

frequency $f = \frac{1}{T}$	f	Hz	頻率
wave velocity	v	ms^{-1}	波的速度
wave length	λ	m	波長
period	T	s	週期
velocity = frequency $\times$ wavelength $v = f\lambda$	for EM waves $c = f\lambda$		

考試心得

1. 波動學
- (a) 要懂得橫波／縱波、行波／駐波、電磁波（不需介質）／機械（需要介質）波的分別。

(b) 要注意圖上縱軸和橫軸代表什麼（*位移－時間*關係線圖和*位移－距離*關係線圖）。

(c) 有用方程： $v = f\lambda$ 。 v 取決於介質、 f 保持不變（除非振動源改變）、 λ 取決於兩者。

(d) 速度 v 的定義為波在時間 1s 傳播了 v 的距離。

(e) 在繩子上，張力 T 越大、速度越高。對於機械波來說，密度越高、速率越高。

(f) 所有波皆擁有以下波的特性：反射（阻隔物）、折射（不同介質）、繞射（障礙物）、干涉（兩個振動源）。折射和繞射是可以同時發生。只有波才有干涉現象。

(g) 波長越大，繞射程度越大。深水速度大，波長大；淺水速度小，波長小。

(h) 要懂得怎樣畫波陣面和前進方向箭。

(i) 程差是一個非常有效的方法去求波長。

(j) 在電磁波譜裡，所有波的速度皆等於光速， $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ 。頻率越高，其擁有的能量越高；能量越高，穿透力越高。

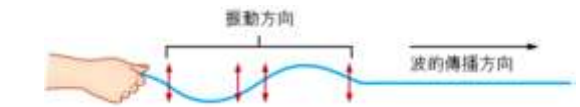
波動 II

5 波的本質

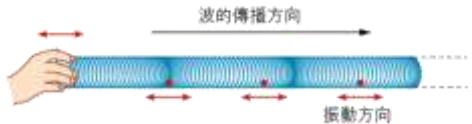
5.1 波動

1. 波傳遞能量但不傳遞物質。

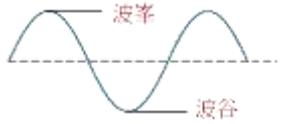
2. 在橫波中，振動方向與傳播方向互相垂直。
例子：水波和電磁波。



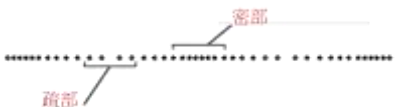
3. 在縱波中，振動方向與傳播方向互相平行。
例子：聲波。



4. 橫波包含波峯與波谷。



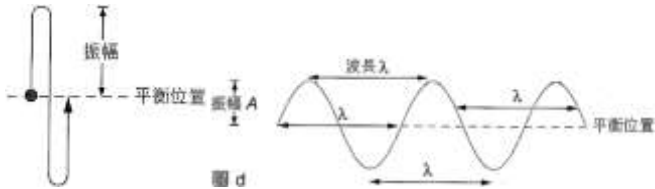
5. 縱波包含密部與疏部。



5.2 橫波的波動與粒子運動

1. 下圖顯示描述橫波的用語：

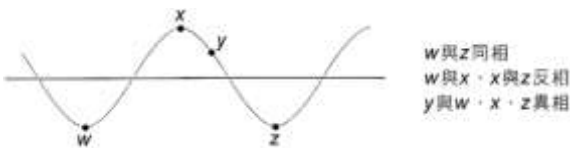
物理量	以粒子運動表示	以波動表示	符號	單位
振幅	粒子距離平衡位置的最大位移	振動部分距離平衡位置的最大位移	A	米 (m)
週期	粒子完成一次完整振動所需的時間	產生一個完整波所需的時間	T	秒 (s)
頻率	一秒鐘內粒子振動的次數	一秒鐘內產生完整波的數目	f	赫茲 (Hz)
波長	—	運動狀態相同的兩點之間的最小距離	λ	米 (m)



2. 週期是頻率的倒數，即是
 $T = \frac{1}{f}$

3. 波速率 v 是於一秒鐘內行進的距離。
 $v = f\lambda$
波速率的單位是 m s^{-1}

4. 相距 $n\lambda$ 的粒子振動同相；相距不是 $n\lambda$ 的粒子振動異相；相距 $(n + \frac{1}{2})\lambda$ 的粒子振動反相。

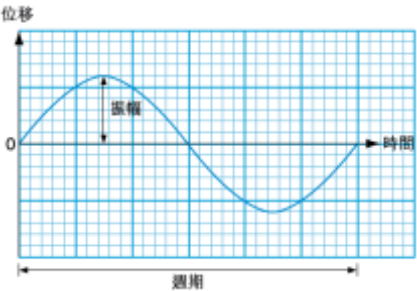


5. 粒子完成一次完整振動時，波亦行進了一個波長的距離。

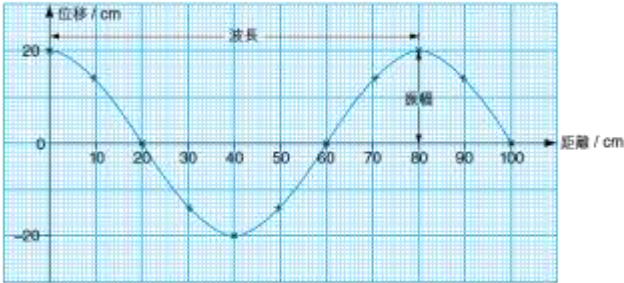
6. 波速率取決於傳播介質的特性，在某些介質中，波速率與振動的頻率無關。

5.3 以圖像描述橫波

1. 位移－時間關係線圖顯示一個粒子在不同時刻的位移。



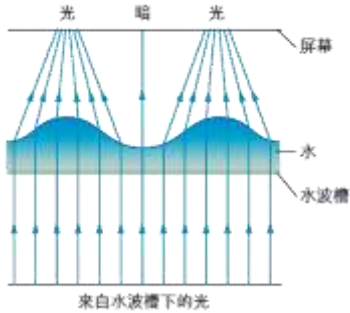
2. 位移－距離關係線圖顯示波上所有粒子在某瞬間的位移，線圖的形狀即那一刻的波形。



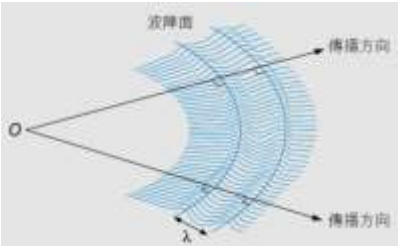
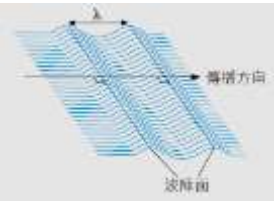
6 波的現象

6.1 觀察水波

1. 觀察水波槽內的水波投射到屏幕上，光亮的線條代表波峯，而暗淡的線條代表波谷。



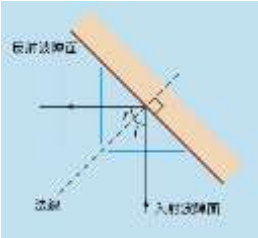
2. 用線連接波上以同相振動而相鄰的點，這些線就是波陣面，總是垂直於波的傳播方向。



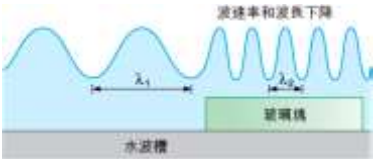
3. 水波槽的水深若固定，波的頻率與波長成反比。

6.2 波的反射與折射

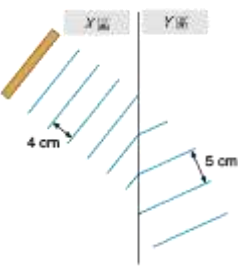
- 1. 水波遇到障礙物便會反射。
- 2. 水波的反射遵照反射定律，即入射角與反射角相等。



- 3. 反射後，波速率、頻率與波長都保持不變。
- 4. 水波越過水深不同的區域時，它的速率和波長會改變。



- 5. 波若傾斜地通過水深不同的區域，傳播方向會改變。折射是指由波速率改變引起的傳播方向改變。

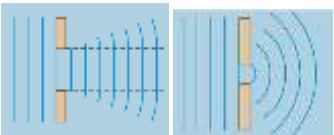


- 6. 由介質 1 至介質 2 的折射率，可表示為在這兩個介質中波速率或波長的比例。

$$n_{1 \rightarrow 2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

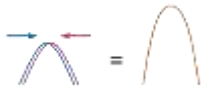
6.3 繞射

- 1. 波會沿障礙物的邊緣偏折或擴散，並進入它的「陰影」部分，這現象稱為繞射。
- 2. 繞射後，波速率、頻率與波長都保持不變。
- 3. 繞射的幅度視乎障礙物相對於波長的大小。波經過較窄的狹縫或較小的障礙物，偏折幅度會較大。

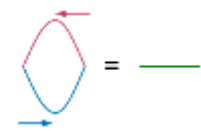


6.4 干涉

- 1. 兩個脈衝相遇時，會相加形成一個合成脈衝。這兩個脈衝穿過對方後，形狀保持不變。
- 2. 兩個波峯或兩個波谷相遇時，會出現相長干涉，產生振幅較原先大的波。

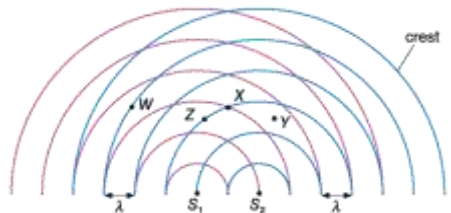


- 3. 波峯遇上波谷時，兩者會互相抵消，出現相消干涉。

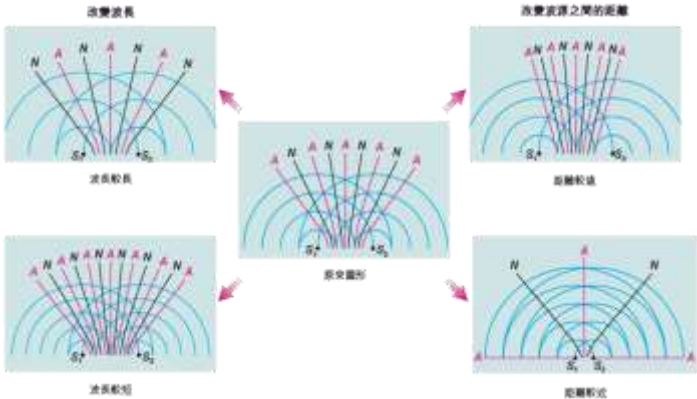


- 4. 兩個頻率相同且相位差不變的波源，稱為相干源。相干源能產生可觀察的干涉圖形。
- 5. 來自兩個波源的波若以同相到達某一點，在這一點便出現相長干涉。出現相長干涉的點，程差等於 1λ、2λ、3λ 等。

- 6. 來自兩個波源的波若以反相到達某一點，在這一點便出現相消干涉。出現相消干涉的點，程差等於 ½λ、1 ½λ、2 ½λ 等。

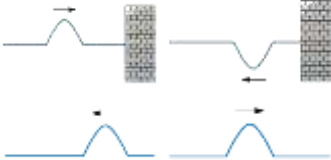


- 7. 出現相消干涉的點所連成的線稱為節線；出現相長干涉的點所連成的線稱為腹線。
- 8. 兩個波源的距離增大，或波長減小時，相鄰節線和腹線之間的距離便會減小。

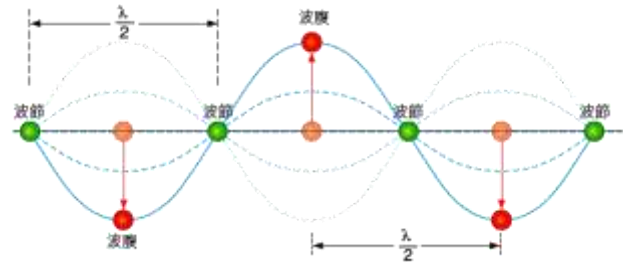


6.5 駐波

- 1. 一個波於繩子的固定末端反射時，會發生 π 相變；一個波於繩子的自由末端反射時，不會發生相變。



- 2. 駐波是兩個相同頻率及振幅的波，以相同速率向相反方向前進時疊加而成。
- 3. 在繩子上的駐波會形成一個或多個不斷振動的波圈。沒有振動的位置稱為波節，以最大振幅振動的位置稱為波腹。



- 4. 駐波中同一波圈內的所有粒子都以同相振動，兩個相鄰波圈內的粒子以反相振動。

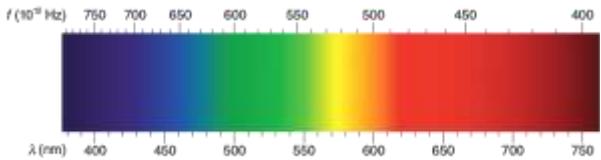


- 5. 駐波中的能量停駐不動。

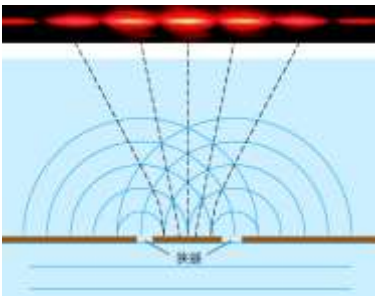
7 光波

7.1 光的波動本質

- 1. 光會展示反射、折射、繞射和干涉。
- 2. 在真空中，可見光的波長範圍大約介乎 400nm (紫) 至 700nm (紅)。(n = 10⁻⁹)



- 3. 光通過一道狹縫，會形成繞射圖形。
- 4. 光通過雙縫，會形成距離相等、明暗相間的條紋。



7.2 楊氏雙縫實驗與平面透射光柵

- 1. 在雙縫實驗中，條紋間距可用以下方程表示：

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$$

- 2. 光通過平面透射光柵，會形成條紋。
- 3. 在平面透射光柵實驗中，第 n 級條紋的角度可用以下方程式表示：

$$d \sin \theta = n\lambda$$

- 4. 與雙縫相比，光柵的干涉圖形亮紋較疏及較光亮。



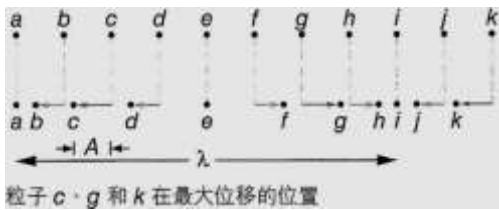
7.3 電磁波

- 1. 電磁波是橫波。
- 2. 電磁波載有能量。
- 3. 電磁波可在真空中傳播。
- 4. 電磁波在真空中以固定速率 3 x 10⁸ m s⁻¹ 傳播
- 5. 電磁波遵從 $v = f\lambda$ 。
- 6. 電磁波會展示反射、折射、繞射和干涉。

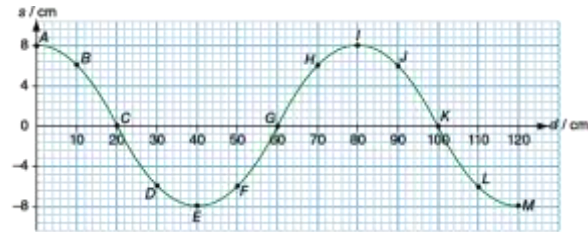
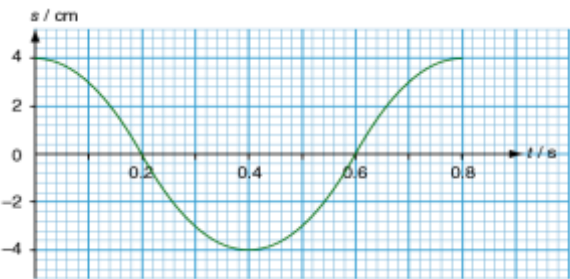
8 聲音

8.1 縱波

- 1. 描述縱波：

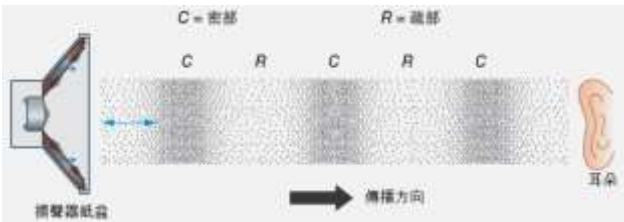


- 2. 可以用位移—時間關係線圖和位移—距離關係線圖來描述縱波。



8.2 聲音的波動本質

- 1. 聲音是一種波，有波的所有性質。
- 2. 聲波是縱波，由振動產生。



8.3 聲音的特性

- 1. 聲波能在固體、液體和氣體中傳播，但不能穿越真空。(v_{固體} > v_{液體} > v_{氣體})

- 2. 聲波與光波的比較：

	聲波	光波
產生的方法	物質振動	電磁場振動
波的種類	縱波	橫波
傳播介質	固體、液體和氣體，不包括真空	透明物質和真空
在空氣中傳播的速率	340 m s ⁻¹ (在 20°C 時)	3 x 10 ⁸ m s ⁻¹
在空氣中人類能探測到的波長	0.017m 至 17m (在 20°C 時)	400nm 至 700nm

- 3. 人類的聽頻範圍約在 20 Hz 至 20 kHz 之間。
- 4. 超聲波是頻率高於人類聽頻範圍上限(即 20 kHz)的聲波，廣泛應用於工業及醫學。