為正。為方便起見，通常取初速度的方向為正。
- ③ 找出沿這方作用於物體的淨力，垂直於這方向的力一般無須考慮。
- ④ 寫出方程式 $F = ma$ 並代入數字。留意減號已表示 f 的方向。
- ⑤ 找出未知量。

進度評估

3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.108)。

- 21 司機看見交通燈轉為紅燈，便以 3 m s^{-2} 減慢汽車。汽車的總質量是 1500 kg ，作用於汽車的淨力量值是多少？ **4500 N**
- 22 家明和美娟合力推車(圖 a)，家明的推力是 600 N ，美娟的推力是 300 N 。如果道路是水平的，而汽車的質量是 2000 kg ，加速度是向前 0.1 m s^{-2} ，作用於它的摩擦力是多少？ **700 N**



圖 a

技巧分析

解答有關相連物體的題目

- ① 繪畫每個物體的隔離體圖。
- ② 對每個物體應用牛頓運動第二定律。
- ③ 解方程。

另外，也可以把這些物體看作一個整體，並以牛頓運動第二定律計算它的加速度。

「物理技巧手冊」載有教學筆記及練習。

例題 6 相連的物體

- (a) 一道 10 N 的水平力把方塊沿光滑水平地面拉向左方 (圖 a)，方塊的質量為 5 kg。求方塊的加速度 a 。
- (b) 然後，方塊分裂成 X 和 Y 兩部分，X 的質量是 2 kg，Y 的質量是 3 kg。X 和 Y 以不可延伸的輕繩連接，一道 10 N 的水平力把 X 沿光滑水平地面拉向左方 (圖 b)。求 X 的加速度 a_X 和輕繩的張力 T 。

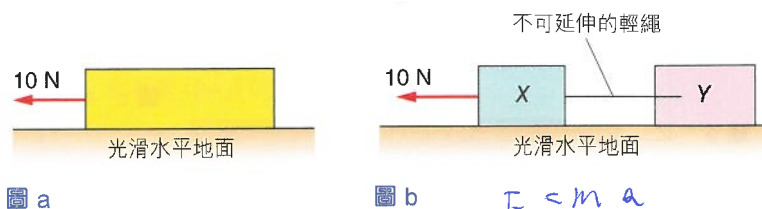


圖 a

圖 b

$$F = ma$$

$$10 = (2+3)a$$

$$a = 2 \text{ m s}^{-2}$$

題解

考慮水平方向，並取向左為正。

- (a) 根據 $F = ma$,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m s}^{-2}$$

- (b) 考慮 X (圖 c)。根據 $F = ma$,

$$10 - T = 2a_X \dots\dots\dots (1)$$

考慮 Y (圖 d)。根據 $F = ma$,

$$T = 3a_Y \dots\dots\dots (2)$$

(1) + (2),

$$10 = 5a_X$$

$$a_X = 2 \text{ m s}^{-2}$$

把 $a_X = 2 \text{ m s}^{-2}$ 代入 (2),

$$T = 3 \times 2 = 6 \text{ N}$$

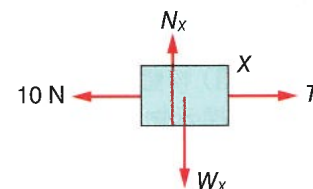


圖 c

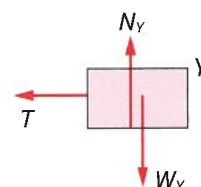


圖 d

▶ 習題與思考 3.3 Q6 (p.114)

因為輕繩不可延伸，所以 X 和 Y 以相同的加速度 a_X 移動。

另外，可把 X 和 Y 看作一個整體。

$$a_X = \frac{F}{m} = \frac{10}{2+3} = 2 \text{ m s}^{-2}$$

張力比施於 X 的力小。在起點中，繩索 P 的張力與 F 大小相同，繩索 Q 的張力則比 F 小，所以 P 會先斷掉。

$$\boxed{R} \xrightarrow{T_2} \boxed{Q} \xleftarrow{T_1} \boxed{P} \xrightarrow{F}$$

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$T_1 > T_2 \quad F > T_1$$

$$P: F - T_1 = m_P a \quad \text{--- ①}$$

$$Q: T_1 - T_2 = m_Q a \quad \text{--- ②}$$

$$R: T_2 = m_R a \quad \text{--- ③}$$

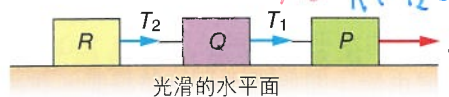
進度評估

4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.108)。

(第 1 至 2 題) 在光滑的水平面，三個相同的物體 P、Q 和 R 以兩條不可延伸的輕繩相連 (圖 a)。力 F 沿水平方向把 P 向右拉，令三個物體一起向右移動。如圖所示，兩條繩的張力是 T_1 和 T_2 。

圖 a



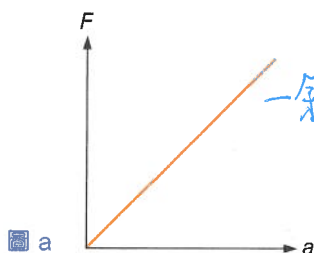
- 2.1 求作用於 P 的淨力。答案以 F 、 T_1 和 T_2 表示。

- 2.2 F 、 T_1 和 T_2 三個力，哪個的量值最小？ T_2

習題與思考 3.3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.108)。

- 1 學生畫出物體的 a - F 關係線圖，其中 a 是物體的加速度， F 是作用於物體的淨力 (圖 a)。物體的質量是 m 。圖線的斜率有甚麼物理意義？



A m^{-2}

B m^{-1}

C m

D m^2

- 2 某人以 50 N 的力推 40 kg 的箱子，箱子便以 0.5 m s^{-2} 加速。作用於箱子的淨力是多少？

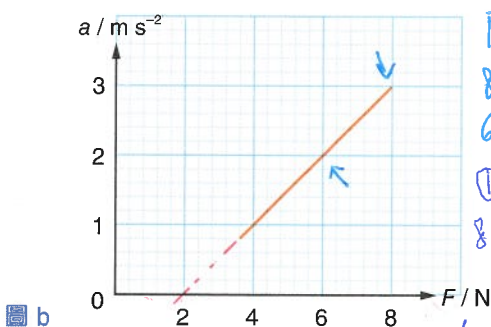
A 20 N

B 30 N

C 40 N

D 50 N

(第 3 至 4 題) 物體置於粗糙的水平面上，受水平力 F 作用。圖 b 顯示物體的加速度 a 怎樣隨 F 變化。作用於物體的摩擦力保持不變。



- 2 ★ 3 估算物體的質量。

A 0.33 kg

B 0.5 kg

C 2 kg

D 3 kg

- 2 ★ 4 估算作用於物體的摩擦力是多少。

A 2 N

B 4 N

C 6 N

D 8 N

- 2 ★ 5 一道 1000 N 的水平力作用於質量為 1500 kg 的汽車，汽車便由靜止開始沿水平直路移動。作用於汽車的摩擦力是 500 N。汽車受力 10 s，期間經過的距離是多少？

A 16.7 m

B 33.3 m

C 50 m

D 100 m

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$F - f = ma$$

$$1000 - 500 = 1500a, a = 0.33 \text{ m s}^{-2}$$

- 2 ★ 6 光滑的水平面上有兩個完全相同的箱子 P 和 Q，它們以不可延伸的輕繩連接 (圖 c)。一道 5 N 的水平力把 P 拉向左方，一道 7 N 的水平力把 Q 拉向右方。

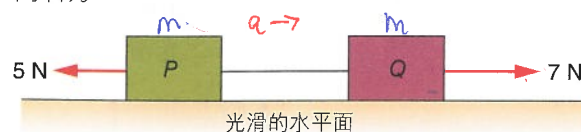


圖 c

$$F_p = ma$$

作用於 P 的淨力量值是多少？

A 1 N

B 2 N

C 12 N

D 無法確定，因為箱子的質量是未知數

- 2 7 汽車沿直路由 72 km h^{-1} 勻減速至停下，制動距離為 40 m。汽車的質量是 1000 kg。

(a) 汽車的加速度是多少？ 5 m s^{-2} (向後)

(b) 作用於汽車的制動力是多少？ 5000 N (向後)

- 2 ★ 8 圖 d 顯示作用於物體的淨力 F 怎樣隨時間 t 變化。在整個過程中，物體沿直線移動。物體的質量是 5 kg，在 $t = 0$ 時是靜止的。試描述物體在 0-30 s 的運動。

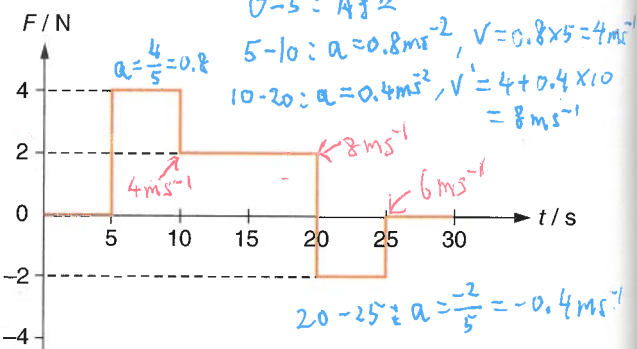


圖 d

$$10 - f = 4 \times 2 \therefore f = 2 \text{ N}$$

- 2 ★ 9 一道 10 N 的水平力把一個 4 kg 的盒子推向右，令它沿水平直路以 2 m s^{-2} 向右勻加速。

(a) 如果力的量值增至 20 N，盒子的加速度是多少？ 4.5 m s^{-2} (向右)

(b) 假設盒子本來是靜止的，20 N 的水平力作用於盒子 5 s，盒子的位移是多少？ 56.3 m (向右)

(c) 試舉出一個方法，令盒子受到這 20 N 水平力推動時加速度變得更大。

$$s = 0 + \frac{1}{2} \times 4.5 \times 5^2 = 56.3 \text{ m}$$

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.115)。

11 下列哪一項是重量的單位？

- A 千克 B 米
 (C) 牛頓 D 瓦特

(第 2 至 4 題) 一個質量為 2 kg 的物體懸掛在彈簧秤上，物體靜止不動。

12 在地球上，彈簧秤的讀數是多少？

- A 0 B 2 N
 C 17.7 N (D) 19.6 N

13 如果彈簧秤和物體都在金星上，秤的讀數會是多少？金星的重力加速度為 8.87 m s^{-2} 。

- A 0 B 2 N
 (C) 17.7 N D 19.6 N

14 如果物體和彈簧秤一起自由下落，秤的讀數會是多少？

- (A) 0 B 2 N
 C 17.7 N D 19.6 N

2 摩擦力

我們走路時腳會向後推，鞋子傾向後滑，所以施於鞋上的摩擦力(即鞋子與地面之間的摩擦力)指向

前。► 摩擦力在生活中不可或缺，擰開水瓶的蓋子需要摩擦力，走路時也要有摩擦力推動我們前進(圖 3.4i)。



圖 3.4i 摩擦力的用途

不過，摩擦力有時也會帶來不便，這時我們便要設法減低摩擦力(圖3.4j)。



(i) 車輪把滑動變為滾動

圖 3.4j 減低摩擦力



(ii) 潤滑油避免兩個表面接觸



(iii) 氣墊隔開船身和水面

進度評估 6

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.115)。

(第 1 至 2 題) 君勇在相同高度放開紙團 X 和平直的紙張 Y (圖 a)，X 和 Y 的質量都是 0.005 kg。它們碰到地面前都達到終端速率。

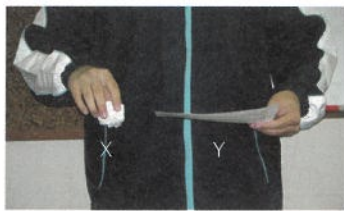


圖 a

3 1 哪張紙先到達地面？X

3 2 X 和 Y 達到終端速率後，作用於它們的空氣阻力是多少？0.0491 N (向上)

2 3 在粗糙的水平面上，箱子受水平力 F 作用 (圖 b)。如果箱子在平面上移動，它們之間的摩擦力就是 25 N。假設箱子原本是靜止的。求以下情況中，箱子與平面之間的摩擦力。

(a) $F = 10 \text{ N}$ 10 N

(b) $F = 20 \text{ N}$ 20 N

(c) $F = 30 \text{ N}$ 25 N

(d) $F = 40 \text{ N}$ 25 N

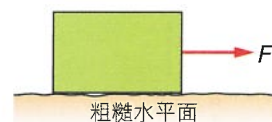


圖 b

習題與思考 3.4

如有需要，取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ ，除特別指明外，空氣阻力可略去不計。

1 1 下列哪一項敘述是正確的？

- A 重量與即是質量。
- B 重量的單位是千克。
- ☒ C 不論在甚麼位置，物體的質量都不變。
- D 不論在甚麼位置，物體的重力都不變。



3 長征三號乙火箭發射時，加速度是 4.09 m s^{-2} (圖 b)。它的質量是 $4.26 \times 10^5 \text{ kg}$ 。它的向上推力有多大？

- A $1.74 \times 10^6 \text{ N}$
- B $2.44 \times 10^6 \text{ N}$
- C $4.18 \times 10^6 \text{ N}$
- ☒ D $5.92 \times 10^6 \text{ N}$



圖 b

2 要量度太空人的質量，不能使用普通的磅，而要使用圖 a 所示的儀器，它會以恆定的力拉動太空人，並量度太空人的加速度。



圖 a

假設這儀器以 23.3 N 的力拉動太空人時，太空人的加速度是 0.321 m s^{-2} 。這太空人的質量是多少？

- A 65.0 kg
- B 69.9 kg
- ☒ C 72.6 kg
- D 74.8 kg

$$F = ma$$

$$23.3 = m \times 0.321$$

$$m = 72.6 \text{ kg}$$

4 質量為 70 kg 的跳傘員張開降落傘，他下跌的速度在 0.8 s 內從 190 km h^{-1} 降低至 100 km h^{-1} 。假設他在這段時間內的減速度是恆定的，作用在他身上的空氣阻力是多少？

- A 788 N
- B 1500 N
- C 2190 N
- ☒ D 2870 N



5 石頭於 $t = 0$ 由靜止開始在水中下沉，於 $t = T$ 達到終端速率。下列哪項敘述是正確的？

- (1) 由 $t = 0$ 至 $t = T$ 期間，作用於石頭的淨力指向上。
- (2) 過了時間 T 之後，石頭的重量變為零。
- (3) 石頭在 $t = 0$ 至 $t = T$ 期間加快下沉。

- ☒ A 只有 (3)
- B 只有 (1) 和 (2)
- C 只有 (1) 和 (3)
- D (1)、(2) 和 (3)

$$a > 0$$

- 1 6 日常生活中，我們會說「糖果重 1 千克」。在物理學範疇，這句話卻是不恰當的。恰當的說法應該是怎樣？

- 3 7 雨點從天上掉下時，受兩道力 A 和 B 作用（圖 c）。



圖 c

- (a) 寫出力 A 和 B 的名稱。 A ：重量、 B ：空氣阻力
(b) 為甚麼雨點下跌一段時間後，會以勻速運動？

- 2 ★ 8 力 F 在粗糙的桌面上拉木箱，使它沿直線移動（圖 d）。

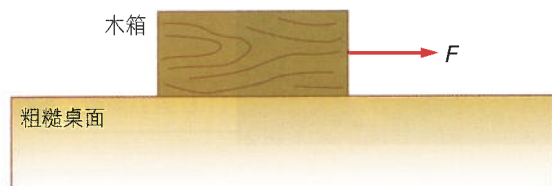


圖 d

- (a) 繪畫木箱的隔離體圖。
(b) 當 F 等於 3 N，木箱以勻速移動。作用於木箱的摩擦力是多少？3 N
(c) 如果 F 等於 5 N，木箱的加速度是 2 m s^{-2} ，且摩擦力等於 (b) 部的答案，求木箱的質量。1 kg

- 1 ★ 9 在下列情況中，利用天平量度物體的質量，所得的結果與在地球表面的相同嗎？試扼要解釋。

- (a) 在木衛一（木星的衛星）表面（圖 e）相同

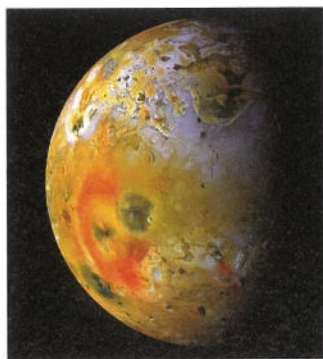


圖 e

- (b) 在向上勻加速的直升機中 相同
(c) 在自由下落的密閉艙中 天平不能正常運作。

- 1 ★ 10 偉民把質量為 1 kg 的小車放在光滑的水平面上，並以輕繩連接方塊（圖 f）。起初他捉着小車，令小車靜止不動。

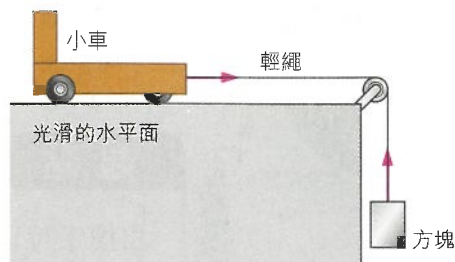


圖 f

- (a) 在圖中繪出作用於小車和方塊的張力指向哪個方向。
(b) 偉民放開小車後，繩子的張力是 4 N。
(i) 方塊的加速度是多少？ 4 m s^{-2} （向下）
(ii) 方塊的質量是多少？0.688 kg

- 1 ★ 11 女孩在升降機內用彈簧秤吊着一個 1.2 kg 的砝碼。在下列情況中，秤的讀數是多少？

- (a) 升降機靜止不動。11.8 N
(b) 升降機下降，加速度為向下 1.5 m s^{-2} 。9.97 N
(c) 升降機以恆速率下降。11.8 N
(d) 升降機下降，加速度為向上 0.5 m s^{-2} 。12.4 N

- 3 ★ 12 芝姬從離地 6000 m 的飛機跳下（圖 g），在離地 2000 m 時張開降傘。假設她從靜止開始垂直下跌，而空氣阻力不能略去不計。



圖 g

- (a) 繪畫芝姬張開降傘前的隔離體圖。
(b) 描述 (a) 部的力怎樣隨時間改變。
(c) 描述芝姬張開降傘前的運動。
(d) 草繪由芝姬跳出機艙直至張開降傘的 $v-t$ 關係線圖。求線圖下的面積。4000 m

進度評估

7

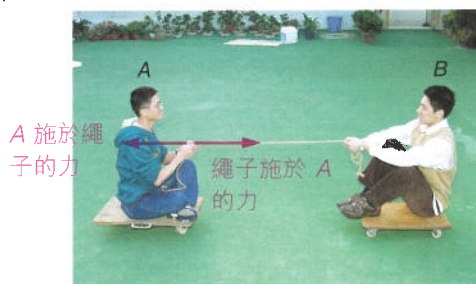
✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.128)。

21 標繪在下列情況中產生運動的作用力—反作用力對。

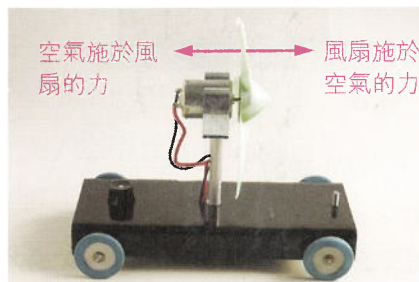
(a) 玩具車在卡紙上行駛



(b) A 和 B 拉繩時會移動



(c) 風扇開動後，小車便會移動



1, 2 2 在光滑的水平面上，物體 X 和 Y 互相緊貼，水平力 F 作用於 X (圖 a)。繪畫 X 和 Y 各自的隔離體圖，並據此寫出一對作用力和反作用力。

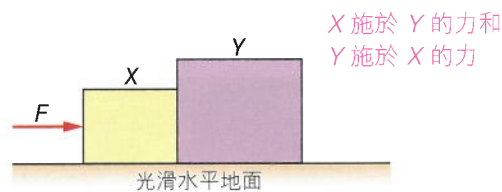


圖 a

習題與思考 3.5

如有需要，取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ ，除特別指明外，空氣阻力可略去不計。

(第 1 至 2 題) 如圖 a 所示，力 F 作用於桌面上的書本 (圖 a)。

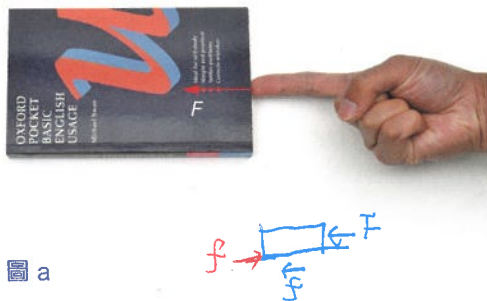


圖 a

2 1 下列哪一項是作用力—反作用力對? *pair*

- A 力 F 和作用於書本的摩擦力
- B 力 F 和作用於桌面的摩擦力
- C 書本的重量和桌面作用於書本的法向反作用力
- ☒ D 作用於書本的摩擦力和作用於桌面的摩擦力

1 2 若第 1 題中的「作用力」消失，「反作用力」會怎樣？

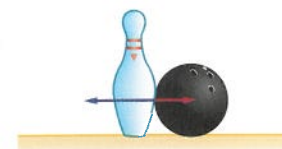
- A 仍作用於物體
- B 稍後消失
- ☒ C 即時消失
- D 量值逐漸減至零

1, 2 3 下列哪一幅圖正確顯示碰撞時作用於球瓶和保齡球的力？

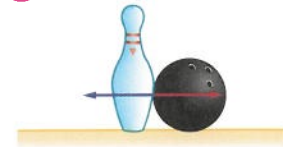
A



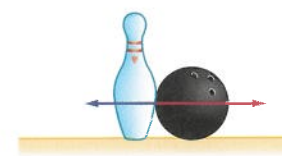
B



☒ C



D



- ★ 4 在光滑水平面上，三個木塊 X、Y 和 Z 放在一起，力 F 作用於 X (圖 b)。



圖 b

以下哪項敘述是正確的？

- (1) Y 作用於 Z 的力與 F 相等。
 (2) Y 作用於 Z 的力，量值與 Y 作用於 X 的力相等。
 (3) X 作用於 Y 的力，量值與 Y 作用於 X 的力相等。

- A 只有 (3) B 只有 (1) 和 (2)
 C 只有 (2) 和 (3) D (1)、(2) 和 (3)

- 1 5 跳水時，為甚麼用力蹬跳台可向前跳出 (圖 c)？



圖 c

- 1 6 汽車前進時，車輪施於地面的力指向哪個方向？為甚麼汽車會向前移動？

向後

- ★ 7 男子向上跳起。試比較地面作用於他的法向反作用力與他的重量。這種情況是否有違牛頓運動第三定律？不是

- ★ 8 玩具車 B 在光滑水平面上靜止不動，玩具車 A 被推了一下後，以 1.2 m s^{-1} 撞向玩具車 B (圖 d)。碰撞時，玩具車 B 加速了 0.5 s ，平均加速度為 3 m s^{-2} 。玩具車 A 的質量是 3 kg ，玩具車 B 則是 1 kg 。

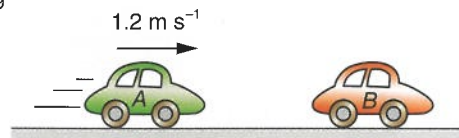


圖 d

- (a) 碰撞時，玩具車 A 作用於玩具車 B 的平均力是多少？ 3 N (向右)
 (b) 碰撞時，玩具車 B 作用於玩具車 A 的平均力是多少？ 3 N (向左)
 (c) 求玩具車 A 在碰撞後的速度。 0.7 m s^{-1} (向右)

- ★ 9 一個人從地面乘搭升降機上升。

1, 2

- (a) 繪畫乘客和升降機各自的隔離體圖。
 (b) 乘客的質量為 65 kg ，升降機的質量為 200 kg 。升降機以 0.6 m s^{-2} 的加速度上升。
 (i) 分開考慮乘客和升降機，找出升降機鋼纜的張力。 2760 N
 (ii) 把乘客和升降機看作一個整體，找出升降機鋼纜的張力。 2760 N

歷史點滴

力和運動的理論發展

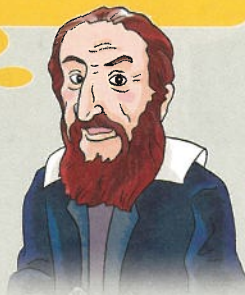
要物體以恆速率移動，就須對它施以恆定不變的力……

根據我所想像的實驗 (伽利略假想實驗)，阿里士多德可能錯了。如果物體移動時不受干擾，會繼續以同一速率移動……

必須對物體施「力」，才能改變它的運動。讓我研究一下力與物體的質量、加速度有甚麼關係……



阿里士多德 (384–322 BC)



伽利略 (1564–1642)



牛頓 (1642–1727)

牛頓頗準確地描述了力與運動的關係。可是，後來的科學家發現，牛頓定律在極高速 (接近光速) 時出現偏差。愛因斯坦 (1879–1955) 提出狹義相對論，更準確地描述在極高速時力與運動的關係。

時至今日，科學家仍然努力不懈，修正現有的物理理論和定律。

例題 2 作用於攀石運動員的淨力

考慮起點提及的攀石運動員（圖 a）。在圖 b 中，所有作用於他（圖中 C 點）的力都按比例繪出，試以作圖法找出作用於他的淨力。

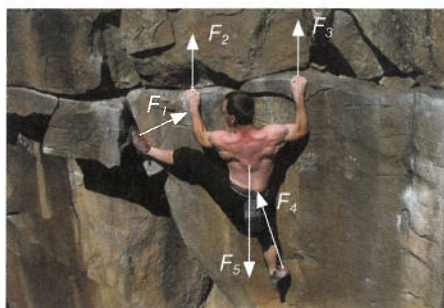


圖 a

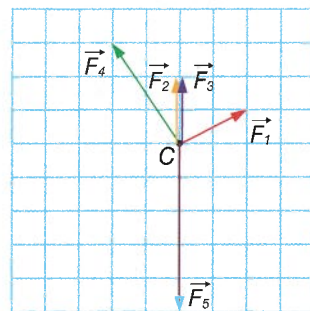
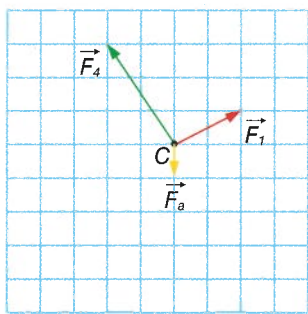


圖 b

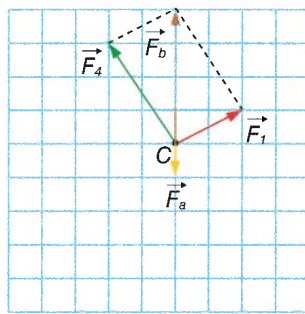
圖 a 中的箭號不依比例繪畫。

題解

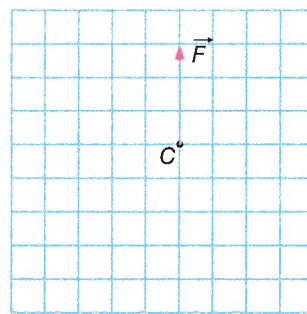
作用力相加的先後次序不限，因此，可以先處理平行力，再處理不平行力。



① $\vec{F}_2$ 、 $\vec{F}_3$ 和 $\vec{F}_5$ 相加，得出 $\vec{F}_a$ 。



② $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_a$ 相加，得出 $\vec{F}_b$ 。



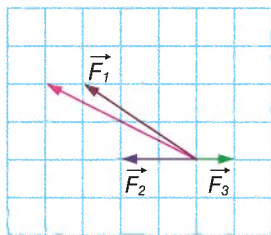
③ $\vec{F}_b$ 和 $\vec{F}_4$ 相加，得出淨力 $\vec{F}$ 。

▶ 進度評估 1 Q1 (p.152)

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.150）。

11 在圖 a 中畫出合力，並找出它的量值。2.23 N



比例：1 cm = 1 N

圖 a

12 如圖 b 所示，兩根繩索拉着一棵大樹。若每根繩索的張力是 120 N，求作用於大樹的合力量值。

- A 120 N
- B 170 N**
- C 195 N
- D 240 N

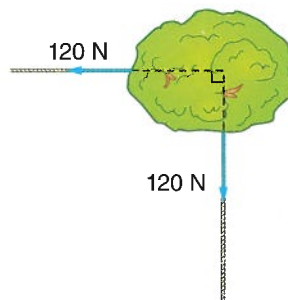


圖 b



模擬程式 4.3

→ 模擬程式 4.3 顯示怎樣將力分解成兩個互相垂直的分量。

2 力的分解

假若兩道力既不平行又不垂直，怎樣用代數法找出它們的合力呢？要解答這個問題，先要學習如何將力分解。

兩道力既然可以合成一道，一道力當然也可以**分解**成兩道，而這兩道力對物體的整體影響，相等於原本的力對物體的影響。分解出來的力稱為**分量**。我們通常會把力分解成互相垂直的分量。

考慮圖 4.1f，要找出力 $\vec{F}$ 沿 x 軸和 y 軸的分量，只要以 $\vec{F}$ 為對角線繪畫長方形，長方形兩條鄰邊便是分量 $\vec{F}_x$ 和 $\vec{F}_y$ 。

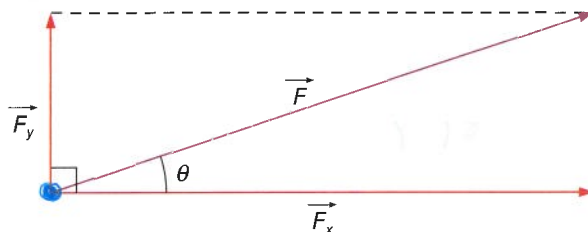


圖 4.1f 把力分解成兩個互相垂直的分量

只有兩個分量互相垂直時，才能使用這個方法。▶ 利用代數法，可找出圖 4.1f 中各分量的量值。

提醒學生如果把力分解為兩個並非互相垂直的分量，這些分量的量值會很難計算。

$$\frac{F_x}{F} = \cos \theta \Rightarrow F_x = F \cos \theta \quad \text{鄰邊}$$

$$\frac{F_y}{F} = \sin \theta \Rightarrow F_y = F \sin \theta \quad \text{對邊}$$

例題 3 以代數法將力分解

女孩以 10 N 的力拉小狗（圖 a），繩索跟水平的夾角為 30° 。拉力的水平分量是多少？

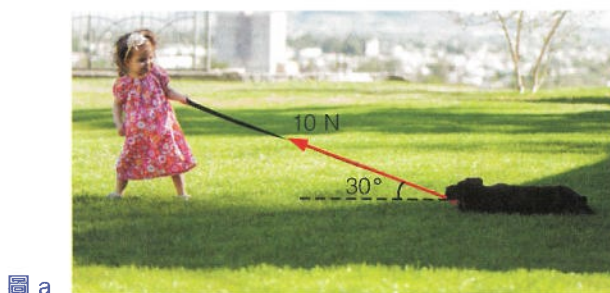
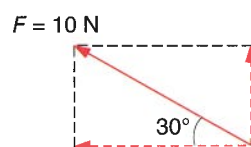


圖 a

題解

$$\begin{aligned} \text{拉力的水平分量} &= F \cos 30^\circ \\ &= 10 \cos 30^\circ \\ &= 8.66 \text{ N} \end{aligned}$$

圖 b



▶ 進度評估 2 Q1 (p.154)

「物理技巧手冊」載有教學筆記及練習。

技巧分析

斜面的角度

例題 4 圖 b 中的 β 為甚麼等於 25° ？

考慮一個放在斜面上的木塊。

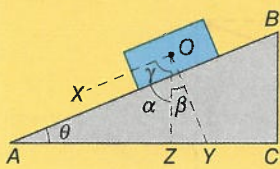
$$OX \parallel AB \Rightarrow \gamma = \alpha$$

$$OX \perp OY \Rightarrow \beta = 90^\circ - \gamma$$

$$OZ \perp AC \Rightarrow \theta = 90^\circ - \alpha$$

$$= 90^\circ - \gamma$$

$$= \beta$$

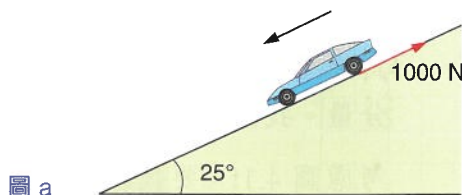


除了垂直和水平兩個方向之外，力亦可以沿其他方向分解。這方向通常視物體的移動方向而定。

可在這處講解補償摩擦作用。把跑道傾斜，令小車重量沿跑道的分量與摩擦力相抵銷，跑道就具有補償摩擦作用。這時，如果推小車一下，小車就會以勻速率沿跑道下滑。本書第 108 頁介紹過補償摩擦作用跑道。

例題 4 重量沿斜坡的分量

質量為 1200 kg 的汽車駛下斜坡，斜坡與水平的夾角為 25° ，作用於汽車的總阻力是 1000 N (圖 a)。



- (a) 求汽車重量沿斜坡方向的分量。
(b) 沿斜坡作用於汽車的合力是多少？

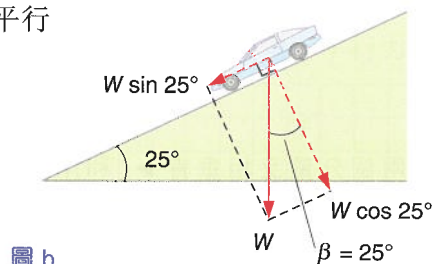
題解

- (a) 圖 b 顯示汽車的重量 W ，以及它平行斜坡和垂直斜坡的分量。

$$\begin{aligned} \text{重量沿斜坡的分量} &= W \sin 25^\circ \\ &= 1200 \times 9.81 \times \sin 25^\circ \\ &= 4980 \text{ N} \end{aligned}$$

- (b) 取沿斜坡向下的方向為正。

$$\begin{aligned} \text{合力} &= 4980 - 1000 \\ &= 3980 \text{ N} \end{aligned}$$

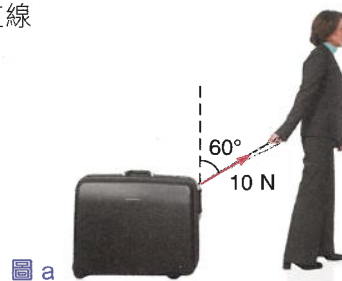


進度評估 2 Q2 (p.154)

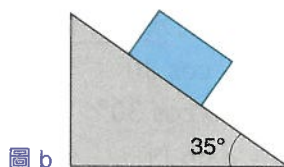
進度評估 2

各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.150)。

- 21 某人以 10 N 的力拉行李箱 (圖 a)，施力與垂直線的夾角為 60° 。求施力的水平分量。8.66 N



- 22 重量為 15 N 的木塊在斜面上靜止不動 (圖 b)。求木塊重量垂直於斜面的分量。12.3 N



我們可以用實驗去驗證這個力的加法。



錄像片段 4.2

→ 錄像片段 4.2 示範實驗 4a。



實驗 4a

力的合成

- 1 如圖 a 設定實驗裝置，把橡筋固定於 X 點。
- 2 用兩個彈簧秤將橡筋拉到量角器的中心點 O 。記錄彈簧秤的讀數，以及角度 a 和 b 。

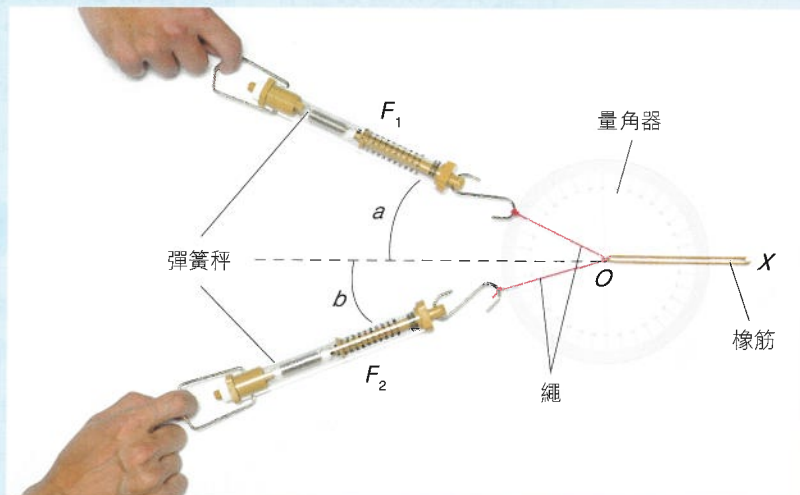


圖 a

- 3 以代數法或作圖法找出 F_1 和 F_2 的合力。
- 4 重複以上步驟，以不同的力度及角度將橡筋拉到 O 點。

討論

F_1 和 F_2 的合力每次都相同嗎？相同

為甚麼每次實驗都要將橡筋拉到 O 點？

這確保每次實驗中橡筋的拉力都相同。

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.150）。

- 1 圖 a 中作用於粒子的合力，量值是多少？指向哪個方向？
- 2 6.36 N (向右， x 軸以上 87.6°)

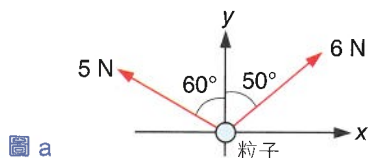


圖 a

- 12 兩道 5 N 的力作用於同一點，合力的量值也是 5 N。這兩道力之間的夾角是多少？ 120°
- [提示：這兩道力與合力形成一個等邊三角形]

- 3 重量為 20 N 的箱子滑下斜面（圖 b），作用於箱子的摩擦力是 8 N，斜面與水平之間的夾角是 30° 。沿斜面作用於箱子的淨力是多少？
- 2

[提示：摩擦力指向哪個方向？]

2 N (沿斜面向下)

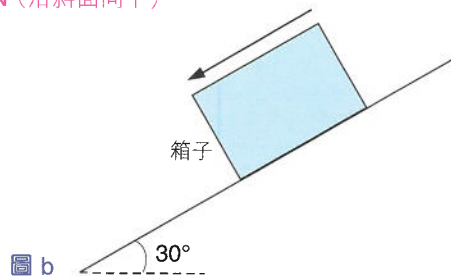


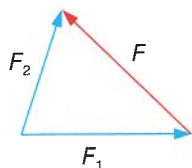
圖 b

習題與思考 4.1

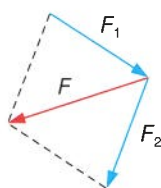
✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.150)。

11 以下哪幅圖正確顯示 F_1 和 F_2 的合力 F ?

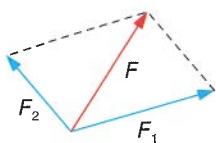
(1)



(2)



(3)



A 只有 (2)

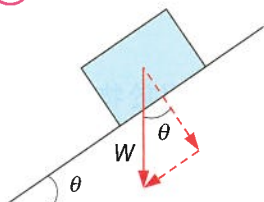
B 只有 (3)

C 只有 (1) 和 (2)

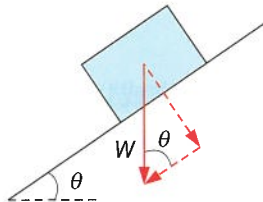
D 只有 (2) 和 (3)

22 重量為 W 的物體置於斜面上。以下哪一幅圖正確顯示 W 與斜面平行和垂直的分量 (以虛線表示)?

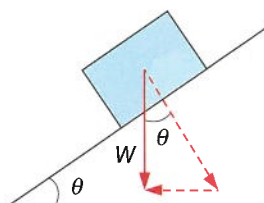
A



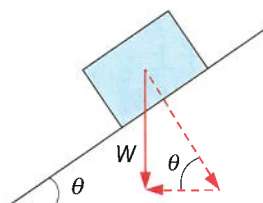
B



C

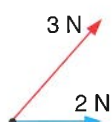


D



1★3 如下圖所示，一道 2 N 和一道 3 N 的力以不同方式作用於同一點。把這四個情況按合力的量值由小至大排列。

(1)



(2)



(3)



(4)



A (1)、(3)、(2)、(4)

B (1)、(4)、(2)、(3)

C (4)、(1)、(2)、(3)

D (4)、(2)、(1)、(3)

★4 一道 3 N 和一道 4 N 的力相加後，合力的量值不可能是

1, 2

A 0 N。

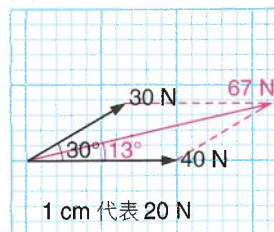
B 1 N。

C 4 N。

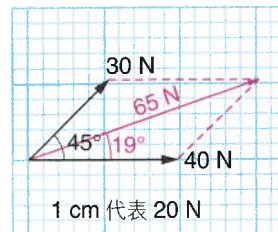
D 7 N。

15 用作圖法找出下列各對力的合力。

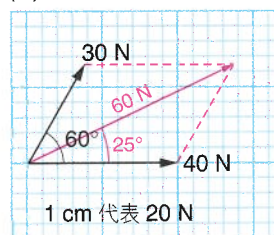
(a)



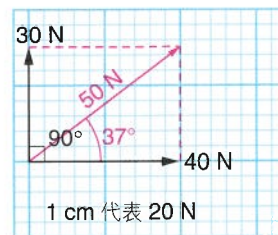
(b)



(c)

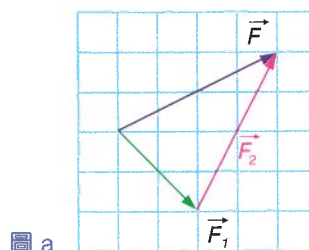


(d)



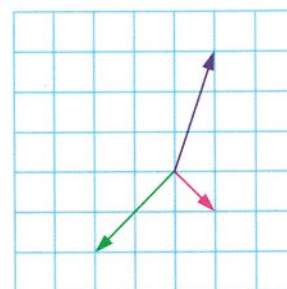
1, 2 6 用代數法找出第 5 題中各對力的合力。

67.7 N (12.8°)、64.8 N (19.1°)、60.8 N (25.3°)、50 N (36.9°)

17 力 $\vec{F}$ 是 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的合力，圖 a 顯示了 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}$ 。在圖 a 畫出 $\vec{F}_2$ 。

a

1★8 三道力作用於同一物體，它們的合力為零。圖 d 顯示了其中兩道力，試在圖中畫出第三道力。



d

例題 8 以作圖法找出作用力

木板以兩根繩子懸掛(圖 a)，靜止不動。圖 b 以正確比例顯示木板的重量 $\vec{W}$ 和張力 $\vec{T}_1$ 。

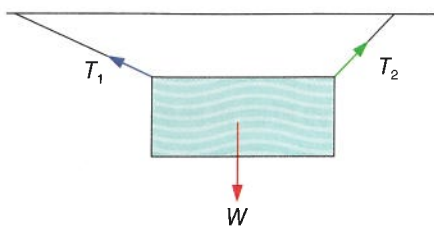


圖 a

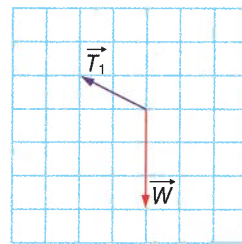


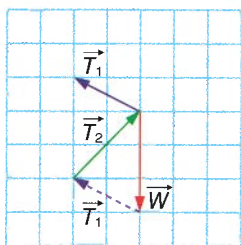
圖 b

(a) 以作圖法畫出 $\vec{T}_1$ 和 $\vec{W}$ 的合力。

(b) 在 (a) 的圖中畫出張力 $\vec{T}_2$ 。

另解：

以首尾連接法把這 3 道力加起來，會畫出一個三角形，由此可輕易畫出 $\vec{T}_2$ 。



題解

(a) $\vec{T}_1$ 和 $\vec{W}$ 的合力可用力的平行四邊形法則找出(圖 c)。

(b) 因為木板靜止，所以作用於它的淨力是零，即 $\vec{T}_2$ 抵銷了合力 $\vec{T}_1 + \vec{W}$ ，因此， $\vec{T}_2$ 的量值與 $\vec{T}_1 + \vec{W}$ 相同，但方向相反(圖 c)。

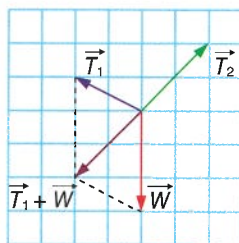


圖 c

進度評估 4 Q2 (p.160)

進度評估 4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.158)。

- 11 質量為 2 kg 的木塊以勻速滑下粗糙斜面，斜面與水平的夾角是 30° (圖 a)。求斜面施於木塊的法向反作用力。17.0 N

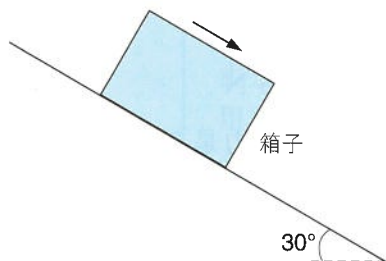


圖 a

- 12 圖 b 中，物體受四道力作用，因而靜止不動。

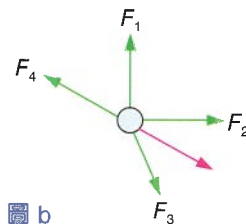


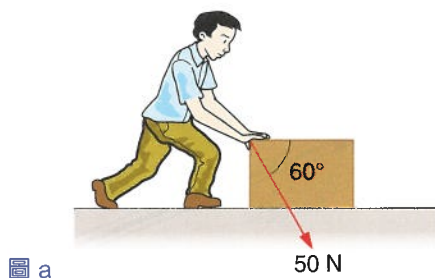
圖 b

突然，力 F_4 消失而其他三道力維持不變。在它消失的一刻，作用於物體的淨力指向哪個方向？在圖 b 畫出這道淨力的方向。

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.158)。

- 21 一個人以 50 N 的力推動地上的盒子 (圖 a)，這力與水平的夾角是 60° 。盒子的質量為 25 kg，它與地面之間的摩擦力為 20 N。盒子的加速度是多少？ 0.2 m s^{-2} (向右)



- 22 盒子沿粗糙斜面滑下，斜面與水平的夾角為 30° (圖 b)，盒子的質量為 2 kg，加速度為 0.5 m s^{-2} 。求盒子和斜面之間的摩擦力。

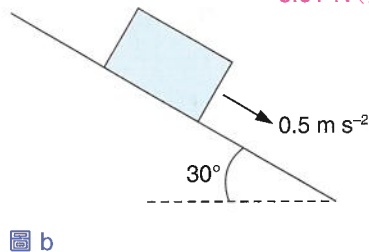
 8.81 N (沿斜面向上)

圖 b

習題與思考 4.2

如有需要，取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ ，除特別指明外，空氣阻力可略去不計。

(第 1 至 2 題) 質量為 2 kg 的木塊被推了一下之後，沿粗糙的斜面向上移動 (圖 a)，移動一段距離後停下。木塊沿斜面上移時，兩者之間的摩擦力為 10 N。

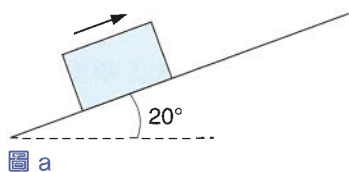
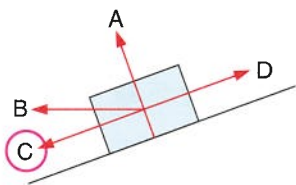


圖 a

- 21 木塊沿斜面上移的時候，作用於它的淨力指向哪個方向？



- 12 木塊在斜面上靜止不動時，作用於它的摩擦力是多少？
- (A) 6.71 N
B 7.14 N
C 10 N
D 18.4 N

- 2★3 兩條纜繩懸着總重量為 1000 N 的鋼材 (圖 b)，每條的張力為 600 N。鋼材的加速度是多少？

- (A) 0.385 m s^{-2} (向上)
B 1.96 m s^{-2} (向上)
C 0.0392 m s^{-2} (向下)
D 3.92 m s^{-2} (向下)

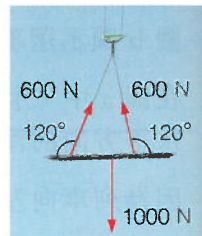


圖 b

- 2★4 三道力 F_1 、 F_2 和 F_3 作用於同一物體，圖 c 顯示 F_1 和 F_2 ，以及物體加速度 a 的方向。

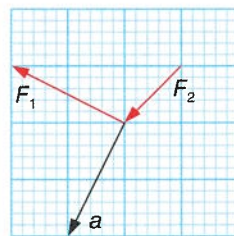


圖 c

以下哪一幅圖最能代表 F_3 ？

- (A) B
C D

- 1★5 三道力作用於同一物體時，該物體靜止不動。下列哪項必定是正確的？

- (1) 三道力互相平行。
- (2) 三道力的量值相同。
- (3) 任何兩道力的合力，必定與第三道力的方向相反。

- A 只有 (1) **B 只有 (3)**
C 只有 (1) 和 (3) D 只有 (2) 和 (3)

- 1,2★6 一輛汽車掉入溝渠。司機用繩索把汽車緊緊地繫於大樹上，然後以 500 N 的力拉繩索的中央，圖 d 顯示汽車剛開始移動的一刻。求繩索的張力。**1440 N**

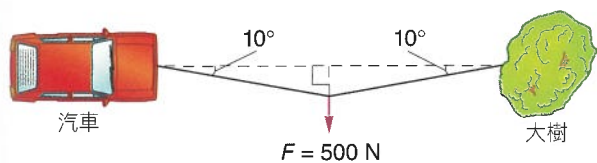


圖 d

- 1★7 小狗想走開，但卻給狗帶繫在欄杆上。在圖 e 所示的一刻，牠靜止不動。

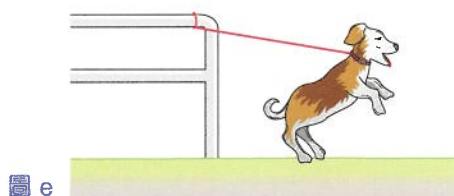


圖 e

- (a) 繪畫狗的隔離體圖。
- (b) 地面作用於狗的摩擦力指向哪個方向？試扼要解釋。**向右**

- 2★8 蒲公英種子隨風飄揚（圖 f）。在某一時刻，作用於一顆種子的風力是 6×10^{-3} N，方向與垂直線成 35° 。這種子的質量為 0.4 mg。

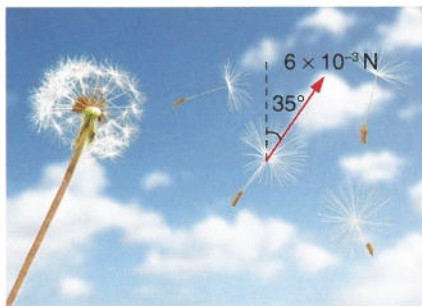


圖 f

- (a) 作用於這種子的淨力，量值是多少？指向哪個方向？ **3.58×10^{-3} N (與垂直線成 73.9°)**
- (b) 這種子的加速度是多少？ **8.95 m s^{-2} (與垂直線成 73.9°)**

- 2★9 圖 g 中的是 V-22 魚鷹式傾轉旋翼機，它安裝了可以改變方向的轉子，因此能夠垂直起飛和降落。假設它負載後的總質量是 20 000 kg。



圖 g

- (a) 這飛機降落時轉子會垂直指向上。如果它垂直向下移動，並以 1 m s^{-2} 減速，轉子產生的力是多少？**176 000 N (向上)**

- (b) 假設飛機起飛。在某一時刻，轉子斜指向上，產生一道 210 000 N 的上升力，這道力與垂直線的夾角為 20° (圖 g)。求飛機的加速度。

3.59 m s^{-2} (向左，水平線以上 0.906°)

- 2★10 女孩握着風箏的線往前跑（圖 h），風箏線與水平的夾角為 20° ，張力為 5.8 N。空氣施於風箏的力為 6.2 N，方向為水平之上 30° 。風箏的質量是 100 g。所有的力都在同一平面之上。求風箏的加速度。 **1.58 m s^{-2} (向右，水平線以上 59.1°)**

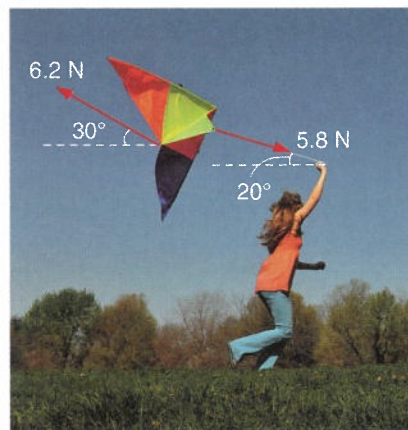


圖 h

- 1,2★11 質量為 2 kg 的小車給輕推一下後，以恆速率滑下斜面。

- (a) 若斜面與水平的夾角是 10° ，作用於小車的摩擦力是多少？**3.41 N (沿斜面向上)**
- (b) 小車重量平行於斜面的分量，與小車施於斜面的摩擦力，兩者是否作用力—反作用力對？試解釋答案。**不是**
- (c) 若斜面與水平的夾角變為 30° ，小車滑下斜面時的加速度是多少？假設摩擦力與 (a) 部的答案相同。 **3.20 m s^{-2} (沿斜面向下)**

距離

矩。
小。
0)。

0

用的
 θ ，

時，

例題 1 推門

男孩以量值為 10 N 的力推門。這道門可向前後兩個方向打開，圖 a 至 c 是它的俯視圖，力 F 對門鉸產生不同的力矩。求這三幅圖中力矩的量值和方向。

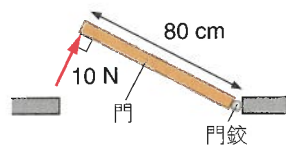


圖 a

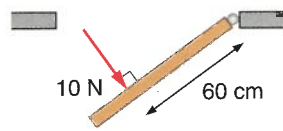


圖 b

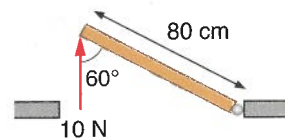
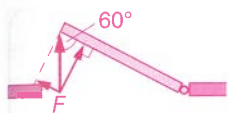


圖 c

提醒學生下圖中力的分量位置有誤，力的分量須與原來的力施於同一位置。



題解

在圖 a 中， $\tau = Fd = 10 \times 0.8 = 8\text{ N m}$ (順時針)

在圖 b 中， $\tau = Fd = 10 \times 0.6 = 6\text{ N m}$ (逆時針)

在圖 c 中， $\tau = Fd = 10 \times (0.8 \times \sin 60^\circ) = 6.93\text{ N m}$ (順時針)

圖 c 的另一解法：

可把力分解，並以垂直於門的分量來計算力矩 (圖 d)。

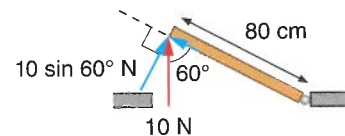


圖 d

$$\begin{aligned}\tau &= Fd = (10 \sin 60^\circ) \times 0.8 \\ &= 6.93\text{ N m (順時針)}\end{aligned}$$

進度評估 1 Q1, 2 (p.181)

注意：

- 1 把力分解時，不能改變力的作用點。(即圖 d 中箭頭的位置)
- 2 力與門平行的分量不會對門鉸產生任何力矩。

起點 提及用工具打開金屬罐的蓋。要把蓋打開，須對這工具施加力矩，工具愈長，矩臂 d 愈長，產生力矩所需的力 F 也就愈小 (圖 5.1e)。

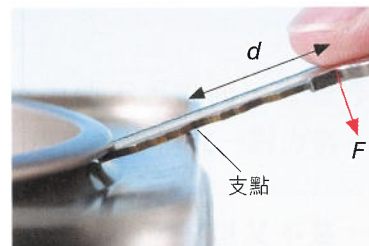


圖 5.1e 以鑰匙打開罐蓋

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.178)。

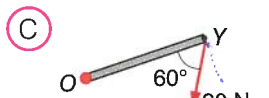
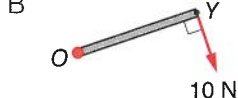
1 1 下列哪幅圖中，對 O 點的力矩最大？

已知：OX = 25 cm，OY = 50 cm

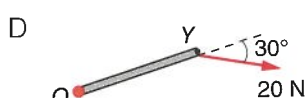
A $20 \times 0.25 = 5\text{ N m}$



B $10 \times 0.5 = 5\text{ N m}$



$20 \sin 60^\circ \times 0.5$
 $= 8.67\text{ N m}$



$20 \sin 30^\circ \times 0.5$
 $= 5\text{ N m}$

1 2 學生想用扳手鬆開螺帽 (圖 a)。扳手長 25 cm，他能施於扳手的力最大為 100 N，而鬆開螺帽所需的最小力矩為 30 N m。他可以鬆開螺帽嗎？

不可以

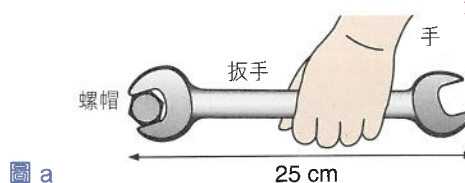


圖 a

$100 \times 0.25 = 25\text{ N m}$

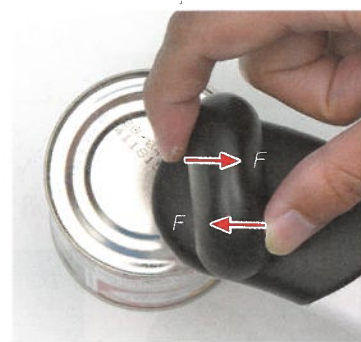
力偶可令物體轉動。我們在日常生活中經常會應用力偶，圖 5.1h 顯示數個例子。



(i) 轉動軚盤



(ii) 轉動扭蛋機轉鈕



(iii) 轉動罐頭刀把手

圖 5.1h 力偶的應用

進度評估

2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.178)。

- 2 1 A 和 B 兩人比賽，一人把轉輪按順時針方向推，另一人則按逆時針方向推 (圖 a)。計算淨力矩，看看誰勝誰負。 B

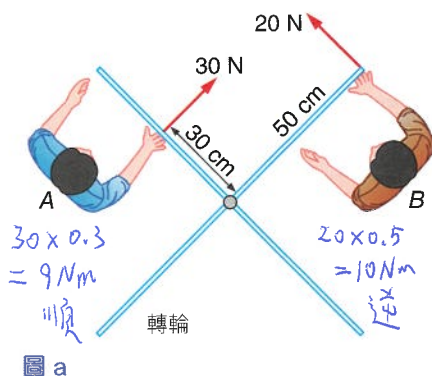
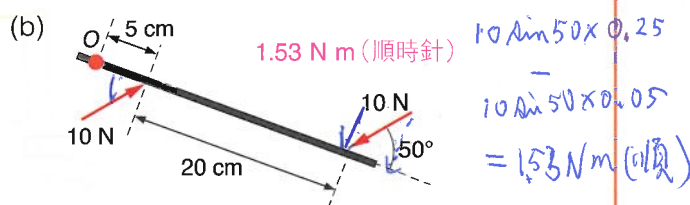
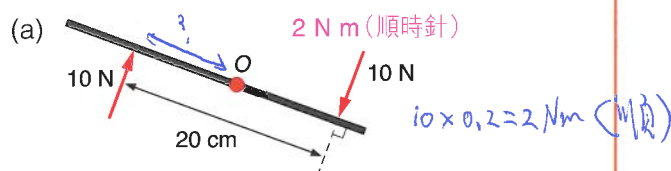


圖 a

- 3 2 在以下情況中，找出力偶對 O 點的力矩。



[提示：兩道力之間的垂直距離是多少？]

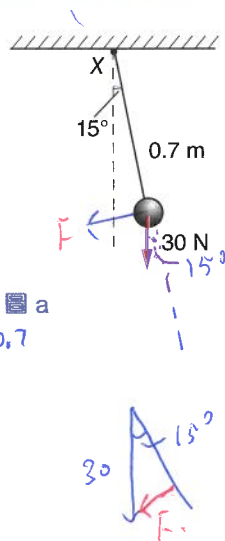
$$10 \sin 50^\circ \times 0.2 = 1.53 \text{ Nm}$$

習題與思考 5.1

- 1 1 擺球的重量為 30 N，懸垂在長 0.7 m 的繩子末端 (圖 a)。在圖示的一刻，重力對懸垂點 X 產生的力矩量值是多少？

- (A) 5.44 N m
B 5.63 N m
C 20.3 N m
D 21 N m

30 sin 15° × 0.7
= 5.44 Nm



- 3 2 李先生對軚盤施加一對力偶，令汽車往左轉。軚盤的直徑是 20 cm，李先生每隻手施於軚盤的力為 5 N。作用於軚盤的力偶最大量值是多少？向哪個方向？

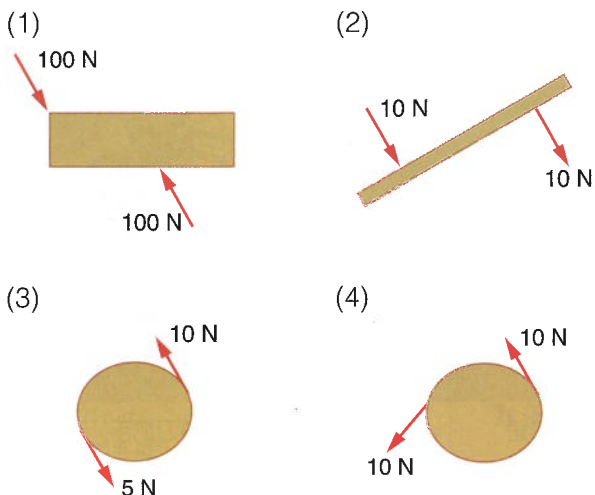
最大量值

方向

- A 1 N m 順時針
B 1 N m 逆時針
C 2 N m 順時針
(D) 2 N m 逆時針

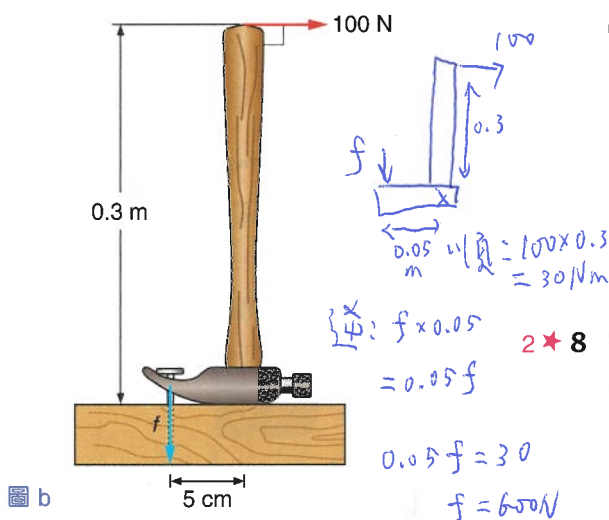
$$5 \times 0.2 = 2 \text{ Nm}$$

3 3 以下哪些力構成力偶？



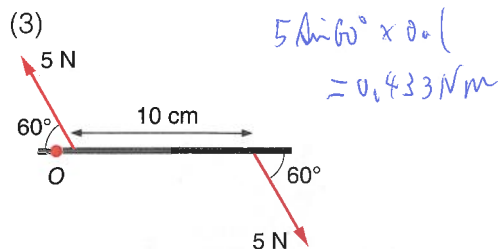
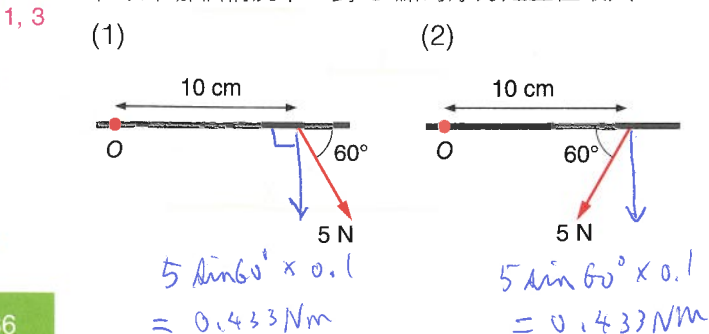
- (A) 只有 (1)
 (B) 只有 (1) 和 (4)
 (C) 只有 (2) 和 (3)
 (D) (1)、(2)、(3) 和 (4)

2★4 工人使用鐵鎚從木板上起出一根釘子(圖 b)。他在手柄末端施加一道垂直於手柄的 100 N 力時，釘子開始移動。木板作用於釘子的阻力 f 是多少？假設鐵鎚施於釘子的力與 f 平行。



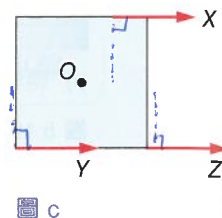
- (A) 1.5 N
 (B) 30 N
 (C) 35 N
 (D) 600 N

★5 在以下哪個情況中，對 O 點的淨力矩量值最大？

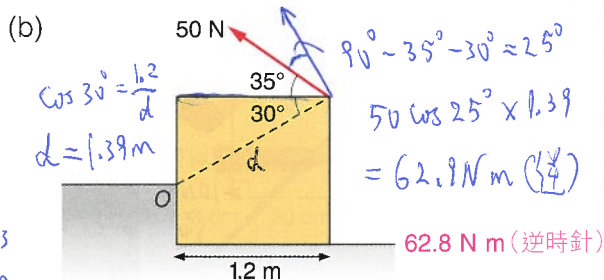
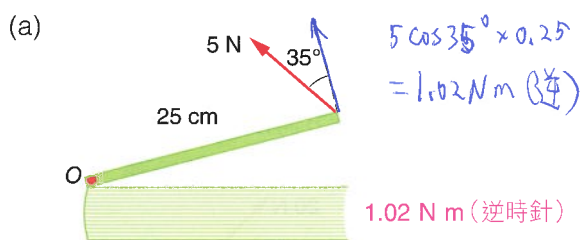


- (A) (1)
 (B) (2)
 (C) (3)
 (D) 三個情況的力矩相同

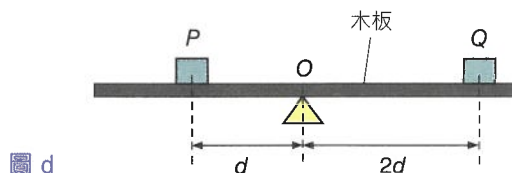
1 6 如圖 c 所示，三道量值相同的力 X 、 Y 和 Z 作用於一個正方形的物體， O 點是物體的中心。哪道力對 O 點的力矩最大？
 三道力的力矩相同



1★7 在以下情況中，作用力對 O 點的力矩是多少？



2★8 物體 P 和 Q 放在木板兩邊，三角形木塊在 O 點支撐着木板(圖 d)，令木板保持平衡。 P 與 O 的距離為 d ， Q 與 O 的距離為 $2d$ ， P 的質量是 m ，木板的質量可略去不計。

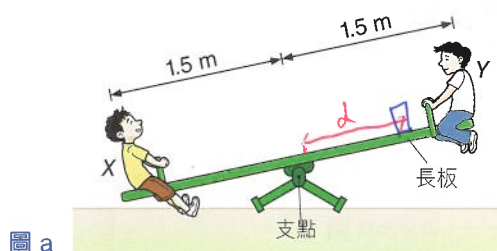


- (a) 繪畫 P 和木板各自的隔離體圖。
 (b) 在 (a) 的各道力中，寫出一對作用力和反作用力。
 (c) 證明 P 施於木板的力等於它的重量。
 (d) 求 Q 的質量，答案以 m 表示。

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.187)。

(第 1 至 2 題) 男孩 X 和 Y 在玩蹺蹺板(圖 a), X 的質量是 30 kg, Y 的質量是 28 kg, 他們都距離支點 1.5 m。蹺蹺板並非處於平衡狀態。假設蹺蹺板的長板十分輕。



$$28 \times 1.5 + 10 \times d = 30 \times 1.5$$

$$d = 0.3 \text{ m}$$

$$R = (30 + 28 + 10) \times 9.8 = 667 \text{ N}$$

- 1 1 質量為 10 kg 的書包應放在哪個位置, 才能令蹺蹺板平衡? 支點右方 0.3 m
- 1 2 書包放上長板後, 支點施於長板的力是多少? 667 N (向上)

2 重心

這裏假設物體不同位置的 g 值是不變的, 因此重心和質心的位置相同。

你能像圖 5.2b 所示一樣, 用指頭托起硬幣或直尺嗎? 怎樣可以做到? 是否任何物件都能夠只用一個支撐點來托起?

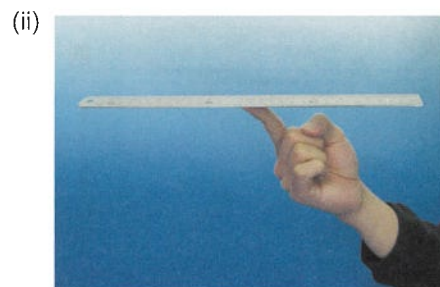


圖 5.2b 只靠一個支撐點托起 (i) 硬幣, (ii) 直尺

以下片段中, 參賽者巧妙運用物體的重心, 可謂神乎其技。

<http://www.youtube.com/watch?v=U0YOFw74N1s>



每個剛體都有一個稱為**重心**(簡稱 c.g.) 的固定點, 剛體的全部重量好像都作用於這一點。如果作用於剛體的力只有它的重量和一個量值相同的向上支持力, 只要這支持力與剛體的重心位於同一直線, 剛體便能保持平衡(圖 5.2c)。



圖 5.2c 舞者的平衡

例題 7 平衡的樹幹

重 300 N 的猴子在倒下的樹幹上走動。在 X 點和 Y 點有兩塊石頭承托着樹幹，令它保持水平（圖 a）。樹幹重 240 N，重心距離 X 點 0.4 m。猴子想採摘香蕉，在保持樹幹不翻側的情況下，牠最多可以從 X 點向左走多遠？

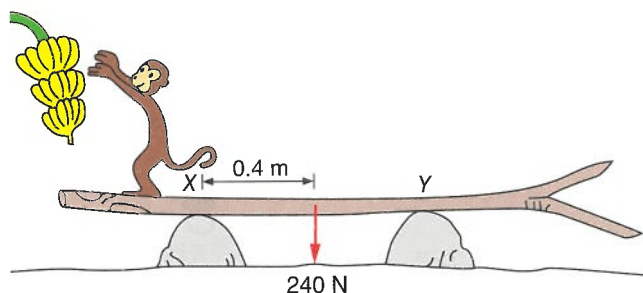


圖 a

題解

設猴子與 X 點之間的最遠距離為 d 。

樹幹即將翻側前，Y 點的石頭作用於樹幹的法向反作用力是零。

對 X 點計算力矩。

順時針合力矩 = 逆時針合力矩

$$240 \times 0.4 = 300d$$

$$d = 0.32 \text{ m}$$

猴子最多可走到離 X 點 0.32 m 的位置。

► 複習 Q18 (p.203)

如果猴子走得太近樹幹左端，樹幹會沿 X 點以逆時針方向翻側，所以 Y 點的石頭作用於樹幹的法向反作用力是零。

進度評估 4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.187）。

（第 1 至 2 題）工人站在靜止不動的高空工作台中央（圖 a），工作台寬 3 m，質量是 500 kg，重心位於中央。工人的質量是 70 kg。

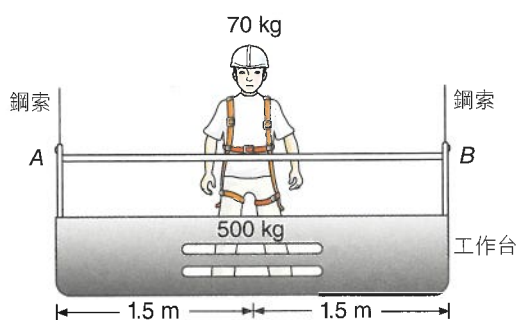


圖 a

1, 2 1 工作台由兩根鋼索吊着，求每根鋼索的張力。

[提示：這情況是對稱的。] 2800 N $(500+70) \times 9.81$

1, 2 2 工人隨後向 B 走了 1 m，求每根鋼索的張力。

[提示：對 A 點或 B 點計算力矩。] $T_A = 2570 \text{ N}$
 $T_B = 3020 \text{ N}$

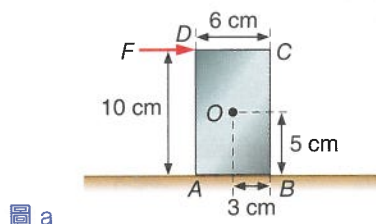
2 3 把卡紙剪成甚麼形狀，可以令它的重心位於卡紙以外的位置？試畫出一個例子。例如「C」形

1, 2 4 是非題：如果作用於物體的力只有它的重量和一道向上的力，當這向上的力與物體的重心位於同一直線，物體便必定處於平衡狀態。（對 / 錯）

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.187）。

- 1 方塊 $ABCD$ 置於粗糙水平面（圖 a），重量是 20 N ，重心位於 O 點。一道力 F 作用於方塊的 D 點。要令方塊沿 B 點翻倒， F 的量值最小是多少？假設方塊不會沿平面滑動。 6 N



[提示：方塊翻倒時， B 點是方塊與水平面之間唯一的接觸點。]

- 2 是非題：如果把物體在重心的位置切成兩半，這兩半的質量必定相同。（對 / 錯）

生活中的物理

保持平衡的方法

高的物體較易翻倒。常見避免翻倒的方法有：加闊基底、降低重心，以及利用平衡錘。



外伸腳架可增闊基底



全球最高建築物哈里發塔，基底寬闊，重心低矮



平衡錘的力矩抵銷負載的力矩



平衡錘既降低籃球架的重心，它的力矩又可抵銷籃板的力矩

習題與思考 5.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.187)。

- 1 1 跷跷板的一邊坐了兩個女孩 X 和 Y，另一邊則坐了一個男孩 (圖 a)。如果跷跷板不轉動，女孩 Y 的重量是多少？

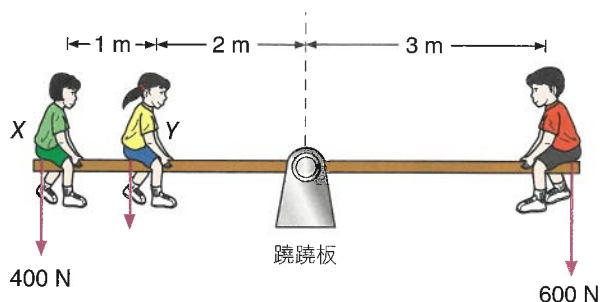


圖 a

- A 200 N B 300 N
C 400 N D 600 N

- 1, 2 ★ 2 均勻的木棒放在一個支點上 (圖 b)，棒長 50 cm，重量是 20 N。一道與棒成 40° 夾角的力 F 作用於 P 點，令棒保持平衡。求 F 。

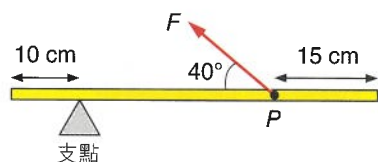
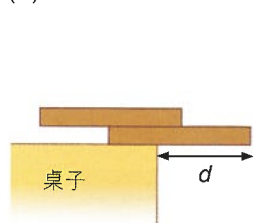


圖 b

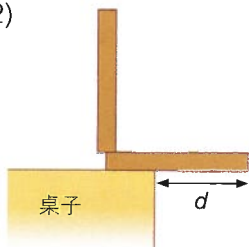
- A 8.57 N B 12 N
C 15.7 N D 18.7 N

- 1, 2 ★ 3 兩個相同的木塊置於桌子邊沿而沒有翻倒。在以下哪個情況中， d 的值最大？

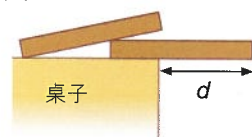
(1)



(2)



(3)



- A 只有 (2) B 只有 (3)
C 只有 (1) 和 (2) D (1)、(2) 和 (3)

- 1 ★ 4 作用於物體的淨力是零。下列哪項敘述必定正確？

- (1) 對物體任何一點，淨力矩都是零。
(2) 物體處於平衡狀態。
(3) 物體不會移動到另一個地方。

- A 只有 (3) B 只有 (2) 和 (3)
C (1)、(2) 和 (3) D 以上皆不是

- 2 5 潔雯扶着放在桌子邊沿的直尺 (圖 c)，放手後直尺便掉下 (圖 d)。試扼要解釋直尺為甚麼會掉下來。

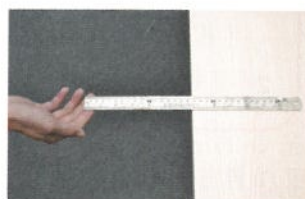


圖 c



圖 d

- 2 ★ 6 富榮身體柔軟，可彎身用手觸摸腳尖 (圖 e)。如果他貼牆而立 (圖 f)，還能夠做出相同的動作嗎？試扼要解釋。不能



圖 e



圖 f

- 2 ★ 7 不倒翁的重心很低，底部是圓形的，被推倒後可以自動豎立起來 (圖 g)。試畫圖顯示不倒翁傾側時它與地面的接觸點以及它的重心，並解釋為甚麼它可以自動豎立起來。



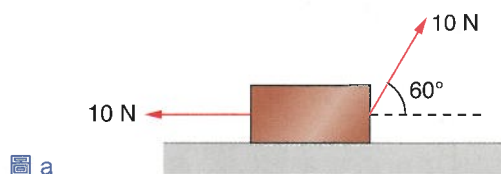
圖 g

- 2 ★ 8 考慮作用於物體的力矩，解釋以下現象。

- (a) 雙層巴士的上層禁止站立。
(b) 把物體吊起來，它靜止的時候，重心位於懸掛點的正下方。

例題 2 物體獲得的能量

如圖 a 所示，物體受兩道 10 N 的力作用，由靜止開始沿粗糙水平面移動。作用於物體的摩擦力是 1 N。對物體所作的總功是 8 J 時，物體的位移是多少？



題解

取向左為正。

摩擦力的方向與物體的運動方向相反。

由於淨力指向左，所以物體向左移動，作用於物體的摩擦力則指向右（圖 b）。

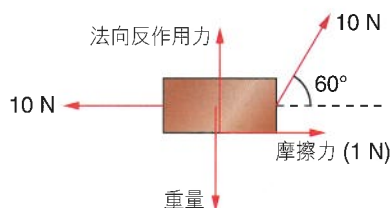


圖 b

沿水平面的淨力 $F_{//} = 10 - 10 \cos 60^\circ - 1 = 4 \text{ N}$ (指向左)

$$\text{總功} = F_{//} s$$

$$8 = 4s$$

$$s = 2 \text{ m}$$

物體的位移是 2 m (向左)。

▶ 進度評估 1 Q1 (p.212)

進度評估 1

✓ 題號旁的數字對應本節重點（參看 p.208）。

3 1 參考例題2中的物體（圖 a）。它向左移動了 2 m。

完成下表。

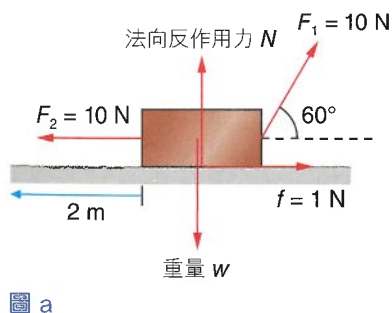


圖 a

功	大小	物體獲得還是失去能量？
由 F_1 導致	10 J	— 失去能量
由 F_2 導致	20 J	+ 獲得能量
由 f 導致	2 J	— 失去能量
由 N 導致	0	⊙ 能量不變
由 w 導致	0	⊙ 能量不變
總功	8 J	+ 獲得能量

習題與思考 6.1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.208)。

取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ 。

- 1 1 以下哪一道力**沒有**做功？
 A 在粗糙地面拉動袋子的力
 B 纜索向上拉動升降機的張力
 (C) 晾衣繩子的張力
 D 雪橇從斜坡滑下時所受的摩擦力
- 1 2 下列哪一項**不是**功的單位？
 A J
 (B) J s^{-1}
 C N m
 D $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
- 1★3 下列哪項有關功的敘述是正確的？
 (1) 功是標量。
 (2) 功是由力所導致的能量轉移。
 (3) 如果物體移動時受力作用，這力必定會做功。
 A 只有 (2)
 (B) 只有 (1) 和 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)
- 2★4 一道向上的力量值為 1.2 N ，作用於氦氣球上，令它沿傾斜的天花板移動(圖 a)。

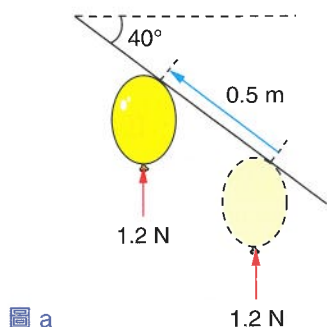


圖 a

當氣球沿天花板移動了 0.5 m ，這道力作了多少功？

- (A) 0.386 J
 B 0.460 J
 C 0.600 J
 D 0.715 J
- 3 5 木塊置於粗糙的水平面上，受 8 N 的力 F 作用，並移動了 3 m 。作用於木塊的摩擦力 f 為 4 N 。所有作用於木塊的力，共作了多少功？ 12 J

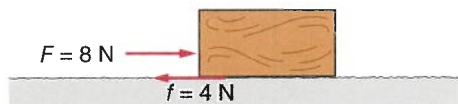


圖 b

- 2 6 井內有一桶水，質量為 9 kg ，村民以恆速度把它垂直拉起。如果拉力作了 500 J 的功，該桶水的移動距離是多少？ 5.66 m
- 2 7 展明把箱子以恆速率垂直抬高 0.8 m ，箱子的質量是 10 kg 。
 (a) 求展明所作的功。 78.5 J
 (b) 隨後，他捧着箱子站着不動。
 (i) 求他在 2 分鐘內對箱子所作的功。 零
 (ii) 如果他長時間捧着箱子，會感到疲倦嗎？ 會
- 2★8 如圖 c 所示，志輝拉着 10 kg 的雪橇走了 1.6 m ，期間施於雪橇的力量值為 15 N ，方向與水平成 50° 角。他對雪橇作了多少功？ 15.4 J



圖 c

- 3★9 玉嬋推着質量為 15 kg 的嬰兒車，以恆速度沿平路走了 5 m (圖 d)。她施於嬰兒車的力量值為 12 N ，方向與水平成 40° 角。

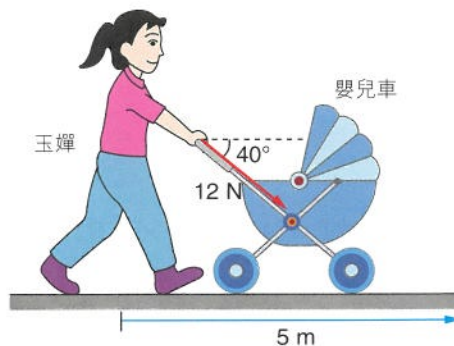


圖 d

- (a) 繪畫嬰兒車的隔離體圖。
 (b) 求作用於嬰兒車的摩擦力。 9.19 N
 (c) 對嬰兒車作的總功是多少？ 零
 (d) 嬰兒車獲得了多少能量？ 零

例題 4 動能變化與淨力

汽車沿水平直路勻加速，速率由 30 km h^{-1} 增加至 50 km h^{-1} ，所經過的距離是 15 m 。已知汽車的質量是 1600 kg ，求它加速時所受的淨力。

題解

淨力所作的功 = 動能的變化

$$Fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$\Rightarrow F = \frac{1}{2s}m(v^2 - u^2) = \frac{1}{2 \times 15} \times 1600 \left[\left(\frac{50}{3.6} \right)^2 - \left(\frac{30}{3.6} \right)^2 \right] = 6580 \text{ N}$$

汽車所受的淨力是 6580 N 。

▶ 進度評估 2 Q2 (p.216)

進度評估 2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.214）。

- 1 1 電子的動能是 $2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$ ，質量是 $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。它的速率是多少？
 $2.18 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$
- 1 2 男孩推了一下，玩具車便在水平的地面上沿直線移動。玩具車的質量為 500 g ，初速率為 80 cm s^{-1} ，所受的摩擦力為 0.4 N 。玩具車移動了 30 cm 後，速率是多少？ 0.4 m s^{-1}

2 勢能

勢能有不同種類，以下會介紹兩種：**彈性勢能** (EPE) 和 **重力勢能** (GPE)。

a 彈性勢能

拉長、擠壓或扭曲物體時，它所具有的能量稱為彈性勢能（圖 6.2c）。



圖 6.2c (i) 拉長的橡筋、(ii) 壓扁的足球、(iii) 彎曲的長桿都具有彈性勢能

例題 5 箱子的勢能

永康把質量為 2 kg 的箱子由地面提上桌面，桌面離地 0.8 m (圖 a)。取箱子在地面的勢能為零。

- 求箱子在 (i) 地面、(ii) 桌面時的勢能。
- 箱子由地面上升至桌面時，獲得多少勢能？
- 現在取箱子在桌面的勢能為零，(a)、(b) 部的答案會有甚麼變化？

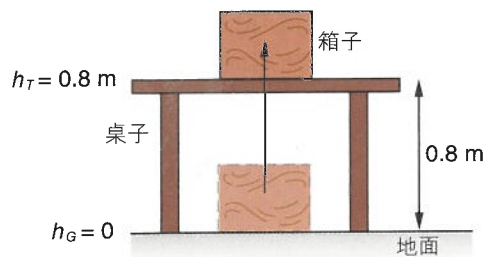


圖 a

題解

- (i) 箱子在地面的勢能 $= mgh_G = 2 \times 9.81 \times 0 = 0$
 (ii) 箱子在桌面的勢能 $= mgh_T = 2 \times 9.81 \times 0.8 = 15.7\text{ J}$
- 獲得的勢能 $= mgh_T - mgh_G = mg(h_T - h_G) = 2 \times 9.81 \times 0.8 = 15.7\text{ J}$
- 地面現處於參考高度以下 0.8 m ，即 $h_G = -0.8\text{ m}$ 。

箱子在地面的勢能 $= mgh_G = 2 \times 9.81 \times (-0.8) = -15.7\text{ J}$

箱子在桌面的勢能 $= mgh_T = 2 \times 9.81 \times 0 = 0$

(a) 部的答案變得較小。

獲得的勢能 $= mgh_T - mgh_G = mg(h_T - h_G) = 2 \times 9.81 \times 0.8 = 15.7\text{ J}$

(b) 部的答案維持不變。

▶ 進度評估 3 Q2 (p.218)

進度評估 3 ✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.214)。

- 2 1 詠芝和曉林分別乘搭巴士和山頂纜車到山頂 (圖 a)。如果二人的質量相等，誰獲得較多勢能？
 相同



圖 a

- 2 2 如圖 b 所示，寶儀滑下滑梯。若她的質量為 20 kg ，她損失了多少勢能？ **392 J**
 [提示：損失的勢能 $= mgh = ?$]

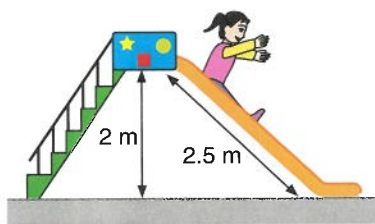


圖 b

習題與思考 6.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.214)。

- 2 1 惠芳去遠足，走了 5 km 的路程後，所處的位置比起點高 150 m。若她的質量為 50 kg，她的重力勢能增加了多少？

A 7500 J
 (B) 73 600 J
 C 2.5×10^5 J
 D 2.45×10^6 J

- 1 ★ 2 警察正在追捕賊人。賊人的質量是警察的 2 倍，但兩者的動能相等。求警察與賊人的速率比。

A $1 : \sqrt{2}$ B $1 : 2$
 (C) $\sqrt{2} : 1$ D $2 : 1$

- 1 ★ 3 下列哪項有關動能的敘述是正確的？

(1) 物體的動能可以是負數。
 (2) 較快的物體總比較慢的物體具有較高動能。
 (3) 物體若靜止不動，動能就必定等於零。

(A) 只有 (3)
 B 只有 (1) 和 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)

- 2 ★ 4 下列哪項有關勢能的敘述是正確的？

(1) 可以任意選取物體勢能為零的參考高度。
 (2) 當物體從一處移動到另一處，它的勢能變化與移動的路徑無關。
 (3) 位置較高的物體必定比位置較低的物體具有較多勢能。

A 只有 (2)
 (B) 只有 (1) 和 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)

- 2 5 一道力把彈簧拉長 (圖 a)，所作的功會儲存到彈簧內，成為彈簧的彈性勢能。若以平均為 12 N 的力把彈簧拉長 8 cm，會有多少能量儲存到彈簧內？

0.96 J



圖 a

- 1 6 蒼蠅的動能是 5×10^{-4} J，質量是 80 mg，求牠的飛行速率。 3.54 m s⁻¹

- 1 ★ 7 一道 20 N 的力作用於粗糙水平面上的箱子，這道力與水平的夾角為 30° (圖 b)。箱子與平面之間的摩擦力為 10 N。這道力把箱子拉動 4 m 後，箱子的動能增加了多少？ 29.3 J

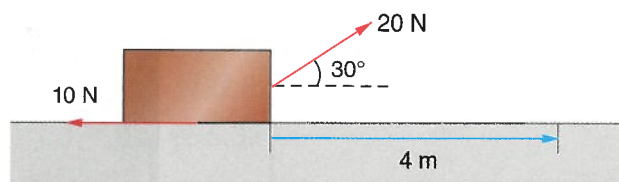


圖 b

- 2 ★ 8 志毅的質量是 75 kg。他從懸崖頂部跳進海裏 (圖 c)。取他在水面的勢能為零。



圖 c

志毅站在懸崖頂部時，勢能為 15 kJ。他跳進水裏後，最低到達水面以下 4 m 的深度。

- (a) 求懸崖的高度。 20.4 m
 (b) 求志毅降至水面以下最低點時的勢能。 -2940 J
 (c) 求志毅在跳水過程中勢能的最大變化。 -17 900 J
 (d) 假如取志毅在懸崖頂部的勢能為零，(c) 部的答案會有甚麼改變？ 不變

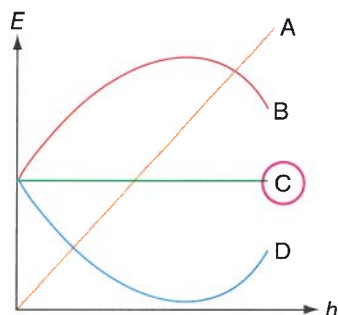
- 2 ★ 9 一物體從靜止垂直下墜。

- (a) 草繪線圖，顯示物體的勢能 (PE) 怎樣隨移動的距離 (d) 變化。
 (b) (i) 草繪 PE 對時間 t 的關係線圖。
 (ii) 在同一幅圖上，草繪當物體的質量減半，PE 對 t 的關係線圖。

進度評估 4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.220)。

- 1 1 世平把籃球垂直向上拋出。假設空氣阻力可略去不計。下列哪一條圖線正確顯示籃球動能和勢能的總和 (E) 隨所處高度 (h) 的變化?



- 1 2 圖 a 顯示女孩盪鞦韆時所到達的最低點與最高點。

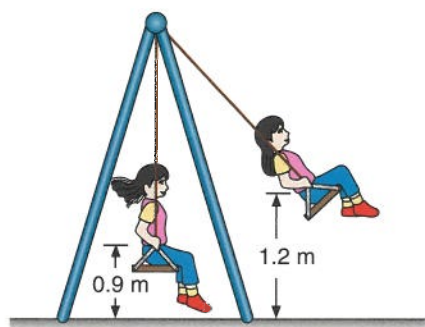


圖 a

過程中，女孩的最高速率是多少？

- A $\sqrt{2 \times 9.81 \times 1.2} \text{ m s}^{-1}$
 B $\sqrt{2 \times 9.81 \times 0.9} \text{ m s}^{-1}$
 C $\sqrt{2 \times 9.81 \times (1.2 - 0.9)} \text{ m s}^{-1}$
 D 無法確定，因為女孩的質量為未知數。

Handwritten notes:
 $PE \rightarrow KE$
 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$
 $v = \sqrt{2gh}$

- 1 3 如圖 b 所示，小球 X 和 Y 從靜止沿光滑斜面滑下。兩個斜面的高度相同。

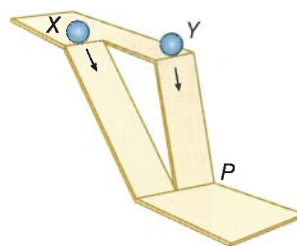


圖 b

下列哪點項敘述是正確的？

- A 在 P 點，X 的速率比 Y 高。
 B 在 P 點，Y 的速率比 X 高。
 C 兩個小球的質量相等，在 P 點的速率才會相等。
 D 即使兩個小球的質量不同，在 P 點的速率也會相等。

Handwritten notes:
 $v = u + at$
 $v^2 = u^2 + 2as$
 $s = ut + \frac{1}{2}at^2$
 } 全部都沒有 m

根據運動方程，速率不受質量影響

- 1 4 建泰參加笨豬跳。下列各項描述他到達最低點時的情況，哪項是正確的？假設他只沿垂直方向運動。

- (1) 繩子拉得最長。
 (2) 繩子儲存的彈性势能最多。
 (3) 建泰的動能為零。

- A 只有 (1) 和 (2)
 B 只有 (1) 和 (3)
 C 只有 (2) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)

3 例子：動能與勢能的總和不恆定

在實際情況，玩笨豬跳時並不會無止境的反彈，人和繩索的總能量似乎並不守恆。出現這個現象，是因為各種阻力 (例如空氣阻力) 的效應顯著，不可略去不計。克服阻力須要作功 (W_f)，所以部分能量會轉換為繩子、空氣和人的內能。若把這種能量轉換也計算在內，總能量 ($GPE + KE + EPE + W_f$) 便會守恆。

以下例子都要考慮為克服阻力而作的功。

第 1 冊第 2 課提到，加熱或作功都可以增加物體的內能。在這裏，物體的內能因作功而增加。

進度評估

5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.220)。

- 2 1 汽車以 60 km h^{-1} 的恆速率在水平路面上行駛。汽車的質量是 1500 kg 。

(a) 汽車的動能是多少? **208 000 J**

[提示: $60 \text{ km h}^{-1} = ? \text{ m s}^{-1}$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = ?]$$

- (b) 司機發現前方有障礙物，於是立刻剎車，汽車再行駛了 20 m 才停下。求作用於汽車的平均摩擦力。 **10 400 N**

[提示: 損失的動能 = 克服摩擦力所作的功]

- 2 2 質量為 1.2 kg 的物體從 A 點由靜止開始滑下斜面 (圖 a)。物體與斜面之間的摩擦力是 1.5 N 。求物體在 B 點時的動能。 **17.5 J**

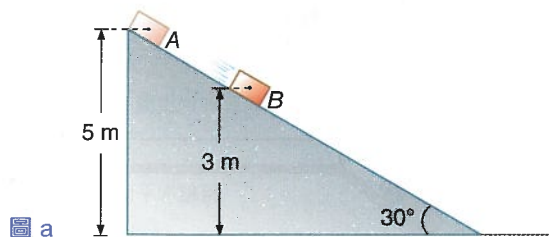


圖 a

[提示: 損失的勢能
= 獲得的動能 + 克服摩擦力所作的功]

習題與思考 6.3



- 1 1 跳彈牀時會涉及下列哪種形式的能量?



圖 a

- (1) 動能
(2) 重力勢能
(3) 彈性勢能

- A 只有 (1) 和 (2)
B 只有 (1) 和 (3)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

- 2 2 質量為 1500 kg 的汽車在轉彎前由 72 km h^{-1} 減速至 36 km h^{-1} 。若作用於汽車的平均摩擦力是 9000 N ，汽車在減速時的行駛距離是多少?

- A 3 m
B 25 m
C 108 m
D 324 m

$m = 1500 \text{ kg}$, $u = 20 \text{ m s}^{-1}$

$$\Delta KE = W$$

$$\frac{1}{2} \times 1500 \times 20^2 - \frac{1}{2} \times 1500 \times 10^2 = 9000 \times s$$

$$s = 25 \text{ m}$$

- 1 ★ 3 永仁從橋上垂直向下跳入河中 (圖 b)。

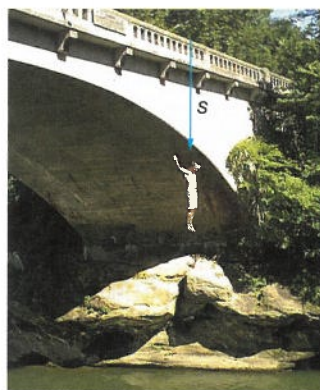
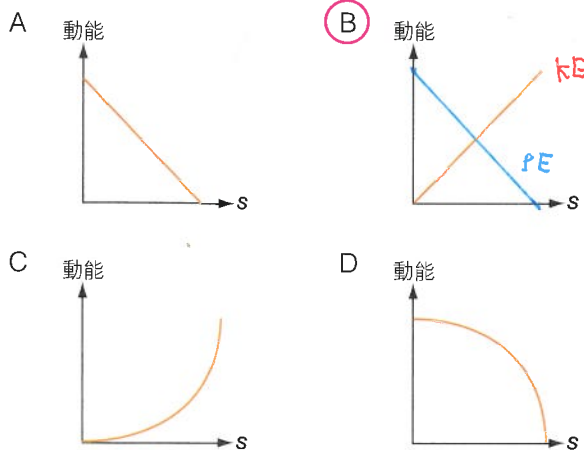


圖 b

s 是他從橋上計起的位移。下列哪一幅線圖正確顯示他的動能隨 s 的變化? 假設空氣阻力可略去不計。



$$mgh = mc\Delta T$$

$$9.81 \times 100 = 4200(T - 12)$$

$$T = 12.2^\circ\text{C}$$

- 2★4 瀑布高 100 m。在瀑布頂部，水的溫度是 12.0°C 。假設水到達瀑布底部時，所有動能都轉換為它的內能，且過程中沒有能量散失到周圍環境。在瀑布底部，水的溫度是多少？水的比熱容量是 $4200 \text{ J kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$ 。

- A 0.234°C B 12.0°C
 (C) 12.2°C D 14.8°C

- 15 女子撐竿跳的世界紀錄為 5.06 m，紀錄保持者是伊辛巴耶娃（圖 c）。她的質量是 65 kg，跳起前重心的高度是 0.9 m。



圖 c

- (a) 在創下世界紀錄的那一跳，伊辛巴耶娃最多增加了多少重力勢能？ 2650 J $PE = 65 \times 9.81 \times (5.06 - 0.9) = 2650 \text{ J}$
 (b) 寫出撐竿跳涉及的能量。 $KE \rightarrow PE$

- 16 大衛準備射箭（圖 d）。箭的質量是 1.5 kg。拉弓時，弓弦儲存了 300 J 能量。假設箭射出後，弓弦儲存的所有能量都會轉換為箭的動能，且空氣阻力可略去不計。

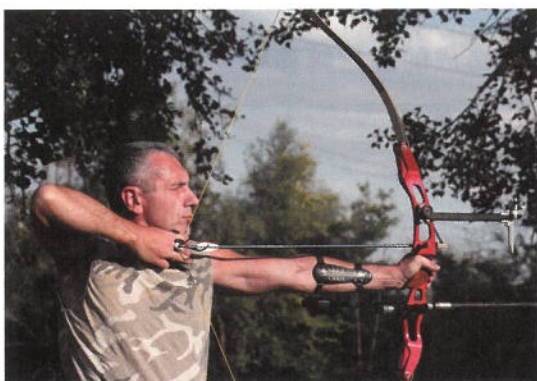


圖 d

$$300 = \frac{1}{2} \times 1.5 \times v^2$$

$$v = 20 \text{ m s}^{-1}$$

- (a) 箭離開弓弦時的速率是多少？ 20 m s^{-1}
 (b) 若大衛朝正上方射箭，箭到達的最大高度是多少？ 20.4 m $300 = 1.5 \times 9.81 h$
 $h = 20.4 \text{ m}$

- 2★7 小孩從 X 點把石塊以初速率 v 垂直向上拋起。假設空氣阻力不可略去。當石塊回到 X 點，它的速率會高於、等於還是低於 v ？試簡單解釋。 低於 v

- 1★8 靜止的氣墊球被小鎚擊中後（圖 e）加速至 5 m s^{-1} 。氣墊球的質量是 100 g，作用於它的摩擦力可以略去。 $m = 0.1 \text{ kg}$

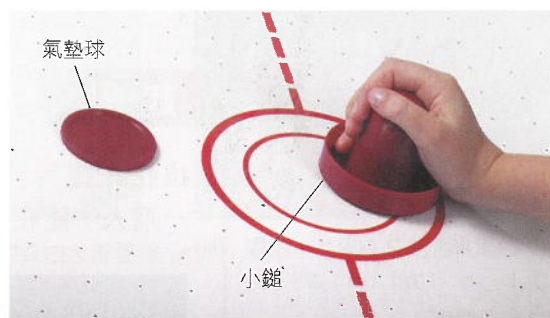


圖 e $W = \Delta KE = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5^2 = 1.25 \text{ J}$

- (a) 小鎚對氣墊球作了多少功？ 1.25 J $5 = 0 + a(5 \times 10^{-3})$
 (b) 假設小鎚與氣墊球的接觸維持了 5 ms，期間 $a = 1000 \text{ m s}^{-2}$ 氣墊球以勻加速運動。 $s^2 = 0 + 2 \times 1000 \times 5 \times 10^{-3}$
 0.0125 m
 (i) 氣墊球在這段時間內的移動距離是多少？
 (ii) 小鎚施於氣墊球的平均力是多少？ 100 N
 $F = 0.1 \times 1000 = 100 \text{ N}$

- 2★9 如圖 f 所示，質量為 50 g 的滾珠在 W 點從靜止下墜，進入油中。滾珠到達油面以上 10 cm 的 X 點時，速率為 2 m s^{-1} 。它到達油面以下 15 cm 的 Z 點時，速率為 0.5 m s^{-1} 。 $0.204 + 0.1 = 0.304 \text{ m}$ 30.4 cm

- (a) 求 W 點距離油面的高度。
 (b) 估算滾珠從 Y 點下墜至 Z 點時，油作用於它的平均阻力。

$$0.05 \times 9.81 \times (0.304 + 0.15) = f \times 0.15 + \frac{1}{2} \times 0.05 \times 0.5^2$$

$$f = 1.44 \text{ N}$$

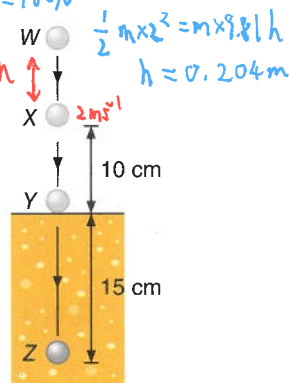


圖 f

- 2★10 陡峭的下坡路旁有一條緊急剎車道（圖 g），它能夠令制動系統有問題的車輛安全停下，以免這些車輛不受控地衝下。它是一條向上斜的小路，上面鋪滿沙粒和小石。試解釋緊急剎車道怎樣令制動系統有問題的車輛安全停下。



圖 g

預試訓練 2

直升機的功率 ☆ 香港中學會考 2007 年卷二 Q31

質量為 3000 kg 的直升機以 10 m s^{-1} 的恆速度垂直上升。
作用於直升機的空氣阻力是 1000 N 。直升機的平均功率
是多少？

- A 5 kW
B 10 kW
C 294 kW
D 304 kW



圖 a

題解

設 F 為直升機提供的向上力， f 為作用於直升機的空氣阻力。

作用於直升機的淨力為

$$\begin{aligned} F - mg - f &= ma \\ &= 0 \\ F &= mg + f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= Fv \\ &= (mg + f)v \\ &= (3000 \times 9.81 + 1000) \times 10 \\ &= 304\text{ kW} \end{aligned}$$

∴ 答案是 D。

常見錯誤

學生或會忘記考慮直升機的重量，
因而誤選 B 作答案。

▶ 複習 Q16 (p.243)

進度評估 6

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.234)。

1 下列哪項可以是功率的單位？

- (1) W ✓
(2) J s^{-1}
(3) N m s^{-1}

- A 只有 (1)
B 只有 (2)
C 只有 (2) 和 (3)
D (1)、(2) 和 (3)

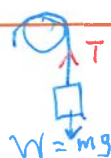
$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{t} \\ \frac{F \cdot s}{t} &= \frac{W}{t} = P \end{aligned}$$

1 2 若發動機的輸出功率是 500 W ，它在 20 s 內作了多少功？

$$P = \frac{E}{t}, 500 = \frac{E}{20}, E = 500 \times 20 = 10000\text{ J}$$

2 3 起重機以 20 cm s^{-1} 的恆速率將 1200 kg 的重物提高 10 m 。求起重機的輸出功率。

$$v = 0.2\text{ m s}^{-1}$$



$$\begin{aligned} P &= F \cdot v \\ &= 1200 \times 9.81 \times 0.2 \\ &= 2350\text{ W} \end{aligned}$$

1 4 在《傑克與魔豆》的故事中，傑克爬上高 2000 m 的巨型豆莖，到了雲端上的陸地 (圖 a)。假設傑克的質量是 45 kg ，平均功率是 20 W 。求他攀爬所用的時間。

$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{t} = \frac{mgh}{t} \\ 20 &= \frac{45 \times 9.81 \times 2000}{t} \\ t &= 44100\text{ s} \end{aligned}$$



圖 a

習題與思考 6.4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.234)。

- 2 1 電動機在粗糙水平面上拉動箱子，箱子以 2 m s^{-1} 的恆速度移動，這時，電動機的功率是 1 kW 。箱子與地面的摩擦力是多少？

A 133 N
 B 278 N
 C 360 N
 D 500 N

- 2 2 國輝攀石時 (圖 a)，肌肉的平均功率是 30 W 。國輝的質量是 65 kg 。他向上攀爬的平均速率是多少？

A 0.0470 m s^{-1}
 B 0.0912 m s^{-1}
 C 0.462 m s^{-1}
 D 0.961 m s^{-1}

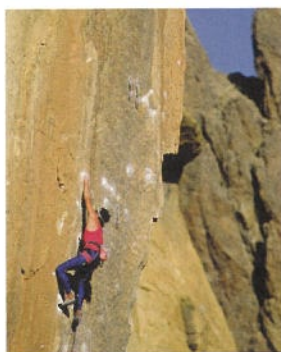
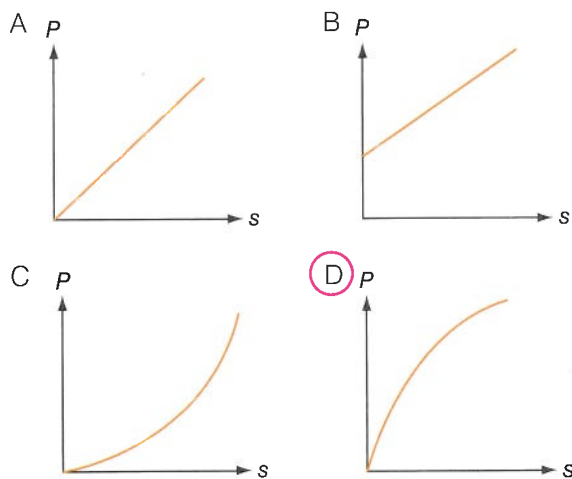


圖 a

- 2 3 汽車在水平路面上從靜止勻加速。行駛時，作用於汽車的總阻力不變。下列哪一幅圖最能顯示加速時汽車的輸出功率 P 隨位移 s 的變化？



- 2 4 跑車 (圖 b) 的質量為 1350 kg ，可以在 5 s 內從靜止加速至 100 km h^{-1} 。獵豹 (圖 c) 的質量是 70 kg ，可以在 3 s 內從靜止加速至 100 km h^{-1} 。兩者之中，哪一個的平均功率較大？跑車



圖 b



圖 c

- 1 5 升降機可以在 20 s 內將 8 個乘客從地面運載到 20 樓，即距離地面 60 m 的高度。升降機與乘客的總質量為 700 kg 。

- (a) 假設升降機由電動機直接拉動。試估算電動機的平均輸出功率。 20.6 kW
 (b) 假設鋼纜繞過曳引輪，連接升降機與平衡錘 (圖 d)。當電動機把升降機向上拉，平衡錘便會下降。平衡錘損失的勢能會轉換為升降機獲得的勢能。

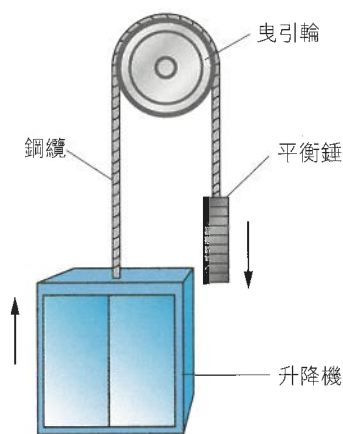


圖 d

若平衡錘的質量是 500 kg ，電動機的平均輸出功率是多少？ 5.89 kW

- 1 6 圖 e 顯示一座水力發電站。水從水庫經管道向下流，推動渦輪機，與渦輪機連接的發電機便會產生電力。已知渦輪機在水庫以下 500 m 。

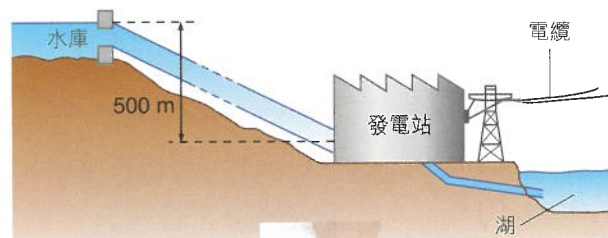


圖 e

- (a) 平均每秒有大約 4000 kg 的水流經發電站。試估算這些水從水庫流到渦輪機時所損失的勢能。 $1.96 \times 10^7 \text{ J}$
 (b) 若所有能量都轉換為電能，發電機的輸出功率是多少？ $1.96 \times 10^7 \text{ W}$
 (c) 實際上，發電機的輸出功率是 $5 \times 10^6 \text{ W}$ 。試解釋為甚麼水的勢能沒有全部轉換為電能。

例題 3 在冰上互推

民生和珍珍站在冰上(圖 a)，兩人的質量分別是 75 kg 和 55 kg。開始時，民生輕推珍珍，她便以 0.8 m s^{-1} 向右滑行。假設冰面作用於他們的摩擦力可略去不計。民生推開珍珍後，他的速度是多少？



題解

取向右為正。

根據動量守恆定律，

$$\begin{aligned} m_M u_M + m_J u_J &= m_M v_M + m_J v_J \\ 0 &= 75v_M + 55 \times 0.8 \\ v_M &= -0.587 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

民生的速度是向左 0.587 m s^{-1} 。

▶ 習題與思考 7.1 Q10 (p.269)

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.254)。

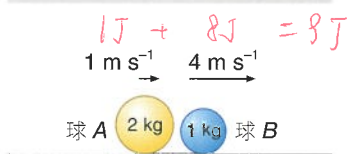
21 分辨以下是哪一類碰撞。

(a) 非彈性碰撞

碰撞前
 6 kg m s^{-1}



碰撞後
 6 kg m s^{-1}

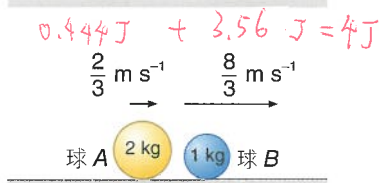


(b) 彈性碰撞

碰撞前



碰撞後



23 是非題：在彈性碰撞中，系統的總動能必定守恆。(對/錯)

24 是非題：在非彈性碰撞中，總能量不守恆。(對/錯)

35 是非題：假如物體 X 與物體 Y 碰撞，X 的動量便不守恆。(對/錯)

36 國健和志華溜冰時相撞(圖 a)。他們碰撞後若「黏」在一起，碰撞後的速度是多少？冰面作用於他們的摩擦力可略去不計。 0.4 m s^{-1} (向左)

[提示： $m_A u_A + m_B u_B = (m_A + m_B) v$]

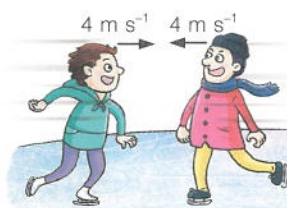


圖 a 國健 50 kg 志華 60 kg

$$\begin{aligned} 50 \times 4 + 60 \times (-4) &= (50 + 60) v \\ v &= -0.364 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

32 是非題：一個系統的總動量必定守恆。(對/錯)

在沒有外力之下

進度評估 2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看p.254)。

- 31 球 X 和 Y 在光滑的水平面正向相撞 (圖 a)。碰撞前, X 以 1 m s^{-1} 向左移動, Y 以 2 m s^{-1} 向右移動。兩個球的質量都是 1 kg 。如果這碰撞是彈性的, X 和 Y 在碰撞後的速度是多少?

[提示: 總動量和總動能都守恆]

 2 m s^{-1} (向右)、 1 m s^{-1} (向左)

動量: $1 \times 2 + 1 \times (-1) = 1 \times V_y + 1 \times V_x$
 $1 = V_y + V_x$ — (1)

能量: $\frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 + \frac{1}{2} \times 1 \times 1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times V_y^2 + \frac{1}{2} \times 1 \times V_x^2$
 $5 = V_y^2 + V_x^2$ — (2)

- 32 質量為 m 的火箭以恆速度 v 在外太空前進, 在某個時刻把部件 X 彈射向後 (圖 b)。



圖 b

X 和 Y 剛分離時, 它們的總動量

- A 小於 mv 。
 B 等於 mv 。
 C 大於 mv 。

習題與思考 7.1

- 3, 41 質量為 8000 kg 的大炮向水平方向發炮, 炮彈的質量是 5 kg 。如果大炮發炮後以 0.08 m s^{-1} 反衝, 求炮彈的發射速率。

A $5 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$

B 0.4 m s^{-1}

C 128 m s^{-1}

D 640 m s^{-1}

$0 = 8000 \times (-0.08) + 5V$
 $V = 128 \text{ m s}^{-1}$

- 3★2 兩個相同的球 X 和 Y 正向碰撞, X 的初速率是 v_x , Y 的初速率是 v_y 。若碰撞是彈性的, 下列哪一項並不正確?

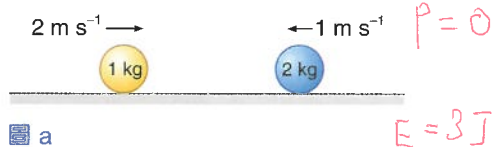
A 碰撞後, 兩個球向相反方向彈開。

B 碰撞後, 球 X 以 v_y 移動, 球 Y 則以 v_x 移動。

C 碰撞時會發出聲音。Energy loss

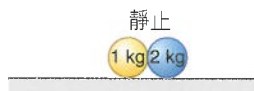
D 碰撞期間, 有淨力作用於球 X。

- 3★3 兩個球正向碰撞 (圖 a)。

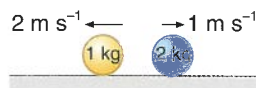


以下哪一項不可能是碰撞的結果?

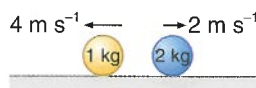
A



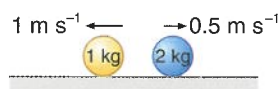
B



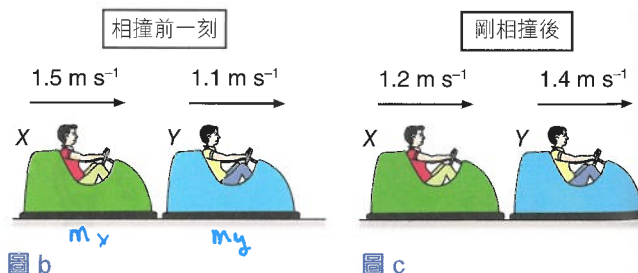
C



D



- 3, 4★4 碰碰車 X 和 Y 往右行駛 (圖 b), 兩車相撞時, X 以 1.5 m s^{-1} 前進, Y 則以 1.1 m s^{-1} 前進。剛相撞後, X 的速度是向右 1.2 m s^{-1} , Y 的速度是向右 1.4 m s^{-1} (圖 c)。X 和 Y 的質量比例是多少? 假設作用於小車的淨外力可略去不計。



A $1 : 0.8$

B $1 : 1$

C $1 : 1.17$

D $1 : 1.4$

$m_x \times 1.5 + m_y \times 1.1 = m_x \times 1.2 + m_y \times 1.4$
 $0.3m_x = 0.3m_y$

- 3★5 質量為 4 kg 的南瓜在光滑的水平面上靜止不動，一顆質量為 5 g 的子彈以水平速度 300 m s^{-1} 射向南瓜，穿過南瓜後以 200 m s^{-1} 沿水平方向離開（圖 d）。求南瓜在子彈離開後的速率。假設南瓜噴出果肉的影響可略去不計。



圖 d

- A 0.063 m s^{-1}
 B 0.125 m s^{-1}
 C 0.25 m s^{-1}
 D 0.375 m s^{-1}

- 16 明慧在跑步，她動量的量值是 p ，動能是 E 。

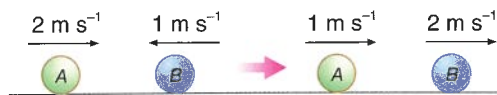
- (a) 如果美玲跑得跟明慧一樣快，但質量是她的兩倍，美玲動量的量值和動能是多少？ $2p$ 、 $2E$
 (b) 如果思敏的質量與明慧相同，但速率是她的兩倍，思敏動量的量值和動能是多少？ $2p$ 、 $4E$

- 37 一個球掉到地面後反彈。

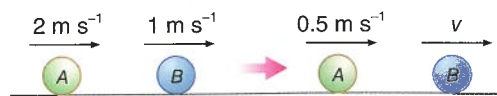
- (a) 球的動量不守恒。這違反動量守恒定律嗎？試作解釋。 沒違反
 (b) 怎樣在這情況下應用動量守恒定律？

- 3★8 質量為 1 kg 的球 A 與質量為 m_B 的球 B 相撞。求 m_B 在以下情況的數值。

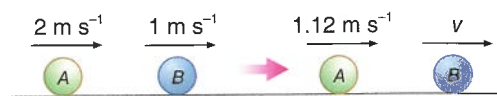
- (a) 非彈性碰撞 0.333 kg



- (b) 彈性碰撞 3 kg



- (c) 非彈性碰撞，失去 10% 動能 2.02 kg 或 3.84 kg



- 3★9 圖 e 所示的裝置可以量度氣槍子彈的速率。小車原本在光滑水平跑道上靜止不動，車上有一堆泥膠，車和泥膠的總質量是 200 g。質量為 0.4 g 的子彈水平地射出，並嵌入泥膠中。子彈嵌入泥膠後，小車移動 1 m 需時 5 s。計算子彈在碰撞前的速率。

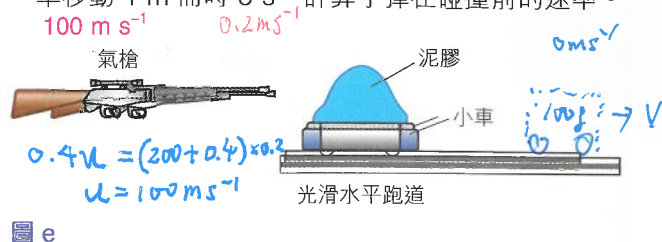


圖 e

- 3★10 蘭詩拿着皮球以恆速 2 m s^{-1} 在冰上向東滑行，她的質量為 50 kg，皮球的質量為 2 kg。她把皮球以 10 m s^{-1} 向東拋出後，自身的速度變為多少？冰面施於蘭詩的摩擦力可略去不計。 1.68 m s^{-1} (向東)

- 3★11 相同的小車 A 和 B 裝有磁鐵，靠近時會互相排斥。在光滑的水平跑道上，小車 A 被推了一下，撞向靜止的小車 B。跑道兩端的運動感應器記錄了兩輛小車的速度（圖 f）。

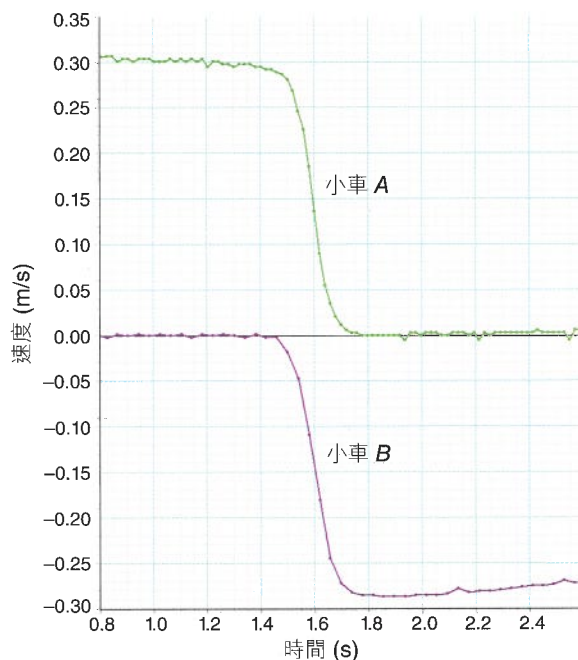


圖 f

- (a) 小車 A 和 B 在哪一刻開始「碰撞」（即磁鐵之間的排斥力開始生效）？ $t = 1.45 \text{ s}$
 (b) 在碰撞前一刻和剛碰撞後，小車 A 和 B 的速度是多少？ A: 0.29 m s^{-1} 、0；B: 0、 0.285 m s^{-1}
 (c) 在這碰撞中，兩輛小車的總動量和總動能守恒嗎？ 守恒

例題 9 作用於火箭車的力

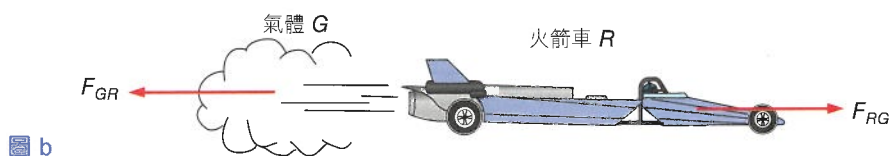
火箭車往後噴出熾熱的氣體，從而向前行駛（圖 a）。它從靜止開始加速，在一秒鐘內噴出 100 kg 氣體，氣體的速率為 500 m s^{-1} 。作用於火箭車的向前推力是多少？
 $\frac{\Delta m}{t} = 100 \text{ kg s}^{-1}$



a

題解

取火箭車的前進方向為正。圖 b 顯示作用於火箭車和氣體的水平力。



在 1 s 內，100 kg 氣體的速度由 0 變成 -500 m s^{-1} 。

$$\begin{aligned}
 \text{火箭車施於氣體的力 } F_{GR} &= \frac{mv - mu}{t} = \frac{m}{t} (v - u) = 100 (-500 - 0) \\
 &= \frac{100 \times (-500) - 0}{1} \\
 &= -50\,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$= -50\,000 \text{ N}$

根據牛頓運動第三定律，

氣體施於火箭車的力 $F_{RG} = -F_{GR} = 50\,000 \text{ N}$

作用於火箭車的向前推力是 50 000 N。

▶ 進度評估 3 Q2 (p.272)

進度評估 3

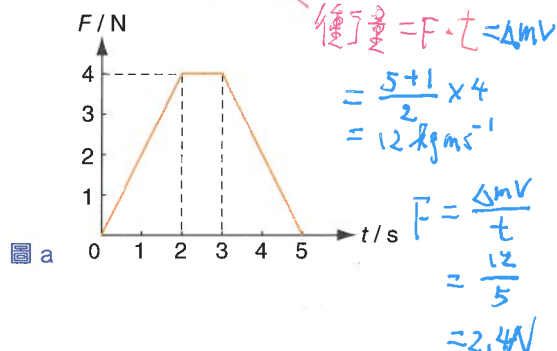
✓ 各題號旁的數字對應本節重點（參看 p.270）。

- 11 石塊自由下落，它的向下動量於 2 s 內增加了 9.81 kg m s^{-1} 。作用於它的淨力是多少？
 4.91 N (向下)
- t Δmv
 $F = \frac{9.81}{2} = 4.91 \text{ N}$
- [提示： $F = \frac{mv - mu}{t} = ?$]
- 12 太空船於外太空沿直線移動，並往後噴出熱氣體。要是施於太空船的往前推力是 90 000 N，熱氣體動量的改變率是多少？
 [提示： $F_{SG} = -F_{GS}$] $90\,000 \text{ kg m s}^{-2}$ (向後)

進度評估 4

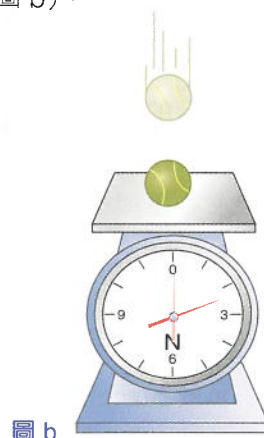
✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.270)。

- 21 圖 a 顯示作用於球的淨力 F 隨時間 t 的變化。由 $t = 0$ 至 $t = 5$ s 期間，球的動量變化是多少？作用於球的平均淨力又是多少？



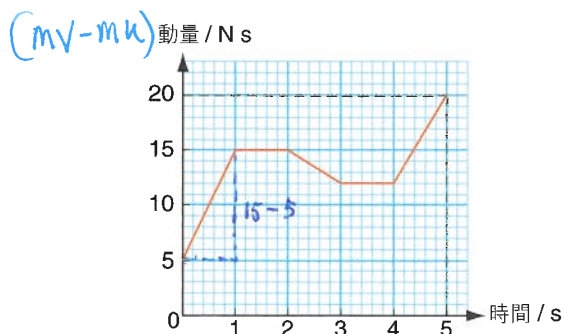
- 22 網球從高處跌到秤盤上 (圖 b)。磅在撞擊中量度到的是

- A 球的重量。
B 球作用於秤盤的力。
C 作用於球的淨力。
D 球的動量變化。



習題與思考 7.2

- 11 質量為 0.5 kg 的球以 8 m s^{-1} 撞向地面，然後以 6 m s^{-1} 反彈。球的動量改變了多少？
- A 1 kg m s^{-1} B 3 kg m s^{-1} C 4 kg m s^{-1} D 7 kg m s^{-1}
- 12 諾文以 800 N 的水平力推汽車，令汽車在水平路面上行走，作用於汽車的摩擦力是 500 N。諾文推了 4 s 後，汽車的動量增加了多少？
- A 75 kg m s^{-1} B 300 kg m s^{-1} C 1200 kg m s^{-1} D 3200 kg m s^{-1}
- 13 圖 a 顯示物體的動量怎樣隨時間變化。
- 14 物體 X 向右水平移動，撞上物體 Y，它們在碰撞前後都沿同一直線移動。以下哪一個情況中，Y 的速度變化最大？
- A X 和 Y 在碰撞後黏在一起。
B X 在碰撞後移往右。
C X 在碰撞後移往左。
D X 在碰撞後停止不動。
- 15 火箭推進器水平地固定在地面，以測試它產生的推力 (圖 b)。



作用於物體的淨力最大是多少？

- A 3 N B 5 N
C 8 N D 10 N



圖 b

測試量得火箭以 700 m s^{-1} 噴發熱氣體，產生的推力是 1500 kN。它每秒噴發多少氣體？

- A 327 kg
B 2140 kg
C 3210 kg
D 1 050 000 kg

Handwritten calculation for Question 15:

$$F = \frac{mv - mu}{t} = \frac{m}{t} (v - u)$$

$$1500 \times 1000 = \frac{m}{t} (700 - 0)$$

$$\frac{m}{t} = 2142 \text{ N}$$

2★6 兩個物體相撞，作用於其中一個物體的撞擊力是 F ，撞擊時間是 t 。下列哪項敘述是正確的？

- 如果 t 減少， F 必定增大。
- F 和 t 的乘積等於物體的動量變化。
- 如果兩個物體的總動量在碰撞中守恆， F 便是零。

- A 只有 (1)
B 只有 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D 只有 (2) 和 (3)

2★7 某木板能抵受 10 N 的撞擊力而不破裂。國榮把足球踢向木板，這碰撞的平均撞擊力只有 8 N ，但一撞之下，木板立即裂開。為甚麼？

2★8 (a) 圖 c 顯示一顆放在軟墊上的花生，砝碼從高處跌在花生上。試解釋為甚麼花生沒有碎裂。

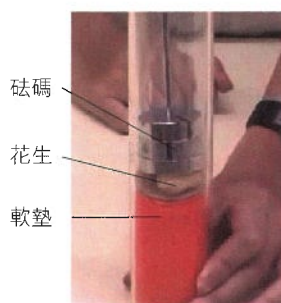


圖 c

(b) 試解釋以加了墊的信封 (圖 d) 來運送易碎物品的原因。



圖 d

2★9 汽車以 20 m s^{-1} 沿水平道路行駛，撞上牆壁後停下。

- 若質量為 80 kg 的司機佩戴了安全帶，並在 1.5 s 內停下來，作用於他的力是多少？ **1070 N**
- 若司機沒有佩戴安全帶，會有甚麼事情發生？
- 指出汽車一項可延長撞擊時間的設計。

2★10 一枚質量為 0.02 kg 的電池從 10 m 高處由靜止開始跌到地上，撞擊時間是 4 ms 。略去空氣阻力和電池撞到地面後反彈的速率。

(a) 求電池落到地面時的速率。 **14.0 m s^{-1}**

(b) 求電池撞擊地面時作用於它的平均淨力。 **70.0 N (向上)**

(c) 求電池作用於地面的平均力。 **70.2 N (向下)**

2★11 猴子捉着長 5 m 的藤從位置 X 盪下，盪至藤垂直時猴子撞上樹幹 (圖 e)。另一頭質量相同的猴子從 5 m 高的樹上跳下，然後撞到地面 (圖 f)。假設兩個情況中的撞擊時間相同，比較兩個情況中的撞擊力。

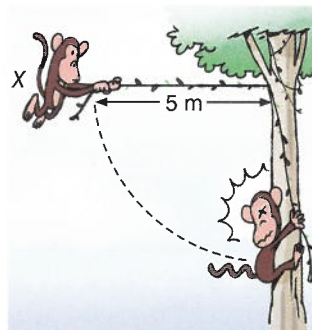


圖 e

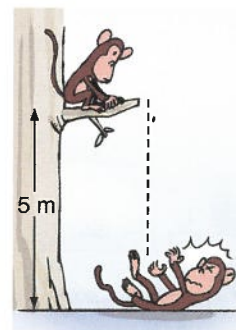


圖 f

2★12

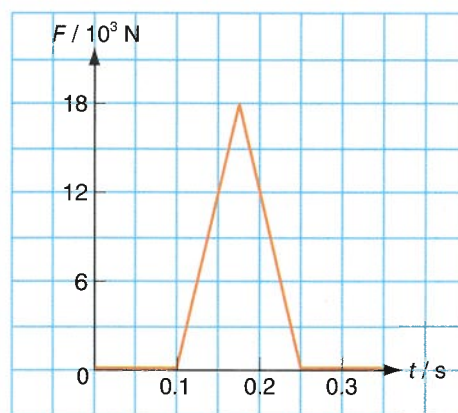


圖 g

球棒擊中棒球，圖 g 顯示球棒作用於球的力 F 隨時間 t 的變化。棒球的質量是 145 g 。

(a) 估算球的動量改變。 **1350 kg m s^{-1}**

(b) 球棒作用於球的平均力量值是多少？ **9000 N**

2★13 物體 X 和 Y 在光滑水平面上相撞，它們在相撞前後都沿同一直線運動。

- 證明 X 和 Y 的動量改變量值相同，但方向相反。
- 假設 X 的質量比 Y 大。證明在碰撞的過程中，Y 的加速度量值比 X 大。
- 假設 Y 的質量是 2 kg ，碰撞前的速度是向左 3 m s^{-1} 。在碰撞中，撞擊時間是 0.05 s ，作用於 X 的平均撞擊力是向左 50 N 。求 Y 在碰撞後的速度。 **1.75 m s^{-1} (向左)**

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.298)。

(第 1 至 3 題) 學生提起兩個相同的硬幣 P 和 Q 至同一高度。在同一時間，學生釋放 P 讓它垂直下落，並沿水平方向擲出 Q 。假設空氣阻力可略去不計。

21 判斷以下敘述是否正確。

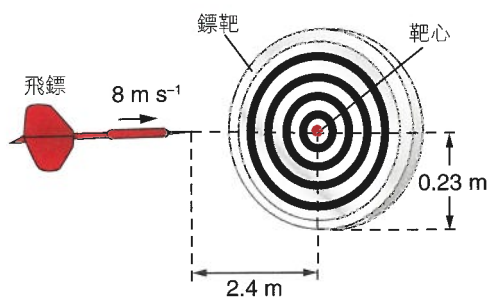
- (a) P 和 Q 同時到達地面。 T
- (b) P 和 Q 到達地面時，垂直速度相同。 T
- (c) P 和 Q 到達地面時，水平速度相同。 F
- (d) P 和 Q 到達地面時速率相同。 F

22 如果 P 較 Q 重，第 1 題的答案會怎樣改變？不變

23 Q 本來離地 1 m，擲出時的水平速度為 1.5 m s^{-1} 。試草繪 Q 的軌道。

例題 2 擲飛鏢

志山把飛鏢扔向鏢靶。鏢靶掛在距離志山 2.4 m 的牆上，半徑為 0.23 m (圖 a)。飛鏢扔出時，以 8 m s^{-1} 的速率沿水平方向移動，並與靶心處於同一高度。飛鏢能擊中鏢靶嗎？無須考慮空氣阻力。



「物理技巧手冊」載有教學筆記及練習。

技巧分析

處理拋體運動

拋體的垂直和水平運動的確各自獨立，但不表示兩者之間完全沒有關連。在數學上，兩者由時間 t 連繫。只要知道時間，便可用第 300 頁的方程 (1) 至 (5) 找出 s_x 、 s_y 、 v_x 和 v_y 。

飛鏢水平移動 2.4 m 後，處於靶心以下 0.441 m 的位置。

題解

取向和指向鏢靶的方向為正。

設飛鏢由扔出至到達鏢靶 (或牆壁) 的時間為 t 。

考慮水平方向。

$$t = \frac{s_x}{u_x} = \frac{2.4}{8} = 0.3 \text{ s}$$

考慮垂直方向。

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times 0.3^2 = 0.441 \text{ m} > 0.23 \text{ m}$$

飛鏢不能擊中鏢靶。

▶ 習題與思考 8.1 Q6 (p.305)

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看p.306)。

(第 1 至 2 題) 跳遠選手起跳的角度為水平以上 40° ，速度為 8 m s^{-1} (圖 a)。假設跳遠選手的大小和空氣阻力都可略去不計。

1 1 求他到達的最大高度。 1.35 m

1 2 求他跳遠的距離。 6.42 m



圖 a

著名遊戲「憤怒鳥」中，小鳥作的正是拋體運動。



iOS



Android

3 各種拋體運動

► 現在我們可以應用方程式 (6) 至 (10) 去分析更複雜的拋體運動。

例題 6 發球

志強在網球比賽中發球。他與網相距 12 m，並在離地 2.5 m 的高度把球擊出 (圖 a)。球向着水平以下 5° 的方向飛出，初速度為 180 km h^{-1} 。網的高度為 1 m。球能越過網嗎？

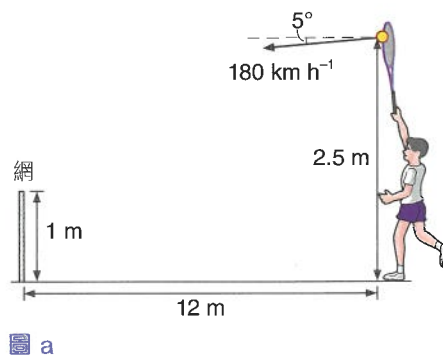


圖 a

題解

考慮水平方向，取向左為正。

假設球以時間 t 到達網的位置。

$$180 \text{ km h}^{-1} = \frac{180}{3.6} \text{ m s}^{-1} \quad \blacktriangleright$$

$$t = \frac{s_x}{u_x} = \frac{12}{\frac{180}{3.6} \times \cos 5^\circ} = 0.241 \text{ s}$$

考慮垂直方向，取向下為正。

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 = \left(\frac{180}{3.6} \times \sin 5^\circ \right) \times 0.241 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times (0.241)^2 = 1.33 \text{ m}$$

球到達網時，下跌了 1.33 m。

∴ 球當時離地面的高度 = $2.5 - 1.33 = 1.17 \text{ m} > 1 \text{ m}$

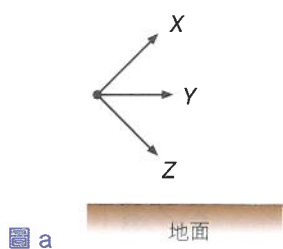
∴ 球可以越過網。

► 複習 Q18 (p.324)

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看p.306)。

(第 1 至 3 題) 物體 X、Y 和 Z 置於同一位置，三者以同一速率向不同方向射出 (圖 a)，並在空中自由移動，然後撞上地面。



- 11 哪個物體首先撞上地面？ Z
- 22 如果空氣阻力可略去不計，哪個物體撞上地面時的速率最高？ 相同
- 33 如果空氣阻力不可以略去，哪個物體撞上地面時的速率最高？ Z

習題與思考 8.2

如有需要，取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ ，除特別指明外，空氣阻力可略去不計。

- 14 狗跳過一道欄杆，牠的初速度是 5 m s^{-1} ，起跳時與水平的夾角為 60° (圖 b)。狗的大小可略去不計。



圖 a

- (a) 求這隻狗所到達的最大高度。0.956 m
- (b) 這隻狗需要多長時間才到達最大高度？ 0.441 s
- (c) 求這隻狗的飛行時間。0.883 s

- 1★2 兩個物體 X 和 Y 從平地向上以斜角射出，它們的初速率相同，而 X 的投射角比 Y 大。以下哪項敘述必定正確？

- (1) X 比 Y 飛得更高。
- (2) X 的飛行時間比 Y 長。
- (3) X 的射程比 Y 遠。

- A 只有 (1)
- B 只有 (1) 和 (2)
- C 只有 (2) 和 (3)
- D (1)、(2) 和 (3)

- 1★3 一個物體從地面以斜角向上射出，著陸的位置與射出的位置處於同一高度。如果物體的初速率是 v ，射程便是 R 。如果初速率變為 $2v$ ，而投射角不變，射程會是多少？

- A $1.4R$
- B $2R$
- C $2.8R$
- D $4R$

- ★5 1,2 一個物體向下以斜角射出。試草繪線圖，顯示它的垂直速度、水平速度及勢能隨時間的變化。

- 1★6 炮彈飛人表演中，特技人沿拋物線在空中飛行 (圖 b)。他從發射到降落到安全網上歷時 5 s，經過的水平距離是 45 m。假設安全網與炮台處於同一高度。



圖 b

- (a) 求他的初速度。26.1 m s^{-1} (水平線以上 69.8°)
- (b) 他所到達的最高點比炮台高多少？ 30.7 m

例題 1 旋轉木馬

參照起點的情景。假設旋轉木馬每分鐘轉動 2 圈，婉玲和奕希與旋轉木馬中心點 O 的距離分別是 3 m 和 2 m (圖 a)。

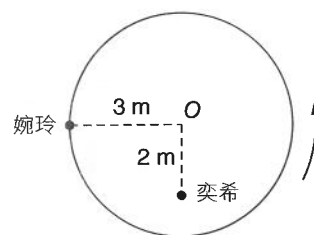


圖 a

- 求她們的週期。
- 求她們的角速率。
- 她們轉動 15 s 後，角位移的量值是多少？試以弧度和度為單位表示答案。
- 求她們的線速率。

題解

- 她們與旋轉木馬一起轉動，所以週期相等。
由於她們在 1 分鐘內轉動 2 圈，

$$\text{週期 } T = \frac{60}{2} = 30 \text{ s}$$

- 她們的角速率 ω 相等。

$$\text{角速率 } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{30} = 0.2094 \text{ rad s}^{-1} \approx 0.209 \text{ rad s}^{-1}$$

- 角位移的量值

$$= \omega t = 0.2094 \times 15 = 3.14 \text{ rad} = 3.14 \times \frac{360^\circ}{2\pi} = 180^\circ$$

- 婉玲的線速率 $= r\omega = 3 \times 0.2094 = 0.628 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{奕希的線速率} = r\omega = 2 \times 0.2094 = 0.419 \text{ m s}^{-1}$$

▶ 進度評估 1 Q1, 2 (p.333)

這解答了起點的第一個問題。

另解：

$$15 \text{ s} = \frac{30 \text{ s}}{2} = \frac{T}{2}$$

她們在 15 s 內轉動了半個圈。

$$\therefore \text{角位移} = \pi = 180^\circ$$

她們的角速率相同，但線速率則不同。這解答了起點的第二個問題。

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.330)。

- 11 時鐘的秒針、分針和時針都以恆角速率移動。

- 求每支針的角速率。 0.105 rad s^{-1}
[提示： $\omega = \frac{2\pi}{T} = ?$] $1.75 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$
 $1.45 \times 10^{-4} \text{ rad s}^{-1}$

- 求分針在 20 分鐘內角位移的量值，試以弧度和度為單位表示答案。 2.09 rad , 120°

[提示： $2\pi = 360^\circ$]

- 12 汽車以 40 km h^{-1} 的速率，在半徑為 50 m 的圓形路徑上行駛。

- 求汽車的角速率。 0.222 rad s^{-1}
[提示：根據 $v = r\omega$, $\omega = ?$]

- 求汽車在 15 s 內角位移的量值，試以弧度和度為單位表示答案。 3.33 rad , 191°

[提示：根據 $\omega = \frac{\theta}{t}$, $\theta = ?$]

習題與思考 9.1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.330)。

- 1, 2 點心隨着轉盤以恆角速率 ω 轉動 (圖 a)，圖中哪個箭號代表它的線速度 v 和加速度 a 的方向？

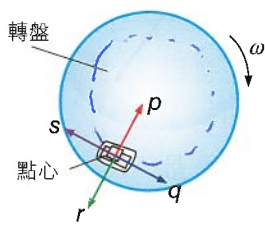


圖 a

	v	a
A	q	r
B	q	p
C	s	p
D	s	s

- 1, 2 每次步操，士兵都必須保持完美整齊的隊形前進。P、Q 和 R 是在同一橫排的三名士兵，他們即使在轉彎的時候仍須並排前進 (圖 b)。

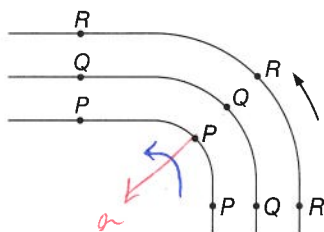


圖 b

轉彎時，

- (1) R 的線速率是三人之中最高的。
- (2) R 的角速率是三人之中最高的。
- (3) R 的角位移是三人之中最大的。

- A** 只有 (1) B 只有 (2)
C 只有 (1) 和 (2) D 只有 (2) 和 (3)

- 1, 2 3 兩個物體 X 和 Y 作勻速圓周運動。如果它們的週期相等，下列哪項物理量也必然相等？

- (1) 物體的角速率 $\omega = \frac{2\pi}{T}$
- (2) 物體的線速率 $v = \omega r$
- (3) 物體的向心加速度

- A** 只有 (1) B 只有 (1) 和 (2)
C 只有 (2) 和 (3) D (1)、(2) 和 (3)

- 1, 2 4 汽車以勻速率行駛，從 X 點經圓形彎道到達 Y 點需時 20 s (圖 c)。彎道的半徑是 28 m，求汽車的角速率。

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\frac{3}{4} \times 2\pi \times 28}{20} = 6.597 \text{ m s}^{-1}$$

$$r\omega = v \quad \omega = \frac{6.597}{28}$$

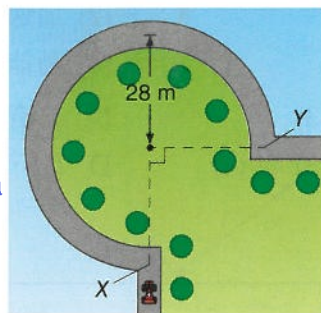


圖 c

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{\frac{3}{4} \times 2\pi}{20} = 0.236 \text{ rad s}^{-1}$$

- A** 0.236 rad s⁻¹
B 0.314 rad s⁻¹
C 0.413 rad s⁻¹
D 0.632 rad s⁻¹

- 1, 2 5 嫦娥一號是中國首枚繞月人造衛星。為探測月球表面，嫦娥一號在月面上空 200 km 的高度作勻速圓周運動。它的線速率是 1600 m s⁻¹。月球的半徑是 1740 km。

- (a) 計算嫦娥一號的角速率。 $\omega = \frac{v}{r} = \frac{1600}{(1740+200) \times 1000} = 8.25 \times 10^{-4} \text{ rad s}^{-1}$
(b) 計算嫦娥一號的週期。 $7620 \text{ s} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{8.25 \times 10^{-4}}$
(c) 計算嫦娥一號的向心加速度。 $1.32 \text{ m s}^{-2} \quad a = \omega^2 r = (8.25 \times 10^{-4})^2 \times (1740+200) \times 10^3$

- 1, 2 6 圓形的旋轉餐廳 (圖 d) 轉動 40° 需時 400 s，餐廳的半徑是 25 m。國華坐在玻璃窗旁。



圖 d

$$1.75 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}, 4.36 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

- (a) 求國華的角速率 (以 rad s⁻¹ 為單位) 和線速率。
(b) 求餐廳轉動一圈所需的時間。 **3600 s**
(c) 美思坐在餐廳內的另一位置，她的線速率是 3 cm s⁻¹。求她與玻璃窗的距離。 **7.81 m**
(d) 求國華和美思向心加速度的量值。
 $7.62 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-2}, 5.24 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-2}$

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.337)。

- 11 如圖 a 所示，小球以一根繩子與固定點 O 連接，在水平的光滑桌面上作勻速圓周運動。如果小球的質量是 200 g，繩子長 15 cm，張力是 5 N，小球的線速率是多少？ **1.94 m s⁻¹**

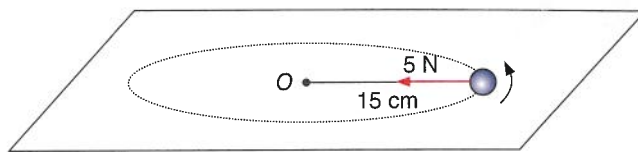


圖 a

- 12 在例題 1(p.333) 中，如果婉玲的質量是 50 kg，她所需的向心力是多少？ **6.58 N**

2 驗證向心力方程

想像用繩子綁住一個物體。擺動繩子，令物體作水平圓周運動。由於物體具有重量，繩子不會維持水平，結果繩子與物體合起來形成一個錐擺。

在圖 9.2e 的錐擺中，質量為 m 的物體以角速率 ω 沿半徑為 r 的圓形轉動，物體受兩道力作用，一是它的重量 mg ，一是繩子的張力 T (圖 9.2f)。顯而易見，物體所需的向心力來自 T 的水平分量。

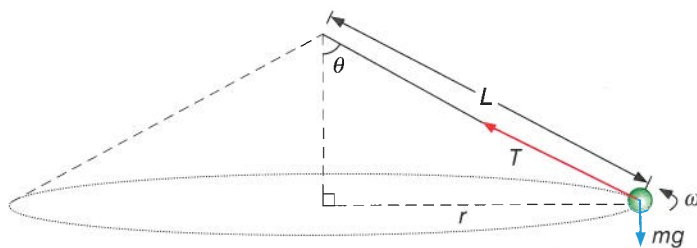


圖 9.2e 物體作勻速圓周運動的錐擺

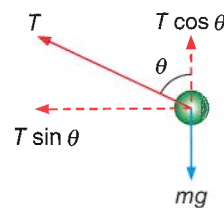


圖 9.2f 作用於物體的力

因此，

$$T \sin \theta = m r \omega^2$$

$$T \left(\frac{r}{L} \right) = m r \omega^2$$

$$T = m \omega^2 L \dots\dots\dots (*)$$

另一方面， T 的垂直分量抵銷物體的重量。

$$\blacktriangleright \quad T \cos \theta = mg$$

我們會在第 340 頁的實驗 9a 驗證方程 (*)，這等同驗證向心力方程。 ω 和 L 都不難量度，而實驗所用的特製器材則可令 T 保持不變。

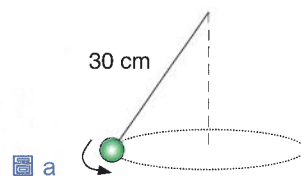
$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{mg}{T} \\ &= \frac{mg}{m \omega^2 L} \\ &= \frac{g}{\omega^2 L} \end{aligned}$$

L 不變時，
 $\omega \uparrow \Rightarrow \cos \theta \downarrow \Rightarrow \theta \uparrow$
 這表示物體轉動得愈快，
 繩子便愈接近水平。

進度評估 4

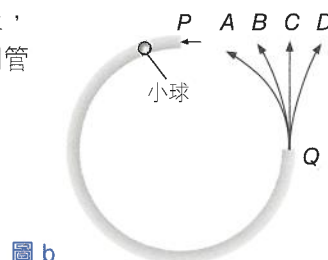
✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.337)。

- 11 繫在繩子上的小球在水平的圓形路徑上以恆速率移動 (圖 a)。小球的質量是 50 g，繩子的長度是 30 cm。如果小球在 2 s 內轉了 5 圈，繩子的張力是多少？ **3.70 N**

[提示： $T = m\omega^2 L$]

- 12 一條無摩擦力的弧形管道固定在水平桌面上，小球從 P 點進入管道 (圖 b)。小球在 Q 點離開管道後，會沿哪一條路徑移動？ **C**

✎ A、B：學生不明白向心力由管道的法向力提供。球離開管道後，向心力就立即消失，球便會沿直線路徑移動。



4 勻速圓周運動的日常例子



錄像片段 9.4

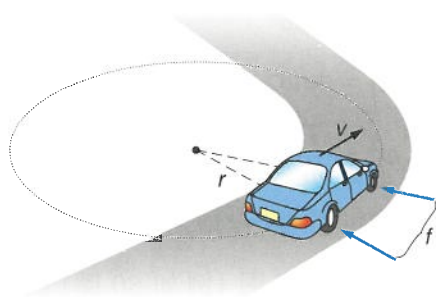
→ 錄像片段 9.4 顯示汽車轉急彎時滑出路面。

a 汽車在平路轉彎

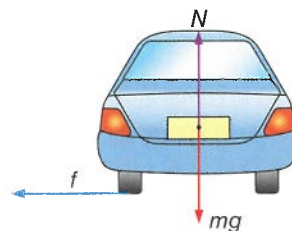
汽車轉彎時會作圓周運動 (圖 9.2i)，所需的向心力取決於彎角的曲率半徑 r 、本身的質量 m 和線速率 v 。在水平的路面，汽車所需的向心力來自路面和輪胎之間的摩擦力 f 。

$$f = \frac{mv^2}{r}$$

✎ 汽車作勻速圓週運動時，發動機提供的向前推力和阻礙汽車前進的總阻力互相抵銷。圖 9.2i 沒有把這些力畫出來。



(i) 摩擦力為汽車在水平路面轉彎時提供向心力



(ii) 作用於汽車的力 (從後觀看)

圖 9.2i 汽車轉彎時作圓周運動

當汽車以相同線速率轉另一個較急的彎角 (即彎角的 r 較小)，它就需要較大的向心力，因此摩擦力必須增加 (圖 9.2j，見 p.343)。然而，摩擦力的大小不能超過上限 $f_{\max}$ 。如果汽車所需的向心力超過 $f_{\max}$ ，它就不能繼續作圓周運動，結果會滑出彎道 (即打滑)。

進度評估 5

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.337)。

- 21 巴士在水平路面上以 50 km h^{-1} 的速率轉彎。巴士的質量是 $15\,000 \text{ kg}$ ，彎角的曲率半徑是 50 m 。如果巴士輪胎與路面之間的最大摩擦力是 $60\,000 \text{ N}$ ，巴士轉彎時會打滑嗎？ **不會**

$$\left[\text{提示：} f = \frac{mv^2}{r} \right]$$

- 22 某公路上有一曲率半徑為 200 m 的彎道，這路段車速的平均值是 75 km h^{-1} 。求彎道的理想傾斜角度。 **12.5°**

$$\left[\text{提示：} N \cos \theta = mg, N \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \right]$$

- 23 戰鬥機以 250 m s^{-1} 沿半徑為 1.5 km 的水平圓形路線轉彎。求機翼與水平線之間的角度。 **76.8°**

$$\left[\text{提示：} L \cos \theta = mg, L \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \right]$$

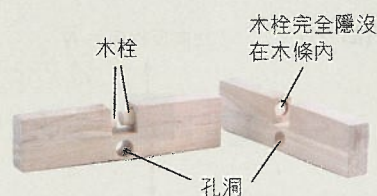
- 24 質量為 m 的男孩乘搭旋轉箱。要避免男孩掉下，旋轉箱角速率的最低值是 ω 。要避免一個質量為 $2m$ 的成人掉下，旋轉箱角速率的最低值是多少？ **ω**

→ 錄像片段 9.6 顯示怎樣解開木鎖。

生活中的物理

十字形木鎖

起點 提及的木鎖由兩塊相同的木條組成，每塊都有一個孔洞和兩條木栓，木栓可自由滑動，能夠完全隱沒在木條之內。兩塊木條組合起來時，如果木栓穿過另一木條的孔洞，木鎖便會扣住。只要在水平的表面轉動木鎖，扣便會解開，這是因為木鎖轉動時，木栓得不到所需的向心力，因而滑出中心點，離開孔洞。(木栓的運動類似汽車打滑的情況。)



錄像片段 9.6

生活中的物理

因慣性造成的反向錯覺

汽車轉彎時，車上的乘客有往外拋的感覺 (圖 a)，因而認為他們受「離心力」作用。

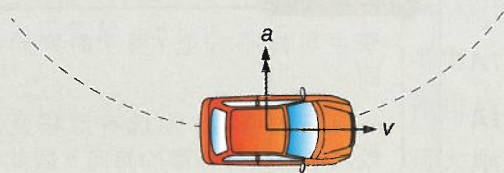


圖 a 感受到向外加速，但實際上是向內加速

事實上，如果從地面觀察，就會發現這種離心力並不存在。根據牛頓運動第一定律，除非受外力作用，否則乘客會維持靜止狀態，或維持方向和速率固定不變的運動。因為汽車椅子通常頗滑溜，不能提供足夠的摩擦力，以致汽車轉彎時乘客未能隨着汽車移動，結果乘客便會因慣性而向外滑移 (圖 b)。

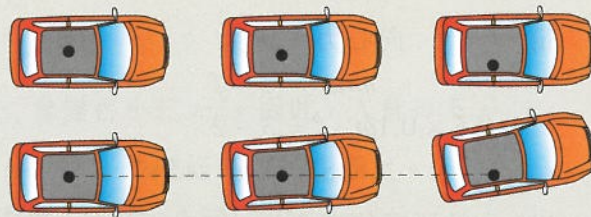


圖 b 乘客在車內有往外拋的感覺 (上圖)，但事實上他們保持直線運動 (下圖)

乘客會繼續向外滑移，直至有一足夠大的力提供他們所需的向心力。通常乘客要挨到車的一側，車身的法向反作用力提供足夠向心力時，才會停止滑移。這與汽車向前行駛時突然停下來的情況差不多，乘客同樣都會感覺到相反方向的加速度 (圖 c)。



圖 c 感受到向前加速，但實際上是向後加速

習題與思考 9.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.337)。

(第 1 至 3 題) 飛機以 200 m s^{-1} 的恆速率飛行時，沿水平圓形路線轉彎。圓形路線的半徑是 10 km 。

2 1 飛機乘客所需的向心力來自

- A 乘客的重量。
- B 座位對乘客所施的力。**
- C 作用於飛機的升力。
- D 空氣阻力。

2 ★ 2 飛機所需向心力與飛機重量之比是多少？

- A 2.45×10^{-3}
- B 0.408**
- C 2.45
- D 40.8

2 ★ 3 飛機的機翼與水平線之間的角度是多少？

- A 11.5°
- B 22.2°**
- C 67.8°
- D 76.0°

2 ★ 4 路面乾爽時，某彎角的最高安全車速是 30 m s^{-1} 。如果路面變得濕滑，車輪與路面之間的最大摩擦力會減半，這時彎角的最高安全車速是多少？

- A 7.07 m s^{-1}
- B 14.1 m s^{-1}
- C 15.0 m s^{-1}
- D 21.2 m s^{-1}**

2 ★ 5 2013 年 7 月 24 日，西班牙一列火車在轉彎時出軌，造成 79 人死亡 (圖 a)。發生意外的彎位車速限制是 80 km h^{-1} ，但火車出軌前卻以 153 km h^{-1} 行駛。



圖 a

假設當火車以 80 km h^{-1} 駛過該彎位，所需的向心力是 F 。如果火車以 153 km h^{-1} 駛過該彎位，所需的向心力是多少？

- A $1.38F$
- B $1.91F$
- C $3.66F$**
- D $42.5F$

1 6 質量為 0.8 kg 的小球繫在長度為 1.5 m 的繩子上，沿水平圓形路徑旋轉。繩子與垂直線之間的角度是 20° (圖 b)。

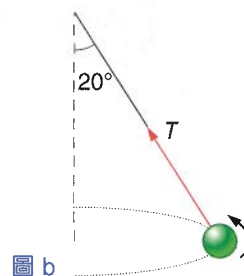


圖 b

(a) 求繩子的張力。 **8.35 N**

(b) 求小球所需的向心力。 **2.86 N**

(c) 求小球的線速率。 **1.35 m s^{-1}**

1 ★ 7 餐桌轉盤上有兩碟質量同為 1 kg 的腸粉 X 和 Y。X 和 Y 與轉盤中心點的距離分別是 30 cm 和 40 cm (圖 c)。每隻碟與轉盤之間的最大摩擦力相等。

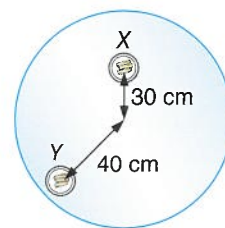


圖 c

(a) 假設轉盤恆定地轉動，

週期為 8 s ，而 X 和 Y 隨轉盤轉動，沒有滑移。

求作用於 X 和 Y 的摩擦力的量值。 **0.185 N 、 0.247 N**

(b) 當轉盤愈轉愈快，哪一碟腸粉會先滑移？試簡單解釋。 **Y**

2 ★ 8 一名太空人正接受高重力加速度訓練，目的是避免他執行太空任務時，因極高加速度而失去知覺。太空人坐在 20 倍重力離心機 (圖 d) 的一端，然後離心機便水平地高速轉動。太空人與轉軸的距離是 8.84 m 。



圖 d

4.71 rad s^{-1} 、 41.6 m s^{-1}

(a) 如果作用於太空人的淨力達到其重量的 20 倍，太空人的角速率和線速率分別是多少？

(b) 如果太空人與轉軸的距離減半，而離心機的角速率與 (a) 的答案相同，作用於他的淨力會有甚麼改變？試簡單解釋。 **減半**

進度評估 1

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.366)。

取 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ 。

- 1 1 兩個粒子相距 r 時，它們之間的引力為 F 。兩者相距 $\frac{r}{2}$ 時，引力是多少？

A $\frac{F}{4}$
C $2F$

B $\frac{F}{2}$
D $4F$

- 1 2 求太陽作用於地球的引力。已知太陽與地球之間的距離是 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$ ，太陽的質量是 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ，地球的質量是 $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ 。

[提示： $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = ?$]

$3.52 \times 10^{22} \text{ N}$

- 1 3 是非題：一個粒子施於地球的引力，小於地球施於該粒子的引力。
(對/錯)

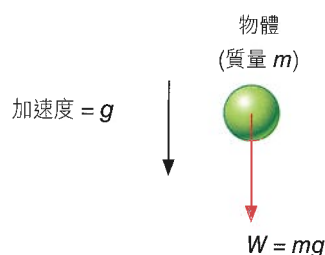


模擬程式 10.2

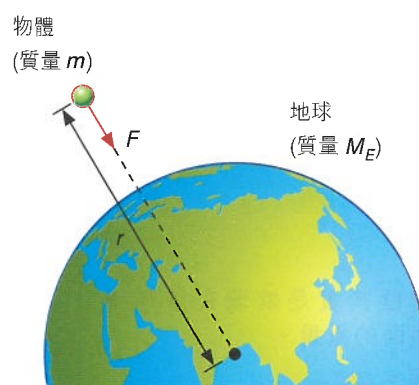
→ 模擬程式 10.2 顯示太空中人在不同行星跳起時，他的運動有甚麼分別。

2 質量、重量與重力加速度

考慮在地球上自由下落的物體。物體自身的重量使它加速，這個加速度稱為重力加速度 g (圖 10.1d(i))。



(i) 物體在重力作用下自由下落



(ii) 地球作用於物體的引力

圖 10.1d 物體的重量就是地球作用於物體的引力 ($W = F$)

根據牛頓第二定律，

$$W = mg$$

另一方面，根據牛頓萬有引力定律，地球作用於物體的引力 (圖 10.1d(ii)) 為

$$F = \frac{GM_E m}{r^2}$$

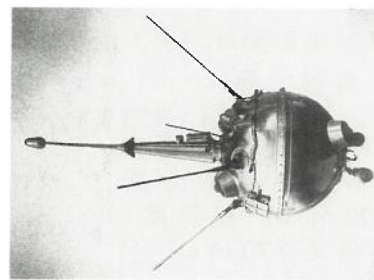
由於物體的重量是地球作用於物體的引力，即 $W = F$ ，由此可得

$$mg = \frac{GM_E m}{r^2}$$

$$g = \frac{GM_E}{r^2} \dots\dots\dots (*)$$

例題 3 在不同位置的重量

月球二號是首個在月球表面著陸的探測器(圖 a)，質量為 390 kg。地球的質量 M_E 和半徑 R_E 分別是 5.97×10^{24} kg 和 6370 km。



- (a) 找出在下列情況中，月球二號的重量。
- 月球二號在地球表面
 - 月球二號在距離地球表面 $2R_E$ 的位置
- (b) 月球的質量 M_M 和半徑 R_M 分別是 7.35×10^{22} kg 和 1740 km。
- 求月球表面的重力加速度。
 - 求月球二號在月球表面的重量。

圖 a

題解

(a) (i) 重量 = $mg_0 = 390 \times 9.81 = 3830$ N

(ii) 重量 = 作用於月球二號的引力

$$\begin{aligned} &= \frac{GM_E m}{r^2} \\ &= \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.97 \times 10^{24})(390)}{(3 \times 6.37 \times 10^6)^2} \\ &= 425 \text{ N} \end{aligned}$$

另解：

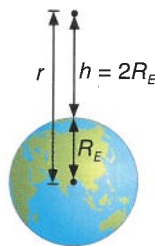
$$\text{重量} = mg = mg_0 \frac{R_E^2}{r^2} = mg_0 \frac{R_E^2}{(3R_E)^2} = 390 \times 9.81 \times \frac{1}{9} = 425 \text{ N}$$

(b) (i) 月球表面的重力加速度

$$= \frac{GM_M}{R_M^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(7.35 \times 10^{22})}{(1.74 \times 10^6)^2} = 1.619 \text{ m s}^{-2} \approx 1.62 \text{ m s}^{-2}$$

(ii) 重量 = $mg = 390 \times 1.619 = 631$ N

留意 r 是兩個物體中心的距離，而不是物體表面的距離。一般來說， $r = R_E + h$ ，其中 h 是物體距離地球表面的高度。因此，在這情況中， $r = R_E + 2R_E = 3R_E$ 。



▶ 進度評估 2 Q1, 2 (p.372)

進度評估 2 ✓ 各題號旁的數字對應本節重點(參看 p.366)。

取 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ 。

- 2 1 嫦娥二號圍繞月球運行，它的質量是 2500 kg。它在距離月球表面 50 km 的高度時，由月球造成的重量是多少？ **3830 N**

已知：月球的質量 = 7.35×10^{22} kg

月球的半徑 = 1.74×10^6 m

[提示： $W = \frac{GMm}{r^2} = ?$]

- 2 2 岩石在月球表面的重量是 35.2 N，是在地球表面時的六分之一。月球的半徑是 R_M 。完成下表，找出該岩石在不同位置的質量 m 和重量 W 。

	m	W
在地球表面	21.5 kg	211 N
在月球表面	21.5 kg	35.2 N
在距離月球表面 R_M 的高度	21.5 kg	8.8 N

進度評估 3

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.366)。

- 3 1 中子星很細小，質量卻很大。某中子星的半徑為 12 km，質量是太陽的 3 倍。求該中子星表面的引力場強度。太陽的質量是 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 。

$$2.77 \times 10^{12} \text{ N kg}^{-1}$$

- 3 2 月球的半徑是 $1.74 \times 10^6 \text{ m}$ ，月球表面的引力場強度是地球表面的 $\frac{1}{6}$ 。試根據以上資料，估算月球的質量。

$$7.42 \times 10^{22} \text{ kg}$$

習題與思考 10.1

取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ (接近地球)，

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}。$$

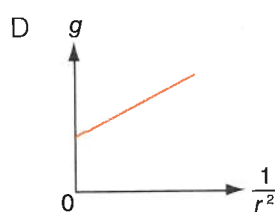
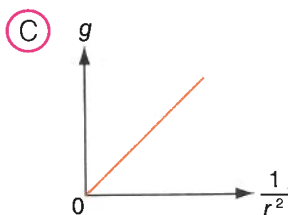
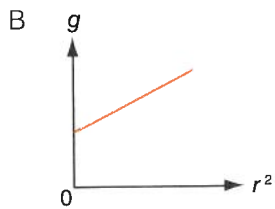
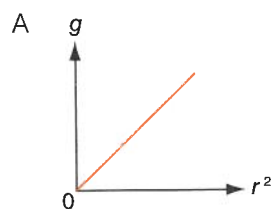
- 2 1 下列哪一項有關重力加速度 g 和萬有引力常數 G 的敘述是正確的？

- A 不同位置的 g 值相同。
 (B) 不同位置的 G 值相同。
 C g 和 G 的單位相同。
 D g 和 G 都是矢量。

- 3 2 物體 X 和 Y 相距 r 。 X 的質量是 m_1 ， Y 的質量是 m_2 。在 X 的位置， Y 產生的引力場強度是多少？

- A $\frac{Gm_1}{r^2}$
 (B) $\frac{Gm_2}{r^2}$
 C $\frac{Gm_1m_2}{r^2}$
 D $\frac{Gm_1m_2}{r}$

- 3 3 在距離某行星表面 r 的位置，引力場強度為 g 。下列哪一幅圖正確顯示 g 與 r 的關係？

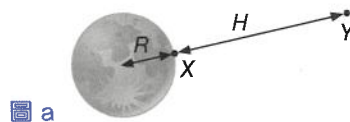


- 1 4 下列哪項有關引力的敘述是正確的？

- (1) 引力只存在於球對稱物體之間。
 (2) 引力總是令物體互相吸引。
 (3) 引力的量值與物體的距離成反比。

- A 只有 (1)
 (B) 只有 (2)
 C 只有 (1) 和 (3)
 D 只有 (2) 和 (3)

- 3 5 月球的半徑是 R 。 X 點位於月球表面， Y 點則在 X 點上方距離 H 的位置 (圖 a)。 X 點的引力場強度是 Y 點的 4 倍，求 H 。



- (A) R
 B $2R$
 C $3R$
 D $4R$

- 3 6 下列哪項有關行星引力場強度的敘述是正確的？

- (1) 引力場強度總是指向行星的中心。
 (2) 在距離行星表面 r 的位置，引力場強度與 r 的平方成反比。
 (3) 如果行星的引力場內有一個物體，這物體的質量愈大，行星在這位置的引力場強度量值便愈大。

- (A) 只有 (1)
 B 只有 (1) 和 (3)
 C 只有 (2) 和 (3)
 D (1)、(2) 和 (3)

- 2★7 月球表面的重力加速度是地球表面的 $\frac{1}{6}$ ，月球的質量則約為地球的 $\frac{1}{81}$ ，於是月球半徑與地球半徑的比約為

A 1:4。
B 1:14。
C 1:18。
D 1:22。

- 2★8 保加拿從離地 39 km 的高度作高空跳傘。他剛跳下時，加速度是多少？已知地球表面的重力加速度是 9.81 m s^{-2} ，地球的半徑是 6370 km。

A 9.69 m s^{-2}
B 9.75 m s^{-2}
C 9.81 m s^{-2}
D 9.93 m s^{-2}

- 19 SOHO (圖 b) 是一艘用來研究太陽的太空船。它與太陽中心相距 $1.48 \times 10^8 \text{ km}$ 時，太陽作用於它的引力是 11.2 N。太陽的質量是 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 。試估算 SOHO 的質量。1850 kg



圖 b

- 110 兩個完全相同的保齡球放在一起，互相緊貼。每個保齡球的質量是 7 kg，直徑是 21.8 cm。

(a) 估算兩個保齡球施於對方引力的量值。計算時，你作出了甚麼假設？ $6.88 \times 10^{-8} \text{ N}$
(b) 找出地球作用於任何一個保齡球的引力。 68.7 N
(c) 找出任何一個保齡球作用於地球的引力。 68.7 N

- 3★11 太陽的質量是 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ，距離地球 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$ 。地球的質量是 $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ 。

(a) 在地球所處位置，太陽產生的引力場強度是多少？ $5.90 \times 10^{-3} \text{ N kg}^{-1}$
(b) 試比較 (a) 部的答案與地球在地球表面產生的引力場強度。

- 2★12 前面的單元總是取 g 的值為 9.81 m s^{-2} 。解釋為甚麼在涉及天體的問題中，不應用這個數值。

- 1★13 兩個物體之間的距離為 r 。圖 c 顯示物體之間的引力 F 怎樣隨 r 變化。若一個物體的質量減半， F 隨 r 變化的關係線圖會有甚麼不同？試在圖 c 草繪新的線圖。

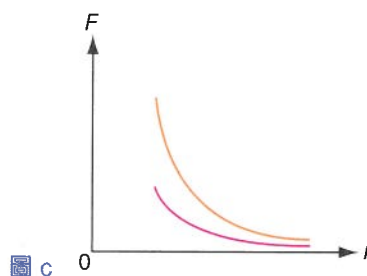


圖 c

- ★14 1,2 航行者一號 (圖 d) 的主要目的是研究外太陽系。它在地球表面的重量是 7080 N。地球的半徑是 6370 km。假設其他天體作用於航行者一號的引力可以略去。



圖 d

- (a) 它在哪個位置的重量等於 3540 N？離地球中心 9010 km
(b) 它在哪個位置時，所受的地球引力是零？無限遠
(c) 草繪線圖，以顯示它的重量怎樣隨它與地球表面的距離而改變。

- 3★15 新視野號 (圖 e) 在 2006 年發射升空，預計會在 2015 年經過冥王星。冥王星的半徑是 1150 km，表面的引力場強度是 0.658 N kg^{-1} 。當新視野號與冥王星的中心相距 10 000 km，它所在位置的引力場強度是多少？假設其他天體的引力場可略去。 $8.70 \times 10^{-3} \text{ N kg}^{-1}$



圖 e

預試訓練 2

衛星的角速率與線速率 ☆ 香港高級程度會考 2009 年卷二 Q5

一顆衛星以圓周軌道圍繞地球運行，角速率是 $7.29 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$ ，線速率是 3.07 km s^{-1} 。考慮另一顆以圓周軌道圍繞地球運行的衛星，下列哪一項最有可能是該衛星的角速率 ω 和線速率 v ？

	$\omega / \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$	$v / \text{ km s}^{-1}$
A	1.46	1.80
B	1.46	3.11
C	5.83	1.80
D	5.83	3.11

題解

對於所有圍繞地球運行的衛星，

$$\frac{GM_E m}{r^2} = m r \omega^2$$

$$r^3 \omega^2 = GM_E$$

$$\left(\frac{v}{\omega}\right)^3 \omega^2 = GM_E$$

$$\frac{v^3}{\omega} = GM_E = \text{常數}$$

$$v = r\omega \Rightarrow r = \frac{v}{\omega}$$

從正確選項所計算出 $\frac{v^3}{\omega}$ 的值應與題目所提供的衛星相同。

衛星	$\frac{v^3}{\omega}$ 的值 (略去數量級)
題目提供	3.97
A	3.99
B	20.6
C	1.00
D	5.16

所有選項的角速率都有相同的數量級，線速率也是一樣。運算時，可略去它們的數量級，因為我們只須比較不同選項所計算出的 $\frac{v^3}{\omega}$ 值。留意當題目要求計算 $\frac{v^3}{\omega}$ 的準確值時，數量級便不可略去。

∴ 答案是 A。

▶ 複習 Q15 (p.389)

進度評估 4

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.378)。

1 1 一顆衛星圍繞地球運行，軌道的半徑為 $3.5 \times 10^7 \text{ m}$ ，軌道週期是 18 小時。試根據以上資料，估算地球的質量。 $6.04 \times 10^{24} \text{ kg}$

1 2 物體在地球表面重 50 N，如果它以 3000 m s^{-1} 沿着圓周軌道圍繞地球運行，重量會是多少？
取地球的質量 = $5.79 \times 10^{24} \text{ kg}$ ，
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ 。 1.04 N

習題與思考 10.2

✓ 各題號旁的數字對應本節重點 (參看 p.378)。

 取 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ (接近地球),

 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ 。

- 1 1 兩顆質量相同的衛星以不同半徑的圓周軌道圍繞地球運行。對於軌道半徑較小的衛星，下列哪一項敘述是正確的？

A 它的線速率較低。
 (B) 它的週期較短。
 C 它向地球中心的加速度較小。
 D 以上皆不是。

- 1 2 兩顆質量不同的衛星以相同半徑的圓周軌道圍繞地球運行。對於質量較小的衛星，下列哪一項敘述是正確的？

A 它的線速率較低。
 B 它的週期較短。
 C 它向地球中心的加速度較小。
 (D) 以上皆不是。

- 1 ★ 3 火星有兩顆衛星：福波斯 (圖 a) 和戴摩斯 (圖 b)。福波斯的軌道速率是 v_P ，戴摩斯的軌道速率則是 v_D 。如果福波斯的軌道半徑是 R ，戴摩斯的軌道半徑是多少？



圖 a



圖 b

(A) $\frac{Rv_P^2}{v_D^2}$ B $\frac{Rv_D^2}{v_P^2}$
 C $R\sqrt{\frac{v_P}{v_D}}$ D $R\sqrt{\frac{v_D}{v_P}}$

- 1 ★ 4 一顆行星沿半徑 r 的圓周軌道圍繞質量為 M 的恆星運行。萬有引力常數是 G 。行星的軌道週期是多少？

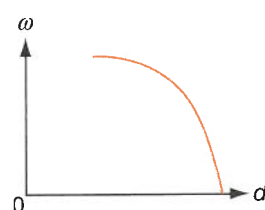
(A) $2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$
 B $\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$

$$C \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

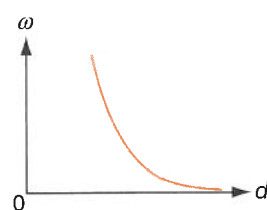
$$D 2\pi\sqrt{\frac{r}{GM}}$$

- 1 ★ 5 土星有很多衛星。設 ω 是衛星的角速率， d 是衛星中心與土星中心之間的距離。下列哪一幅圖最能顯示 ω 與 d 的關係？

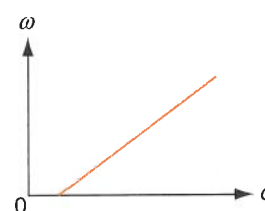
A



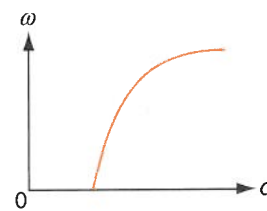
(B)



C



D



- 1 6 太空船在距離地球表面 1600 km 的軌道上。試計算它的線速率。地球的半徑和質量分別是 6370 km 和 $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ 。 7070 m s^{-1}

- 1 7 太陽的質量是 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 。假設木星以圓周軌道圍繞太陽運行，週期是 11.9 年。

(a) 估算木星的角速率。 $1.67 \times 10^{-8} \text{ rad s}^{-1}$
 (b) 估算木星與太陽之間的距離。 $7.79 \times 10^{11} \text{ m}$

- 1 ★ 8 嫦娥一號在距離月球表面 200 km 的圓周軌道上圍繞月球運行，軌道週期是 127 分鐘。嫦娥一號的質量是 2350 kg。月球的半徑是 1740 km。

(a) 求嫦娥一號的角速率。 $8.25 \times 10^{-4} \text{ rad s}^{-1}$
 (b) 求嫦娥一號圍繞月球運行時的重量。 3100 N

- 1 ★ 9 衛星在距離地球表面 900 km 的圓周軌道上圍繞地球運行。地球的半徑是 6370 km。 7.53 N kg^{-1}

(a) 在衛星的軌道，地球的引力場強度是多少？
 (b) 估算衛星的角速率和週期。 $1.02 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$ 、 6170 s
 (c) 隨後，衛星轉移到另一距離地球表面較遠的圓周軌道上。它的角速率和週期會有甚麼改變？

減少、增加