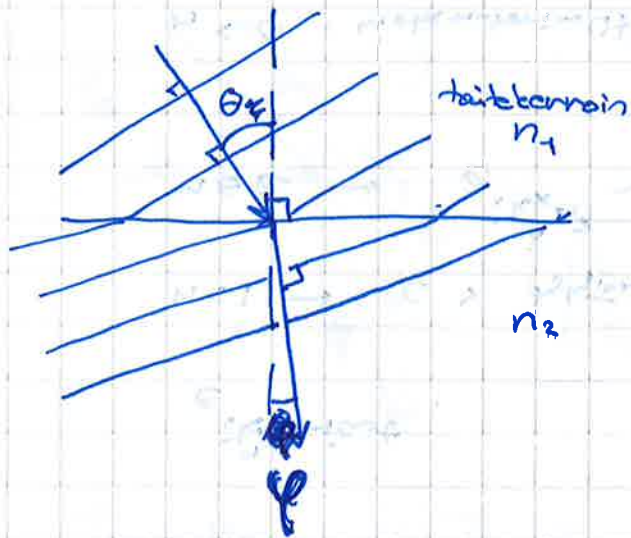


Taivutus rajapinnassa



Snellin laki

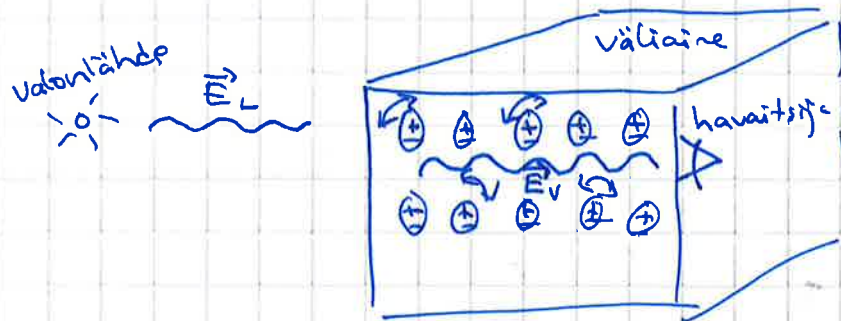
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

Aallon nopeus väliaineessa

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Väliaineen nopeus ei harmoniselle aalloille!
 $c = c(k)$.

Tähtekerroin ja vähesmitto



havaintija näkee
valonlähteen ja
väliaineen muodostaman
kokonaiskentän
 $\vec{E}_L + \vec{E}_V$

Väliaineen sähköiset varaukset
reagoivat saapuvan kenttään \vec{E}_L
luoden oman kenttensä \vec{E}_V

oletus kohtieneruudasta
→ ei taittumista.

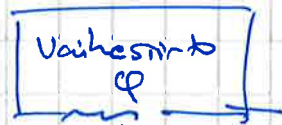
Illman väliainetta havaintija näisi kentän

$$\vec{E}_S = \vec{E}_0 \cdot e^{ikx - i\omega t}$$

Väliaine hidastaa valon etenemistä määrän Δt

$$\Rightarrow \vec{E}_L + \vec{E}_V = \vec{E}_0 \cdot e^{ikx - i\omega(t + \Delta t)} = \vec{E}_S \cdot e^{-i\omega \Delta t}$$

↑ oletus: ei absorptiota → sama \vec{E}_0



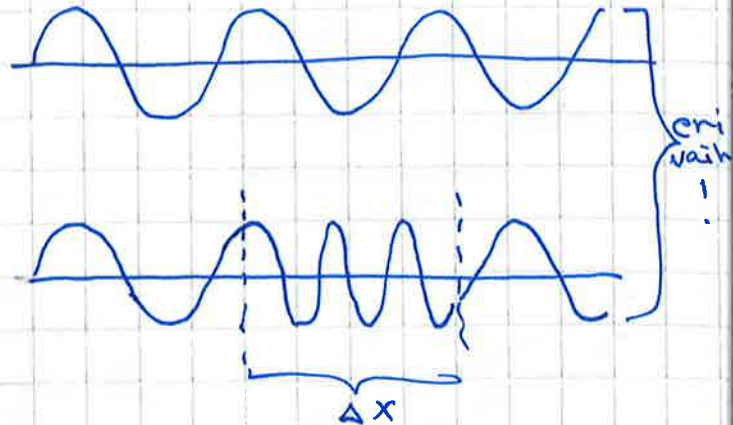
Nopeus väliaineessa c/n

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{c/n} - \frac{\Delta x}{c}$$

$$= \frac{\Delta x}{c} \cdot (n-1)$$

\Rightarrow vaihesiirto

$$\varphi = \omega \Delta t = \frac{\omega \Delta x}{c} \cdot (n-1)$$



täitekerroin n aiheuttaa vaiheerron.

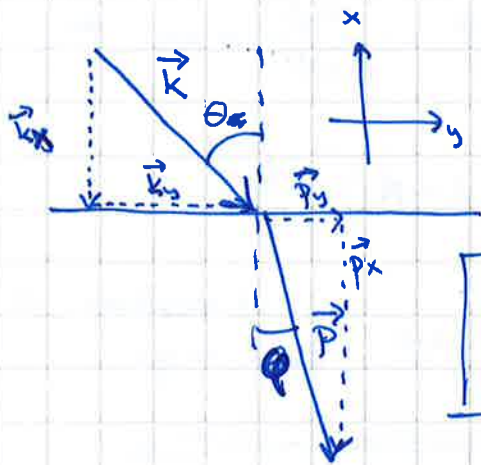
Jos $n > 1 \rightarrow$ vaihe "myöhässä"

$n < 1 \rightarrow$ vaihe "edellä"

$n < 0 \rightarrow$ ——— " ———"

$$n \in \mathbb{C} \rightarrow e^{i\varphi} = e^{i \frac{\omega \Delta x}{c} (Re n + i Im n - 1)}$$
$$= e^{i \frac{\omega \Delta x}{c} (Re n - 1)} \cdot \underbrace{e^{-\frac{\omega \Delta x}{c} \cdot Im n}}_{\text{absorptio}}$$

Tasoaalloille taittuminen



Tasoaalloilta

$$e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

$$e^{i(\vec{p} \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

Sama
taajuuus!

$$\begin{cases} k_y = k \cdot \sin \theta \\ p_y = p \cdot \sin \theta \end{cases}$$

Toisaalta $c = \omega/k \Rightarrow c_1 = \frac{\omega}{k}, c_2 = \frac{\omega}{p}$

$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{\omega/k}{\omega/p} = \frac{p}{k} = \frac{n_2}{n_1}$$

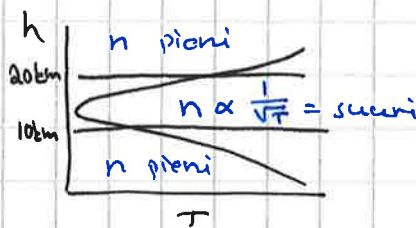
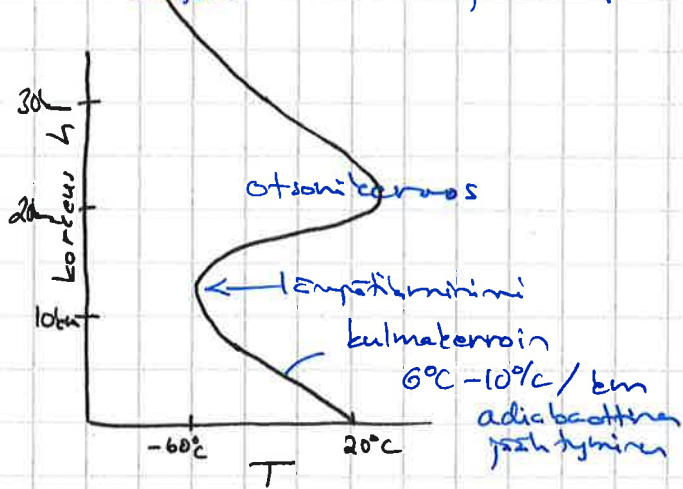
$$\frac{p_y}{k_y} = \frac{p \sin \varphi}{k \sin \theta} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin \theta} = 1 \Rightarrow$$

$$p_y = k_y$$

ainoastaan
aaltovektorin
komponentti
muuttuu

Roswell 1947

Mikrofonin säähavaintopellossa?



Äänikanava



vrt. kokonaisheijastus vesipatsaassa.

Äänen nopeus ilmassa:

$$v = f_1(R, T, p, M)$$

$$= f_2(R, T, p, M)$$

$\uparrow \uparrow$
 γ/k k

$$= f_3(\underbrace{RT}_{\text{energia}}, \underbrace{p, M}_{\text{si aibdimensioit}}, M^{1/2})$$

$$[v] = L/T$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{RT} f_4(p, M)$$

$$\Rightarrow \boxed{v \propto \sqrt{T}} \Rightarrow n = \frac{c}{v} \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$$

3D ääni:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

2D ääni:

$$I \propto \frac{1}{r}$$