أمواج و اهتزازات -2

- نظرية الموجات Waves theory
- تراكب الموجات Superposition of waves
- التداخل Interference
- مقاييس التداخل Optical Interferometry
- الحيود Diffraction
- محزوز الحيود Grating Diffraction
- الاستقطاب Ploarization

Waves theory :نظرية الموجات

- مقدمة عن الموجات:
- خواص الموجات
- معادلة الموجة في بعد واحد The one-dimensional wave equation
- الموجات التوافقية Harmonic waves
- الأعداد المركبة Complex numbers والموجات المستوية Plane waves
- الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves

مقدمة عن الموجات:

ماهي الموجة:

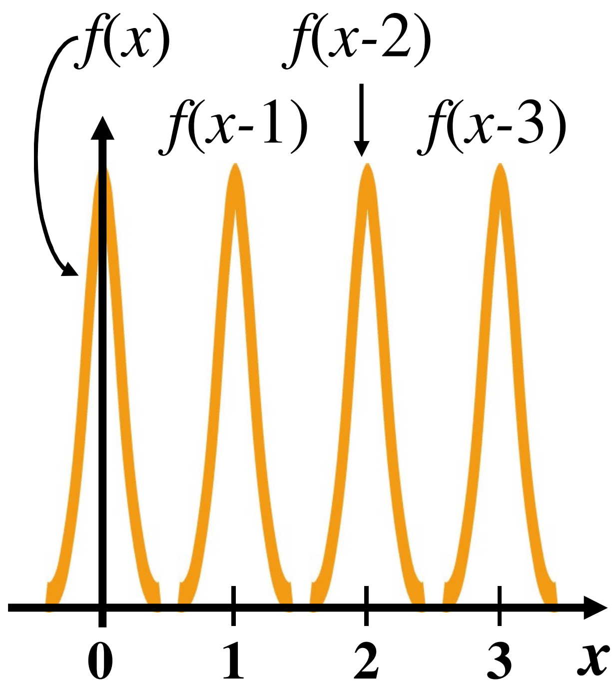
A wave is anything that moves.

لعرض أي دالة $f(x)$ باتجاه اليمين نغير التعبير الرياضي من x الى $x\text{-}a$ حيث a رقم موجب.

وعند التعويض بـ $a = \mathrm{v}\,t$ حيث v السرعة بالموجب و t هو الزمن تكون الإزاحة مرتبطة بالزمن (تزداد الازاحة بازدياد الزمن).

وبالتالي الدالة $f(x - \mathrm{v}\,t)$ تصف انتشار الموجة لليمين أو الأمام (rightward, or forward propagating wave)

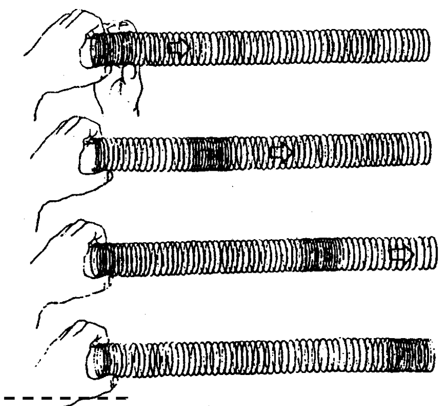
وبالمثل فإن $f(x + \mathrm{v}\,t)$ تصف انتشار الموجة لليسار أو الخلف (a leftward, or backward propagating wave)



الموجات الطولية والمستعرضة

Longitudinal vs. Transverse waves

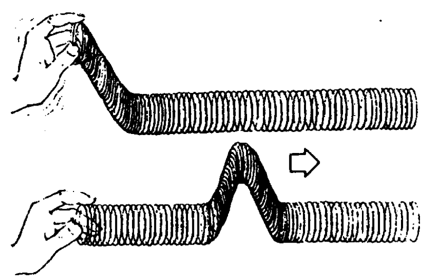
Longitudinal:
الطولية



Motion is along the direction of Propagation
انتشار الموجة في نفس اتجاه الحركة

light waves are transverse

Transverse:
المستعرضة



Motion is transverse to the direction of Propagation
انتشار الموجة عمودي على اتجاه الحركة

Space has 3 dimensions, of which 2 directions are transverse to the propagation direction, so there are 2 transverse waves in addition to the potential longitudinal one.

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

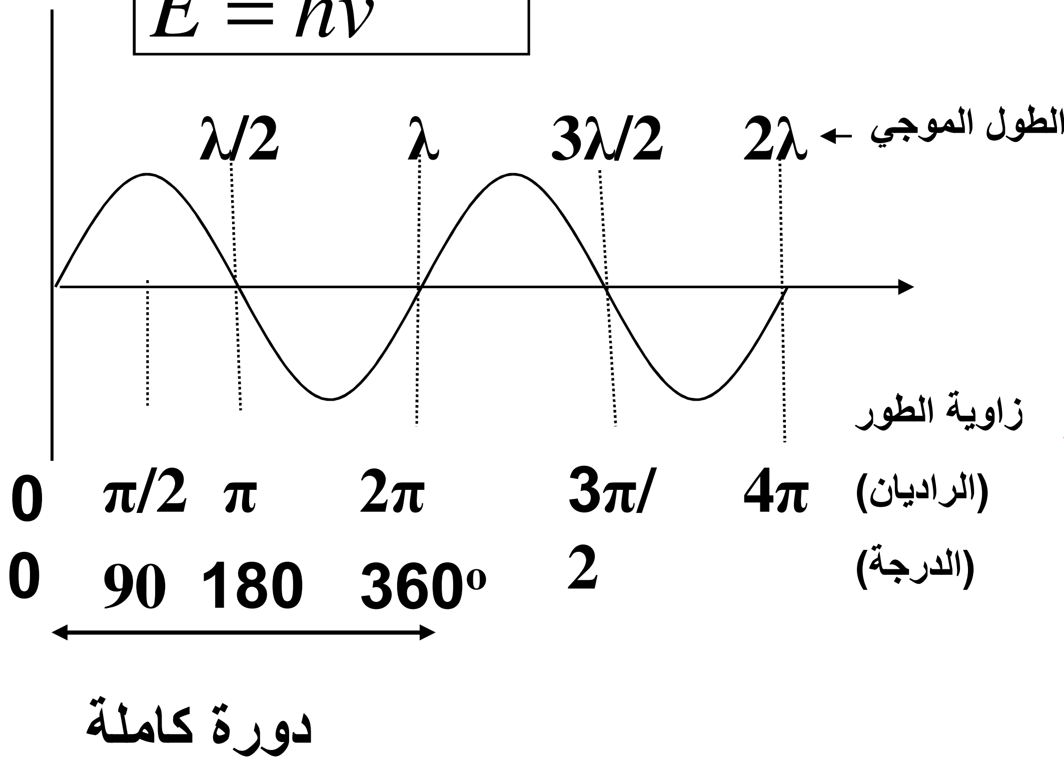
$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda v$$

$$E = hv$$

خواص الموجات:

تتميز الموجات بـ:

- الطول الموجي wavelength (λ)
- التردد frequency (v أو *f*)
- *السرعة velocity (v)، c سرعة الضوء*
- *الطاقة energy (E)*
- *الزمن الدوري period (T)*



$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ and } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

متجه الانتشار
K -vector

التردد الزاوي
Angular frequency

$$\boxed{\frac{\omega}{k} = v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}}$$

The one-dimensional wave equation

•يمكن كتابة معادلة الموجة لدالة f من خلال معادلات ماكسويل Maxwell's equations والتي تعطى في حالة البعد الواحد بالمعادلة :

$$\boxed{\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0}$$

•حل المعادلة التفاضلية هوأي دالة على الشكل التالي:

$$f(x,t)=f(x\pm \mathrm{v}t)$$

حيث تصف طبيعة الموجة كدالة في المسافة والزمن $f(x,t)$ وتكون قابلة للتفاضل بالنسبة للمتغير $(x\text{-}\mathrm{v}t)$ مرتين.

•شكل الموجة (Profile) يمكن الحصول عليه من خلال التعويض عن الزمن بقيمة ثابتة ولتكن t=0 ==> $f(x,0)=f(x)$.

•الموجات الضوئية (موجات كهرومغناطيسية) هي أحد حلول هذه المعادلة حيث أن v هي سرعة الضوء.

مثال 1: أثبت أن $f(x \pm \mathrm{v}t)$ هي حلاً لمعادلة الموجة؟

Proof that $f(x \pm \mathrm{v}t)$ solves the wave equation

Write $f(x \pm \mathrm{v}t)$ as $f(u)$, where $u = x \pm \mathrm{v}t$. So $\frac{\partial u}{\partial x} =$ and $\frac{\partial u}{\partial t} =$

Now, use the chain rule: $\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial x}$ $\qquad \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial t}$

So $\frac{\partial f}{\partial x} = \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} =$ and $\frac{\partial f}{\partial t} = \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} =$

Substituting into the wave equation:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \qquad = \quad 0$$

مثال 1: أثبت أن $f(x \pm \mathrm{v}t)$ هي حلاً لمعادلة الموجة؟

Proof that $f(x \pm \mathrm{v}t)$ solves the wave equation

Write $f(x \pm \mathrm{v}t)$ as $f(u)$, where $u = x \pm \mathrm{v}t$. So $\frac{\partial u}{\partial x} = 1$ and $\frac{\partial u}{\partial t} = \pm \mathrm{v}$

Now, use the chain rule: $\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial x}$ $\quad \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial t}$

So $\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u} \Rightarrow \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2}$ and $\frac{\partial f}{\partial t} = \pm \mathrm{v}\frac{\partial f}{\partial u} \Rightarrow \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \mathrm{v}^2 \frac{\partial^2 f}{\partial u^2}$

Substituting into the wave equation:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\left\{\mathrm{v}^2 \frac{\partial^2 f}{\partial u^2}\right\} = 0$$