2007–01–22

Start $\longrightarrow$ Matematisk beskrivning av vågor $\longrightarrow$ Ljus – elektromagnetiska vågor $\longrightarrow$ Reflektion och brytning $\longrightarrow$ Superposition $\longrightarrow$ Polarisation $\longrightarrow$ Geometrisk optik $\longrightarrow$ Interferens och interferometrar $\longrightarrow$ Diffraktion $\longrightarrow$ Koherens $\longrightarrow$ Lasern, holografi m.fl. tillämpningar $\longrightarrow$ Tenta ($\longrightarrow$ Augustitenta ($\longrightarrow$ Januaritenta))

Optik

Kikare, kameror...

Lasern (1960) $\longrightarrow$ nya tillämpningar

Ljus: beskrivningar:

1) Strålar — geometrisk optik; viktigt för kameror och optiska konstruktioner.

2) Vågor — fysikalisk optik; viktigt för interferens, diffraktion, polarisation, ...

3) Partiklar (fotoner) — kvantoptik.

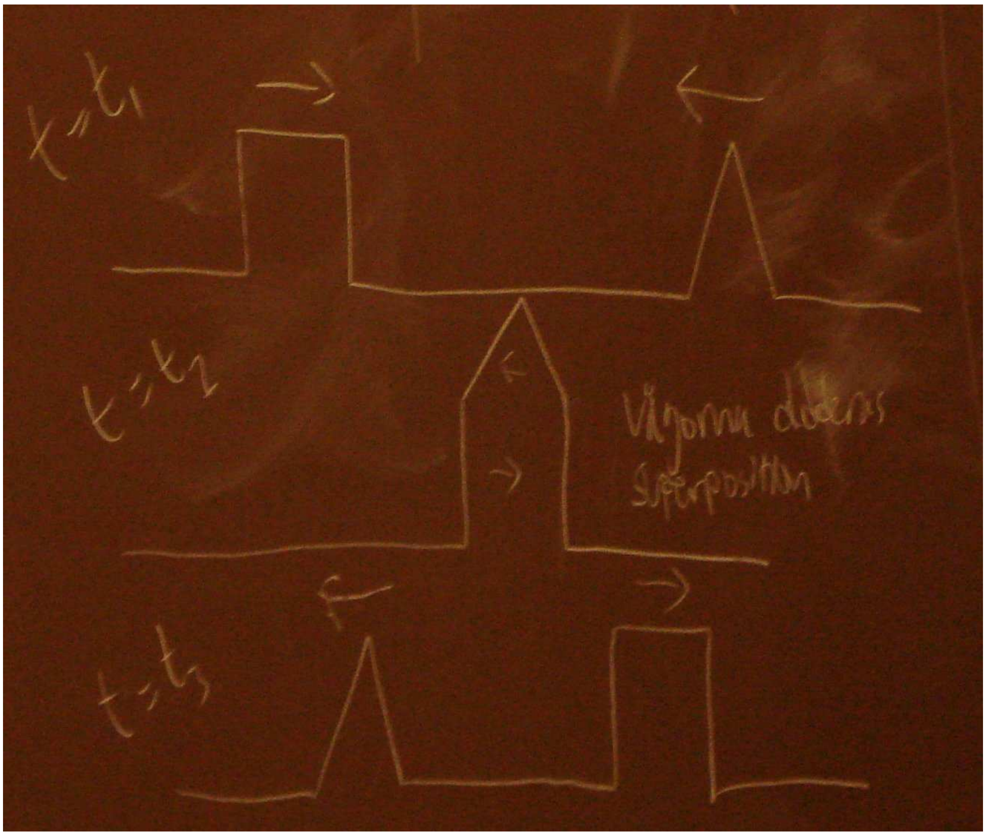
Vågmodellen

Karakteristika för vågor:

1) Vågen transporterar energi.

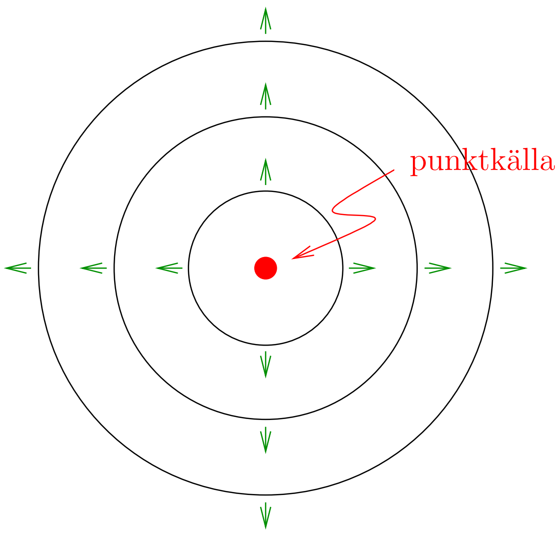
2) Vågor kan gå runt hörn.

3) Vågor kan gå igenom varandra utan att påverka varandra. ⟨fig1⟩



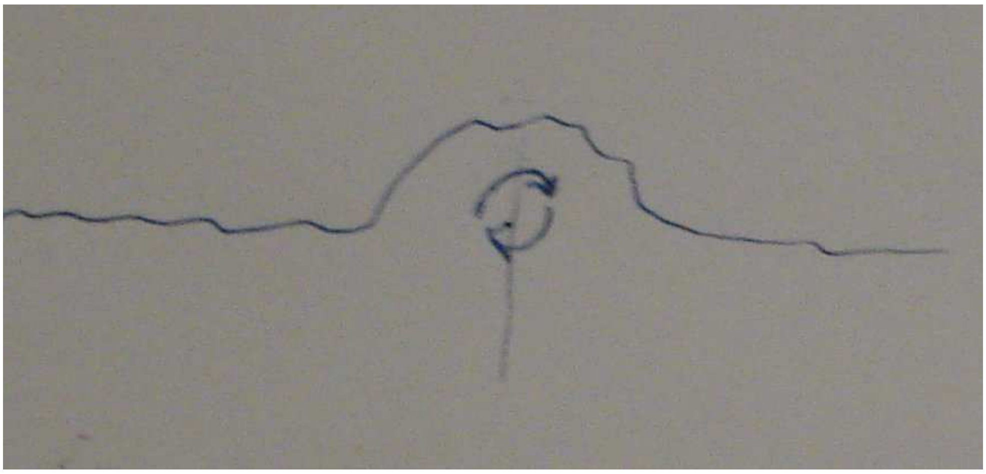
Figur 1.

4) Om jämvikten störs i en punkt sprider sig störningen (ringar på vattnet). ⟨fig2⟩



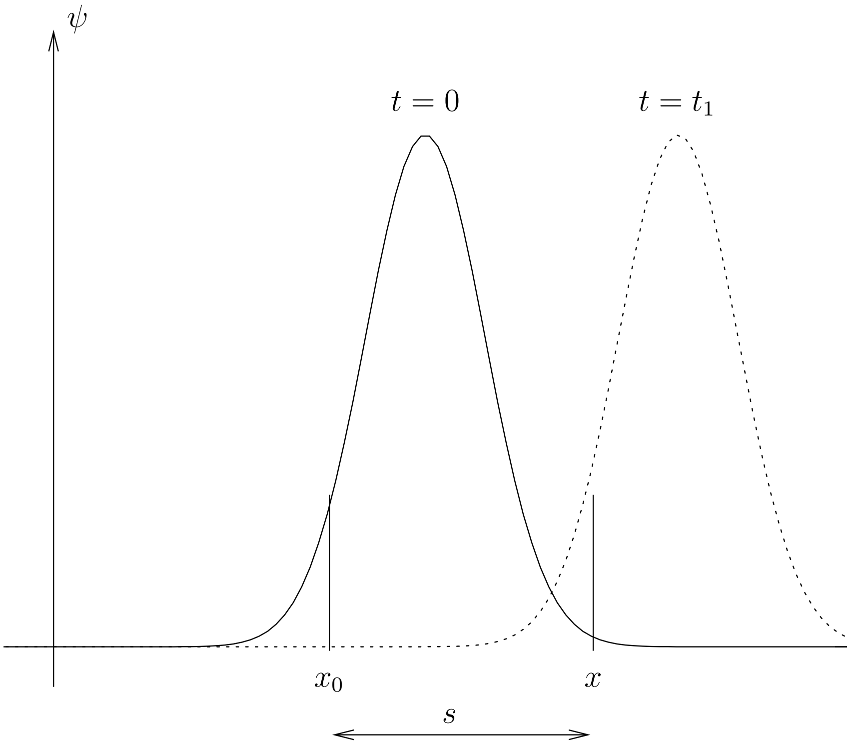
Figur 2.

5) ⟨fig3⟩ När vågen passerar flyttas inte mediet (inte mycket).



Figur 3.

En våg: (Dispersionsfri utbredning) ⟨fig4⟩



Figur 4.

Dispersionsfri utbredning: vågen deformeras ej. Beteckna höjden ψ.

$$\psi = f(x) = f(x_0) = f(x - s)$$

Om vågens hastighet (fashastighet) är v, $s = v\,t$:

$$\psi = f(x - v\,t)$$

Detta är en våg som utbreder sig i positiva x-axelns riktning.

En våg $\psi = f(x - v\,t)$. Antag att f är två gånger deriverbar:

$$\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial(x - v\,t)} \cdot \frac{\partial(x - v\,t)}{\partial x} = \underbrace{\frac{\partial f(x - v\,t)}{\partial(x - v\,t)}}_{=f'} \cdot \underbrace{\frac{\partial(x - v\,t)}{\partial x}}_{=1} = f'$$

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} = \ldots = f''$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial t} = \underbrace{\frac{\partial f(x - v\,t)}{\partial(x - v\,t)}}_{=f'} \cdot \underbrace{\frac{\partial(x - v\,t)}{\partial t}}_{=-v}$$

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = v^2\,f''$$

Vågekvationen i en dimension:

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$$

Specialfall: Harmoniska vågor:

$$\psi(x,t) = a\cos(k(x - v\,t) - \varepsilon) = a\cos(-k(v\,t - x) - \varepsilon) = a\cos(k\,(v\,t - x) + \varepsilon)$$

a är amplituden.

ε är faskonstanten (*inital phase epoch angle*)

$k(x - v\,t) = \varphi$ är fasen.

$\psi(x,t)$ peridisk i x och t.

Perioden i x kallas våglängd λ:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\kappa = \frac{1}{\lambda}$$

k är ciruklära vågtalet, κ är vågtalet. Blanda ej ihop.

Perioden i tid kallas perioden τ.

Visas lätt:

$$\tau = \frac{2\pi}{k\,v}$$

Frekvens $\nu = \frac{1}{\tau}$ (ej att förväxla med hastigheten v).

$$\tau = \frac{2\pi}{k\,v} = \frac{\lambda}{v}, \quad v = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda\,\nu$$

$$\omega = 2\,\pi\,\nu = k\,v$$

Vågens fas: $\varphi = k(v\,t - x) = \omega\,t - k\,x$.

Med fasvinkel: $\varphi = \omega\, t - k\, x + \varepsilon$.

$$\psi = a \cos(\omega\, t - k\, x + \varepsilon)$$

eller

$$\psi = a \cos(k\, x - \omega\, t - \varepsilon)$$

(båda är samma våg).

En periodisk funktion kan beskrivas av en (Fourier-) serie sin och/eller cos. Det finns också metoder att hantera icke-periodiska funktioner.

En linjärkombination av sinus och cosinus löser också vågekvationen.

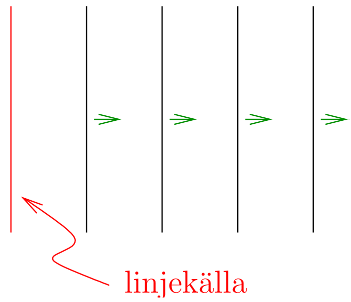
Ett specialfall:

Komplex våg $\psi = a\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega t - k x + \varepsilon)} = a \cos(\omega\, t - k\, x + \varepsilon) + \mathrm{i} \sin(\omega\, t - k\, x + \varepsilon) = a\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}\varepsilon} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{i}(\omega t - k x)}$, där vi inför den komplexa amplituden $A = a\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}\varepsilon}$.

Vågor i två dimensioner

⟨fig2⟩ cirkulära vågor, punktkälla

⟨fig5⟩ linjära vågor, linjekälla



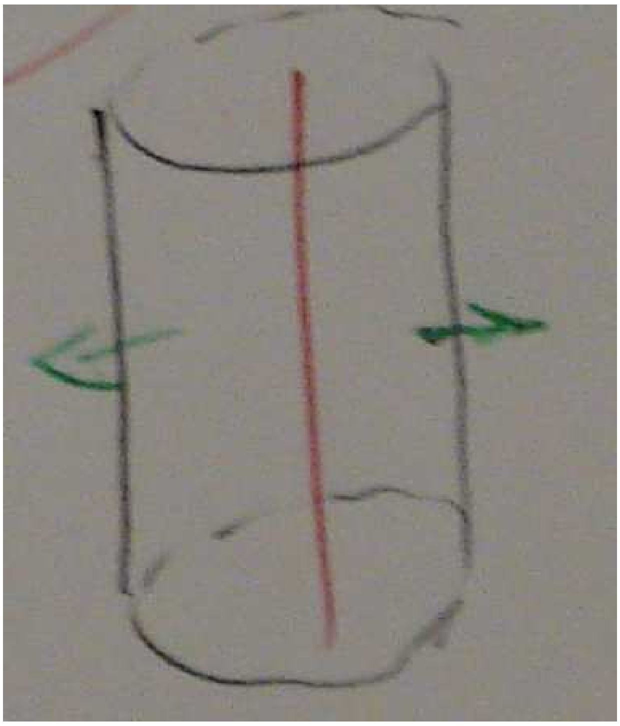
Figur 5.

Vågor i tre dimensioner

⟨fig6⟩ sfäriska vågor, punktkälla

Figur 6.

⟨fig7⟩ cylindriska vågor, linjekälla.



Figur 7.

⟨fig8⟩ plana vågor

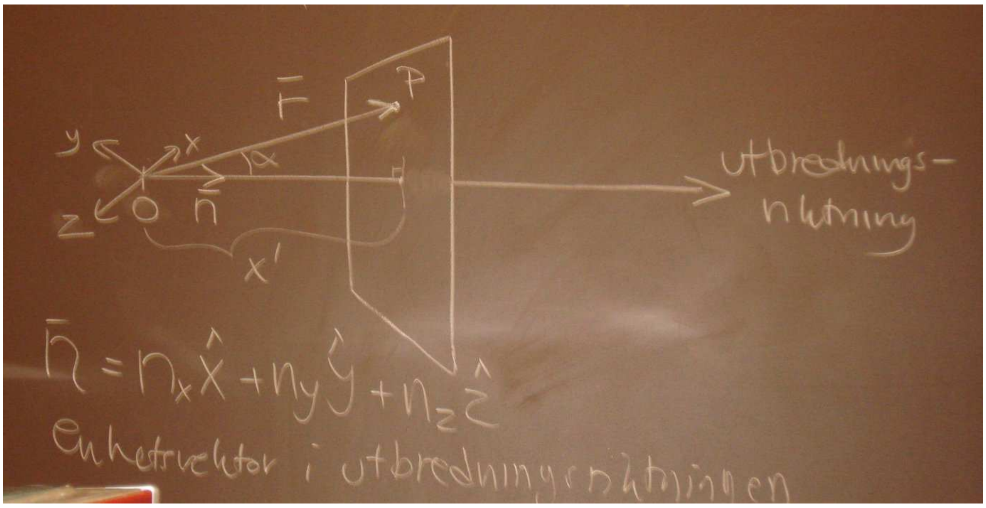
Figur 8.

$\psi = f(x, y, z, t) = f(\boldsymbol{r}, t)$ där $\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{e}_x + y\,\boldsymbol{e}_y + z\,\boldsymbol{e}_z$.

Plan våg:

$$\psi = f(\boldsymbol{n} \cdot \boldsymbol{r} - v\,t)$$

⟨fig9⟩



Figur 9.

$$\boldsymbol{n} = n_x \boldsymbol{e}_x + n_y \boldsymbol{e}_y + n_z \boldsymbol{e}_z$$

$\boldsymbol{n}$ är en enhetsvektor i utbredningsriktningen.

$$\boldsymbol{n} \cdot \boldsymbol{r} = n\, r \cos \alpha = x'$$