

直線運動

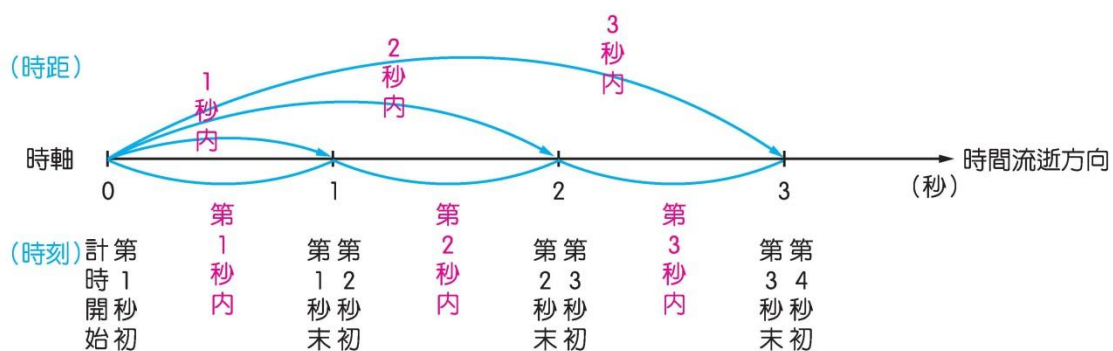
壹、描述物體運動的相關物理量

一、時間的描述

(一) _____：代表某一個事件發生的瞬間，以_____表示。

(二) _____：代表某一個事件發生所經歷的時間長度，亦可稱為時間間隔，以_____表示。

下圖為時間軸的圖



二、位置的描述

(一) _____：用來描述物體位置的基準點，通常為參考坐標的原點。

(二) _____：由參考點來看物體位置時的方向，在直線運動中，通常以「+」、「-」來代表在參考點的「正方向」、「負方向」。⇒ 位置是一種_____。

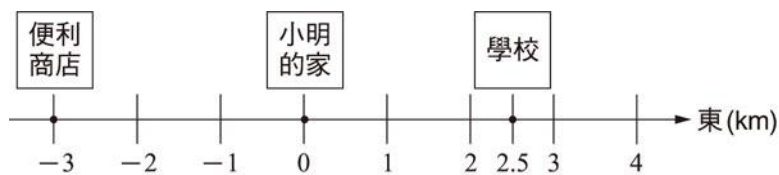
(三) _____：由參考點到物體位置間的直線長度。

範例

下列有關「位置」的敘述，何者正確？（多選） (A)物體的位置隨時間而變時，稱物體在運動 (B)描述物體的位置時，不須指明方向 (C)描述物體位置時，須先訂定參考點 (D)物體的實際位置，會因參考點的選擇而有所不同 (E)吾人可以坐標來描述物體在直線上的位置。

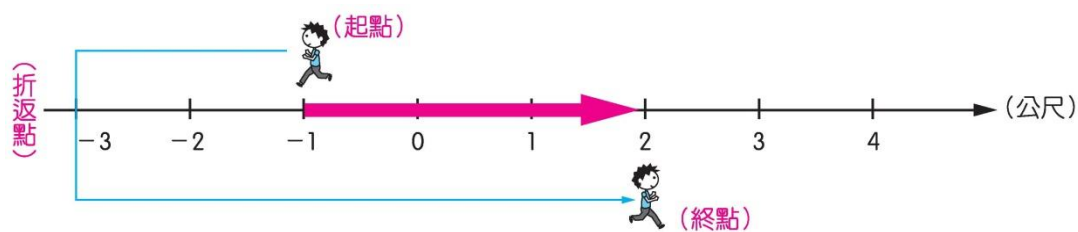
範例

如下圖所示，將小明的家設為坐標原點，學校、便利商店分別位於圖中所示之位置，則：



- (1) 小明的家到學校之距離為_____ km。
- (2) 便利商店到學校之距離為_____ km。
- (3) 小明的家到學校之位置向量 $\vec{r}_1 =$ _____ km，位於小明的家之_____方。
- (4) 小明的家到便利商店之位置向量 $\vec{r}_2 =$ _____ km，位於小明的家之_____方。
- (5) 如果將學校改成新的坐標原點，則便利商店之新坐標為_____ km。

三、位置變化的描述



- (一) 位移：位置變化量，代表位置變化的大小及方向 \Rightarrow 為_____。
 位移 = 末位置 - 初位置 \Rightarrow _____。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{量值} = \text{初位置到末位置的直線距離，與運動過程無關。} \\ \text{方向：由初位置指向末位置 } \Delta x \left\{ \begin{array}{l} > 0 \text{ 往正方向移動} \\ = 0 \text{ 位置不變} \\ < 0 \text{ 往負方向移動} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

故此人的位移為_____

- (二) _____：移動軌跡的總長度，代表位置變化的大小，亦可稱為路程，以 d 表示。 \Rightarrow 為_____。

故此人的路徑長為_____

- (三) 單位：公尺 (m, SI 制)，公分 (cm)，公里 (km)。

- (四) 討論：

1. d _____ $|\Delta x| \Rightarrow$ 路徑長 \geq 位移量值。
2. 當物體作直線運動，且無_____時，路徑長 = 位移量值。

範例

某物體作直線運動，其位置隨時間變化的關係如下表所示：

時間（秒）	0	1	2	3	4	5
位置（公尺）	3	4	7	12	19	28

則：(1) 第3秒末的位置在_____公尺處。

(2) 3秒內的位置變化，由_____公尺處移到_____公尺處。

(3) 第 5 秒內的位置變化量為_____公尺。

四、速度與速率

(一) 平均速度 = _____ \Rightarrow 代表物體位置的平均時變率

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} \text{量值：某時距內運動的快慢之平均值} \\ \text{方向：同位移} (\Delta x), \text{由初位置指向末位置。} \end{cases}$$

(二) 瞬時速度 = _____ \Rightarrow 當時距趨近於零 ($\Delta t \rightarrow 0$) 時，平均速度將可代表某瞬間位置的時變率，稱為瞬時速度。

1. $\begin{cases} \text{量值 = 某瞬間運動的快慢} \\ \text{方向：同瞬間位移} (\Delta x), \text{某瞬間的運動方向 = 運動軌跡的切線方向。} \end{cases}$

2. 一般而言，當我們述及「速度」時，通常是指「瞬時速度」。

(三) 平均速率 = _____ \Rightarrow 代表：物體在某時距內運動快慢的平均值。
 \Rightarrow 純量，無方向性。

(四) 瞬時速率 = _____ \Rightarrow 當時距趨近於零 ($\Delta t \rightarrow 0$) 時，可代表某瞬間運動的快慢。

1. 純量，無方向性。

2. 一般而言，我們述及「速率」時，通常是指「平均速率」。在生活用語中，我們談論到「時速多少」時通常是指「_____」，也就是「_____的量值」。

(五) 單位：公尺 / 秒 (m/s , SI 制)，公分 / 秒 (cm/s)，公里 / 小時 (km/hr ，時速)

(六) 討論

1. 平均速率 _____ 平均速度的量值。註：當路徑長 = 位移量值時，則「=」成立。

2. 瞬時速率 _____ 瞬時速度的量值。

3. 當物體作 _____ 運動時，平均速度的量值 = 瞬時速度的量值 = 瞬時速率 = 平均速率。

4. 等速運動 _____ 是等速率運動；等速率運動 _____ 是等速運動。

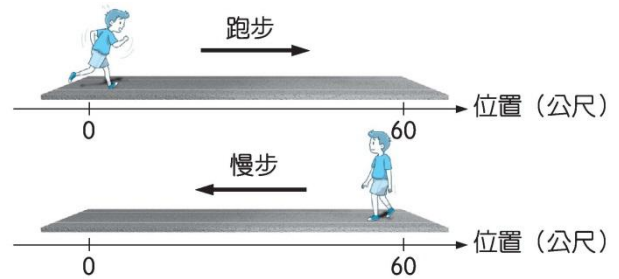
5. 等速運動的軌跡必為 _____。

6. 速率為純量，僅代表快慢程度。

範例

小明在 10 秒內沿直線跑了 60 公尺，停下來後，花了 50 秒慢步走回起跑點，如下圖，若取跑步時的運動方向為正，試求：

- (1) 跑步時的平均速度。
- (2) 慢步走回的平均速度。
- (3) 來回全程的平均速度。
- (4) 來回全程的平均速率。



範例

列車從 A 處開到 B 處，最初 $\frac{1}{3}$ 路程以速度 v 行駛，中間 $\frac{1}{3}$ 路程的速度為 $2v$ ，行駛最後的 $\frac{1}{3}$ 路程時，速度又為 v ，則全程的平均速度為何？

五、加速度

(一) 質點於單位時間內的速度變化，表示質點速度方向與速度快慢的變化程度。又可以稱為物體速度的時變率。

(二) 平均加速度

(三) 瞬時加速度

(四) 討論

1. 加速度之 SI 制單位： m/s^2 。
2. 加速度為一向量。
3. 加速度量值不代表運動快慢，加速度方向不代表運動方向。
 $\left\{ \begin{array}{l} a \text{ 為「+」} \Rightarrow \text{正向加速或負向減速} \\ a \text{ 為「-」} \Rightarrow \text{正向減速或負向加速} \end{array} \right.$
4. 加速度與速度的方向關係：
 - ① 加速度與速度同向時，速率漸增。
 - ② 加速度與速度反向時，速率漸減。
 - ③ 加速度與速度垂直時，速率不變，改變運動方向。
5. 加速度與速度變化同方向，但與速度方向無關。

範例

一部車從靜止開始加速，在 10 秒末速度變成 90 公里 / 小時，此車之平均加速度量值為多少公尺 / 秒²？

範例

小費觀察物體的運動如下列情況所敘，其中哪些是有可能的？

- (A)速度向前，加速度也向前 (B)速度為零，且加速度也為零
(C)速度不為零，且加速度也不為零 (D)速度不變，且加速度也不變
(E)速度在變，且加速度也在變。

範例

下列關於物體運動的敘述，哪些正確？

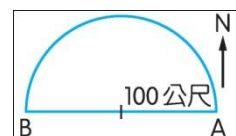
- (A)物體的速度改變，則必有加速度
- (B)物體具有加速度，則速度的量值必定改變
- (C)位移的量值不可能大於路徑的長度
- (D)速度為零時，加速度可能不為零
- (E)加速度的方向必為速度改變的方向。

課後練習

單選題

- () 1. 在 x 軸上有 P 、 Q 兩點， P 點的坐標為+ 4 公尺， Q 點的坐標為- 13 公尺，某人沿 x 軸自原點 O 出發，朝正向移至 P 點，再朝負向由 P 點移至 Q 點，則此人移動過程的 (A)路徑長為 17 公尺 (B)路徑長為 21 公尺向左 (C)位移為 13 公尺 (D)位移為- 13 公尺 (E)位移為 13 公尺向左。
- () 2. 下列有關「加速度」的敘述，何者正確？ (A)加速度為向量 (B)加速度 $a = \frac{\text{速度}v}{\text{時間}t}$ (C)加速度的 SI 制單位為公尺²/秒 (D)加速度為負時，物體的速率必定減小 (E)等速率圓周運動的物體不具加速度。
- () 3. 某列車自臺北直接開往高雄後，又立即開回臺北，全程的平均速率為 48 公里／小時，若列車南下時，平均速率為 60 公里／小時，則列車北上時，其平均速率為多少公里／小時？(A)36 (B)40 (C)42 (D)45 (E)50。
- () 4. 歌手李聖傑所唱的動人歌曲光年歌詞中，提到「愛妳穿越幾千個光年，一直到每個世紀末終點……」。事實上，光年並非時間的單位，而是距離的單位，光年的定義為光在真空中傳播一年所前進的距離。真空中的光速為 3×10^8 公尺／秒，請問一光年的長度約為多少公尺？
(A) 5.0×10^{15} (B) 9.5×10^{10} (C) 5.0×10^{10} (D) 9.5×10^{15}
- () 5. 一隻松鼠被狗沿著直線追逐 4 公尺後，爬上鉛直豎在地面的木柱上端躲避，若木柱高為 2 公尺，松鼠被追逐的時間為 4 秒鐘，則松鼠的平均速率為多少公尺／秒？
(A)1.5 (B)1 (C)0.5 (D) $\frac{\sqrt{5}}{2}$
- () 6. 已知一質點的位移量值為 10 m，則其路徑長不可能是下面哪一數值？
(A)5 m (B)10 m (C)11 m (D)12 m (E)20 m
- () 7. 若一部車以 100.0 km/h 的平均速率開了 2 小時，接著下 1 小時以 70.0 km/h 的平均速率繼續向前進，求在這 3 小時內，此部車之平均速率為多少 km/h？
(A)70.0 (B)85.0 (C)90.0 (D)95.0 (E)100.0

- () 8. 投手將球以每秒 30 公尺的水平速度投進本壘，被打擊者以每秒 50 公尺的速度反向擊出，而球與球棒接觸時間為 0.02 秒，則在這段時間內球的平均加速度量值為多少 m/s^2 ?
(A)1000 (B)2000 (C)3000 (D)4000 (E)8000
- () 9. 下列各運動狀態的敘述，何者正確？
(A)在一直線上運動的物體，速度為零時，其加速度必為零 (B)在一直線上運動的物體，速度量值漸增時，其加速度必漸增 (C)在等速率運動中，平均速度量值與平均速率相等 (D)一質點作等加速運動時，其軌跡必為直線 (E)物體的速度若發生改變時，其運動的方向不一定發生改變
- () 10. 某物體以 10 cm/s 向西運動，經 4 秒後變成 20 cm/s 向東，則其加速度為：
(A) 2.5 cm/s^2 ，向西 (B) 7.5 cm/s^2 ，向西 (C) 7.5 cm/s^2 ，向東 (D) 2.5 cm/s^2 ，向東
- () 11. 下列有關速度與速率之敘述何者錯誤？
(A)瞬时速度的大小即是瞬時速率 (B)等速率運動就是等速運動 (C)瞬時速度之值稱為速率 (D)時鐘分針的尖端在任一段時間中之平均速度值不大於尖端的平均速率 (E)時鐘分針之尖端在某時刻的瞬時速度值等於尖端的瞬時速率。
- () 12. 一物體在一直線上運動的速度漸減時，可以確定(A)加速度漸增 (B)加速度漸減 (C)加速度一定 (D)加速度與速度同向 (E)加速度與速度反向。
- () 13. 如下圖，半徑 100 公尺的半圓形水池，小明由 A 沿半圓形跑到 B，共花了 10 秒，則下列敘述何者正確？(A)小明的位移為 200 公尺，向東 (B)小明的平均速率是 5 公尺 / 秒 (C)小明的平均速度是 20 公尺 / 秒，向西 (D)小明作等速率運動 (E)小明作等速運動。



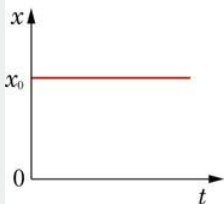
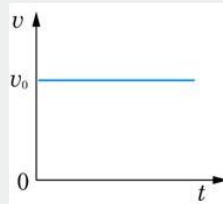
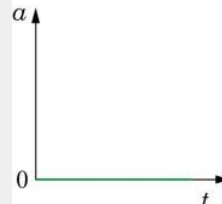
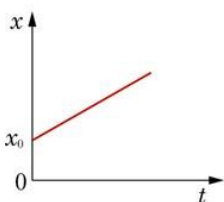
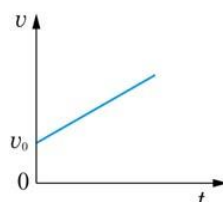
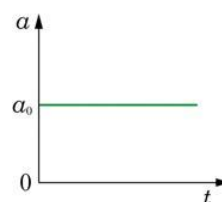
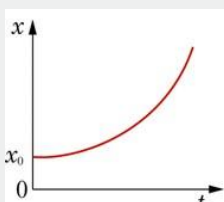
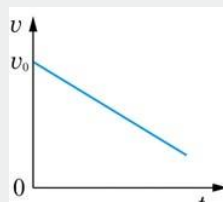
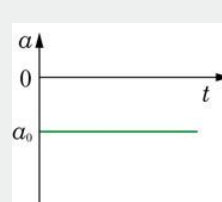
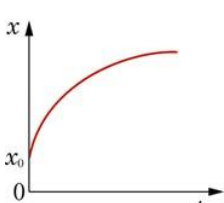
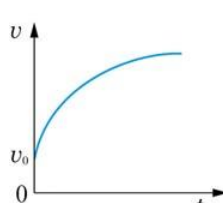
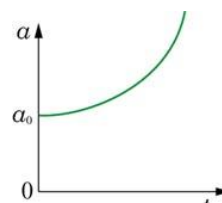
多選題

- () 14. 下列有關「速度」的敘述，何者正確？ (A)單位時間內的位置變化量稱為速度 (B)單位時間內的位移稱為速度 (C)速度是向量 (D)平均速度為零，表示物體靜止 (E)速度的 SI 制單位為公分/秒。
- () 15. 下列有關「速率」的敘述，何者正確？ (A)單位時間內所走的路徑長稱為速率 (B)SI 制單位與速度不同 (C)速率和速度為相同的物理量 (D)速率沒有方向性 (E)平均速度的量值必等於平均速率。
- () 16. 下列有關「速度」和「加速度」的比較，何者正確？ (A)物體速度為零的瞬間，加速度亦為零 (B)加速度的方向和速度的方向必相同 (C)加速度的方向和速度變化的方向相同 (D)速度愈大，則加速度愈大 (E)物體作等速運動時，加速度為零。

- ()17. 對在直線上作等速運動的物體而言，下列敘述哪些正確？
(A)平均速度等於任一時刻的瞬時速度 (B)平均速度的量值等於平均速率 (C)運動方向恆不改變 (D)任一段時距內的位移量值等於此時段內的路徑長 (E)任一時刻的瞬時速度恆不改變
- ()18. 下列有關物體運動的敘述，何者正確？（應選 2 項）
(A)物體的位移和所取的路徑長度成正比 (B)位移與原點之位置無關 (C)位移就是位置的改變量 (D)位移的量值就是所經路徑的量值 (E)運動愈久，位移一定愈大
- ()19. 下列有關物體運動的敘述何者正確？（應選兩項）(A)全程的平均速率必等於平均速度的量值 (B)等速運動必為直線運動 (C)等速率運動必為等速運動 (D)等速運動必為等速率運動 (E)等速率運動的軌跡必為直線。
- ()20. 下列有關於速度與速率的敘述，何者正確？（應選三項）(A)瞬時速度的大小就是瞬時速率 (B)不在直線上運動的物體必作變速運動 (C)時鐘秒針之針尖作變速度但等速率的運動 (D)一物體可以作等速度圓周運動 (E)若物體的末位置與初位置相同，則物體運動的路程為零。

答案 1.D 2.A 3.B 4.D 5.A 6.A 7.C 8.D 9.E 10.C 11.B 12.E 13.C 14.ABC
15.AD 16.CE 17.ABCDE 18.BC 19.BD 20.ABC

貳、運動的函數圖形表示

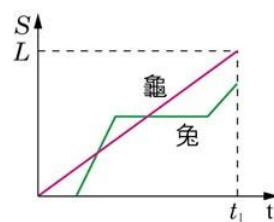
	位置對時間函數關係 ($x-t$) 圖	速度對時間函數關係 ($v-t$) 圖	加速度對時間函數關係 ($a-t$) 圖
割線斜率	平均速度	平均加速度	無意義
切線斜率	瞬時速度	瞬時加速度	無意義
面積	無意義	Δx (位移)	Δv (速度變化量)
函數圖	 <p>▲ 靜止不動</p>	 <p>▲ 等速運動</p>	 <p>▲ 靜止或等速運動</p>
	 <p>▲ 等速運動</p>	 <p>▲ 等加速運動 ($a > 0$)</p>	 <p>▲ 等加速運動 ($a_0 > 0$)</p>
	 <p>▲ 速率增加的運動</p>	 <p>▲ 等加速運動 ($a < 0$)</p>	 <p>▲ 等加速運動 ($a_0 < 0$)</p>
	 <p>▲ 速率減少的運動</p>	 <p>▲ 變加速運動</p>	 <p>▲ 變加速運動</p>

- (1) x_0 ：初位置； v_0 ：初速度； a_0 ：初加速度
- (2) $v-t$ 圖中，若面積在時間 t 軸以上，則位移取正值；若在 t 軸以下，則位移取負值。
- (3) $a-t$ 圖中，若面積在時間 t 軸以上，則速度變化取正；若在 t 軸以下，則速度變化取負。
- (4) 切（割）線斜率之大小代表量值，正負代表方向。

範例

如右圖所示，為龜兔沿一直線賽跑中，兔子與烏龜之位置（ S ）與時間（ t ）之關係圖，其中 t_1 為比賽結束的時刻， L 為終點位置，則下列敘述，何者正確？

- (A) 兔子與烏龜由同一地點同時出發 (B) 烏龜作直線等加速運動 (C) 兔子與烏龜在比賽中共相遇兩次 (D) 在比賽中，烏龜之平均速率比兔子之平均速率小 (E) 兔子與烏龜同時到達終點



C

範例

範例7 $x-t$ 圖與 $v-t$ 圖圖的比較在同一直線上運動的甲、乙、丙三車，其 $x-t$ 圖如圖(a)所示；而作直線運動的三物體智、仁、勇，其 $v-t$ 圖則如圖(b)所示，試問下列敘述哪些正確？

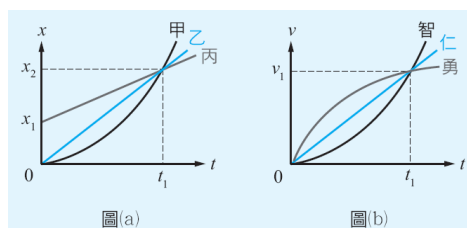
- (A) 圖(a)中 t_1 時刻的瞬時速度為甲 = 乙 = 丙；圖(b)中 t_1 時刻的瞬時速度為智 > 仁 > 勇

- (B) 圖(b)中， $0 \sim t_1$ 時距內的平均速度為智 > 仁 > 勇

- (C) 圖(a)中， $0 \sim t_1$ 時距內三車的平均速度為甲 = 乙 > 丙

- (D) 圖(a)中，三車出發後，甲車先追上乙車，再追上丙車

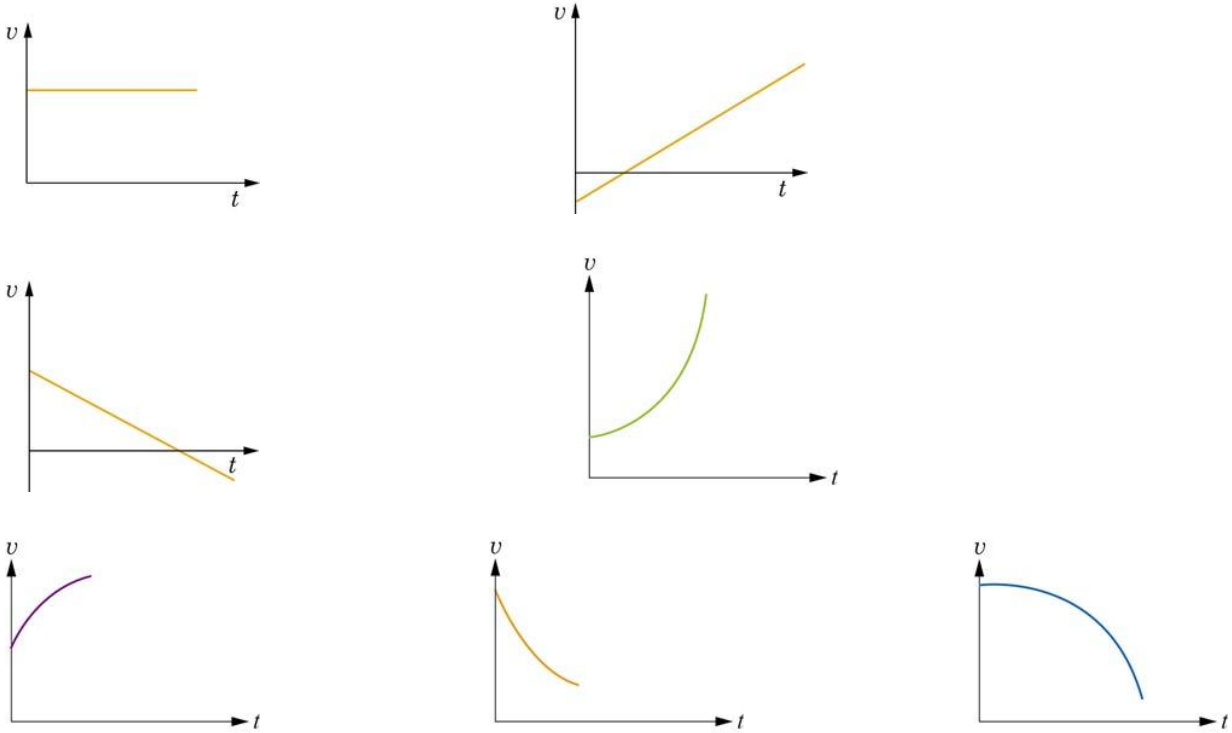
- (E) 圖(b)中， $0 \sim t_1$ 時距內位移的量值為勇 > 仁 > 智。



圖(a)

圖(b)

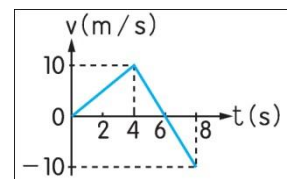
範例



範例

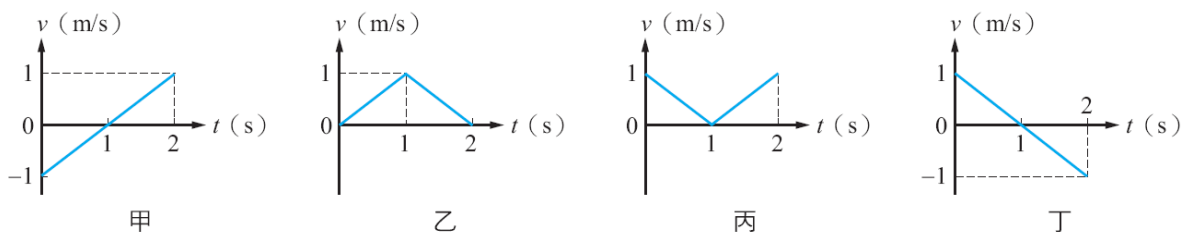
一升降梯的速度 (v) - 時間 (t) 關係圖如下圖所示。試求：

- (1) 升降梯前 8 秒內的位移。
- (2) 畫出升降梯前 8 秒內的 $a-t$ 圖。



範例

四個質點作直線運動的函數圖形如下所示，則下列結論中正確的是哪幾項？

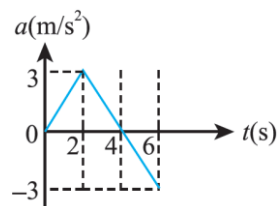


- (A) 四個質點在 2 秒內速度的變化率都相同
 (B) 在 1 秒末的位置與出發點的距離為甲 = 乙 = 丙 = 丁
 (C) 在第 2 秒內，質點甲、乙皆作加速度為正的運動
 (D) 在 0.2 秒內，乙、丙兩質點的位移相同
 (E) 在 0.2 秒內，乙、丙兩質點的平均速度不同。

範例

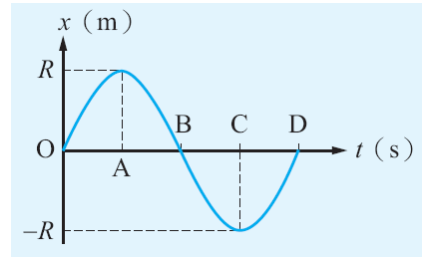
右圖為某汽車之加速度 a 對時間 t 的關係圖，則下列敘述何者正確？

- (A) 4 秒末的瞬時加速度為 -1.5 公尺/秒² (B) 4 秒內的平均加速度為 3 公尺/秒²
 (C) 6 秒末的瞬時加速度為 -1.5 公尺/秒² (D) 6 秒內的平均加速度為 0.5 公尺/秒² (E) 以上皆非。



課後練習

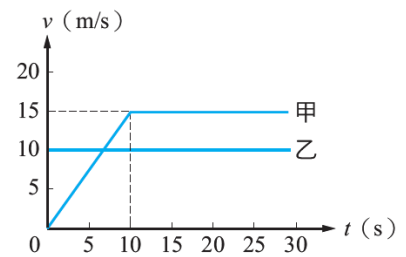
物體振動的位移 x 與時間 t 的函數如右圖所示，已知時距 $\overline{OA} = \overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \frac{T}{4}$ ，其中 T 為振動週期；現令向右方向為正，則



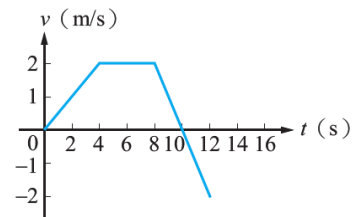
() 1. (1) 請問哪個時段中，此物體的速度為負，而加速度為正？(A) \overline{OA} (B) \overline{AB} (C) \overline{BC} (D) \overline{CD}

() 2. 請問在哪個時段中，此物體的速度為負，而加速度為負？(A) \overline{OA} (B) \overline{AB} (C) \overline{BC} (D) \overline{CD}

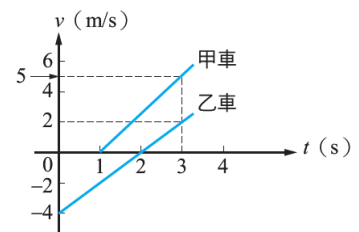
() 3. 在一直行的道路上，甲車停在路口等綠燈亮起。當綠燈亮起時，甲車由靜止加速向前，這時有一乙車以等速度通過路口，並超越甲車。若以甲車在路口的出發處為 $x=0$ ，兩車的 $v-t$ 圖如右圖所示，則當甲車趕上乙車時，甲車離路口多少公尺？
(A) 75 (B) 50 (C) 100 (D) 150



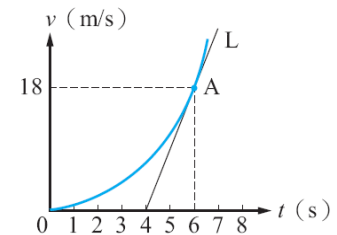
() 4. 右圖所示為一沿 x 軸運動質點的速度 v 與時間 t 之關係圖，若 $t=0$ 時，該質點位於 $x=4$ 公尺處，則在 $t=12$ 秒時，該質點的位置 x 為多少公尺？
(A) 12 (B) 16 (C) 20 (D) 24



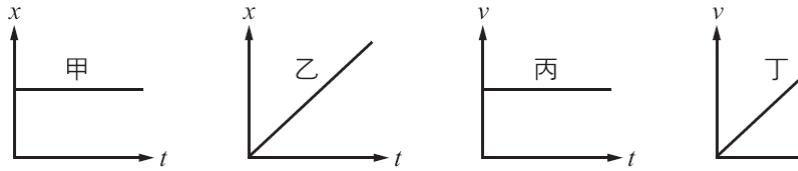
() 5. 甲、乙兩車作直線運動時，其速度對時間的關係如右圖所示，若 $t=0$ 秒時兩車在相同的位置，求 3 秒時兩車相距為多少公尺？
(A) 5 (B) 8 (C) 10 (D) 12



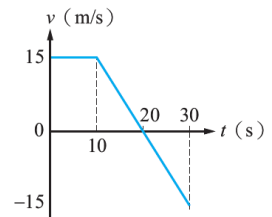
() 6. 右圖所示為某跑車在加速過程的速度對時間關係圖，A 點為切線 L 與函數圖形的交點，則該跑車在 6 秒末的瞬時加速度量值為多少公尺/秒²？(A) 3 (B) 6 (C) 9 (D) 12 (E) 18。



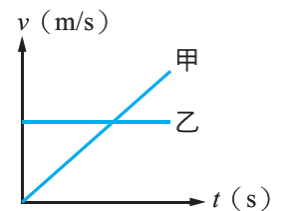
- () 7. 以下四圖分別表示甲、乙、丙、丁四個物體沿直線運動時，位置或速度與時間的關係，則哪兩個物體具有相同的運動形態？
 (A)甲丙 (B)乙丙 (C)甲丁 (D)乙丁。



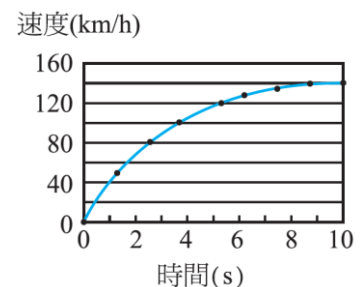
- () 8. 一物體的速度－時間關係圖如右圖所示，則該物體在 30 秒內的平均速率為多少公尺／秒？
 (A)10 (B)5 (C)1.5 (D)1 (E)0



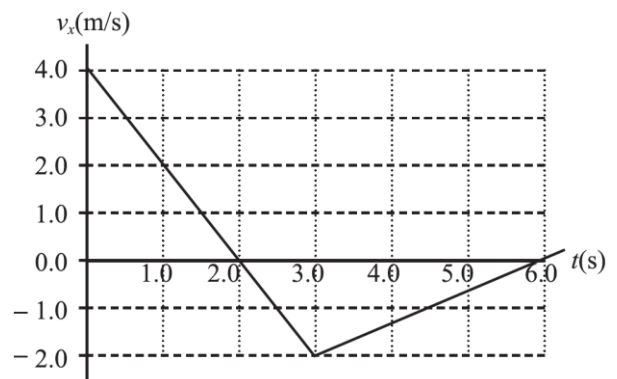
- () 9. 甲、乙兩物體在同一直線上運動，其速度對時間的關係如右圖所示，若已知兩物體出發點相同，則下列敘述何者正確？
 (A)甲物體的運動為等速運動 (B)運動初期，乙物體領先甲物體
 (C)當甲、乙兩物體的速度相同時，兩者也恰好在同一位置
 (D)甲物體與出發點間的距離和經過的時間成正比



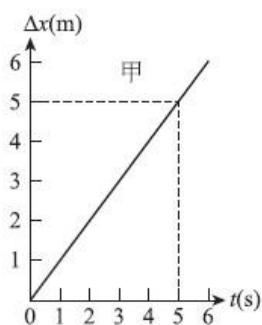
- () 10. 一輛跑車自靜止開始，沿一直線運動，最初 10 秒內的速度與時間關係如圖所示。在這段時間內，下列有關此跑車的敘述何者正確？
 (A)跑車以等加速運動 (B)跑車的加速度愈來愈小
 (C)跑車的最大速度為 160 公里/時 (D)跑車的平均加速度為 14 公里/時²。



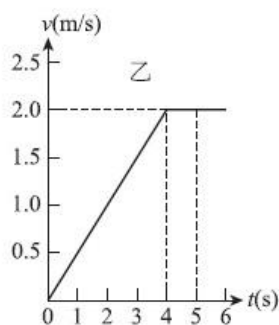
- () 11. 一質點沿 x 軸作一維直線運動，其速度 v_x 與時間 t 的關係如右圖所示。下列有關該質點位移與路徑長關係的敘述，何者正確？
 (A)從 0.0 至 2.0 秒的全程運動，質點的位移量值大於路徑長
 (B)從 0.0 至 2.0 秒的全程運動，質點的位移量值小於路徑長
 (C)從 0.0 至 3.0 秒的全程運動，質點的位移量值等於路徑長
 (D)從 0.0 至 3.0 秒的全程運動，質點的位移量值小於路徑長
 (E)從 0.0 至 6.0 秒的全程運動，質點的位移量值等於路徑長。



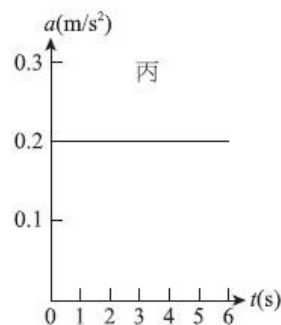
- ()12. 三個靜止的物體甲、乙、丙，同時開始在水平面上作直線運動，其運動分別以下列三圖描述：圖(a)為甲的位移與時間的關係，圖(b)為乙的速度與時間的關係，圖(c)為丙的加速度與時間的關係。在時間為5秒時，甲、乙、丙三者的加速度量值關係為何？ (A)甲=乙<丙 (B)甲=丙<乙 (C)甲<乙=丙 (D)甲>乙>丙 (E)丙<甲<乙。



(a)



(b)

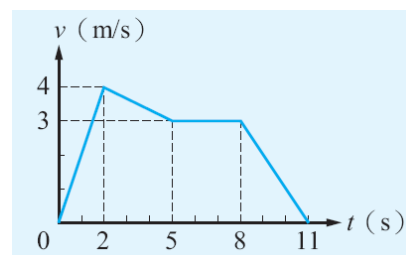


(c)

多選題

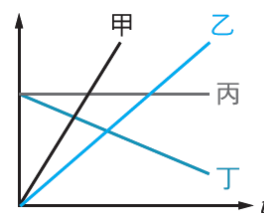
- ()13. 右圖為一質點作直線運動的 $v-t$ 圖。已知該質點的初位置為 -3 公尺，則下列敘述哪些正確？

- (A) $0\sim 2$ 秒的平均加速度為 2 公尺/秒²
 (B) 全程的平均加速度為零
 (C) 第 6 秒的瞬時加速度為 3 公尺/秒²
 (D) 第 $5\sim 8$ 秒內的位移為 9 公尺
 (E) 終點的位置為 28 公尺

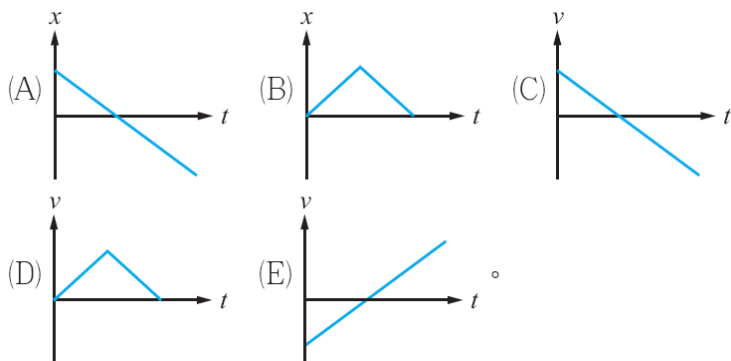


- ()14. 在東、西向直線道路上行駛的甲、乙、丙、丁四輛汽車從同地點出發，以東方為正，其 $x-t$ 圖或 $v-t$ 圖如右圖所示，丙則下列敘述哪些正確？

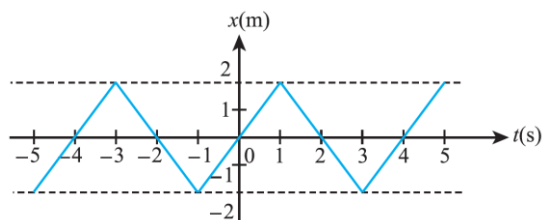
- (A) 如果為 $x-t$ 圖，則丙車為靜止不動
 (B) 如果為 $v-t$ 圖，則甲車恆在乙車的東方
 (C) 如果為 $x-t$ 圖，甲車的加速度恆大於乙車
 (D) 如果為 $v-t$ 圖，由開始至乙、丙兩車速度相同時，丙車的位移比乙車的位移大
 (E) 如果為 $v-t$ 圖，當乙、丙兩車速度相同時，丁車的速度向西，加速度也向西。



()15. 下列各函數圖形中，哪些為運動經過的路徑恰與位移的量值相等？



()16. 一質點沿 x 軸作週期性的運動，其位置坐標 x 對時間 t 的關係如下圖所示。下列有關此質點運動的敘述，何者正確？



(多選) (A)質點在任一週期的平均速度均為零 (B)外力對質點所作之功大於零 (C)當 $|x| < 2$ 公尺時質點以等速率運動 (D)質點沿 x 軸作等速度運動。

答案 1.C 2.B 3.D 4.B 5.B 6.C 7.B 8.A 9.B 10.B 11.D 12.A 13.ABD
14.ABD 15.AD 16.AC

參、等加速度運動

一、當一個物體在運動過程的每一瞬間都具有相同的加速度時（也就是加速度的量值以及方向都保持不變），則稱此物體是在作等加速運動。

二、直線等加速運動公式：

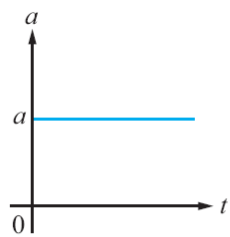
(一)

(二)

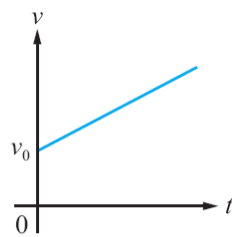
(三)

(四)

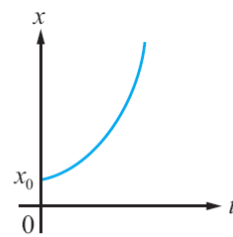
三、等加速運動的函數圖形：



(a) $a = a_0$



(b) $v = v_0 + at$



(c) $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$

範例

市區內高速行駛的汽車以 20 公尺／秒的速度作直線運動，忽見眼前有一障礙物，若欲於 40 公尺內煞車急停，則其等加速度的量值為何？由開始煞車到完全停下需費時多久？

範例

某質點作等加速直線運動，過A點時速度為15公尺／秒，再經3.0秒時通過B點，若AB相距為180公尺，則通過B點時的速度為多少公尺／秒？其加速度為多少公尺／秒²？

範例

在直線形鐵軌上作等加速度運動的火車，車長為 L ，車頭通過某點時的速度為 v ，車尾通過某點時的速度為 $7v$ ，則當其速度為 $3v$ 時，車頭與該點的距離為何？

$$\frac{L}{6}$$

範例

有一輛沿一直線行駛的火車，在 5 秒內速度由 15 m/s 變成 25 m/s，若為等加速運動，則在這一段時間內，火車行駛的距離以及平均速度各為何？

範例

在公路上以 20 m/s 的速度等速行駛的汽車，當駕駛人看到紅燈亮起時，經 0.5 秒的反應時間才踩下煞車，若汽車煞車時的減速度為 5 m/s^2 ，則：

- (1) 從駕駛人看到紅燈到踩下煞車這一段時間內，汽車共前進了多少距離？
- (2) 所需的煞車距離為何？

範例

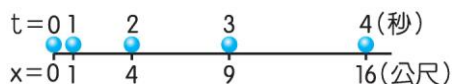
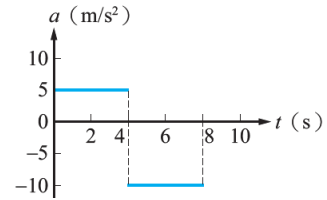
某物體作等加速運動，其位置對時間的關係如下表所示，試回答下列問題：

位置(公尺)	3	8	19	36	59	88
時間 t (秒)	0	1	2	3	4	5

- (1) 時間 $t=3$ 秒時的瞬時速度為多少公尺／秒？
- (2) 加速度為多少公尺／秒²？
- (3) 時間 $t=0$ 秒時的瞬時速度為多少公尺／秒？

課後練習

- () 1. 小居作等加速直線運動，第 1 秒末的速度為 6 公尺／秒，第 2 秒末的速度為 10 公尺／秒，則由第 1 秒到第 3 秒末的平均速度為多少公尺／秒？
(A)8 (B)10 (C)12 (D)14
- () 2. 某物體自靜止開始作直線運動的加速度—時間關係圖如右圖所示，則 8 秒末物體的速度為多少公尺／秒？
(A)0 (B)−40 (C)20 (D)30 (E)−20
- () 3. 選手以 4 公尺／秒²的加速度由靜止起跑而跑完 200 公尺，則其平均速度為多少公尺／秒？ (A)5 (B)10 (C)15 (D)20。
- () 4. 一位自行車選手在速度為 10 公尺／秒時，以等減速煞車，滑行 8 公尺後停下來，則從其煞車到停止共歷時多少秒？
(A)0.6 (B)2.4 (C)1.6 (D)3.0 (E)4.6
- () 5. 汽車後煞車燈的光源，若採用發光二極體 (LED)，則通電後亮起的時間，會比採用燈絲的白熾車燈約快 0.5 秒，故有助於後車駕駛提前做出反應。假設後車以 50 公里／小時的車速等速前進，則在 0.5 秒的時間內，後車前行的距離約為多少公尺？
(A)3 (B)7 (C)12 (D)25
- () 6. 一架協和式噴射客機在跑道上，自靜止開始滑行，達到 360 公里／小時的速度後即可起飛，若此飛機在跑道上滑行時平均加速度量值為 4 公尺／秒²，則飛機至少需滑行幾秒後，才能起飛？
(A) 15 (B) 18 (C) 20 (D) 25 (E) 30
- () 7. 一物體作直線運動，先以 4 m/s²的等加速度從靜止開始運動，接著以 −2 m/s²的等加速運動直到停止。若運動的總距離為 150 m，則此物體運動所需時間為多少秒？
(A) 5 (B) 10 (C) 15 (D) 20 (E) 25
- () 8. 下圖為一個小球在一直線上的運動情形。小球在不同時刻 (t) 的位置 (x) 已標示在圖上 (標尺的刻度單位為公尺)。若以標尺刻度 x=0 處為參考點，向右方取正號，向左方取負號，小球 t=1 秒至 t=3 秒期間的平均加速度量值為多少公尺／秒²？ (設小球作等加速運動) (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 6。



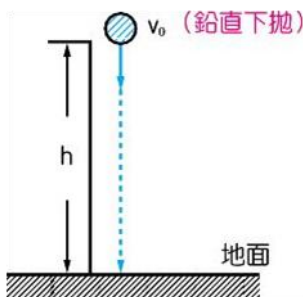
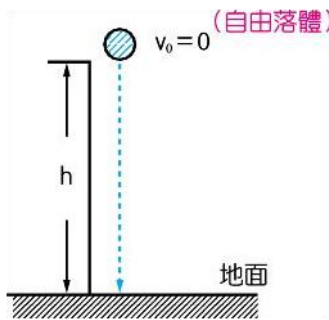
答案 1.B 2.E 3.D 4.C 5.B 6.D 7.C 8.B

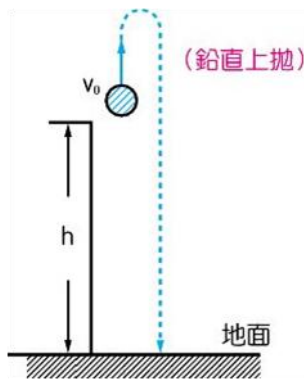
肆、自由落體運動

一、意義：「freely falling body」代表「無阻礙」的運動。換言之，物體在地表附近的運動過程中，不考慮任何阻力，僅受重力作用的運動，即可稱為「自由落體」。

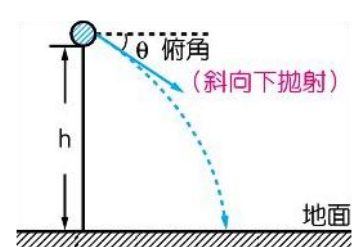
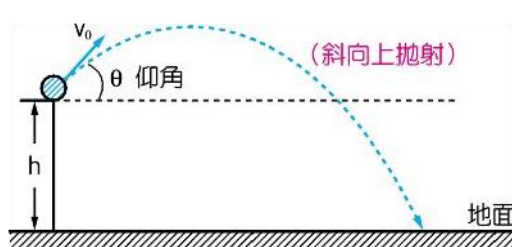
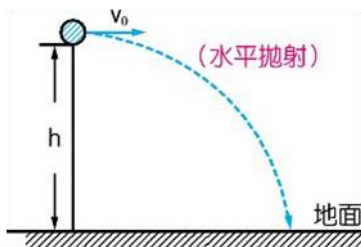
⇒ 僅受重力作用，故為_____運動，加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

二、一維自由落體：軌跡為_____。





三、二維自由落體：軌跡為_____。



範例

一物體自距離地面高度為 H 處，由靜止自由落下，則

(1)第 1 秒末、第 2 秒末、第 3 秒末的速度比為多少？

(2)1 秒內、2 秒內、3 秒內的位移比為多少？

(3)第1秒內、第2秒內、第3秒內的位移比為多少？

(4)此物體自由落下的過程中，若將時間均分為兩段，則前半段時間的位移與後半段時間的位移比為多少？

(5)將此物體落地的位移均分為兩半，前 $\frac{H}{2}$ 位移的時間與後 $\frac{H}{2}$ 位移的時間比為多少？

(6)第 2 秒末和第 4 秒末的速度比為多少？

(7)0~2 秒與 2~4 秒的位移量值之比為

範例

一石頭由頂樓向上鉛直拋出，其拋出速度為 40 公尺／秒。已知頂樓的高度為 100 公尺，設重力加速度 $g = 10$ 公尺／秒²，則

- (1) 石頭拋出到達最高點所需的時間為多少秒？
- (2) 石頭拋出到達最高點時，距離地面的高度為多少公尺？
- (3) 石頭返回拋射點的飛行時間為多少秒？速率為多少公尺／秒？
- (4) 石頭經多少秒後到達地面？到達地面的瞬時速率為多少公尺／秒？
- (5) 落回原高度處時速率為多少？

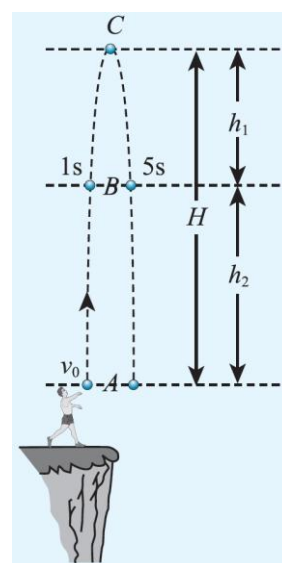
範例

自距離地面高度 h 處以 v_0 的初速鉛直上拋一石頭，落地需時 t_1 ；若改以 v_0 的初速鉛直下拋，則落地需時 t_2 。試問兩者時間差的絕對值為何？

範例

如圖所示，小明將某物自 A 點以初速 v_0 鉛直上拋， C 點為最高點。物體兩次經過拋出點上方 B 點的時間分別為1秒及5秒（ $g = 10$ 公尺/秒²），則

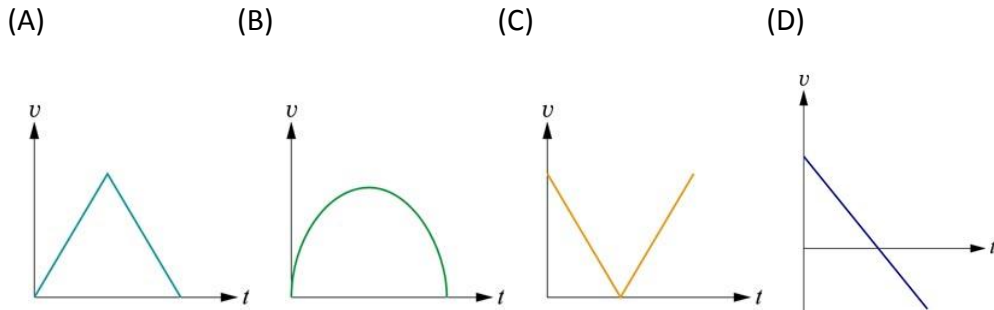
- ※右圖只是示意圖，物體其實是作直線運動。
- (1)物體由 B 點上升至 C 點費時_____秒，自 C 點下降至 B 點費時_____秒，自 B 點下降至 A 點費時_____秒。
 - (2)自 C 點下降至 A 點費時_____秒，自拋出至落回拋出點共費時_____秒。
 - (3)右圖中的 H 為_____公尺， h_1 為_____公尺， h_2 為_____公尺。
 - (4)此物體之初速度 v_0 為_____公尺/秒。



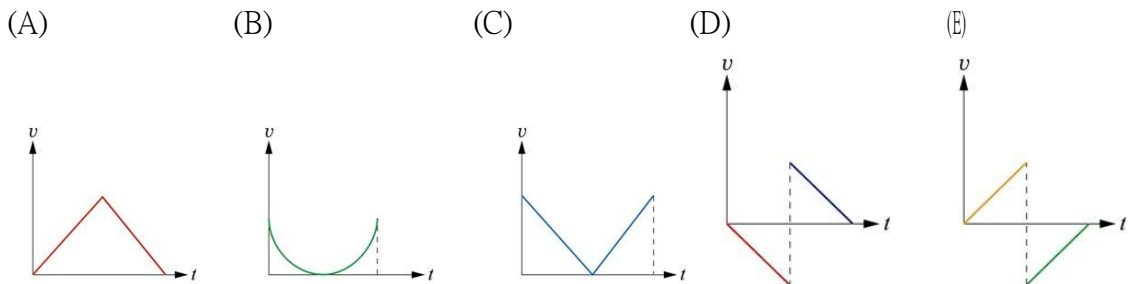
課後練習

單選題

- () 1. 一球由地面垂直向上拋出然後落地，下列何者可描述此球的速度 (v) - 時間 (t) 之關係圖？（假設以上為正）



- () 2. 有一皮球自由落下，著地後又反跳，若向上為正、向下為負，則其速度 (v) - 時間 (t) 之關係圖為下列何者？（假設以上為正）



- () 3. 一石塊以初速 $+v_0$ 鉛直上拋後自由落下，如果不計空氣阻力，重力加速度為 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ，則下列敘述，何者正確？

(A) 石塊往上飛行期間和向下掉落期間的加速度量值一樣，但方向相反 (B) 石塊往上飛行時間比石塊往下飛時間長 (C) 石塊往上飛行到最高點時，其速度和加速度皆不為零 (D) 該石塊未落地前，飛過最高點後，距出發後 t 秒，此時速度為 $v = v_0 + 9.8 \times t$ (E) 承(D)，此時該石塊距出發點距離為 $S = v_0 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

- () 4. 小明將一顆花生米拋向空中，經過 1 秒後花生米剛好落到口中。假設花生米脫手的那一瞬間所在的高度和小明的嘴巴高度一致，並假設花生米是在一鉛直線上作運動。在忽略空氣阻力的近似下，請從以下選出一個正確的答案。

(A) 花生米落到口中瞬間的速度等於花生米剛被拋向空中瞬間的速度 (B) 花生米拋向空中後 0.4 秒那一瞬間所在的高度等於花生米自最高點落下 0.1 秒那一瞬間所在的高度 (C) 花生米拋向空中後 0.4 秒那一瞬間的速率等於花生米自最高點落下 0.4 秒那一瞬間的速率 (D) 花生米抵達最高點時所受到的加速度剛好等於零

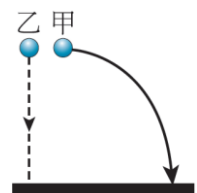
少林學僧練習原地跳高以作為鍛練輕功的基礎如下圖，現以運動學原理分析其練習動作。練功時，由蹲姿準備，在原地使勁起跳離地，離地躍升過程則身體維持直立。當第一次練習時，腳底離地最大高度為 64 公分，第二次練習時，腳底離地最大高度為 100 公分。試回答 5.

、6.題：

- () 5. 兩次原地起跳時，腳底剛離開地面的瞬時速度的比為何？
 (A) 9 : 10 (B) 8 : 9 (C) 6 : 7 (D) 4 : 5
- () 6. 兩次蹲姿準備至離地起跳，皆以相同加速度伸展，則離地時，身體重心上升的高度比為何？
 (A) 64 : 125 (B) 16 : 25 (C) 4 : 5 (D) $\sqrt{4} : \sqrt{5}$

從高度為 500 m 的樓頂上，一塊小石頭自靜止掉落，若不計空氣阻力的影響，設重力加速度為 10 m/s^2 ，試回答 7.、8.題：

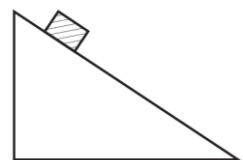
- () 7. 這塊小石頭經多少時間才落至地面？
 (A) 3 秒 (B) 5 秒 (C) 6 秒 (D) 8 秒 (E) 10 秒
- () 8. 這塊小石頭落地時的速度量值為多少 m/s？
 (A) 30 (B) 50 (C) 80 (D) 100 (E) 120
- () 9. 甲、乙兩鐵球同時由相同高度釋出，甲球 100 公克以水平射出，乙球 200 公克垂直自由下墜，兩球均落到同一水平地面。若不計空氣阻力，下列敘述何者正確？ (A) 甲球經過的路徑較長，比較慢著地 (B) 甲球運動的速率較快，比較先著地 (C) 乙球比甲球受的重力大，故乙球先著地 (D) 兩球都以相同的加速度下墜，故同時著地。



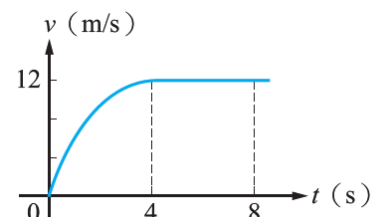
- () 10. 如圖所示，小明手持直尺，使直尺下方零點位於小華拇指與食指之間。小華一看到小明鬆手，就立即抓握直尺，結果直尺落下 20 公分。若重力加速度為 10 公尺/秒^2 ，則小華的反應時間約為 (A) 0.02 (B) 0.2 (C) 2 (D) 20 秒。



- () 11. 如右圖所示，一物體沿平滑斜面滑下，在下滑的過程中，下列有關該物體的加速度量值 a 和速度量值 v 的變化，何者正確？ (A) a 和 v 都不變 (B) a 和 v 都漸變大 (C) a 和 v 都漸變小 (D) a 不變， v 漸變大 (E) a 漸變小， v 漸變大。



- () 12. 一小球由高樓處自由落下，小球的 $v-t$ 關係圖，如右圖所示（令方向向下為正），若小球受阻力影響飛行秒後著地，則下列(甲)、(乙)、(丙)、(丁)、(戊)的敘述，哪些正確？



- (甲) 小球作等加速直線運動。(乙) 小球的加速度漸減，速度漸增，最後維持等速運動。(丙) 小球的速度一直在增加中。(丁) 秒後，

小球所受的合力為零。(戊)著地前 1 秒內，小球下落的距離為 12 公尺。

(A)(甲)(乙)(丙) (B)(丙)(丁)(戊) (C)(乙)(丁)(戊) (D)(甲)(乙)(戊) (E)(乙)(丙)(丁)

- () 13. A 球自 98 公尺的塔頂自由落下，同時 B 球自地面以 49 公尺／秒的初速鉛直向上拋，則兩球於幾秒後會相遇？

(A)1 (B)2 (C)3 (D)4 (E)5。

- () 14. 設重力加速度 g 為 9.8 公尺／秒²，鉛直向上拋射一小石頭，則小石頭上升時最後 2 秒的位移為多少公尺？（假設上升到最高點時所需的時間超過 2 秒）

(A)因初速未知，故無法求得 (B)19.6 (C)9.8 (D)4.9。

- () 15. 在遙遠太陽系的某星球表面上，一球被鉛直上拋，其位置 y 對時間 t 的關係如右圖所示，其中 y 為球相對於起始點的高度，試求星球表面的重力加速度 g 之量值及球上拋的初速 v_0 之量值為何？

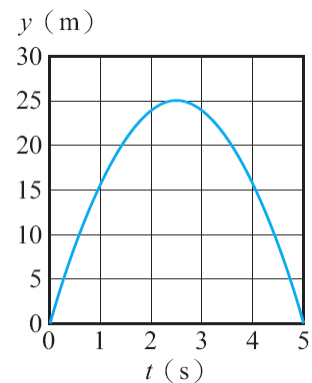
(A) $g=8$ 公尺／秒²、 $v_0=12$ 公尺／秒

(B) $g=6$ 公尺／秒²、 $v_0=12$ 公尺／秒

(C) $g=8$ 公尺／秒²、 $v_0=20$ 公尺／秒

(D) $g=10$ 公尺／秒²、 $v_0=25$ 公尺／秒

(E) $g=6$ 公尺／秒²、 $v_0=10$ 公尺／秒



- () 16. 有 A、B 兩個小球，A 球的質量為 B 球的 2 倍，自地面鉛直上拋，若 A 球的初速度為 B 球的 2 倍，則 A 球所達的高度是 B 球的幾倍？

(A)2 (B)4 (C)6 (D)8

- () 17. 某物體作自由落體運動，若不考慮空氣阻力，則第 3 秒內的位移與 3 秒內的位移量值之比為何？

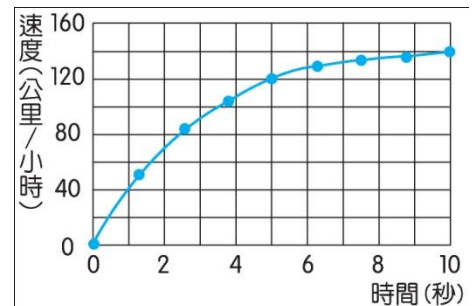
(A)1 : 1 (B)5 : 9 (C)1 : 3 (D)1 : 5 (E)3 : 5

- () 18. 一輛跑車自靜止開始，沿一直線運動，最初 10 秒內的速度與時間的關係如下圖所示。在這段時間內，下列有關此跑車的敘述，何者正確？

(A)跑車以等加速運動 (B)跑車的加速度愈來愈小

(C)跑車的最大速度為 160 公里／小時

(D)跑車的平均加速度為 14 公里／小時²。



多選題

- () 19. 一石塊垂直上拋後自由落下，如果不計空氣阻力，則下列敘述何者正確？（應選兩項）(A)石塊往上飛行時和向下掉落時的加速度都是一樣大小，且方向相同 (B)石塊往上飛行時和向下掉落時的加速度都是一樣大小，但方向相反 (C)石塊往上飛行到最高點時，其速度和加速度皆為零 (D)石塊往上飛行到最高點時，其速度和加速度皆不為零 (E)石塊往上飛行到最高點時，其速度為零，但加速度不為零。

- ()20. 把一塊質量 0.1 kg 的小石頭，用力垂直上拋又落下的過程，設重力加速度為 9.8 m/s^2 ，則下列敘述何者正確？
(A)石頭達到最高點時速度為 0 (B)石頭達到最高點時受力為 0 (C)石頭達到最高點時加速度為 0 (D)上升過程的加速度為 9.8 m/s^2 ，向下 (E)下降過程的加速度為 9.8 m/s^2 ，向下
- ()21. 下列敘述哪些正確？（應選兩項）
(A)上升中的電梯逐漸變慢，則加速度向上
(B)下降中的電梯逐漸加快，則加速度向下
(C)以手拿石頭向上拋射，石頭還未離手時，加速度向下
(D)承(C)，石頭從離手到降落地面，加速度向下(E)若加速度向下，則物體一定向下運動，且速度一定加快
- ()22. 具有相同體積且質料均勻的實心鐵球與鋁球，從離地面等高處由靜止自由落下，令重力加速度的量值為 g 。在落下的時間均為 t 時（尚未到達地面），忽略空氣阻力及風速的影響，則下列哪幾項敘述正確？
(A)兩球所受的重力相同 (B)兩球下落的距離相同 (C)兩球有相同的速度(D)兩球有相同的加速度 (E)兩球有相同的質量

答案	1.D	2.D	3.E	4.B	5.D	6.B	7.E	8.D	9.D	10.B	11.D	12.C	13.B	14.B	15.C	16.B	17.B	18.B	19.AE	20.ADE	21.BD	22.BCD
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	--------	-------	--------