

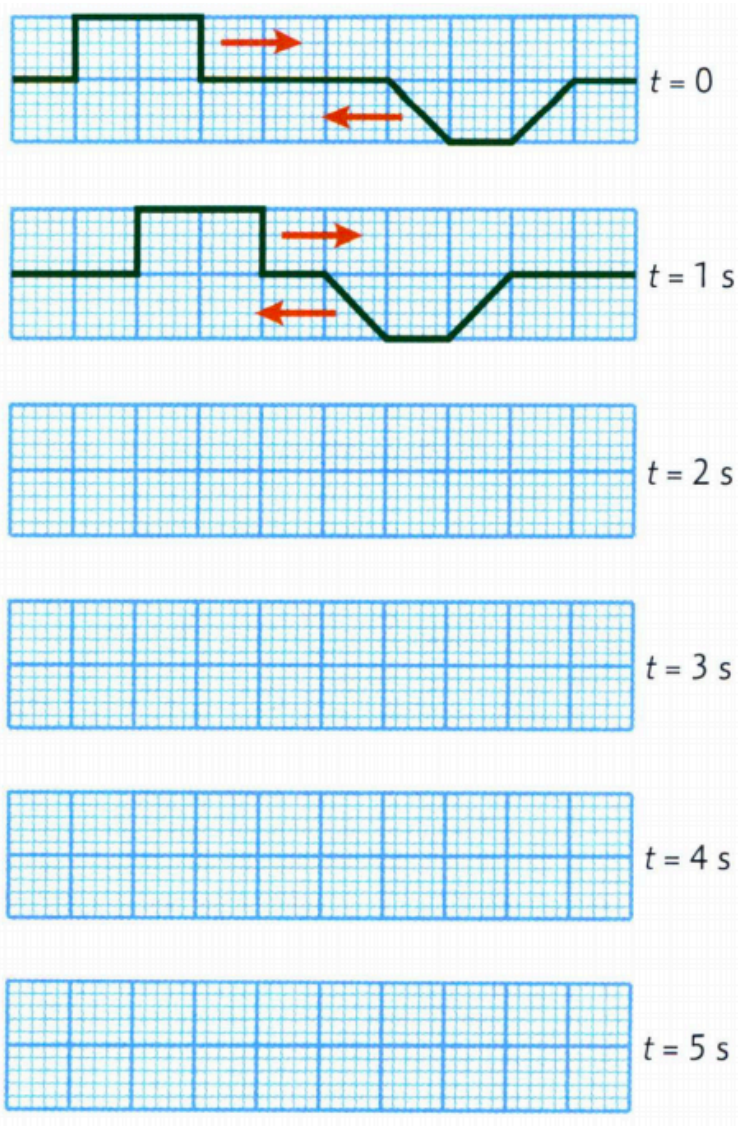
干涉與駐波

姓名: _____

學號: _____

1 長題目

1. 兩個脈衝沿一條繩子傳播，速率相同，但方向相反。繩子在時間 $t = 0$ 和 1 s 的形狀如下。

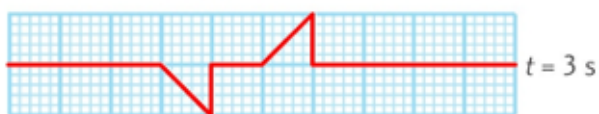
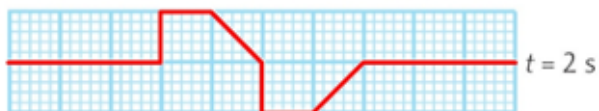


在上圖中，草繪繩子從時間 $t = 2\text{ s}$ 至 5 s 之間的形狀。

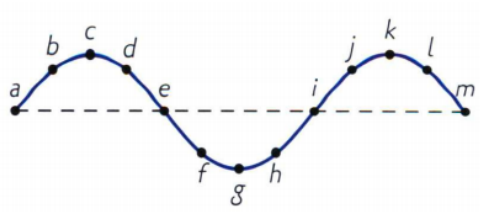
(4 分)

Ans:

繩子的形狀從時間 $t = 2 \text{ s}$ 至 5 s 變化如圖。



2. 在圖示的一刻，一個波的形狀如下，質點 g 瞬時靜止。



(a) 就以下兩個情況，指出所有與質點 c 反相的質點。

(i) 波為行波。

(1 分)

(ii) 波為駐波。

(1 分)

(b) 就以下兩個情況，草繪質點 e 、 j 和 k 的 s - t 線圖。

(i) 波為向右傳播的行波。

(3 分)

(ii) 波為駐波。

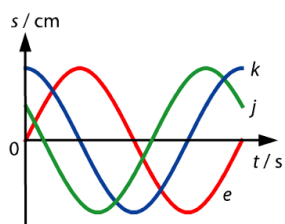
(3 分)

Ans:

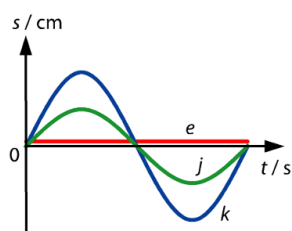
(a) (i) 質點 g (跟質點 c 相距 0.5λ)

(ii) 質點 f 、 g 和 h (e 在波節一邊，而這些質點則在另一邊)

(b) (i) 若波為向右傳播的橫波， s - t 線圖如下：



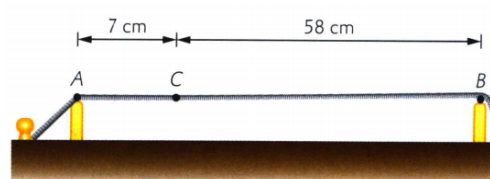
(ii) 若波為駐波， s - t 線圖如下：



3. 文琦撥動結他上一條弦線，線長 65 cm。他發覺所發出的聲音頻率比預期的低。



- (a) 若要產生預期的聲音，文琦應拉緊還是放鬆弦線？ (2 分)
- (b) 把弦線校準後，弦線發出的聲音頻率最低為 110 Hz。如圖所示，他按着弦的其中一點 (C 點)，把弦分為兩部分。



撥動兩部分所發出的最低聲音頻率分別為多少？(假設弦線的張力保持不變。) (3 分)

Ans:

- (a) 文琦應**放鬆**弦線。

當文琦放鬆弦線，弦線的張力便會減少，波在其上的傳播速率也會降低。根據公式 $v = f\lambda$ ，弦線產生的聲音頻率便會下降了。

- (b) 弦線上的波速率為

$$v = (110)(2 \times 0.65) = 143 \text{ m s}^{-1}$$

故此，運用公式 $v = f\lambda$ ，在較短一節弦線上產生的波，最低頻率為

$$f_{AC} = \frac{143}{2 \times AC} = \frac{143}{2 \times 0.07} \approx \mathbf{1020 \text{ Hz}}$$

而在較長一節弦線上產生的波，最低頻率為 $f_{CB} = \frac{143}{2 \times CB} = \frac{143}{2 \times 0.58} \approx \mathbf{123 \text{ Hz}}$

- 就產生的最低頻率，駐波的波應為弦線長度的兩倍。

4. 一列直線水波以速率 0.2 m s^{-1} 傳播，並通過兩道縫隙 S_1 ，和 S_2 。圖示為時間 $t = 0$ 一刻的波動圖案，實線表示波峯。

(a) 假如 S_1 與 B 點相距 6 cm ，求水波的波長與頻率。 (2 分)

(b) 草繪 A 、 B 和 E 三點從時間 $t = 0$ 至 $2T$ 的 s - t 線圖，其中 T 為水波的週期。 (2 分)

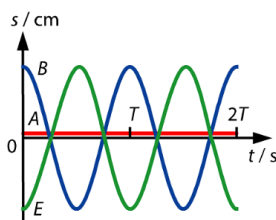
(c) 水波的頻率現在減半，則發生在 C 和 D 兩點的干涉種類為何？ (3 分)

Ans:

(a) 已知 $S_1B = 0.06 \text{ m}$ ，波長為 $\lambda = \frac{0.06}{3} = 0.02 \text{ m}$ 。

頻率為 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{0.2}{0.02} = 10 \text{ Hz}$ 。

(b) 在 A 、 B 和 E 三點的 s - t 線圖如下。



(c) 當頻率減半，波長便會增倍，即

$$\lambda' = 0.02 \times 2 = 0.04 \text{ m}$$

$$C \text{ 點的程差} = (4 - 3)(0.02) = 0.02 \text{ m} = 0.5\lambda'$$

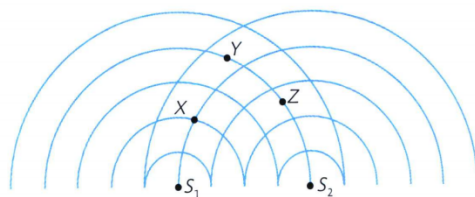
$\therefore C$ 點發生相消干涉。

$$D \text{ 點的程差} = (3.5 - 1.5)(0.02) = 0.04 \text{ m} = \lambda'$$

$\therefore D$ 點發生相長干涉。

■ 當波的頻率改變，一點與振源的距離不變，若以米或厘米表示程差，也不會有變。可是，若以波長 λ 表示程差則會有不同。

5. 兩個相干的點振源 S_1 和 S_2 ，產生兩列完全相同的水波，圖示為其中一刻的波動圖案，實線表示波峯。



- (a) 在 X 、 Y 和 Z 三點分別發生哪種干涉？ (2 分)
- (b) 在上圖中草繪通過 X 、 Y 和 Z 的腹線或節線。 (2 分)
- (c) 寫出相鄰腹線之間的距離於下列情況中的變化。 (2 分)
- 增加水波的波長。
 - 增加水深，但沒有改變點振源的振動頻率。
 - 增加點振源的振動頻率，但沒有改變水深。
 - 減少點振源之間的距離。

Ans:

(a) X 點的程差 $= 4\lambda - 2\lambda = 2\lambda$

$\therefore X$ 點發生相長干涉。

Y 點的程差 $= 4.5\lambda - 4\lambda = 0.5\lambda$

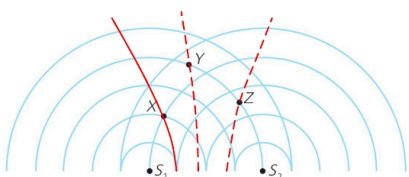
$\therefore Y$ 點發生相消干涉。

Z 點的程差 $= 4\lambda - 2.5\lambda = 1.5\lambda$

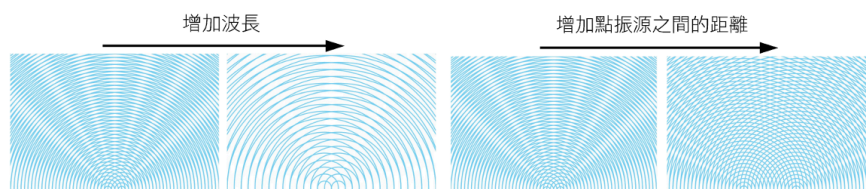
$\therefore Z$ 點發生相消干涉。

(b) 實線代表腹線

虛線代表節線

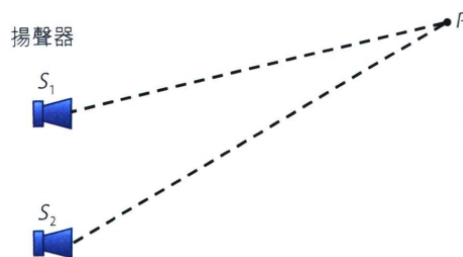


干涉圖案變化如下：



- 增加
- 增加
- 減少
- 增加

6. 兩個揚聲器 S_1 ，和 S_2 ，連接至相同的訊號源。現在民德（ P ）站在揚聲器前，而且 $PS_1 = 6.80 \text{ m}$ 和 $PS_2 = 11.05 \text{ m}$ 。已知聲音在空氣中的速率為 340 m s^{-1} 。



- (a) 若民德聽到
- (i) 較弱的聲音，
 - (ii) 較響的聲音，
- 聲音的最低頻率可能為多少？ (2 分)
- (b) 假如 S_1 和 S_2 為反相，(a) 部的答案會變成怎樣？ (2 分)

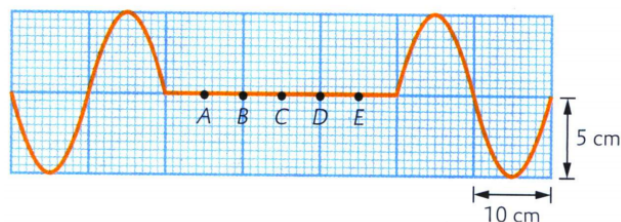
Ans:

- (a) (i) P 點的程差 $= 11.05 - 6.80 = 4.25 \text{ m}$
 若民德在 P 點聽到較弱的聲音，該點的程差便可能為 $0.5\lambda, 1.5\lambda, 2.5\lambda, 3.5\lambda, \dots$
 運用公式 $v = f\lambda$ ，波長最長，聲音的頻率便為最低。
 故此，當波長最長，即 P 點的程差為 0.5λ ，便可得到最低頻率：

$$f_1 = \frac{340}{4.25/0.5} = 40 \text{ Hz}$$
- (ii) 若民德在 P 點聽到較響的聲音，該點的程差便可能為 $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, \dots$
 運用公式 $v = f\lambda$ ，波長最長，聲音的頻率便為最低。
 故此，當波長最長，即 P 點的程差為 λ ，便可得到最低頻率：

$$f_2 = \frac{340}{4.25} = 80 \text{ Hz}$$

7. 一條繩子的兩端各連接至一個振動器。振動器以同相振動，產生兩列波，向對方以 50 cm s^{-1} 傳播。圖示為時間 $t = 0$ 的一刻的波形。



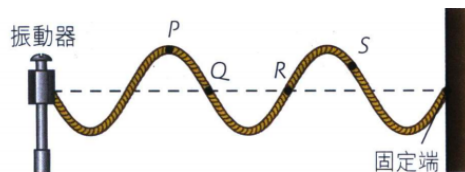
- (a) 試扼要解釋何以有駐波形成。 (1 分)
- (b) 質點 C 與哪些質點同相？ (2 分)
- (c) (i) 所形成的駐波振幅為多少？ (1 分)
- (ii) 求質點 B 和 E 的振幅。 (4 分)

Ans:

- (a) 當兩組完全相同的波迎面傳播而疊加，便可以形成駐波。 (1A)
- (b) 駐波形成時，由於兩側而來的波峯或波腹同時抵達質點 C，因此該點位於波腹。 (1A)
- 同時，駐波的波長為 20 cm，故此，與質點 C 相距小於 $\frac{\lambda}{4} = 5 \text{ cm}$ 的質點是同相的。 (1A) 由此可見，質點 A 和 E 位於波腹，但跟質點 C 反相，而質點 B 和 D 則位於波節。故此，沒有任何一顆標示的質點跟質點 C 同相。 (1A)
- (c) (i) 駐波的振幅為
- $A = 5 + 5 = 10 \text{ cm}$ (1A)
- (ii) 駐波的波長為 20 cm，而質點 C 位於波節。質點 B 跟質點 C 相距 $5 \text{ cm} (\frac{\lambda}{4})$ ，即它位於波節。 (1A)
- 故此，它的振幅為零。 (1A)
- 質點 E 跟質點 C 相距 $10 \text{ cm} (\frac{\lambda}{2})$ ，即它位於波腹。 (1A)
- 故此，它的振幅為 10 cm。 (1A)

2 多項選擇題

1. 一個振動器在一條繩子上產生一個橫向駐波。在圖示的一刻，所有質點的位移達至其最大值。

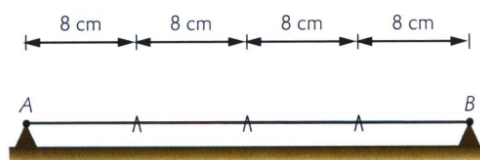


在圖示的一刻，

- A. 質點 P 正向下移。
- B. 質點 Q 正向上移。
- C. 質點 R 正向右移。
- D. 質點 S 正在靜止。

Ans: D 在駐波上，當一顆質點的位移最大，所有質點也是靜止不動的。

2. 把一條繩子拉直，兩端分別固定在相距 32 cm 的 A 、 B 兩點。三枚紙游碼放在繩子上，如圖。



一個駐波在繩子上產生，只有在中間的一枚游碼沒有掉下來。波的波長可能為多少？

- A. 8 cm
- B. 16 cm
- C. 24 cm
- D. 32 cm

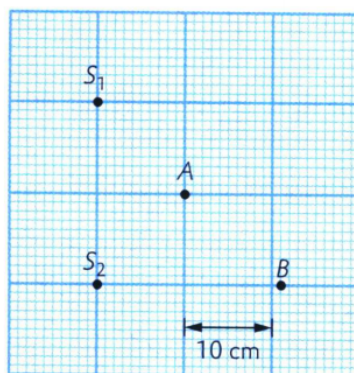
Ans: D

3. 一個橫向駐波在一條兩端固定的繃緊繩子上形成。以下哪一項敘述必定正確？

- A. 能量從繩子一端傳遞至另一端。
- B. 繩子上所有的質點不停振動。
- C. 繩子上不同位置的質點有不同的振幅。
- D. 繩子上波腹的位置隨時間改變。

Ans: C

4. 兩個相干的波源 S_1 和 S_2 ，產生同相的聲波，波長為 2 cm。



在 A 點和 B 點分別發生哪一種干涉現象？

- | | A | B |
|----|----------|----------|
| A. | | |
| B. | 相長干涉 | 相消干涉 |
| C. | 相消干涉 | 相長干涉 |
| D. | 相長干涉 | 相長干涉 |
| E. | 相消干涉 | 相消干涉 |

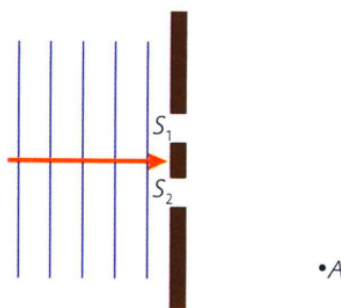
Ans: A

5. 兩個相干的點振源在水面上產生水波，形成一個干涉圖案。改變以下哪一項不會影響相長干涉發生的位置？

- A. 水波的振幅
- B. 水波的波長
- C. 點振源間的距離
- D. 點振源的振動頻率

Ans: A

6. 一列直線水波向一個直線障礙物傳播，障礙物上有兩道縫隙，如圖。在 A 點正發生相消干涉。



若波長減半，並在 A 點發生干涉，以下哪一項敘述正確？

- A. 在 A 點發生相消干涉。
- B. 在 A 點發生相長干涉。
- C. 在 A 點總是形成波峯。
- D. 在 A 點總是形成波谷。

Ans: B

7. 以下哪些有關一根繩上的行波和駐波內的質點的敘述正確？

- (1) 所有質點的位移均大於零。
- (2) 每一對相隔 $\lambda/2$ 的質點均為反相。(其中 λ 為波長)
- (3) 在一個週期內，所有質點均有機會靜止不動。

- A. 只有 (1)
- B. 只有 (2)
- C. 只有 (3)
- D. 以上都不正確

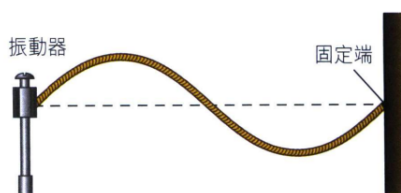
Ans: C

8. 一個大提琴的弦線長度為 L ，兩端固定。若有駐波在弦線上形成，下列哪項不可能為波的波長？

- A. $\frac{L}{3}$
- B. $\frac{L}{5}$
- C. $\frac{2L}{3}$
- D. $\frac{3L}{4}$

Ans: D

9. 銘基藉改變振動器的頻率 f ，在一條一端固定的繩子上先後產生多個不同的駐波。

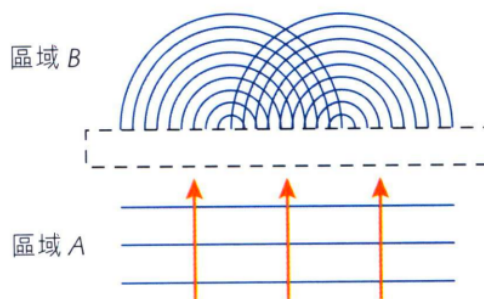


以下哪些敘述是不正確的？

- A. 當 f 增加，波腹的數目也會增加。
- B. 當 f 減少，繩子上的波速率維持不變。
- C. 繩子在空氣中產生的波，其速率與繩子上的波速率必定相同。
- D. 除連接至振動器的繩子一端外，波腹與波節的數目相同。

Ans: C

10. 一列直線水波從區域 A 傳播至區域 B 。

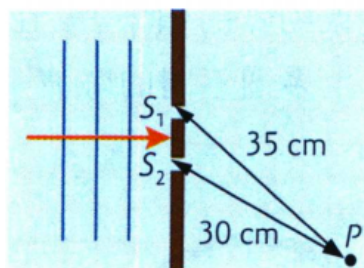


圖中顯示波的哪些特性？(兩個區域間的邊界沒有顯示出來。)

- (1) 折射
 - (2) 繞射
 - (3) 干涉
- A. 只有 (1) 和 (2)
 - B. 只有 (1) 和 (3)
 - C. 只有 (2) 和 (3)
 - D. (1), (2) 和 (3)

Ans: D

11. 一列直線水波向一個有兩道縫隙的直線障礙物傳播，在障礙物的另一邊產生兩列圓形波。

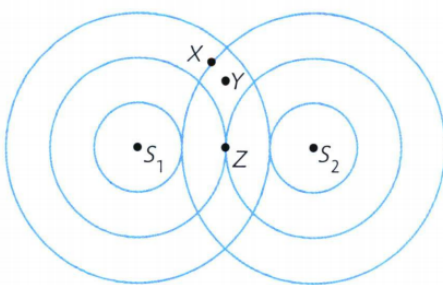


若水面上有一點 P 正發生相長干涉，問下列哪項不可能為波的波長？

- A. 0.2 m
- B. 2 m
- C. 2.5 m
- D. 5 m

Ans: B

12. 兩個完全相同的揚聲器 S_1 和 S_2 連接至相同的訊號。圖中的圓形表示所產生的聲波波陣面。

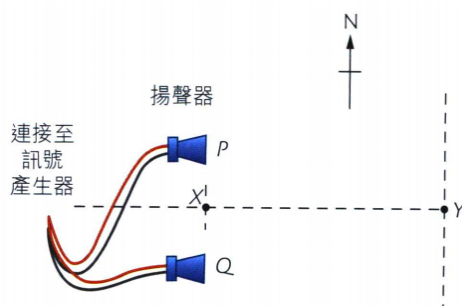


若把 S_2 關掉，在 X 、 Y 和 Z 三點聽到的聲音有甚麼變化？

| | X | Y | Z |
|----|----------|----------|----------|
| A. | 較弱 | 較弱 | 較響 |
| B. | 較弱 | 較響 | 較響 |
| C. | 較響 | 較響 | 較弱 |
| D. | 較響 | 較弱 | 較弱 |

Ans: D

13. 德仁站在兩個揚聲器 P 和 Q 前方的 Y 點，並與兩個揚聲器的距離相等，如圖。

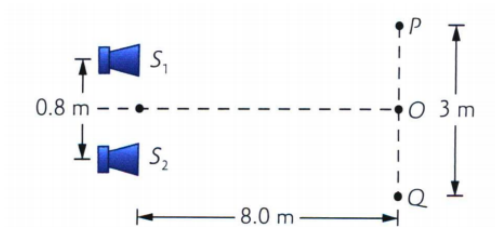


以下各項敘述乃關於德仁聽到的聲音，哪一項是 **不正確** 的？

- A. 若德仁向南走，則會輪流聽到響亮和微弱的聲音。
- B. 若德仁向東走，則會一直聽到響亮的聲音。
- C. 若德仁向西北走，則會輪流聽到響亮和微弱的聲音。
- D. 若其中一個揚聲器斷線，德仁聽到的聲音保持不變。

Ans: D

14. 兩個完全相同的揚聲器 S_1 和 S_2 ，連接至相同的訊號。曼華手持微音器沿直線 PQ 移動，發現連續錄得較響亮聲音的位置為 P 、 O 和 Q 三點。

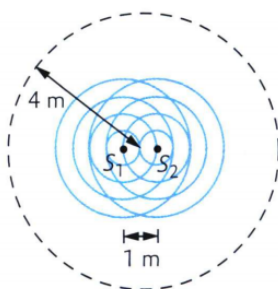


試估計所發出的聲音波長。

- A. 5 cm
- B. 10 cm
- C. 15 cm
- D. 20 cm

Ans: C

15. 兩個波源 S_1 和 S_2 相距 1 m，如圖示般在一個平面上產生波長為 0.5 m 的圓形波。



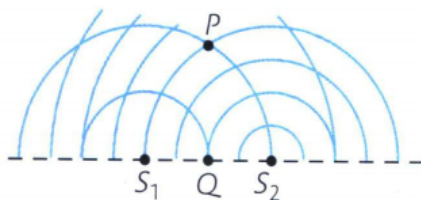
在圖中，有一個半徑為 4 m 的圓形，其邊界上可找到多少個位置發生相長干涉？

- A. 4
- B. 6
- C. 8
- D. 10

Ans: C

在波源 S_1 和 S_2 之間有 3 條腹線，而從波源向虛線圓形伸展出去的腹線共有 2 條。故此，在虛線圓形上，發生相長干涉的位置共有 $3 \times 2 + 2 = 8$ 處。

16. 在一個水波槽中，兩個振動的點振源 S_1 和 S_2 產生圓形波，波長分別為 2λ 和 λ 。下圖顯示 $t = 0$ 時的波動圖案。實線表示波峯。



以下哪一項敘述是**不正確**的？

- (1) 由於波長不同，因此波的疊加原理在 P 點並不適用。
 - (2) 在 Q 點，波的疊加原理依然適用，但兩個波不會時時互相抵消。
 - (3) P 點和 Q 點以同相振動。
- A. 只有 (1)
 - B. 只有 (2)
 - C. 只有 (1) 和 (3)
 - D. 只有 (2) 和 (3)

Ans: A

敘述**(1)****不正確**。

當兩種相同的波疊加，它們必定遵循疊加原理。

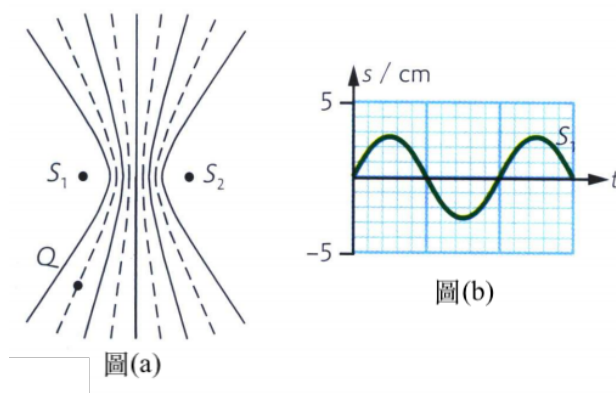
敘述**(2)**正確。

縱使波長不同，兩個波仍會遵循疊加原理。只是，由於它們並非相干，因此不會時時互相抵消。

敘述**(3)**正確。

就 P 、 Q 兩點，單從 S_1 或 S_2 而來的波皆為同相。故此，當兩個波源產生的波疊加，兩點也會是同相的。

17. 兩個點振源 S_1 和 S_2 在水面上以同相振動，頻率為 f 。圖 a 表示所形成的腹線與節線位置（分別以實線和虛線表示）。水面上有一個位置 Q 。圖 b 顯示由 S_1 所造成 Q 點位置的水位的 s - t 線圖。



若頻率減少至 $f/2$ ，在 Q 點的振幅會怎樣改變？

- A. 變為零
- B. 變得大於 2.5 cm
- C. 變得小於 2.5 cm
- D. 不能判斷

Ans: B

當頻率為 f ， Q 點的程差為 1.5λ 。

當頻率減半至 $\frac{f}{2}$ ，波長便會增倍為 $\lambda' = 2\lambda$ ，而 Q 點的程差則變為 $0.75\lambda'$ 。

草繪波的 s - t 線圖，便知 Q 點振盪的振幅要比 2.5 cm 大。

