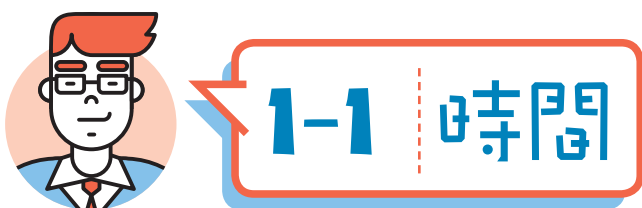




第一章

直線運動





重點整理

一、時間

1. 時間的測量：凡具有規律性的變化和週而復始、不斷循環的特性，都可用來測定時間。

2. 時間的單位：

(1) 太陽日：太陽出現在白晝天空中的高度角，在同一位置連續二次出現最大值所經歷的時間。

① 特性：太陽日每次長短不一。

(2) 平均太陽日：一年中各太陽日的平均值。

① 平均太陽日 = 24 小時 = 1440 分 = 86400 秒。

② 秒：一個平均太陽日的 $\frac{1}{86400}$ 。

③ 分：一個平均太陽日的 $\frac{1}{1440}$ 。

(3) 西元 1955 年以前的公制時間標準單位「秒」，即是利用地球自轉及繞日運行的規律性而訂出的。

(4) 現在時間的標準：自西元 1967 年後，「秒」的公制標準，即是根據銨原子鐘制訂的，精確度可達到 300 萬年內誤差還不到1秒。

3. 常用的計時工具：

(1) 古代計時器：日晷、月相盈虧、竿影、滴漏與沙漏等。

(2) 現今計時器：機械鐘、石英錶、電子錶與原子鐘等。

① 鐘錶：利用有規律的機械擺動來測時間。

② 石英錶：利用石英控制電路，使產生極具規律之變化來測時間，精確度可達到 3 年內誤差一秒。

③ 利用原子狀態的變化來控制時鐘的快慢。

二、單擺

1. 義大利科學家伽利略利用自己的脈搏，測量教堂天花板吊燈來回擺動的時間，使計時工具的演變有了一大進步。

2. 單擺：將細線上端固定在支架上，另一端懸掛小球稱為擺錘，將擺錘拉向一側後放手任其自由擺動。因為單擺的振動有等時性和週期性，故可做為計時的工具，且裝置簡單，故稱為單擺。

3. 單擺的特性

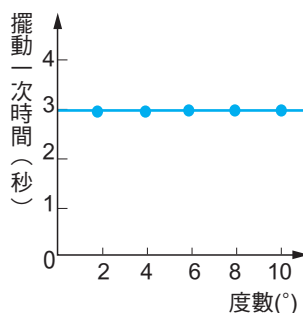
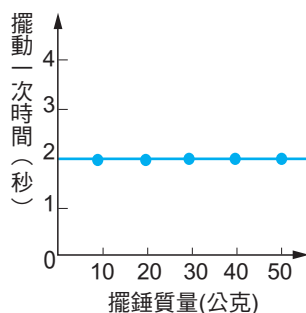
(1) 週期 T 。

- ① 定義：擺動一次所須的時間（秒）。
- ② 單位：秒/次、秒。
- ③ 公式：週期 = $\frac{\text{振動的時間}}{\text{振動次數}}$ 。

(2) 頻率 f

- ① 定義：每秒內擺動的次數。
- ② 單位：次/秒；赫（Hz）；赫茲；1/秒。
- ③ 公式：頻率 = $\frac{\text{振動次數}}{\text{振動時間}}$ 。
- ④ 頻率愈大，單擺擺動愈 快；頻率愈小，單擺擺動愈 慢。
- ⑤ 頻率與週期的關係：頻率 $\times$ 週期 = 1（ f 和 T 互為倒數），即 $T = \frac{1}{f}$ ；

$$f = \frac{1}{T}。$$

(3) 擺錘質量：單擺下端所吊的重物 $\rightarrow$ 不影響 T （週期）。(4) 擺角：擺線偏離鉛直線的角度（ θ ） $\rightarrow$ 不影響 T （週期）。(5) 擺長 L ：懸掛點至擺錘重心的距離

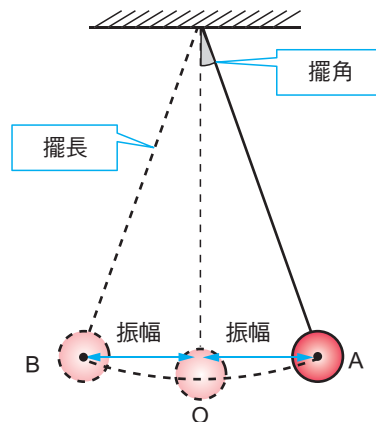
唯一影響 T $\rightarrow$ 愈長，擺動愈 慢。 $\rightarrow$ 愈大。
 $\rightarrow$ 愈短，擺動愈 快。 $\rightarrow$ 愈小。

(6) 振幅：平衡點到一端點的距離， $\widehat{OA} = \widehat{OB}$ 。

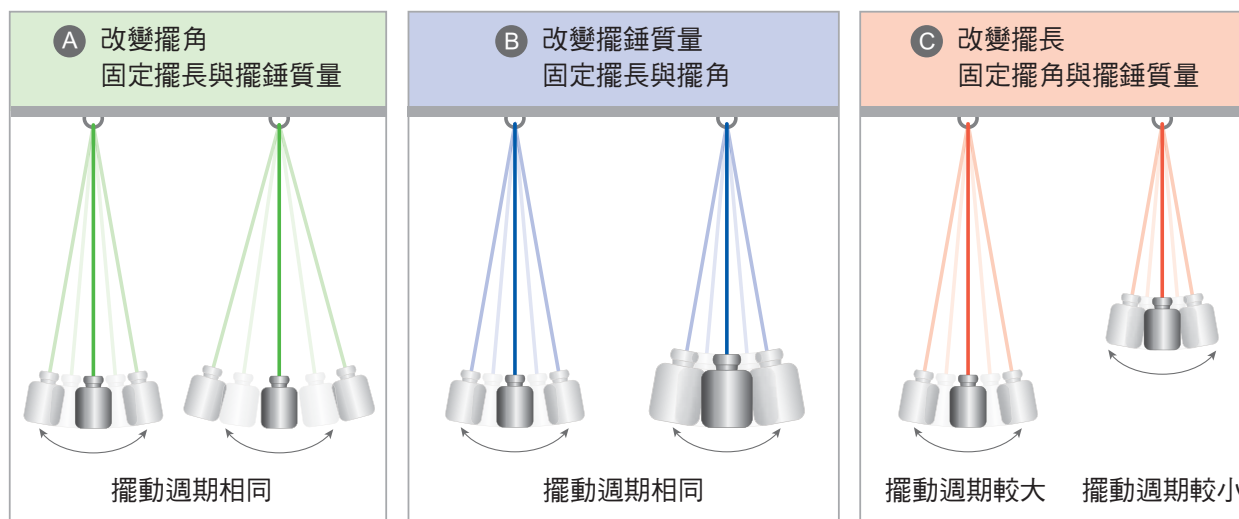
- ① 一次振動所經過的點： $A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$ 。
- ② 一次振動所經過的距離 = 4 個振幅。

4. 結論

- (1) 伽利略發現，當單擺擺動角度不大時（ 10° 以內），來回擺動一次的 週期 幾乎相等。



- (2) 單擺擺動的週期長短只與「擺長」有關，與「擺角」及「擺錘質量大小」無關，如下圖所示：

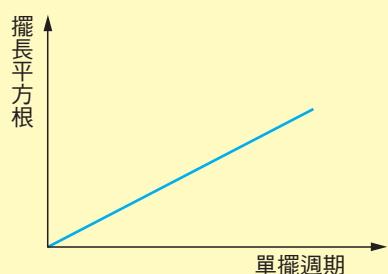


- (3) 單擺具有等時性。



延伸閱讀

單擺振動週期與擺線長的平方根成正比，如下圖所示。



$$T \propto \sqrt{L}, \quad \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{L_1}{L_2}$$

- 舉例：若擺線長 = 4 cm 的單擺振動週期為 1 秒，則擺線長 = 16 cm 的單擺其振動週期為 2 秒。

- (4) 荷蘭科學家惠更斯利用單擺擺長相同則擺動週期就會相同的特性，發明了第一座具有擺的機械鐘，稱為擺鐘。



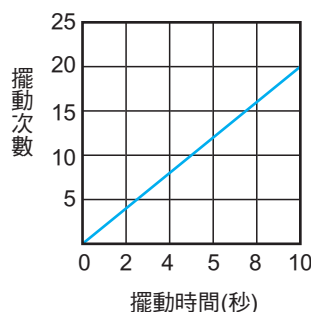
智慧演練

- (D) 1. 下列有關太陽日的敘述，何者錯誤？
- (A) 太陽連續兩次在天空中高度角最大的位置時，所經歷的時間為一個太陽日
 - (B) 一年中各個太陽日的平均值為一個平均太陽日
 - (C) 在同一年中，各個太陽日的長短不相同
 - (D) 一個太陽日等於 86400 秒 《1. 一個平均太陽日等於 86400 秒。》

- (D) 2. 芳慈測得某單擺的次數與擺動時間的關係如右圖所示，試問：該單擺在 45 秒內可擺動若干次？

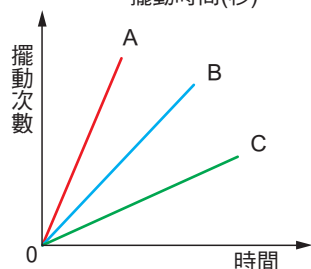
- (A) 15 次
(B) 30 次
(C) 45 次
(D) 90 次

《2. $20/X = 10/45$, $x = 90$ 次。》
《3. 相同時間內擺動次數愈多次表示擺長愈短。》



- (A) 3. 李其以不同單擺 A、B、C 作單擺週期定律實驗結果如右圖，則 A、B、C 三者擺長由長至短的次序應為何？

- (A) $C > B > A$ (B) $B > C > A$
(C) $C < A < B$ (D) $A = B = C$



- (A) 4. 三個單擺：甲擺長 50 cm，擺角 10° ，擺錘質量 5 g；乙擺長 30 cm，擺角 10° ，擺錘質量 10 g；丙擺長 40 cm，擺角 8° ，擺錘質量 20 g，則其週期大小關係為下列何者？

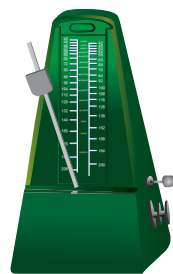
- (A) 甲 $>$ 丙 $>$ 乙 (B) 甲 = 乙 = 丙
(C) 甲 $<$ 乙 $<$ 丙 (D) 乙 $>$ 丙 $>$ 甲

《4. 擺長平方根和週期成正比。》

- (B) 5. 段老師在家中修理節拍器，當節拍器擺動得太慢時，下列何種處理方式可以讓節拍器擺動得快些？

- (A) 將擺錘向上方調整
(B) 將擺錘向下方調整
(C) 換個較小的擺錘
(D) 減少擺動的角度

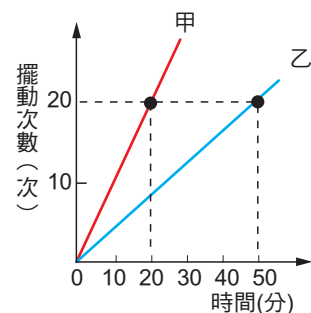
《5. 縮短擺長可以加快擺動次數。》



- (B) 6. 右圖為甲、乙兩單擺的擺動次數與時間之關係圖。則甲、乙兩單擺的週期之比為下列何者？

- (A) 1 : 2
(B) 2 : 5
(C) 2 : 1
(D) 5 : 2

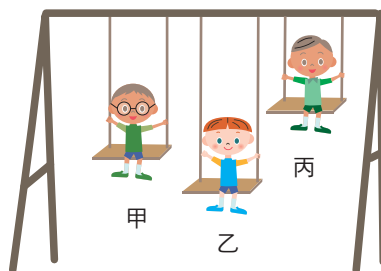
《6. $T_{甲} = \frac{20}{20} = 1$, $T_{乙} = \frac{50}{20} = 2.5$ 。》



- (A) 7. 甲、乙、丙三人盪鞦韆，如右圖所示，則何人所盪的鞦韆，相同時間內何者擺動較多次？

- (A) 甲
(B) 乙
(C) 丙
(D) 甲乙丙一樣多

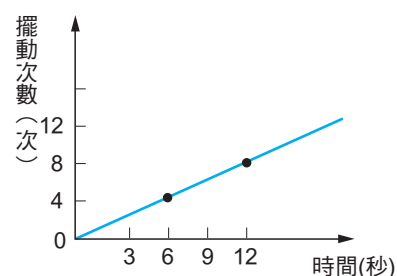
《7. 擺長愈短，擺動愈多次。》



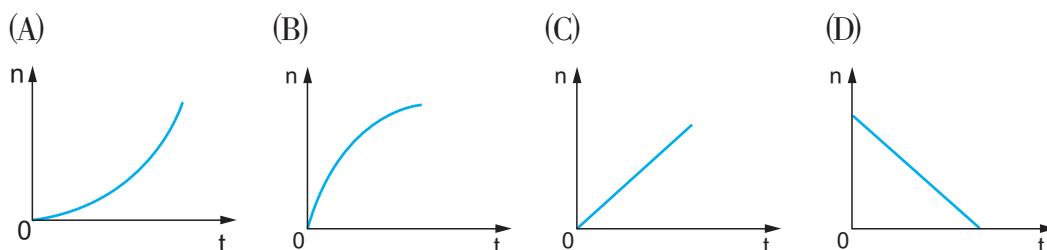
- (B) 8. 芳慈研究單擺之週期，其實驗數據如下表所示，由右表之資料可以得到下列何種結論？

擺長 (cm)	擺錘質量 (g)	擺角 ($^{\circ}$)	擺動 10 次所需的時間 (s)
100.0	20.0	5	20.01
100.0	40.0	5	20.03
100.0	60.0	5	19.98
100.0	80.0	5	20.02

- (A) 單擺的週期與擺長無關
 (B) 單擺的週期與擺錘質量無關
 (C) 單擺的週期與擺角無關
 (D) 單擺的週期與擺長、擺錘質量及擺角皆無關
- (D) 9. 某單擺的「擺動次數」與「時間」的關係，如右圖所示，若僅將擺錘質量加倍而其餘不變，則此單擺的週期應為若干秒？



- (A) 0.67
 (B) 0.75
 (C) 1.34
 (D) 1.50
- (C) 10. 單擺實驗中，擺長固定，以擺動次數 n 及時間 t 為坐標軸，描繪實驗記錄，下列各圖中，何者正確？





1-2 路程與位移



重點整理

一、位置

1. 描述一個物體的運動，必須包含
- 物體的原來位置。
 - 位置的改變。
 - 位置改變過程中所經歷的時間。

(1) 條件：必須先將物體視為質點，再描述它的相對位置。

(2) 質點：一個物體體積夠小時，就其位置而言，可以視為一個點。

2. 位置：一物體與周圍其他物體間的相互間的關係。

(1) 描述位置三要素：參考點、方向、距離。

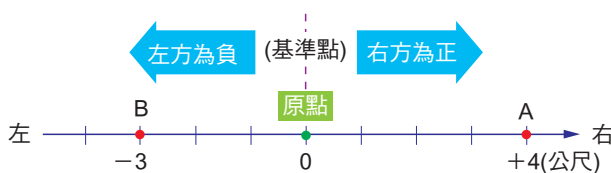
① 參考點：用來說明物體位置的標定物，在座標上參考點即為原點。

② 位置描述有三個要項：

- 先選定參考點，且參考點必須是明顯且眾所周知的固定點，如高雄火車站等。
- 其次是說明物體位在參考點的哪一個方向。
- 最後說明物體和參考點的距離。

(2) 位置的座標表示法：

- ① 直線上的表示法：以一個正負數表示之，正、負表示方向，數值表示距離。



② 平面上的表示法：以直角坐標表示。

③ 當基準點改變時，物體的坐標也會跟著改變。

狀況	基準點	正負方向	位置描述
1	a	右為正，左為負	
2	a	右為負，左為正	
3	b	右為正，左為負	
4	b	右為負，左為正	

二、路程

1. 定義：物體實際運動路線的總和，只有大小，沒有方向性。

2. 常用

(1) 路程大小恆為正值或零。

(2) 路程可以是曲線。

三、位移

1. 定義：物體位置的變化量，代表物體由出發點（ x_1 ）到終點（ x_2 ）最短的直線距離。

2. 特性：

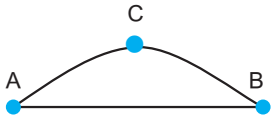
(1) 位移是一種向量（向量是有方向的物理量），具有大小和方向。

(2) **位移**（ Δx ）= 末位置 - 初位置 = $x_2 - x_1$ 。

(3) 位移的方向：起點到終點的方向，通常以「+」、「-」表示。

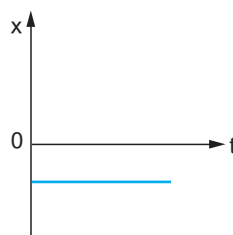
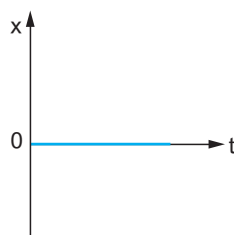
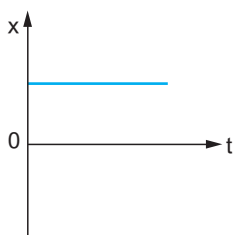
四、路程與位移的比較

1. 路程與位移的差異

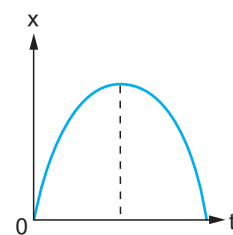
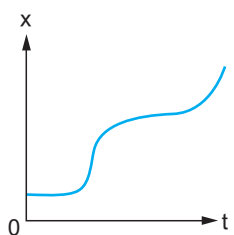
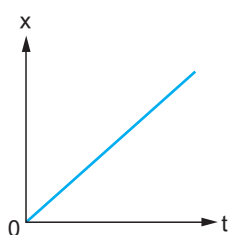
路線	A → B	A → C → B	重 要 性	
位移 x	都相同		(1) 如果物體沿一直線運動： • 沒有折返，則位移 <u>=</u> 路程。 • 有折返，則位移 <u><</u> 路程。 (2) 如果物體非直線運動： • 路程大小恆 <u>></u> 位移大小。	
路程 L	較短	較長		

2. 位置－時間關係圖

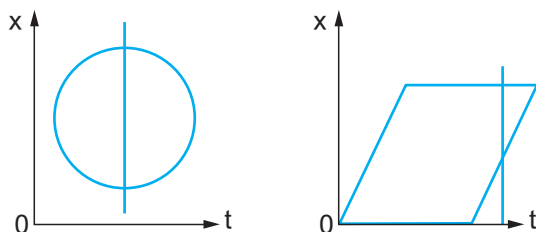
(1) 靜止：物體的運動狀態為靜止時，物體的位置不隨時間而改變，即物體的「位置」是為定值。



(2) 直線運動的 x-t 圖：



(3) 不存在：



(4) 位移大小和路程大小不一定相等，只有在物體作直線運動，且無折返時，兩者才相等。

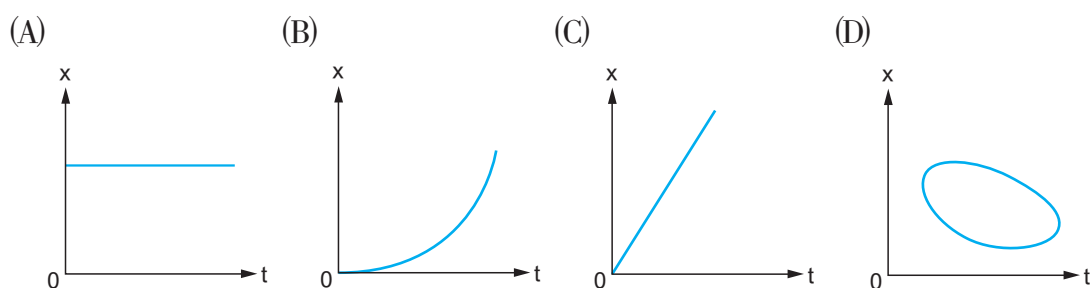
(5) $x-t$ 圖中，同一時間 t 所對應的位置座標僅有 1 個。

x-t 圖		中文含意	物理含意
		(1) 水平線 (2) X 軸上	(1) 靜止 (2) 在東方 5 m 處
		斜直線	(1) 等速度 (2) 2 m/s； 向東。

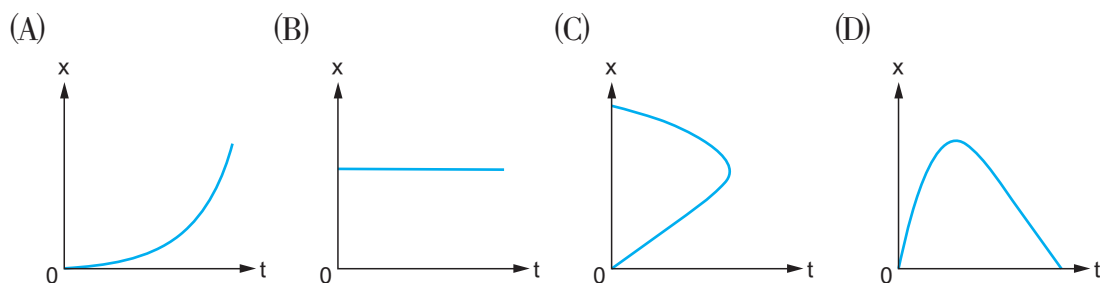


智慧演練

(D) 1. 以一物體座標 x 為縱軸、時間 t 為橫軸，則下列各圖何者為不合理的關係圖？



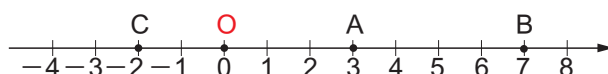
(B) 2. 以位置座標 x 為縱軸、時間 t 為橫軸，則下列各圖何者代表物體靜止？



- (B) 3. 在一直線上，以 0 為原點，0 點的右邊以正數表示，左邊以負數表示，現在芳慈由直線上左方 4 m 的位置向右走 14 m，試問芳慈現在的位置在哪裡？

(A) + 14 m (B) + 10 m (C) + 6 m (D) - 14 m

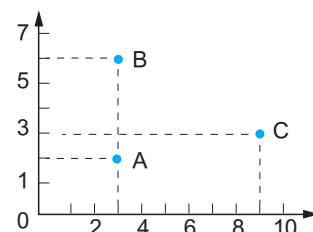
- (C) 4. 有一螞蟻，由下圖中的 A 點向右爬到 B 點，再由 B 點爬到 C 點，則螞蟻所走的全部行程之位移為多少公分？



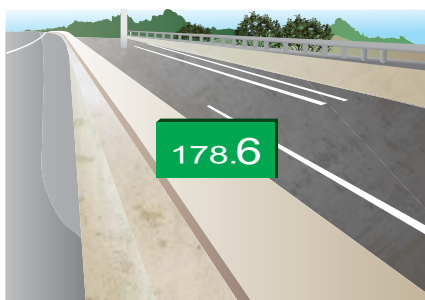
(A) + 4 cm (B) + 13 cm (C) - 5 cm (D) - 9 cm

- (D) 5. 如右圖的坐標系中，0 為原點，則下列何項錯誤？

- (A) A 的坐標是 (3, 2)
 (B) C 的坐標是 (9, 3)
 (C) 以 C 為原點，A 的坐標是 (-6, -1)
 (D) 以 C 為原點，B 的坐標是 (4, -3)



- (D) 6. 中山高速公路的兩旁都設有里程碑，用來指示公路之里程。但是高速公路並非都是一直線，若臺中交流道里程為 178.6 公里，下列敘述何者錯誤？



設施名稱	里程 (公里)
基隆端	0.0
桃園交流道	49.1
臺中交流道	178.6
新營服務區	284.1
高雄端	372.7

- (A) 由下表可以得知基隆端為原點
 (B) 高雄在基隆的南方 372.7 km
 (C) 臺中交流道里程為 178.6 km，代表所經過的路線長
 (D) 臺中交流道里程為 178.6 km，是代表起點到終點的直線長度

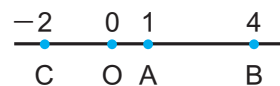
《6. 不是代表起點到終點的直線長度。》

- (D) 7. 如右圖所示為高速公路旁的路標，下列敘述何者錯誤？

- (A) 數字的大小是代表路程
 (B) 路標並沒有顯示大林在嘉義的北方
 (C) 嘉義與大林之間相距為 14 km
 (D) 路標所標示的數字是以嘉義交流道為參考點。

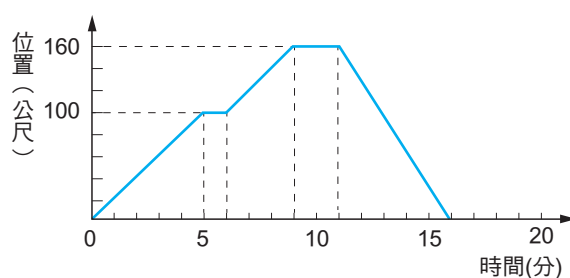


- (B) 8. 一物體作直線運動，自 A 點向右移動到 B 點，再由 B 點向左移動到 C 點，如右圖所示，則其總位移及總路程分別為多少？



- (A) 總位移 3 cm，總路程 9 cm
 (B) 總位移 - 3 cm，總路程 9 cm
 (C) 總位移 3 cm，總路程 - 9 cm
 (D) 總位移 - 3 cm，總路程 - 9 cm
- (C) 9. 「我家門前有小河，後面有山坡，山坡上面野花多，野花紅似火。」敘述中，哪些可做為參考點？
- (A) 我家，小河
 (B) 山坡，野花
 (C) 我家，山坡
 (D) 小河，野花

- (B) 10. 單晏倫騎車到傳統市場購物，所經歷的位置與時間的關係如右圖。下列各項的敘述何者錯誤？
- (A) 晏倫的總位移為 0 公尺
 (B) 晏倫的家在傳統市場的東北方
 (C) 晏倫共停了 2 次
 (D) 晏倫在 11 分鐘後開始往回家的路



《10. 東方或北方。》



1-3 速率與速度



重點整理

1. 速率

(1) 定義：代表物體運動的快慢，速率 不具 方向性。

(2) 平均速率：物體在單位時間內所經過的的路程。

$$\text{平均速率} = \frac{\text{路程}}{\text{經歷時間}} \rightarrow \bar{v} = \frac{\Delta L}{t}$$

(3) 單位：cm/s、m/s 或 km/hr 等。

• 其他常見的單位有公里/時、公分/秒、哩/時 (mph)。1 m/s = 3.6 km/h。

(4) 特性：

① 平均速率無法表達某一特定時刻物體真正的運動快慢。

② 例如：開車由中山高速公路的基隆到高雄，全程約 375 公里，若總共花了 5 小時，則汽車的平均速率 = $\frac{375 \text{ kmL}}{5 \text{ hr}} = \underline{75} \text{ km/h}$ 。



延伸閱讀

- 計算平均速率時，選取的**時間間隔** (Δt) 愈小，平均速率愈能描述某一時刻物體真正的運動情形，此時的平均速率可當做該時刻的**瞬時速率**。
- 瞬時速率簡稱為速率，以 v 表示。
- 如果物體在整個運動過程中，都有相同的速率，則稱該物體做**等速率**運動，例如：分針的運動。
- 在汽車的行車時速錶，此時速錶僅能提供車子的**瞬時速率**，且不能看出行車的方向。
- 物體做等速率運動時，其平均速率 = 瞬時速率。

2. 速度

(1) 定義：運動物體在單位時間內的位移，表示物體運動的快慢和方向的物理量。

(2) 速度的含意包括：**速率及方向**的物理意義。

(3) 平均速度：單位時間內的位置變化量，若某物體在 t_1 至 t_2 時間內；物體位置由 x_1 運動至 x_2 ，則計算式如下：

$$\text{平均速度} (\bar{v}) = \frac{\text{位移}}{\text{經歷時間}} \rightarrow = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

(4) 單位： cm/s 、 m/s 或 km/hr 。

(5) 特性：

- ① 位移的方向即 平均速度 的方向。
- ② 速度是 有 方向性的物理量，速率則 沒有 方向性。
- ③ 物體向右或向東運動，平均速度為正（+）。物體向左或向西運動，則平均速度為負（-）。



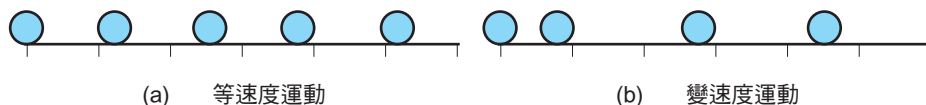
延伸閱讀

- 計算平均速度時，選取的時間間隔愈小，平均速度就愈能描述某一時刻物體真正的運動情形，此時的平均速度可當做該時刻的瞬時速度。
- 瞬時速度簡稱為速度，以 v 表示。
- 等速度運動的物體，平均速度＝瞬時速度。

3. 等速度運動

(1) 等速度運動的特色：

- ① 等速度運動是 速度不變 的運動。
- ② 等速度運動是 方向不變，故必沿直線運動。
- ③ 等速度運動的速率也不變，故又稱為 等速率 運動。
- ④ 在相同的時間間隔記錄物體的位置，則等速度運動物體距離的間隔均 相等。

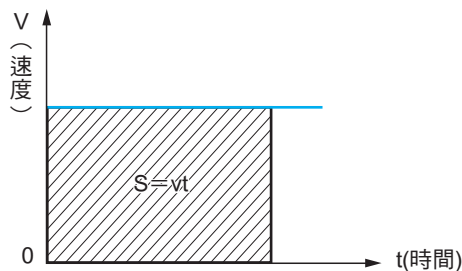


(a) 等速度運動

(b) 變速度運動

(2) 等速度運動的物體的運動公式（若已知速度為 v ）：

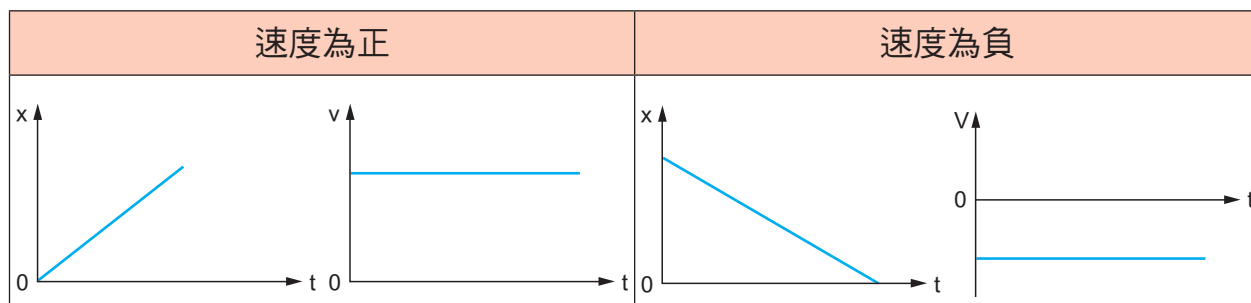
- ① 求任何時刻的位置坐標公式 $x = x_1 + v(t - t_1)$ 。
- ② 求任何時間間隔 t 所運動的位移公式 $S = v \times t \rightarrow v-t$ 圖面積代表 位移 大小。



- ③ 在等速度運動過程中，物體在任何時刻的速度均 相等。

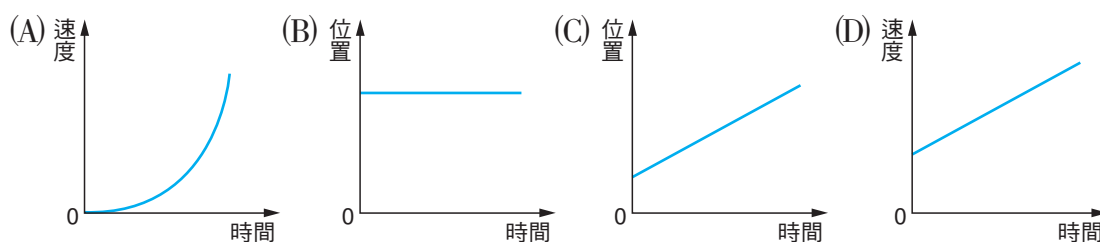
(3) 等速度運動其速度和時間的關係圖形（簡稱 $v-t$ 圖）：

- ① $v-t$ 圖在時間軸上代表 靜止。
- ② $v-t$ 關係為平行於時間軸之直線（即為不在 x 軸上的所有平行線） $\rightarrow$ 代表 等速度 運動。
- ③ 水平線代表速率不因時間的改變而改變。
- ④ $v-t$ 圖曲線下的面積可表示等速度運動物體所經歷的 距離。
- ⑤ 等速度運動其 $x-t$ 圖與 $v-t$ 圖之轉換：



智慧演練

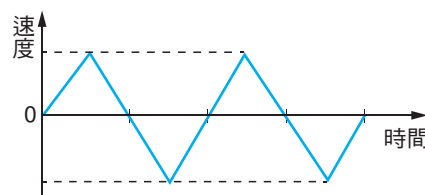
(C) 1. 下列哪一個關係圖形，可以表示物體正處於等速度運動？



(A) 2. 下列關於等速度運動物體的描述，何者正確？
 (A)等速度運動一定為直線運動
 (B)等速度運動方向可能改變
 (C)等速度運動中任何時段的速度不一定相等
 (D)繞操場圓形跑道以每秒 3 公尺的速率跑步也是一種等速度運動

《2. (B)等速度運動方向不會改變；
 (C)等速度運動中任何時段的速度一定相等；(D)等速率運動。》

(A) 3. 段老師參加直線折返跑比賽，右圖是他比賽過程中速度與時間的關係圖。段老師跑步時的方向總共改變幾次？



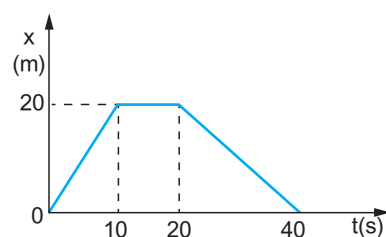
- (A) 3 (B) 4
 (C) 5 (D) 8

(A) 4. 測量某部車在 200 公尺的運動過程中，第 5 秒末的速度為 20.4 公尺/秒，第 10 秒末到達終點時的速度是 20.2 公尺/秒，則此部車在這 200 公尺內的平均速度為多少？

- (A) 20.0 公尺/秒 (B) 20.2 公尺/秒
 (C) 20.3 公尺/秒 (D) 20.4 公尺/秒

(B) 5. 如右圖所示為一物體運動的位置 (x) 與時間 (t) 關係圖，下列敘述何者錯誤？

- (A) 0 ~ 5 秒的平均速度等於 2 公尺/秒
 (B) 10 ~ 20 秒的平均速度等於 20 公尺/秒
 (C) 20 ~ 30 秒的平均速度等於 -1 公尺/秒
 (D) 0 ~ 40 秒的位移 = 0 m



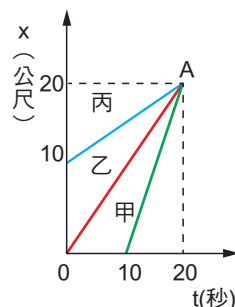
《5. 10 ~ 20 秒的平均速度等於 0 公尺/秒。》

- (B) 6. 物體在 1 秒時的位置是 8 m，在 3 秒時的位置是 -12 m，則物體在此段時間內的平均速度是下列何者？

$$\langle 6. v = \frac{x_2 - x_1}{t_1 - t_2} = \frac{-12 - 8}{3 - 1} = -10 \text{ m/s} \circ \rangle$$

- (A) + 2 m/s (B) - 10 m/s
(C) + 10 m/s (D) - 6 m/s

- (C) 7. 右圖為甲、乙、丙三人騎腳踏車沿一筆直公路前進的位置座標 x 與時間 t 的關係圖。當三人經過 A 點時，誰的位移最小？



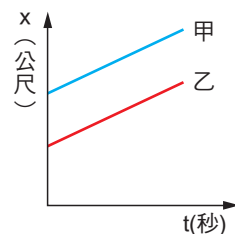
- (A) 甲
(B) 乙
(C) 丙
(D) 無法比較

- (B) 8. 甲、乙兩人騎腳踏車沿一筆直公路向東前進，5 秒內其位置和時間的關係，記錄如右表。若甲、乙兩人依個人的運動方式前進，則何者先到達正前方 40 公尺處？

時間 (s)	0	1	2	3	4	5
甲位置 (m)	0	4	8	12	16	20
乙位置 (m)	0	1	4	9	16	25

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 甲、乙同時到達 (D) 資料不足，無法判斷

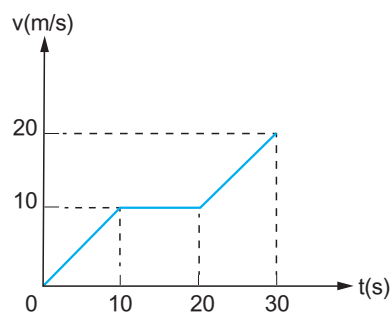
- (A) 9. 甲、乙兩車作直線運動，以東方為正方向，其位置對時間的關係如右圖所示，下列敘述何者正確？



- (A) 甲、乙兩車皆作等速度運動
(B) 甲、乙兩車的速度不相同
(C) 甲、乙兩車正在上坡
(D) 甲、乙兩車的出發點都相同

《9. (B)速度相同；(C)無法得知；(D)出發點不相同。》

- (B) 10. 右圖為一輛汽車在筆直公路上行駛時的速度與時間的關係圖 (v - t 圖)。在 0 s 至 20 s 期間，此汽車行駛的位移大小為何？



- (A) 100 m
(B) 150 m
(C) 300 m
(D) 400 m

$$\langle 10. S = \frac{10 \times 10}{2} + 10 \times 10 = 150 \text{ m} \circ \rangle$$



1-4 加速度



重點整理

- 當物體運動時
 - (1) 物體的速率改變→快慢改變了，則必為加速度運動。
 - (2) 物體運動的方向改變，則必為加速度運動。
 - (3) 凡不是等速度運動的物體，都是加速度運動。

2. 加速度的定義：

- (1) 非等速運動即為加速度運動。
- (2) 平均加速度的意義：運動物體在單位時間內，速度的變化量。

$$\bar{a} = \frac{\text{末速度} - \text{初速度}}{\text{經歷時間}} \rightarrow = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

- (3) 即每秒增加或減少的速度，來表示物體速度變化的快慢和方向。

- (4) 單位： m/s^2 、 cm/s^2 。

(5) 特性：

① 速率改變

- 當加速度 a 與速度 v 方向相同時，運動物體會加速變快。
- 當加速度 a 與速度 v 方向相反時，運動物體會減速變慢。

② 方向改變

- 加速度是有方向性的物理量。



延伸閱讀

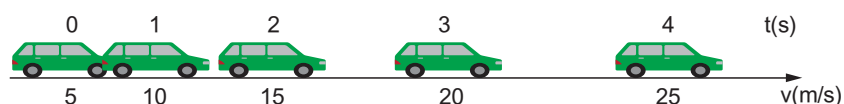
- 瞬時加速度：計算平均加速度時，選取的時間間隔愈小，平均加速度愈能描述物體在某一時刻的速度變化情形，此時的平均加速度稱為瞬時加速度，簡稱為加速度。

3. 等加速度運動

- (1) 定義：物體在運動過程中，加速度大小和方向始終維持一定值（不論 $a > 0$ 或 $a < 0$ ）。

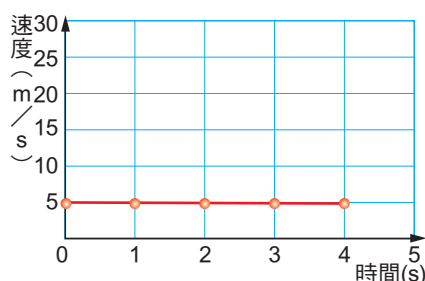
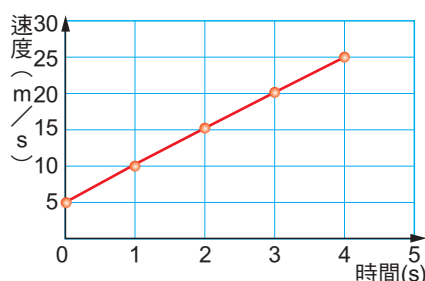
(2) 等加速度：

- ① $a > 0$ 時：某車輛運動速度隨時間的變化關係如下表所示（假設向東為正）：



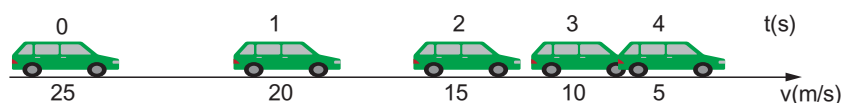
時間 (秒)	0	1	2	3
速度 (m/s)	5	10	15	20

- 由上表的數據可以看出：在每1秒內速度增加的量；亦即：該車每1秒內，速度增加 5 m/s ，故加速度 $= 5 \text{ m/s}^2$ 。



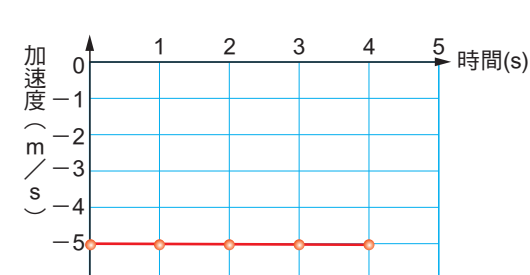
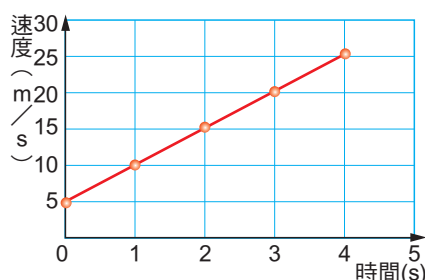
- 汽車做等加速度運動，且加速度為正值。

② $a < 0$ 時：某車輛運動速度隨時間的變化關係如下表所示（假設向東為正）：



時間 (秒)	0	1	2	3	4
速度 (m/s)	5	10	15	20	5

- 汽車在 $0 \sim 4$ 秒的平均加速度等於 -5 (公尺/秒²)，而且在這段時間內，任兩秒間的平均加速度皆等於 -5 公尺/秒²。



- 汽車做等加速度運動，且加速度為負值。

- ③ 等速度運動時，即速度無變化，故其加速度為 零。
- ④ 加速度是有大小，有方向的量，其方向與施力方向相同與速度的方向不一定相同。
- ⑤ 等加速度運動的平均加速度 等 於瞬時加速度。

延伸閱讀

◎直線等加速度運動公式：

• 末速度公式： $v = v_0 + at$ 。

• 所行距離公式：

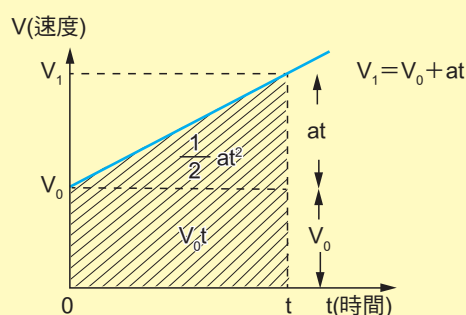
$$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{v_0 - v}{2} \times t$$

• 未知時間求末速度： $v_2 = v_0^2 + 2aS$

• 求平均速度： $\bar{v} = \frac{v_0 - v}{2}$

v_0 = 初速 (m/s)， v = 末速 (m/s)， a = 加速度 (m/s²)，

t = 時間 (s)， S = 距離 (m)



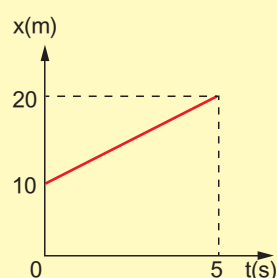
延伸閱讀

• 各種圖形的意義 (以東方為正)：

◎ 0 ~ 5 秒在原點東方 10 公尺處靜止	◎ 0 ~ 5 秒向東做等速度運動 ◎ $v_0 = v_1 = \dots = v_5 = 10 \text{ m/s}$
◎位移 = $10 \times 5 = 50 \text{ (m)}$	
◎ 0 ~ 5 秒向東做等速度運動 ◎ 位移 = $20 - 0 = 20 \text{ (m)}$ 向東	◎ 0 ~ 5 秒向東做等加速度運動 ◎ 速度愈來愈快 (受到助力)
◎ $v = \frac{20 - 0}{5 - 0} = 4 \text{ (m/s)}$ ◎ $a = 0$	◎ $a = \frac{20 - 0}{5 - 0} = 4 \text{ (m/s}^2\text{)}$ ◎ 位移 = $\frac{20 \times 5}{2} = 50 \text{ (m)}$

延伸閱讀

• 各種圖形的意義（以東方為正）：

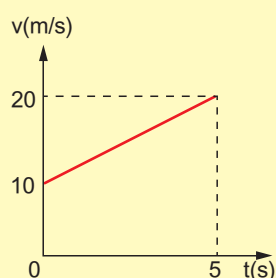


- ◎出發點在原點
東方 10 公尺處
- ◎ 0 ~ 5 秒向東
做等速度運動

◎位移 = $20 - 10 = 10$ (m) 向東

◎ $v = \frac{20 - 10}{5 - 0} = 2$ (m/s)

◎ $a = 0$

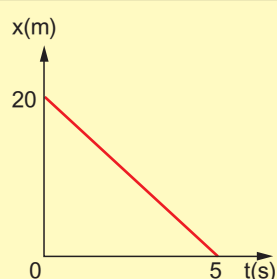


- ◎初速度為 10
m/s 向東
- ◎ 0 ~ 5 秒向東
做等加速度運動

◎速度愈來愈快（受到助力）

◎ $a = \frac{20 - 10}{5 - 0} = 2$ (m/s²)

◎位移 = $\frac{(10 + 20)}{2} \times 5$
= 75 (m) 向東

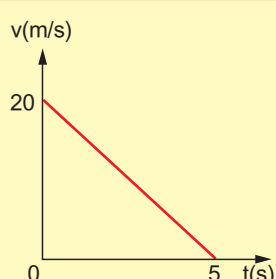


- ◎出發點在原點
東方 20 公尺處
- ◎ 0 ~ 5 秒向西
做等速度運動

◎位移 = $0 - 20 = -20$ (m) 向西

◎ $v = \frac{0 - 20}{5 - 0} = -4$ (m/s)

◎ $a = 0$

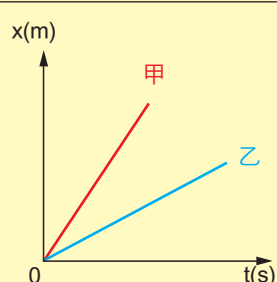


- ◎初速度為 20 m/s 向東
- ◎ 0 ~ 5 秒向東
做等加速度運動

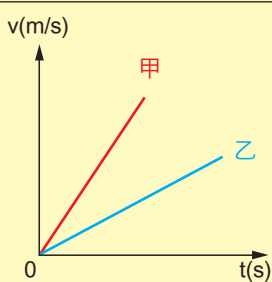
◎速度愈來愈慢（受到阻力）

◎ $a = \frac{0 - 20}{5 - 0} = -4$ (m/s²)

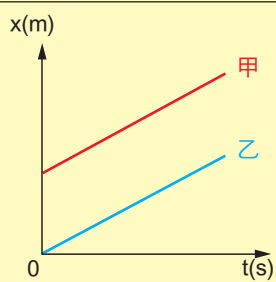
◎位移 = $\frac{20 \times 5}{2} = 50$ (m) 向東



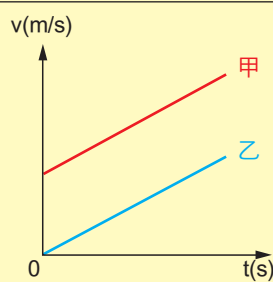
甲、乙皆向東做
等速度運動，且
 $v_{甲} > v_{乙}$



甲、乙皆向東做
等加速度運動，
且 $a_{甲} > a_{乙}$



甲、乙皆向東做
等速度運動，且
 $v_{甲} = v_{乙}$



甲、乙皆向東做
等加速度運動，
且 $a_{甲} = a_{乙}$



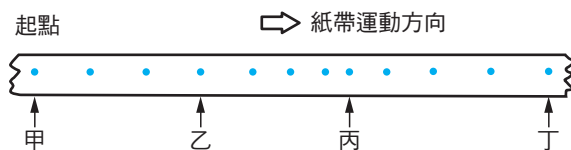
智慧演練

(A) 1. 下有關加速度的敘述，下列何者錯誤？

- (A) 加速度只有大小，沒有方向性
- (B) 運動體的速度與加速度方向相同時，速度會愈來愈快
- (C) 等加速度運動可能為直線運動
- (D) 加速度能改變物體運動的快慢和方向

《1. 加速度有大小、方向性。》

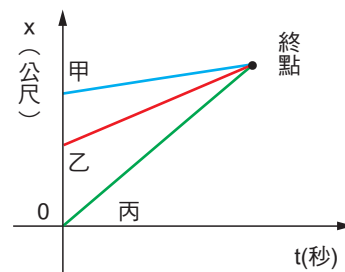
(A) 2. 段老師操作滑車實驗，得到的紙帶紀錄如下圖所示，若以紙帶運動方向為正，有關滑車運動狀態的敘述，下列何者正確？



- (A) 甲到乙之間，滑車作等速度運動
- (B) 乙到丙之間，滑車愈跑愈快
- (C) 丙到丁之間，滑車的加速度方向為負
- (D) 甲到丁之間，滑車的速度方向為負

《2. (A) 每一點間距相同，因此是等速度運動；(B) 點距愈來愈大，因此滑車作加速度運動，愈跑愈快；(C) 點距愈來愈小，因此滑車作加速度運動，加速度與運動方向相反，方向為負；(D) 滑車往前運動，速度方向為正。》

(D) 3. 如右圖所示，甲、乙、丙三人分別在不同起點以不同的交通工具沿一直線公路前進，試問當三人同時通過終點時，何者的加速度比較快？



- (A) 甲
- (B) 乙
- (C) 丙
- (D) 三者的加速度都為零

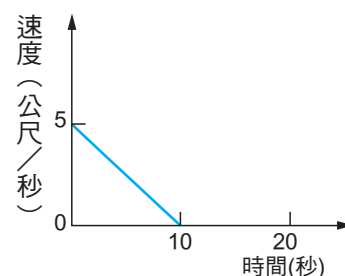
《3. 因為都是等速度運動。》

(C) 4. 春節時一輛市府公車的初速度為 20 m/s ，途中突然有一隻小狗衝出來，在駕駛踩下煞車後滑行 5 秒後即靜止，試問此公车的平均加速度為多少 m/s^2 ？

- (A) -10 (B) -20 (C) -4 (D) -1

《4. $a = \frac{0 - 20}{5} = -4 \text{ m/s}^2$ 。》

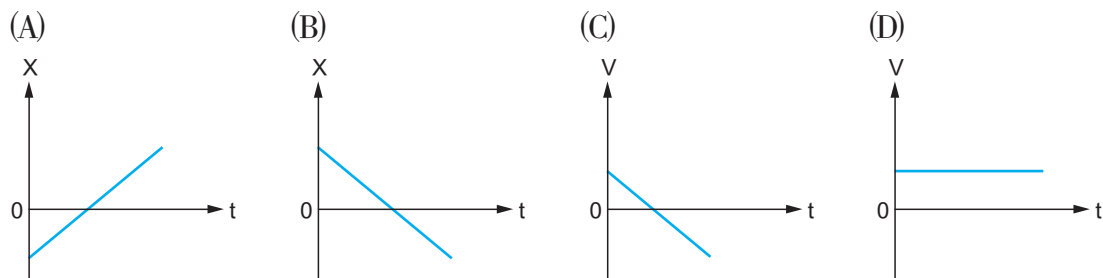
(B) 5. 某一物體在直線上運動（向北為正），其速度—時間關係如右圖所示，則有關此物體在 0 ~ 10 秒的運動情形，何者無法由圖中得知？



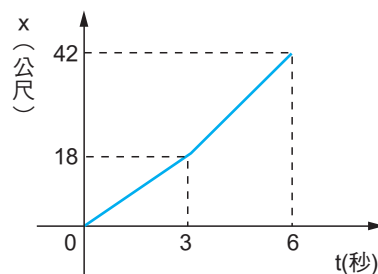
- (A) 此物體的初速度為 5 m/s
- (B) 此物體 0 ~ 10 秒的位移為 0 m
- (C) 此物體正在進行等加速度運動
- (D) 此物體之加速度為 -0.5 m/s^2

《5. $S = \text{三角形面積} = \frac{1}{2} \times 5 \times 10 = 25 \text{ m}$ 向南。》

(C) 6. 下列各種 $x-t$ 圖與 $v-t$ 圖中，何者是代表等加速度運動？



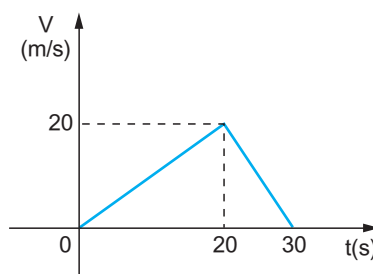
(D) 7. 某物體在一直線上運動，其位置和時間的關係如右圖所示，請問他在 $0 \sim 3$ 秒內的平均加速度為多少 m/s^2 ？



- (A) 5
(B) 6
(C) 7
(D) 0

《7. 此物體作等速度運動所以等加速度等於 0 m/s^2 。》

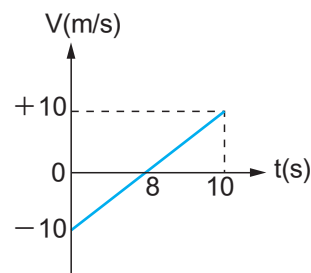
(C) 8. 一汽車在直線道路上行駛，其速度 (v) 與時間 (t) 的關係如右圖所示，試問該車在此 20 秒內的加速度為多少 m/s^2 ？



- (A) -1.0
(B) 1.0
(C) 0
(D) 20

《8. $a = \frac{20}{20} = 1 \text{ m/s}^2$ 。》

(D) 9. 右圖中，第 8 秒時表示何種意義？



- (A) 速度為 0 m/s
(B) 速度為 8 m/s
(C) 加速度為 8 m/s^2
(D) 第 8 秒時瞬間靜止

(A) 10. 沿直線作等加速度運動的物體，其速度與時間關係如下表，則其加速度為多少 m/s^2 ？

時間 t (秒)	0	1	2	3	4
速度 v (m/s)	4	6	8	10	12

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

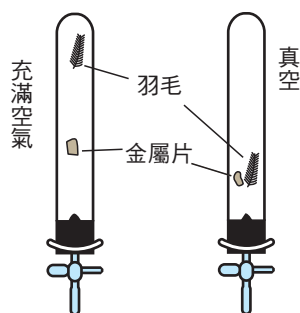


1-5 自由落體



重點整理

1. 定義：物體自靜止由高處沿直線落下時，僅受重力（即地心引力）的作用，我們將這種運動稱為自由落體。
2. 自由落體為一種初速度等於 零 的直線等加速度運動。
3. 相關實驗
 - (1) 伽利略認為：從同一高度自由落下的物體，無論物體的輕重，著地所需的時間應該都 相同。
 - (2) 波以耳的落體實驗：



- ① 當試管中有空氣時，金屬片 先掉落至管底。
- ② 當試管內抽去空氣後呈真空，金屬片和羽毛 同時 落到管底。
- ③ 空氣阻力不計時，所有物體自等高處自由落下時，必 同時 著地，這是因為物體落下的 加速度 都相同。
- ④ 此實驗證實了：「如果不受空氣阻力的影響，從相同高度、同時 落下的物體會同時著地，和物體的輕重 無關。」



延伸閱讀

◎自由落體運動公式：（將等加速度運動中的 $v_0 = 0$ ； $a = g$ 即可）：

• 自由落體的速度： $v = gt$ 。

• 自由落體落下的距離： $S = \frac{1}{2} gt^2$

• 未知時間求自由落體的末速： $v^2 = 2gh$

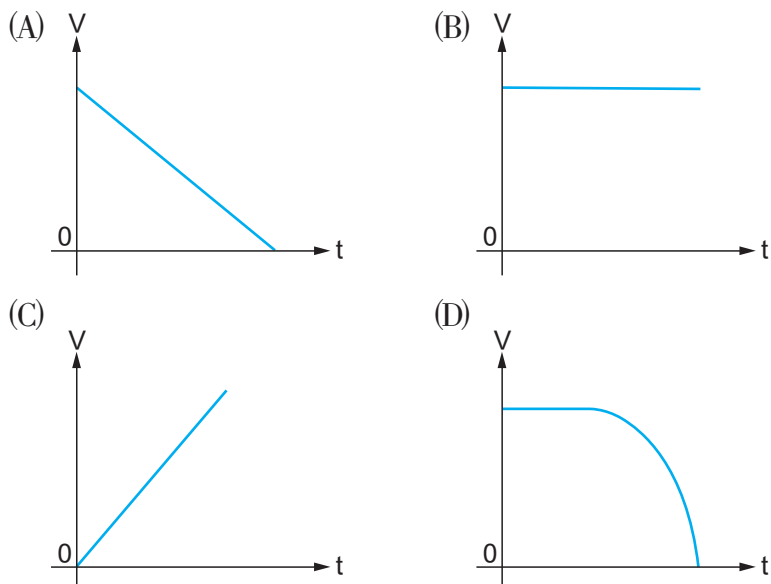
• 自由落體著地 t 秒，則落地前一秒內所落下的距離： $h = g \left(t - \frac{1}{2} \right)$



智慧演練

- (C) 1. 自由落體為一種等加速度運動，若不考慮空氣阻力，使一物體由高處自由掉落，則他的速度與時間關係圖為何者？

《1. 自由落體初速度為 0 且向下的方向定為正。》



- (B) 2. 自由落體為一種等加速度運動，段老師在 85 大樓上將一個 600 公克重的籃球由 5 樓自由落至地面需時約 3 秒，若將磚塊改為 360 公克重的排球，則大約需時多少秒？

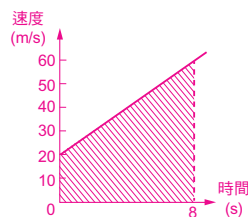
- (A) 1.5
(B) 3
(C) 6
(D) 9

《2. 落下時間與物重無關。》

- (C) 3. 沛昂坐在公車上，若公車以初速 20 m/s 、加速度 5 m/s^2 前進，則經過 8 秒後，車子共前進多少公尺？

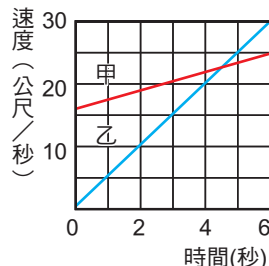
- (A) 320
(B) 360
(C) 450
(D) 500

《3. 求 $v-t$ 圖中直線與時間軸所包圍的梯形面積，可得位移 $S = 320$ 公尺。》



- (C) 4. 在平直的公路上有一汽車超速，靜止的警車開始追趕，兩車速度對時間的變化如右圖。下列相關敘述何者正確？

- (A) 甲為警車，乙為超速車
(B) 警車在第 4 秒時追到超速車
(C) 在 0 到 4 秒之間甲車所走的距離較長
(D) 甲車加速度愈來愈大



《4. (A) 甲為超速車，乙為警車；(B) 警車在第 4 秒時車速和超速車相同；(D) 加速度相同。》



(B) 5. 在地面上，將一小球垂直上拋，小球到達最高點後，再落回原處，若不計空氣阻力，則下列敘述何者錯誤？

- (A) 上升至下降的整個過程中，小球均受到相同的重力作用
 (B) 上升至下降的整個過程中，小球速度都在改變，故其加速度也在改變
 (C) 在最高點時小球的加速度不為零
 (D) 在最高點時，小球瞬間靜止，為靜力平衡狀態，但所受合力不為零

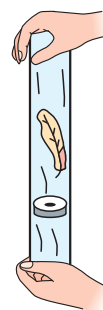
《5. (B) 加速度不變。》

(C) 6. 在一高塔上，有一個 300 公克重的鋼珠，由塔頂自由落到地面需要 2 秒。今在施工時，一個 3 公斤重的榔頭不慎由塔頂掉下來，估計到達地面所需的時間約為多久？

- (A) 0.02 秒 (B) 0.2 秒
 (C) 2 秒 (D) 遠大於 4 秒

(C) 7. 玻璃管內放入銅幣及一片羽毛，並抽成真空。將它迅速倒轉，如右圖所示。二者從管頂同時落下，會發現何者先落至管底？

- (A) 銅幣
 (B) 羽毛
 (C) 兩者同時到達
 (D) 資料不足無法判斷

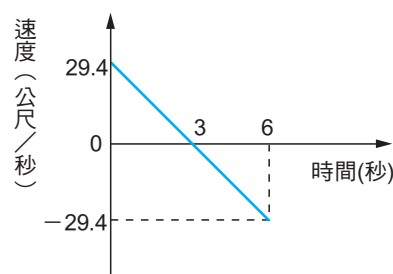


(D) 8. 一物由空中自由落下，抵達地面時的速度為 39.2 m/s ，重力加速度為 9.8 m/s^2 ，則物體落下共歷時多少秒？

- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4

(C) 9. 右圖為一球由地面垂直向上拋射時，速度對時間之關係圖形。若不計空氣阻力，當球到達最高點時距離地面多少公尺？

- (A) 14.7
 (B) 29.4
 (C) 44.1
 (D) 58.8



《9. $h = \text{三角形面積} = \frac{1}{2} \times 3 \times 29.4 = 44.1 \text{ m}$ 。》

(A) 10. 將物體由空中放下，物體下落過程是一種自由落體運動，這種運動狀態在有下列下落過程中什麼特性？

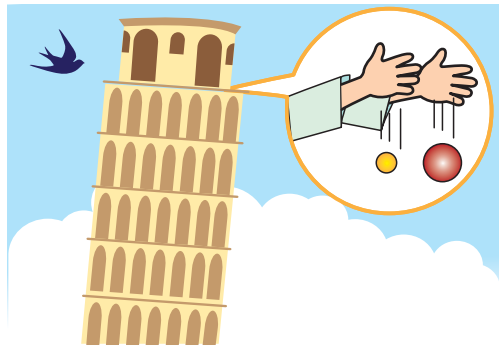
- (A) 加速度為定值
 (B) 速度為定值
 (C) 每個單位時間內的位移相同
 (D) 加速度方向和下落方向相反

《10. 自由落體運動是指下落過程中只受到重力加速度作用的運動，因此加速度為定值，速度會漸漸加快，每單位時間內的位移增加，加速度方向和位移方向相同，都是向下。》

第1章 素養題組



現代人對伽利略在比薩斜塔進行自由落體實驗耳熟能詳，這件事情出自伽利略的秘書維維亞尼寫的伽利略傳記中。書中記載，伽利略在比薩斜塔上同時讓兩鐵球自由落下，得到的實驗結果可以推翻，古希臘哲人亞里士多德「物體下落速度和重量成比例」的學說。除了讓兩個鐵球同時落下外，伽利略也做了大量的實驗，他在比薩斜塔上讓不同材料構成的物體從塔頂上自由落下，並測量下落時間有多少差別。結果發現，各種物體都是同時落地，而不分先後。也就是說，下落運動與物體的種類和重量並無關係。



- (B) 1. 心渝在自家大樓頂樓使用兩個不同質量的網球(甲)和乒乓球(乙)做「自由落體」實驗，若較重的甲落地前一剎那的速度為 $v_{甲}$ ，較輕的乙落地前一剎那的速度為 $v_{乙}$ ，則 $v_{甲}$ 和 $v_{乙}$ 的大小關係為何？
- (A) $v_{甲} > v_{乙}$ (B) $v_{甲} = v_{乙}$
 (C) $v_{甲} < v_{乙}$ (D) 資料不足，無法判斷
- 《1. 同一地點的重力加速度相同，兩者的加速度相同，落下時間也相同因此落地前一剎那的速度也相同》
- (B) 2. 承第 1. 題，心渝將甲、乙兩球由頂樓釋放後，兩球所受的的重力加速度各以 $g_{甲}$ 、 $g_{乙}$ 來表示，則 $g_{甲}$ 、 $g_{乙}$ 兩者的大小關係為下列何者？
- (A) $g_{甲} > g_{乙}$ (B) $g_{甲} = g_{乙}$
 (C) $g_{甲} < g_{乙}$ (D) 資料不足，無法判斷
- 《2. 同一地點質量愈大的物體所受的重力就愈大。》
- (B) 3. 文中所提及的：伽利略後來利用不同材質的物體來做「自由落體」實驗，得到的結論各種物體都是同時落地，而不分先後，有關伽利略後來所操作的實驗中，其實驗的操作變因是下列何者？
- (A) 物體到達地面的時間
 (B) 物體的材質
 (C) 比薩斜塔的傾斜角度
 (D) 地球引力是否存在
- 《3. 操作變因是實驗中改變的變因，因此為物體的材質。》