

第一章 直線運動

1-1 時間



(一) 時間：

A、太陽日：

- (1) 定義：天空中太陽連續兩次出現在天頂的位置，所經歷的時間，稱為一個「太陽日」。
- (2) 由於每天的太陽日時間長短不同，因此取一年當中各太陽日的平均值，稱為平均太陽日，即我們所說的一日。
- (3) 一個平均太陽日 = 24 小時；1 小時 = 60 分；1 分鐘 = 60 秒。
- (4) 一個平均太陽日 = 86400 秒。
- (5) 目前時間的公制單位為秒，它是以 銩原子的電子釋放特定輻射波的頻率來制定。

B、計時工具：

- (1) 生活中有規律變化，且具有重複性的事務，即可作為計時的工具。
- (2) 實例：日晷、水鐘、沙漏、單擺、鬧鐘、原子鐘等。
- (3) 科學上以銩原子鐘最為精確，它是利用銩原子的電子，在特定軌道間跳躍某一特定的次數，訂為 1 秒鐘，可精確到數千萬年的誤差不到 1 秒鐘；僅少數國家有能力製作原子鐘。

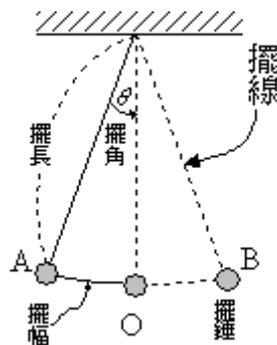


(二) 單擺的特性：

A、重要名詞：

- (1) 單擺：一條細線將上端固定，下端繫住小重物，即成為單擺。
- (2) 擺錘：細線懸掛的重物，稱為擺錘。
- (3) 擺長：從細線懸掛的頂點，至重物質心的總長度，稱為擺長。
- (4) 擺角：擺錘從最高點至最低點中間所夾的角度，稱為擺角。
- (5) 週期：單擺從端點起來回擺動一次所需的時間，稱為週期。
單擺擺動一次是指由 A→O→B→O→A。
- (6) 頻率：單擺的擺動，平均每秒鐘所擺動的次數，稱為頻率。

$$\text{頻率為週期的倒數} \quad \rightarrow \quad f = \frac{1}{T} \quad .$$



B、單擺的等時性：

- (1) 義大利的科學家伽利略發現『單擺的等時性』。
- (2) 當單擺進行小角度的擺動時(擺角小於 10°)，單擺來回擺動一次所需的時間(即單擺的擺動週期)只和擺長有關，和擺角及擺錘質量的大小無關。
- (3) 單擺的擺長愈長時，擺動的速率愈慢，其週期愈大。
單擺的擺長愈短時，擺動的速率愈快，其週期愈小。
- (4) 只要單擺的擺長相同時，不論擺錘的輕重，或擺角的大小，此單擺擺動的週期必相同，我們稱為單擺具有等時性。
- (5) 單擺的週期和擺長的平方根成正比。 \rightarrow T 和 \sqrt{l} 成正比。
因此 $T_1 : T_2 = \sqrt{l_1} : \sqrt{l_2}$ 。
擺長長度增為 4 倍時，單擺的週期增為 2 倍。

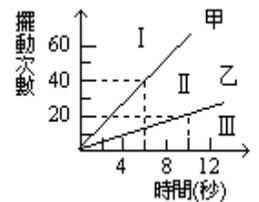
C、單擺性質的討論：

(1)擺動次數與時間的關係：

- 甲、同一個單擺其擺長固定，因此週期固定，則單擺擺動次數(N)與時間(t)成正比。
兩者的關係圖形為通過原點的斜直線，且圖形的直線愈靠近時間軸，表示單擺擺動的愈慢，其週期愈大。
- 乙、若單擺擺動太快，則需增加擺長，使擺動減慢。
若單擺擺動太慢，則需縮短擺長，使擺動增快。
- 丙、夏天時單擺的擺長受熱膨脹的影響，因此擺動會變慢，此時需縮短擺長，使擺動恢復正常。
- 丁、冬天時單擺的擺長因溫度降低，使得擺長變短，因此擺動會變快，此時需增加擺長，使擺動恢復正常。

(2)次數—時間圖的分析：

- 甲、甲單擺 6 秒鐘擺動 40 次，甲單擺週期為 $6/40=0.15$ 秒/次。
- 乙單擺 10 秒鐘擺動 20 次，乙單擺週期為 $10/20=0.5$ 秒/次。
- 乙、相同時間內，甲單擺擺動次數大於乙，顯示甲單擺擺長小於乙。
- 丙、兩單擺各擺動 50 次時，則所需時間比為
 $(0.15 \times 50) : (0.5 \times 50) = 1.5 : 5 = 3 : 10$ 。
- 丁、若將甲乙擺線連接成為丙單擺，則圖形將落於區域Ⅲ。



(3)影響單擺擺動的因素比較：

比較項目	擺長因素		擺錘質量因素		擺角因素	
	增長	縮短	增加	減少	增加	減少
速率	減慢	變快	不變		不變	
週期	增大	減小	不變		不變	

範例 1

婷婷進行單擺實驗，所得數據如右表，請回答下列問題：

- ___1. 根據實驗結果，婷婷可獲得何種資訊？
 (A) 擺長愈短擺動愈慢 (B) 擺長愈短，擺動愈快
 (C) 此單擺週期約為 1.8 秒 (D) 擺動次數和所需時間成正比。

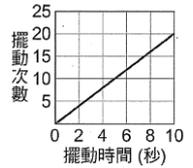
擺動次數	5	10	20	30	40
時間(秒)	3.9	7.8	15.6	23.6	31.6

- ___2. 此單擺擺動平均 20 秒鐘可擺動多少次？
 (A) 22 次 (B) 25 次 (C) 28 次 (D) 32 次。
- ___3. 婷婷用此單擺來測量自己的心跳，發現此單擺擺動 20 次，婷婷的心跳 20 次，則婷婷平均每分鐘的心跳次數為若干？
 (A) 52 次 (B) 64 次 (C) 76 次 (D) 88 次。
- ___4. 一節下課為 10 分鐘，則在此 10 分鐘內單擺約可擺動多少次？
 (A) 600 次 (B) 650 次 (C) 700 次 (D) 750 次。

【答案】：(1)D (2)B (3)C (4)D

範例 2

蓉蓉測得某單擺的擺動次數與時間的關係如右圖，請回答下列問題：



- (1)此單擺的擺動週期為_____秒／次。
 (2)此單擺的擺動頻率為_____次／秒。
 (3)此單擺在 1 分鐘內可擺動_____次。

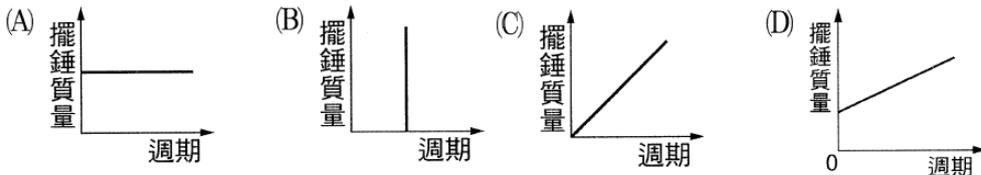
【答案】：(1)0.5 (2)2 (3)120

範例 3

茹茹家中壁上掛著一個北歐風格的掛鐘，其原理是利用鐘擺的等時性，如右圖。由於機械摩擦及空氣阻力的影響，掛鐘擺動幅度愈來愈小，終於停止擺動；此時需重新使鐘擺繼續擺動，才能繼續計時。關於此掛鐘的原理，請回答下列問題：



- _____1.在擺角不大的情形下，鐘擺的擺動幅度愈來愈小，此時擺動的週期將會如何變化？
 (A)愈來愈小 (B)愈來愈大 (C)保持不變 (D)忽大忽小。
 _____2.若茹茹察覺鐘擺擺動愈來愈慢時，她應該如何調整才能恢復正確的擺動時間？
 (A)增加擺錘質量 (B)減輕擺錘質量 (C)縮短擺長 (D)增長擺長。
 _____3.如果鐘擺在半年內都不調整，則在當年夏天時鐘擺維持正確的時間，則到了冬天時，鐘擺的擺動會如何變化？
 (A)變快 (B)變慢 (C)不變 (D)不知擺長數值，無法判斷。
 _____4.若以鐘擺的週期為橫坐標，擺錘質量為縱坐標，則兩者關係圖形為下列何者？



【答案】：(1)C (2)C (3)A (4)B

範例 4

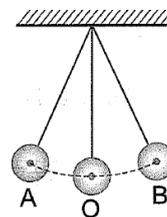
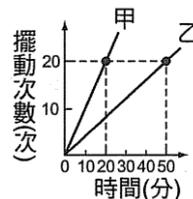
有關時間的測量，請回答下列相關的問題：

- _____1.下列有關太陽日的敘述，何者正確？
 (A)太陽連續兩次出現在天頂所經歷的時間為一個平均太陽日 (B)一年中各個太陽日的平均值為一個平均太陽日 (C)同一年中，各個太陽日的長短皆相同 (D)一個太陽日等於 24 小時。
 _____2.下列有關時間的換算關係，何者錯誤？
 (A)一個星期為 10800 分鐘 (B)半分鐘為 1／120 小時
 (C)半天為 86400 秒 (D)兩天為 2880 分鐘。
 _____3.下列何者計時花費的時間需要最長？
 (A)時鐘的時針轉一圈 (B)地球繞太陽公轉一圈
 (C)地球自轉一圈 (D)月球繞地球公轉一圈。

【答案】：(1)B (2)A (3)B

綜合練習

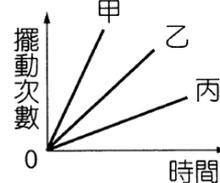
- ___1.當鐘擺擺動得太慢時，下列何種處理方式可以讓鐘擺擺動得快一些？
 (A)增加擺長的長度 (B)縮短擺長的長度 (C)增加擺錘的質量 (D)縮減擺錘的質量。
- ___2.爸爸和讀幼稚園的兒子玩同一個鞦韆，則兩個人擺動一次所需時間應為下列何者？
 (A)爸爸較長 (B)兒子較長 (C)時間相等 (D)不一定。
- ___3.下列哪一項計時的工具由於精準度最差，最不適合做為計時的工具？
 (A)石英鐘 (B)日晷 (C)脈搏 (D)竿影。
- ___4.右圖為甲、乙兩個單擺的擺動次數與時間關係圖。由圖中可知甲、乙兩個單擺擺動頻率的比值為若干？
 (A)0.4 (B)0.8 (C)1.25 (D)2.5。
- ___5.擺長為 100 公分的單擺，其擺錘質量為 100 公克，當擺動角度都固定為 8 度時，來回擺動 20 次共需時 30 秒，則下列敘述何者正確？
 (A)擺動週期為 1.5 秒 (B)擺動週期為 0.67 秒 (C)欲使擺動變快，需減輕擺錘的質量
 (D)欲使擺動變慢，需增加擺動角度。
- ___6.古人利用日、月東升西落的現象來測量時間，因而訂出太陽日，有關太陽日的定義，下列各項敘述何者正確？
 (A)每天太陽從出現到落下所經過的時間 (B)連續兩次太陽升起所經過的時間 (C)連續兩次太陽出現在天頂所經歷的時間 (D)連續兩次太陽落下地平線所經歷的時間。
- ___7.湘湘想要製作一個擺長為 100 公分的單擺，則下列何者長度需為 100 公分？
 (A)擺錘的直徑 (B)從懸吊點到擺錘中心的長度 (C)擺錘中心到地面的距離
 (D)擺線長度加擺錘直徑的長度。
- ___8.在小角度的單擺實驗中，固定擺長為 36 公分，擺錘質量為 50 公克，擺角為 8 度，測得來回擺動 30 次需費時 24 秒。若擺長不變，擺錘質量改為 100 克，而擺角為 4 度時，擺動 20 次需費時多少秒？
 (A)24 秒 (B)16 秒 (C)12 秒 (D)8 秒。
- ___9.如右圖為單擺的擺動裝置，琳琳進行單擺實驗，下列何者不能表示單擺擺動一次時擺錘所經過的路徑？
 (A)A→O→B (B)O→B→O→A→O (C)A→B→A (D)A→O→B→O→A。
- ___10.承上題，當擺錘由 B 點釋放時，下列何者錯誤？
 (A)B→O→A→O→B 為單擺擺動一次的路徑 (B)B→O 為 1/2 週期 (C)擺線的長短會影響到擺動的週期及頻率 (D)此單擺若擺動的位置不變，則此單擺具有等時性。
- ___11.下列有關時間的各項敘述，何者錯誤？
 (A)太陽的仰角連續出現兩次最大值，所經歷的時間稱為太陽日 (B)只要隨時間出現規律變化的現象，都可以用來計時 (C)時間單位的『1 秒』等於 1/86400 個太陽日 (D)一個平均太陽日有 1440 分鐘。
- ___12.下列何者最適合用來作為計時的工具？
 (A)竹竿的影子 (B)樓梯的級數 (C)手掌的大小 (D)走路的步伐。



___13. A、B 兩單擺所擺動的擺角均小於 10° ，擺錘質量為 $A < B$ ，但擺長為 $A > B$ ；則此單擺每秒鐘擺動的次數何者較多？
 (A)A (B)B (C)相等 (D)無法判定。

___14. 下列關於單擺的相關敘述，何者正確？
 (A)擺錘質量愈大，所受的重力愈大，週期愈大 (B)擺線的材質會影響擺動週期
 (C)擺繩愈長，則週期愈小 (D)在 10 度以下時，單擺的週期不受擺動幅度的影響。

___15. 以不同單擺甲、乙、丙作單擺週期實驗，若實驗結果如右圖，下列敘述何者正確？
 (A)單擺甲的週期最大 (B)單擺乙的擺長最長 (C)單擺丙的擺角最大
 (D)從圖中無法判斷何者的擺錘質量最大。

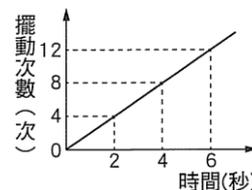


___16. 承上題，若三個單擺除了擺長以外，其他條件均相同，則三個擺長的長度由短而長的順序應如何排列？
 (A) $C > B > A$ (B) $C = B = A$ (C) $C < B < A$ (D) $B > A = C$ 。

___17. 一個單擺每分鐘擺動 300 次，則其擺動的頻率為若干？
 (A)300Hz (B) $(1/300)$ Hz (C)5Hz (D) $1/5$ Hz。

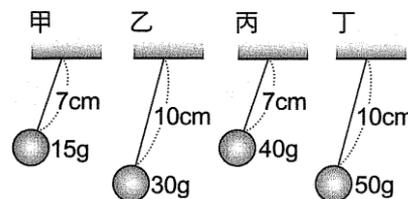
___18. 承上題，此單擺的週期為若干？
 (A)300 秒 (B) $(1/300)$ 秒 (C)5 秒 (D) $1/5$ 秒。

___19. 某單擺擺動次數(N)和時間(T)的關係如右圖，下列相關敘述何者錯誤？
 (A)增加擺錘質量將不影響週期 (B)此單擺的擺動週期為 2 秒 (C)此單擺的擺動頻率為 2Hz (D)由圖形判斷，10 秒內單擺共擺動 20 次。



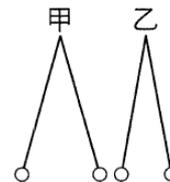
___20. 下列哪一個單擺的擺動週期會改變？
 (A)擺錘由 100 克增為 400 克 (B)擺角由 2 度變為 5 度 (C)擺長由 10 公分變為 20 公分
 (D)不同時間測量同一個單擺的擺動。

___21. 下列四個單擺，如果擺動角度相同時，則單擺來回擺動 10 次所需的時間由最短至最長排列順序為何？
 (A)甲 $>$ 乙 $>$ 丙 = 丁 (B)甲 = 丙 $<$ 乙 = 丁
 (C)甲 $>$ 乙 = 丙 $>$ 丁 (D)甲 = 乙 = 丙 = 丁。



___22. 下列何者何者工具不屬於計時的工具？
 (A)沙漏 (B)日晷 (C)燃燒的線香 (D)砝碼。

___23. 甲、乙兩人坐在相同長度的鞦韆上，在小角度擺動時，若甲的擺角比乙的擺角大，如右圖，則兩個鞦韆各擺動 10 次的時間，何者費時較長？
 (A)甲 (B)乙 (C)一樣大 (D)無法判斷。

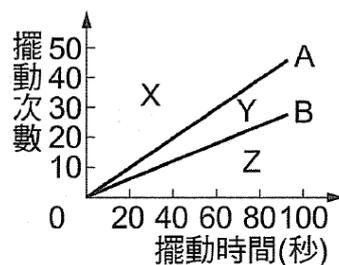


___24. 有關單擺的性質，下列相關敘述何者正確？
 (A)擺長的大小與擺動一次所需的時間無關 (B)擺動的角度不大時，擺動週期不因擺角的改變而改變 (C)單擺擺動一次所需的時間與擺長成正比 (D)擺錘的質量愈大，擺動一次所需的時間愈短。

___25. 甲、乙兩個單擺在相同時間內，甲擺動 40 次，而乙擺動 10 次，則兩者週期之比為若干？
 (A)4 : 1 (B)1 : 4 (C)2 : 1 (D)1 : 2。

___26. 某單擺的擺長為 100 公分，測得其擺動週期為 1.0 秒，若將擺長改為 25 公分時，則此單擺重新進行實驗，所得到的週期為若干？
 (A)4 秒 (B)2 秒 (C)0.5 秒 (D)0.25 秒。

【題組 1】蓉蓉進行單擺實驗，她設計了三個單擺，甲單擺擺長 20cm，擺錘質量 100 克；乙單擺擺長 20cm，擺錘質量 200 克；丙單擺擺長 80cm，擺錘質量 200 克；實驗後，將擺動次數和時間繪製成右圖，請回答下列問題：

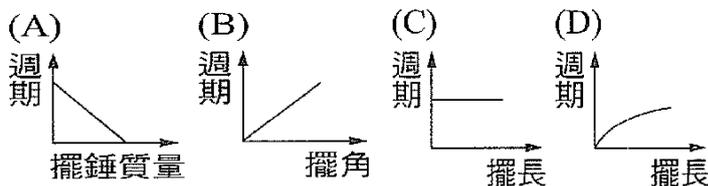


1. 圖中的 A 應該為哪個單擺？
(A)甲 (B)丙 (C)甲乙 (D)乙丙。
2. 甲單擺的週期為多少秒？
(A)1 秒 (B)2 秒 (C)3 秒 (D)4 秒。
3. 丙單擺每分鐘擺動次數為多少次？
(A)60 次 (B)30 次 (C)20 次 (D)15 次。
4. 若有一單擺丁的關係圖在 Y 區，則其擺長可能為多少公分？
(A)10cm (B)20cm (C)50cm (D)100cm。
5. 戊單擺的關係圖在 Z 區，則其擺錘質量可能為多少公克？
(A)50 公克 (B)100 公克 (C)200 公克 (D)無法判斷。

【題組 2】城城進行單擺週期測量的實驗，所得結果記錄如右表，請回答下列問題：

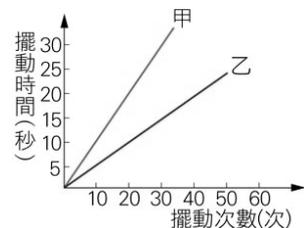
編號	擺長(cm)	擺角	擺錘質量(g)	擺動 10 次所需時間(s)
甲	80	3°	200	20.4
乙	80	6°	200	20.2
丙	20	6°	200	10.2
丁	20	6°	50	10.1
戊	50	6°	50	X

1. 關於實驗的結果的對應關係，下列敘述何者正確？
(A)根據實驗甲、乙可知擺角與擺動時間成反比 (B)根據實驗乙、丙可知擺長與擺動時間成正比 (C)根據實驗丙、丁可知擺錘質量與擺動時間無關 (D)若將實驗乙的擺角改為 10°，則擺動時間會增加。
2. 根據此實驗結果的推論，單擺週期與各影響因素間的關係圖形，下列何者正確？



3. 從實驗乙、丙的實驗結果推論，實驗戊中的 X 值最接近下列哪一個數值？
(A)10 秒 (B)13 秒 (C)16 秒 (D)20 秒。

【題組 3】右圖表示在同一地點甲、乙兩單擺的擺動次數(N)與擺動時間(T)的關係圖，若甲、乙兩單擺的擺角都小於 5°，且 $L_{甲}$ 、 $L_{乙}$ 分別表示甲、乙兩單擺的擺長，而 $T_{甲}$ 、 $T_{乙}$ 分別表示甲、乙兩單擺的週期，請回答下列問題：



1. 由圖推測， $T_{甲} : T_{乙} =$
(A)1 : 2 (B)2 : 1 (C)1 : 4 (D)4 : 1。
2. 承上題， $L_{甲} : L_{乙} =$
(A)1 : $\sqrt{2}$ (B) $\sqrt{2} : 1$ (C)1 : 4 (D)4 : 1。