

a. 波的本質和特性

波的本質

- 以振盪闡釋波動
- 認識波動是能量而不帶物質的傳播方式

波動和波的傳播

- 區別橫波和縱波
- 使用以下術語描述波動：波形、波峰、波谷、密部、疏部、波陣面、相位、位移、振幅、週期、頻率、波長和波速
- 用行波的位移-時間和位移-距離關係線圖詮釋資料
- 測定波在沿張緊的絃線或彈簧上傳播時，影響波速的因素
- 應用公式 $f = 1/T$ 和 $v = f\lambda$ 解決相關的問題

反射和折射

- 認識於平障礙物/反射物/表面上波的反射
- 檢測反射中相位變化的條件
- 認識波在平直交界面上的折射
- 檢測折射時波速的改變，並用波速定義折射率
- 畫出波陣面圖以展示反射和折射

繞射和干涉

- 描述波在穿過狹縫和繞過轉角處時的繞射
- 檢測狹縫寬度對繞射程度的影響
- 描述兩脈衝的疊加
- 認識波的干涉
- 區別相長和相消干涉
- 檢測由兩個相干源所發出波動的干涉現象
- 以程差確定相長和相消干涉的條件
- 畫出波陣面圖以展示干涉和繞射

駐波（只限橫波）

- 解釋駐波的形成
- 描述駐波的特性

b. 光

電磁波譜中的光

- 說出光和其他電磁波在真空中的速率為 $3.0 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$
- 說出可見光的波長範圍
- 說出可見光和電磁波譜其他成分的相對位置
- 指出光為橫波的一個例子
- 認識以繞射和干涉現象作為光是波動的證據
- 檢測楊氏雙縫實驗中的干涉圖形
- 應用 $\Delta y = \lambda D/a$ 解決問題
- 檢測平面透射光柵中的干涉圖形
- 應用 $d \sin \theta = n \lambda$ 解決問題

光的波動本質

- 指出光為橫波的一個例子
- 認識以繞射和干涉現象作為光是波動的證據
- 檢測楊氏雙縫實驗中的干涉圖形
- 應用 $\Delta y = \lambda D/a$ 解決問題
- 檢測平面透射光柵中的干涉圖形
- 應用 $d \sin \theta = n \lambda$ 解決問題

c. 聲音

聲音的波動本質

- 認識聲音為縱波的一個例子
- 認識聲音有反射、折射、繞射和干涉現象
- 認識聲音需要藉著介質傳播
- 比較聲波和光波的一般特性
- 測定聽頻範圍
- 檢測超聲波存在於聽頻範圍外

聽頻範圍

- 檢測超聲波存在於聽頻範圍外

樂音

- 以音調、響度和音品等術語比較樂音
- 連繫樂音的音調和響度，與頻率和振幅之間相應的關係

噪音

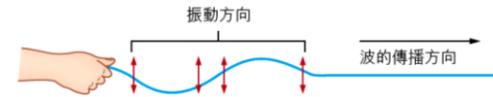
- 以分貝表達聲強級
- 討論噪音污染的影響和聲防護的重要性

波動 II

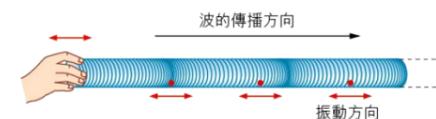
5 波的本質

5.1 波動

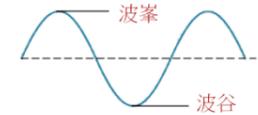
1. 波傳遞能量但不傳遞物質。
2. 在橫波中，振動方向與傳播方向互相垂直。
例子：水波和電磁波。



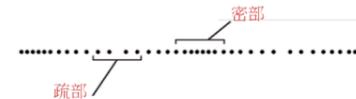
3. 在縱波中，振動方向與傳播方向互相平行。
例子：聲波。



4. 橫波包含波峰與波谷。



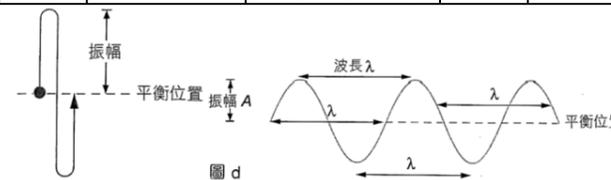
5. 縱波包含密部與疏部。



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

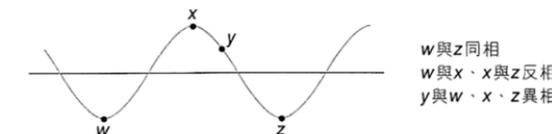
$$T = \frac{1}{f}$$

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}

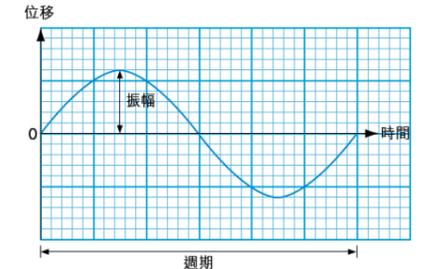
4. 相距 $n\lambda$ 的粒子振動同相；相距不是 $n\lambda$ 的粒子振動異相；相距 $(n + \frac{1}{2})\lambda$ 的粒子振動反相。



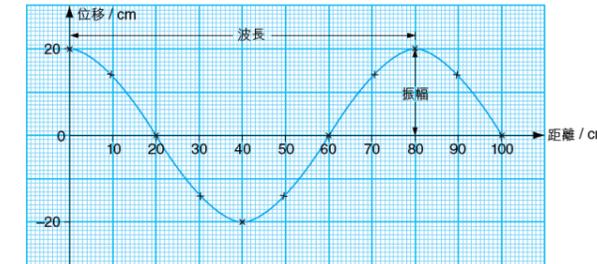
5. 粒子完成一次完整振動時，波亦行進了一個波長的距離。
6. 波速率取決於傳播介質的特性，在某些介質中，波速率與振動的頻率無關。

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。



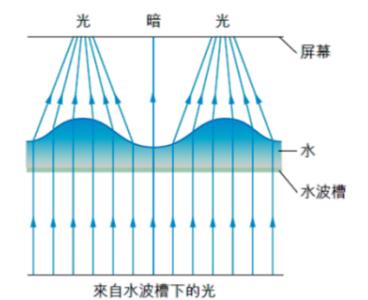
2. 位移—距離關係線圖顯示波上所有粒子在某瞬間的位移，線圖的形狀即那一刻的波形。



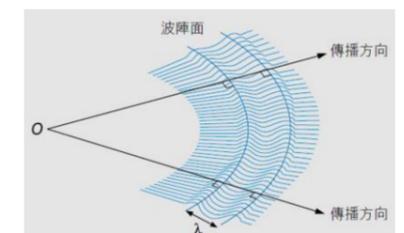
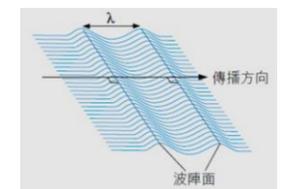
6 波的現象

6.1 觀察水波

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



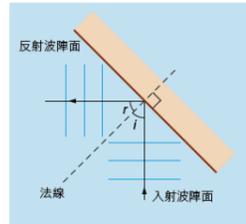
2. 用線連接波上以同相振動而相鄰的點，這些線就是波陣面，總是垂直於波的傳播方向。



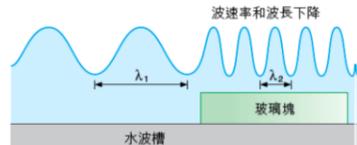
3. 水波槽的水深若固定，波的頻率與波長成反比。

6.2 波的反射與折射

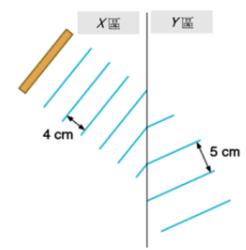
1. 水波遇到障礙物便會反射。
2. 水波的反射遵照反射定律，即入射角與反射角相等。



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。

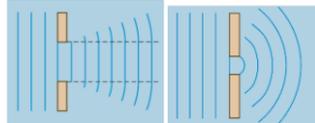


6. 由介質 1 至介質 2 的折射率，可表示為在這兩個介質中波速率或波長的比例。

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

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。

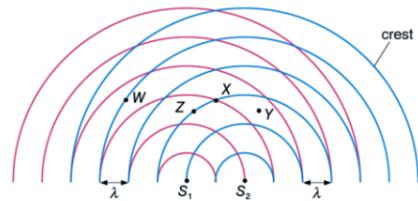


3. 波峯遇上波谷時，兩者會互相抵消，出現相消干涉。

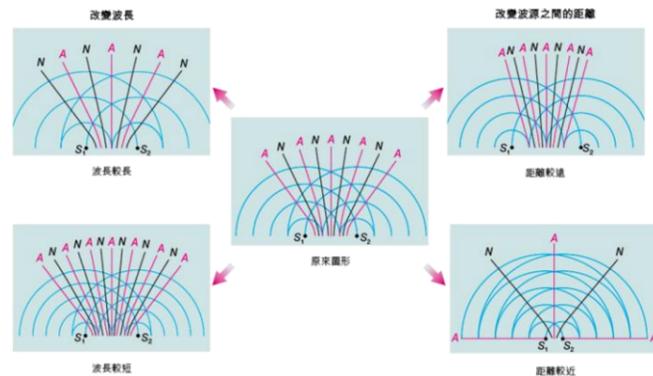


4. 兩個頻率相同且相位差不變的波源，稱為相干源。相干源能產生可觀察的干涉圖形。
5. 來自兩個波源的波若以同相到達某一點，在這一點便出現相長干涉。出現相長干涉的點，程差等於 1λ 、 2λ 、 3λ 等。

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 $\frac{1}{2}\lambda$ 、 $1\frac{1}{2}\lambda$ 、 $2\frac{1}{2}\lambda$ 等。

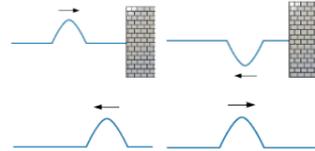


7. 出現相消干涉的點所連成的線稱為節線；出現相長干涉的點所連成的線稱為腹線。
8. 兩個波源的距離增大，或波長減小時，相鄰節線和腹線之間的距離便會減小。

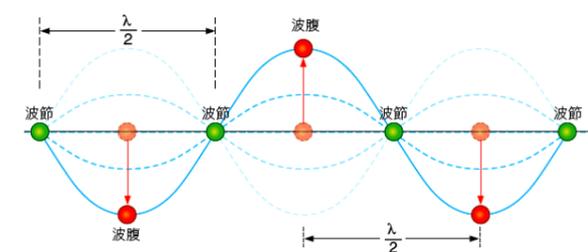


6.5 駐波

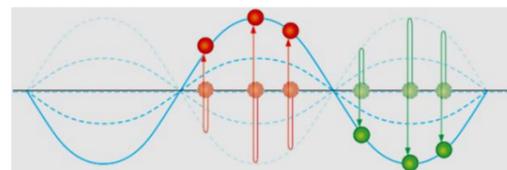
1. 一個波於繩子的固定末端反射時，會發生 π 相變；一個波於繩子的自由末端反射時，不會發生相變。



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。

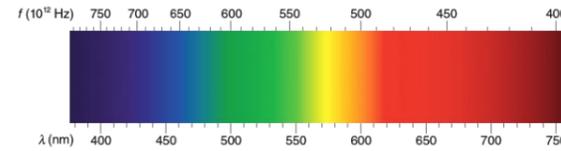


5. 駐波中的能量停駐不動。

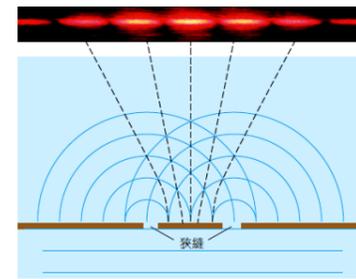
7 光波

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。



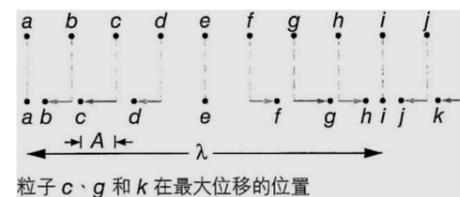
7.3 電磁波

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 $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 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。

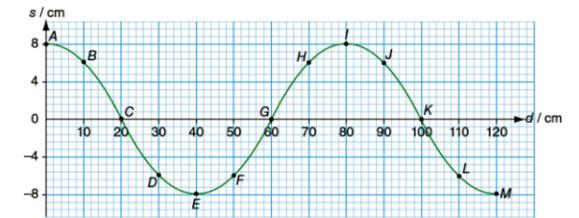
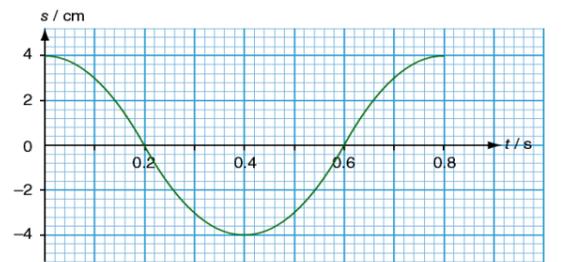
8 聲音

8.1 縱波

1. 描述縱波：

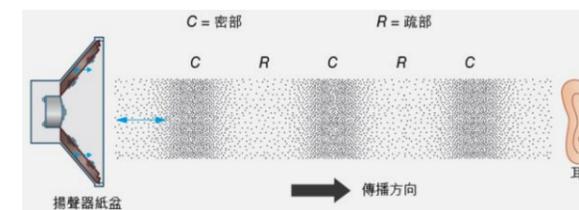


2. 可以用位移—時間關係線圖和位移—距離關係線圖來描述縱波。



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。