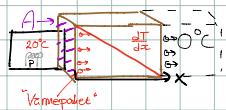


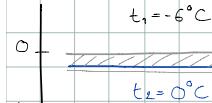
## Diffluationer

Hur lång tid tar det för att bilda ett istäcke på en sjö under idealiserade förhållanden?

$$P = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \frac{dT}{dx}$$



$$dV = A \cdot dy$$



$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$dm = \rho_s A dy$$

$$\downarrow /s$$

$$t_2 = -1^\circ\text{C}$$

Vad krävs för att bilda is här med?

Energim som frigörs vid bildning styrs av temperaturgradienten  $\frac{\Delta T}{dx}$ , därfor går det längsammare och längsammare att bilda tjockare is.

Genererad energi = Borttransporterad energi

$$\frac{dQ}{dt} \rightarrow \frac{dAdyL}{dt} = k A s_{is} \frac{\Delta T}{dy}$$

$$\frac{dAdyL}{dt} = k A \frac{\Delta T}{y}$$

$$S L \frac{dy}{dt} = k \frac{\Delta T}{y}$$

$$S L Y \frac{dy}{dt} = k \frac{\Delta T}{y}$$

$$\text{Solut } y = \frac{1}{2} \int \frac{dy}{dt} dt$$

$$\int y dy = \frac{1}{2} \int \frac{dy}{dt} dt$$

$$\frac{1}{2} y^2 = \frac{k \Delta T}{S L} t_f$$

$$t_f = \frac{L^2}{2 \cdot k \Delta T} y_f^2$$

Sökt: Tid för att bilda 10 cm is

K: Värmelämningsförmåga hos isen.

$\frac{dy}{dt} \leftrightarrow$  Hur snabbt isen växer.

Hög temperaturförändring  $\Rightarrow 0 \rightarrow -Mycket \Rightarrow$  Snabbare frysning.

Hög värmelämningsförmåga  $\Rightarrow$  Bra på att transportera bort energin  $\Rightarrow$  Snabbare frysning.

## Vägor

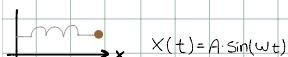
\* Mekaniska vågor

- Kräver medium

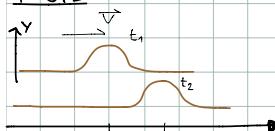
\* Elektromagnetiska vågor

- Behöver inget medium

Vägor är en form av störning.



## Puls



Störning:  $Y(x, t)$ : Transversell

Störning är vinkelrät mot  $\vec{v}$ .

Longitudinell

Störning är parallell med  $\vec{v}$ .

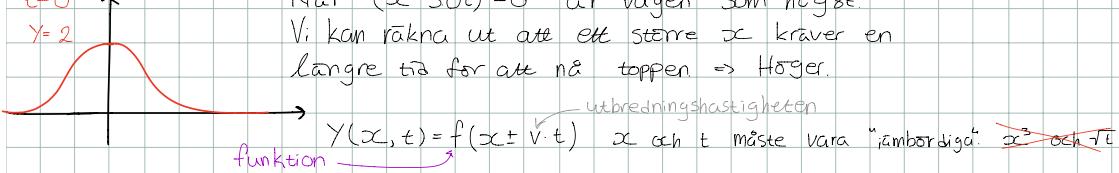
## Ex

$$Y(x, t) = \frac{2.0}{(x - 30t)^2 + 10}$$

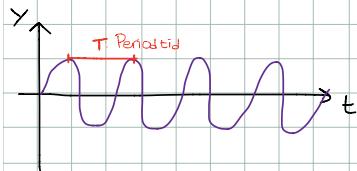
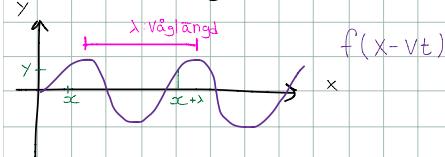
Vilket håll rör sig vågen åt?

När  $(x - 30t) = 0$  är vågen som högst.

Vi kan räkna ut att ett större  $x$  kräver en längre tid för att nå toppen  $\Rightarrow$  Höger.



## Harmoniska vågor



Vägen har utbredningshastighet v.

$$V \cdot T = \lambda \\ f = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad V = \lambda f$$

$$Y(x, t) = \sin[kx - \omega t] = A \cdot \sin[2\pi \frac{x}{\lambda} - 2\pi \frac{t}{T}]$$

$$\text{Mer allmänt: } Y(x, t) = A \cdot \sin[kx - \omega t + \phi]$$

Partikelhastighet:  $v_p$

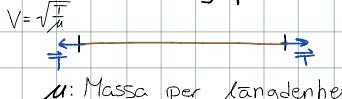
$$v_p = \frac{dy}{dt} = -\omega A \cos(kx - \omega t)$$

Fashastigheten



Hög fashastighet: Styrka fjädrar  
Lätta kuler

Transversell våg på en sträng

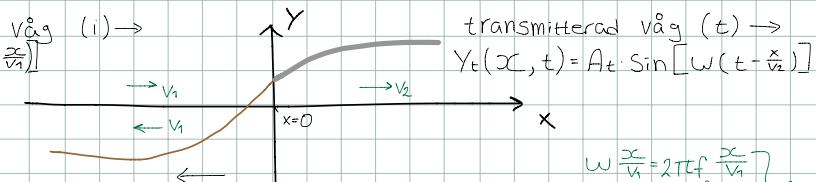


$\mu$ : Massa per längdenhet

Reflexion och transmission av vågor

$$Y(x, t) = A \cdot \sin(kx - \omega t)$$

Infallande, harmonisk, våg (i)  $\rightarrow$   
 $y_i(x, t) = A_i \cdot \sin[\omega(t - \frac{x}{v_1})]$



$$\omega \frac{x}{v_1} = 2\pi f \frac{x}{\lambda_1} \\ v_1 = f \cdot \lambda_1 \Rightarrow \frac{f}{v_1} = \frac{1}{\lambda_1} \quad \left\{ \frac{2\pi}{\lambda_1} x = kx \right.$$

- 1) Tråden hänger ihop överut. Så även i  $x=0$ .  $\Rightarrow y_i + y_r = y_t \Rightarrow [A_i + A_r = A_t]$
- 2)  $\frac{d}{dx}(y_i + y_r) = \frac{d}{dx}(y_t) \Rightarrow \frac{1}{v_1}(A_i - A_r) = \frac{1}{v_2} A_t$

$$\text{Algebra: } \Rightarrow A_t = \frac{2v_2}{v_2 + v_1} \cdot A_i \\ \Rightarrow A_r = \frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} A_i$$

Om vågen reflekteras mot ett medium där fashastigheten är lägre  $\Rightarrow$  fasspräng på  $\pi$ -radianer.

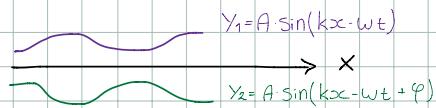
## Brytningsindex

$$n = \frac{c}{v} \quad [c = \text{ljuset hastighet i vakuum} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}]$$

$$n_{\text{glas}} \approx 1.5$$

$$v_{\text{glas}} \approx 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## Interferens



$$Y_{\text{tot}} = Y_1 + Y_2 = A [\sin(kx - wt) + \sin(kx - wt + \varphi)] = 2A \cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \left( kx - wt + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Extremfall Konstruktiv interferens uppstår när  $\frac{\varphi}{2} = m\pi$  ( $m \in \mathbb{N}$ )

$$\cos \frac{\varphi}{2} = 1 \Leftrightarrow \frac{\varphi}{2} = 0, 2\pi, \dots$$

$$\cos \frac{\varphi}{2} = -1 \Leftrightarrow \frac{\varphi}{2} = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$$

Extremfall: Destruktiv interferens  
 $\cos \frac{\varphi}{2} = 0 \Rightarrow \frac{\varphi}{2} = (2m+1)\frac{\pi}{2}$  ( $m \in \mathbb{N}$ )