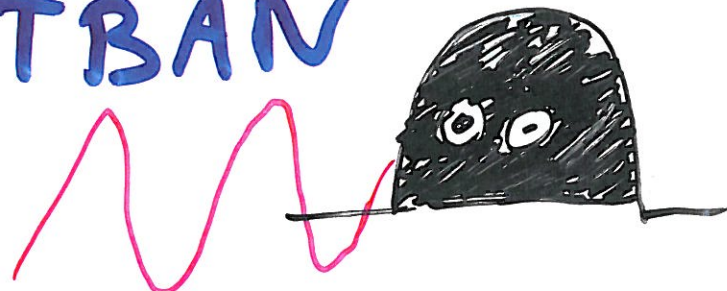


KVANTUMKÉMEK AZ ALAGÚTBAN



Dávid Gyula
ELTE TTK Atomfizika Tanszék

ATOMCSILL

2009.10.22.

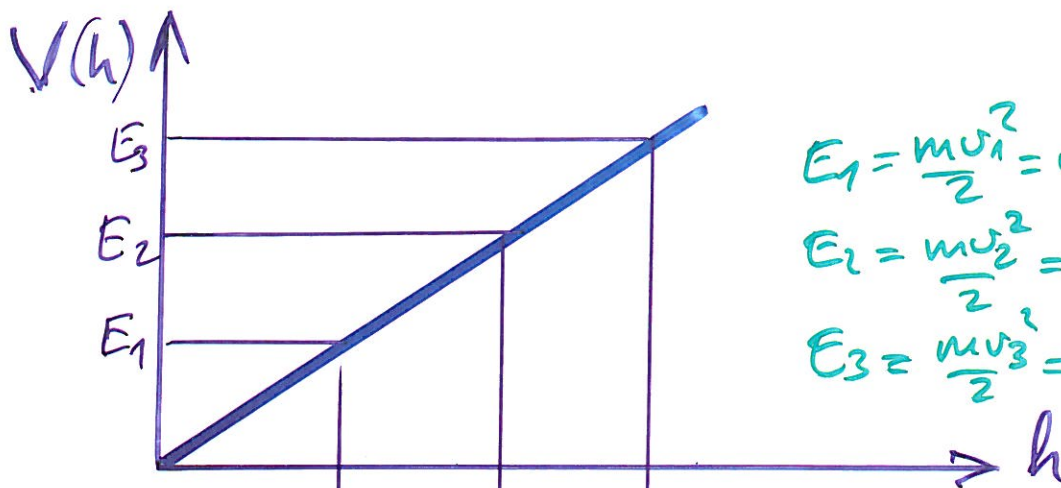
1. POTENCIÁLHEGYEK ÉS -VÖLGYEI

Energiamegmaradás

$$E = K + V$$

$$K = \frac{m}{2} v^2 \quad V(\text{függ a helytől})$$

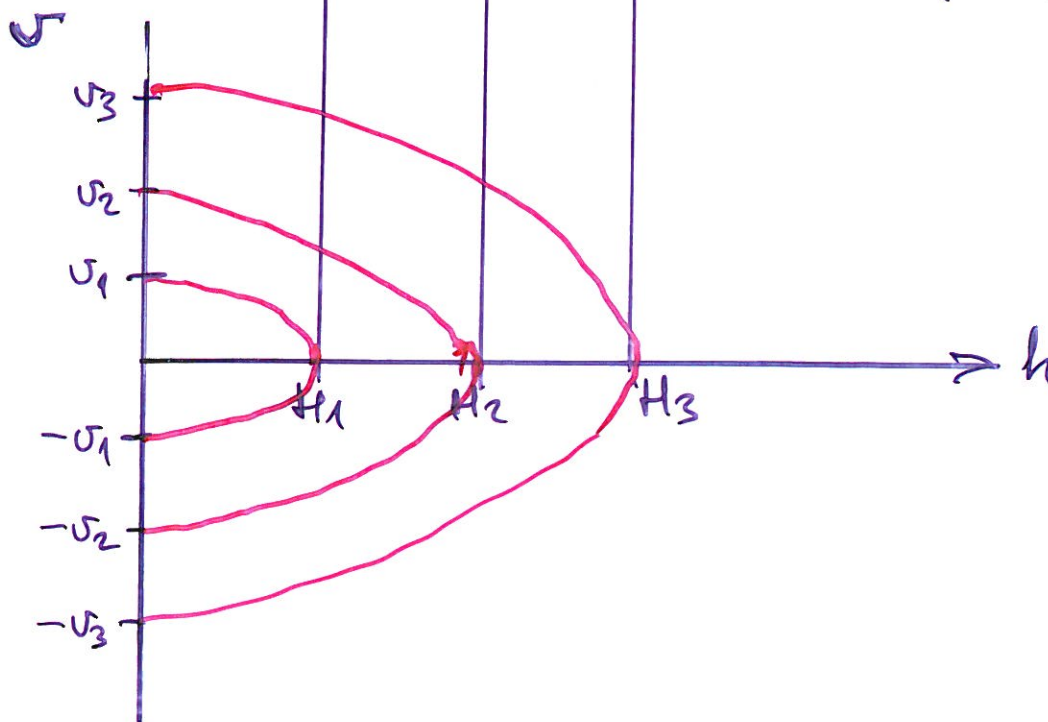
PELDA: fel-feldobott kő $V = mgh$



$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} = mgh_1$$

$$E_2 = \frac{mv_2^2}{2} = mgh_2$$

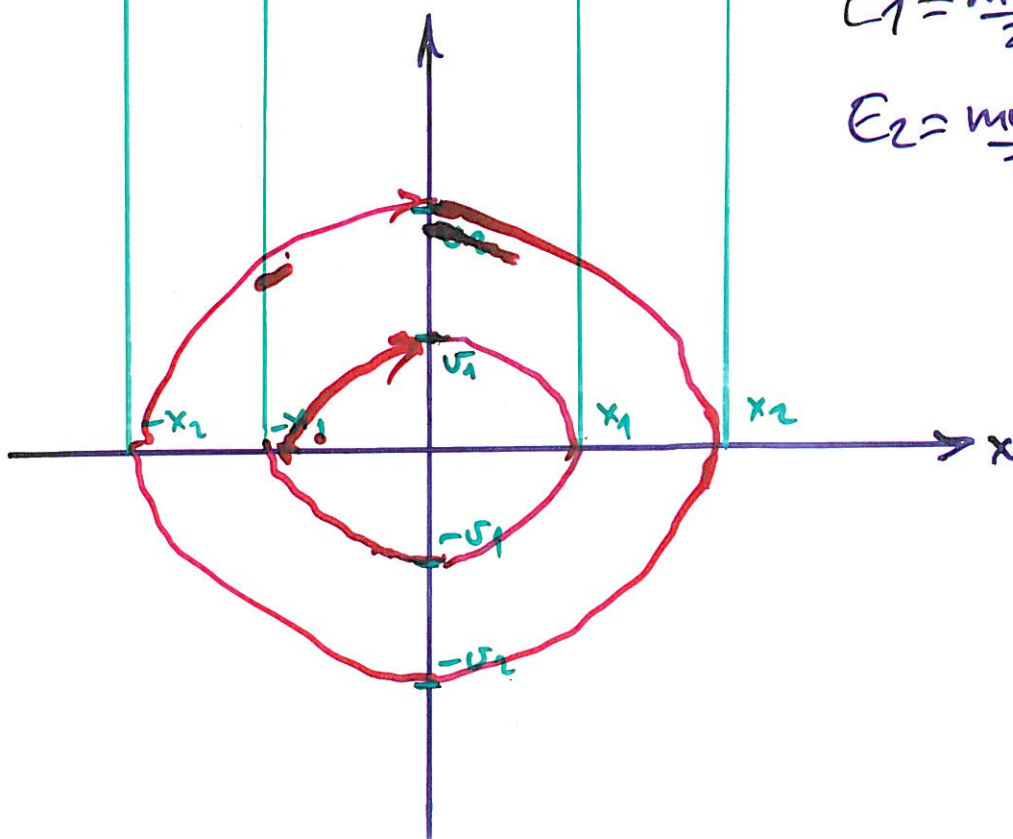
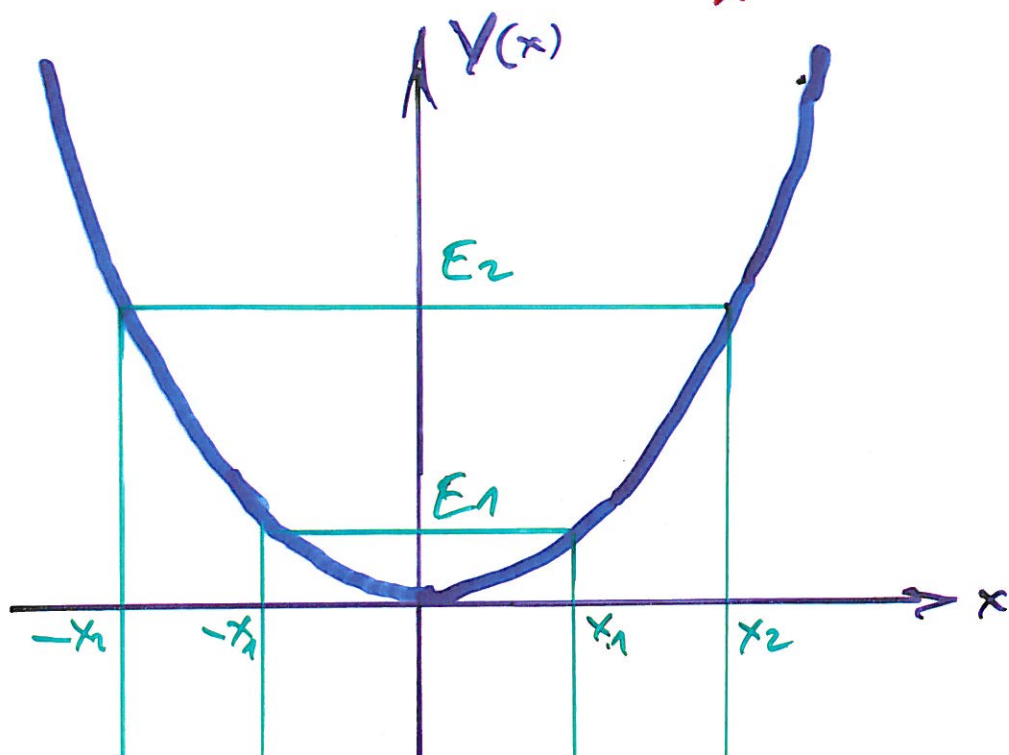
$$E_3 = \frac{mv_3^2}{2} = mgh_3$$



Golyó arányán



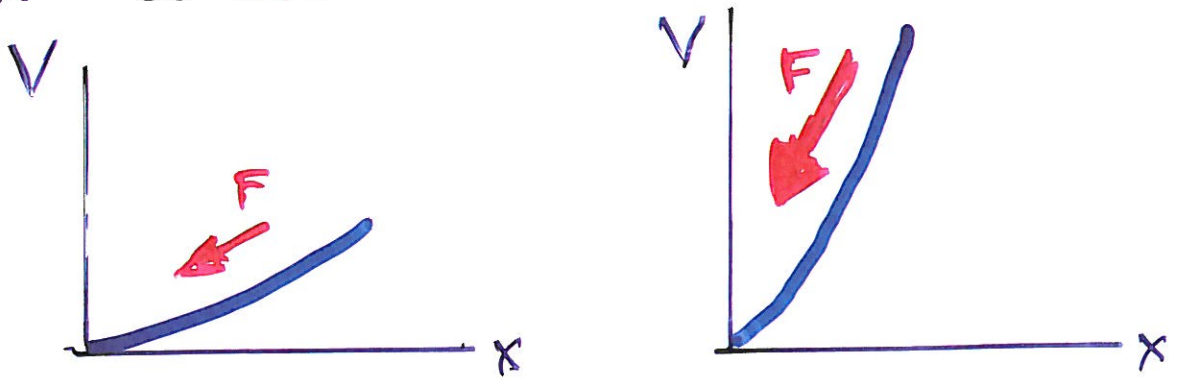
$$V(x) = \frac{D}{2} x^2$$



$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{Dx_1^2}{2}$$

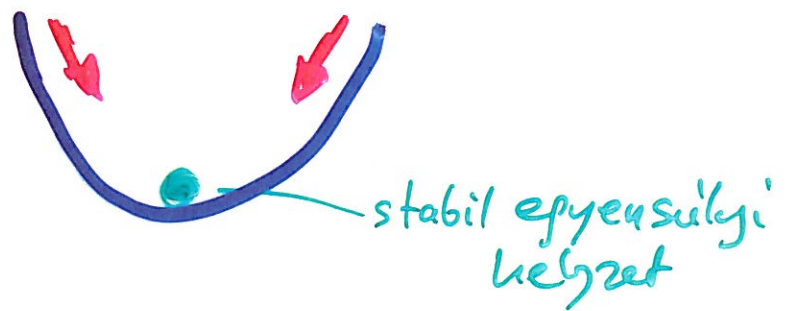
$$E_2 = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{Dx_2^2}{2}$$

Potenciál és erő

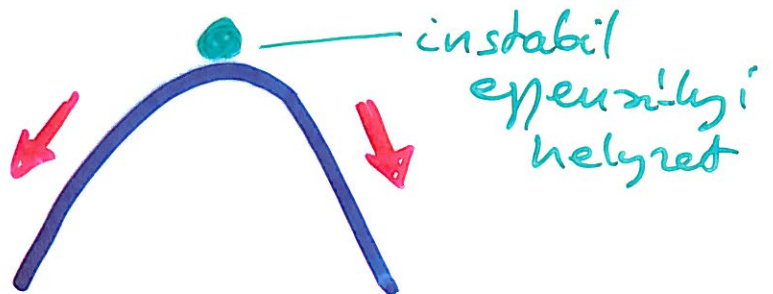


- meredekebb potenciál \equiv nagyobb erő
- az erő a lejtés irányába mutat

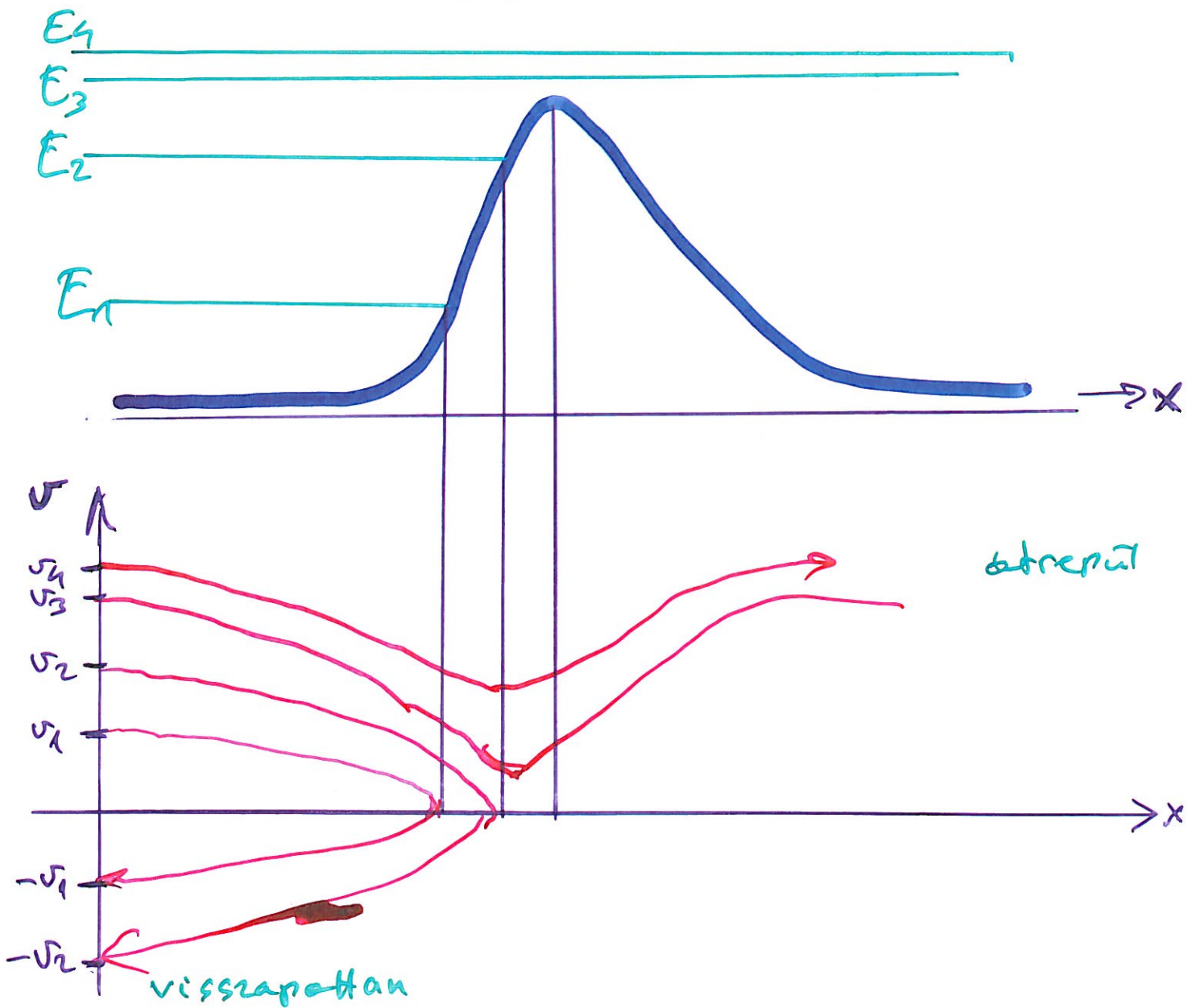
Potenciálvölgy



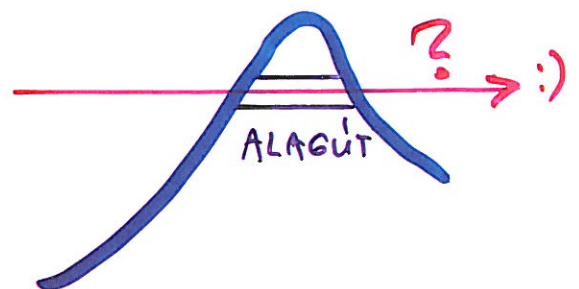
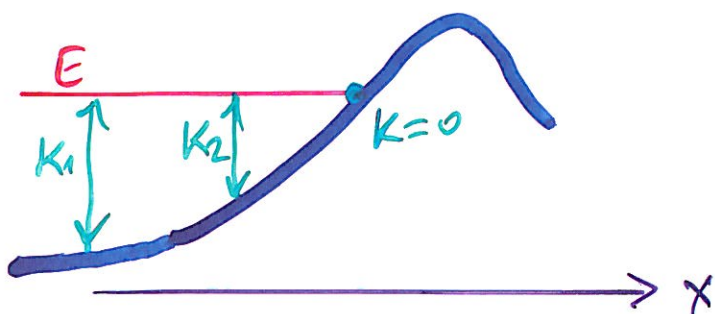
Potenciálhegy



Utazás a hegyvidéken

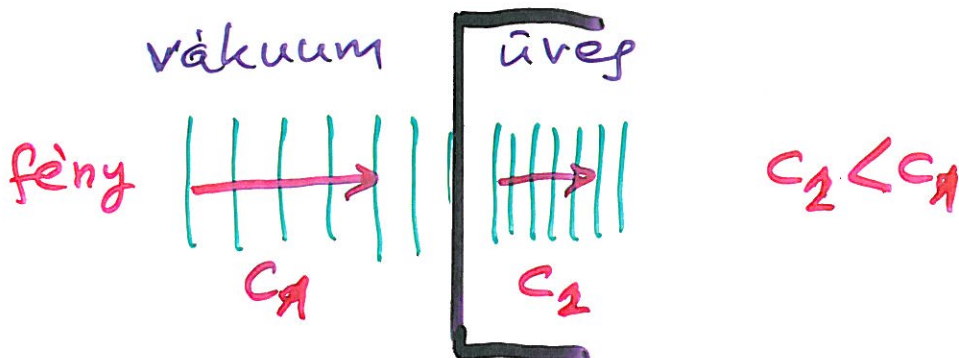


A részecske nem jut át a potenciálhegyen,
 ha energiája KISEBB, mint a hegy magassága



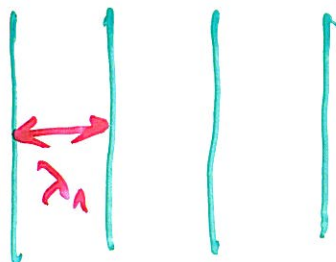
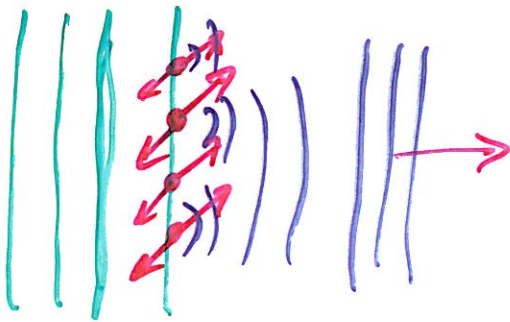
2. ÁTLÁTNI A VÁSON

-avagy hullámok a vásonban

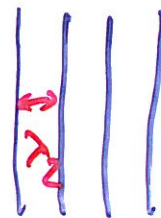


Mi történik itt?

- A bejövő EM hullám megreagált az elektronok ad
- A gyorsuló töltések sugároznak
- A sugárzások összeadódnak
- eredő hullám



$$\lambda_1 = c_1 T$$



$$\lambda_2 = c_2 T < \lambda_1$$

λ : hullámhossz

T : periódusidő

c : fénysebesség

Fémekben: szabad elektronok

(nincsenek atomokhoz kötve)

→ könnyen elmozdulnak → áram

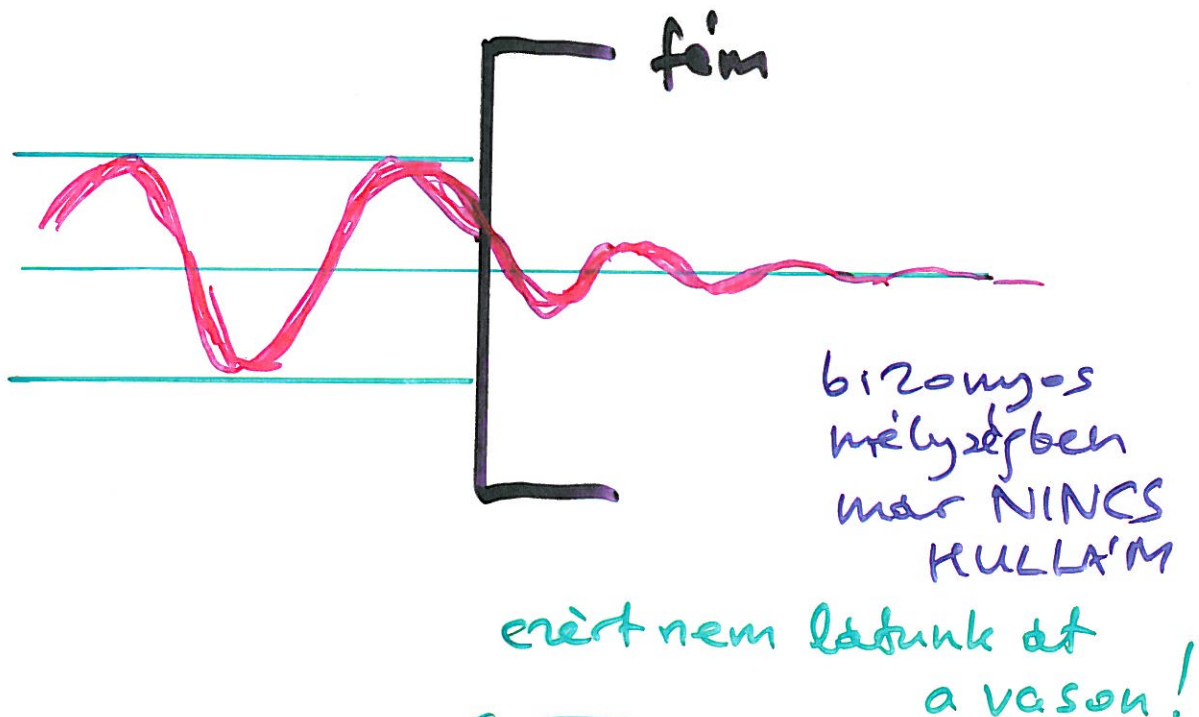
– a bejövő EM hullám tere elmozdítja az elektronokat

– megindul az áram

– DE: a fémnek ELLENÁLLÁSA van

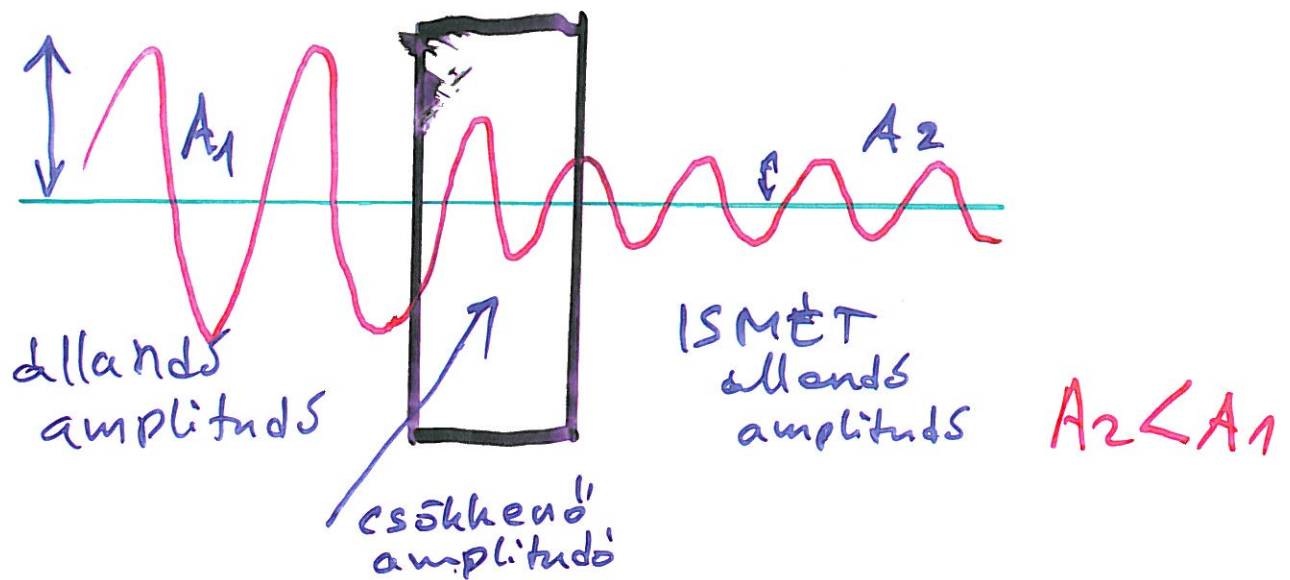
→ az energia egy része HŐVÉ alakul

→ a hullám amplitudója CSÖKKEN!



DE: a hullám BEHATOL a tiltott tartományba, azután lassan elfogy...

VÉKONY FÉMRÉTEG



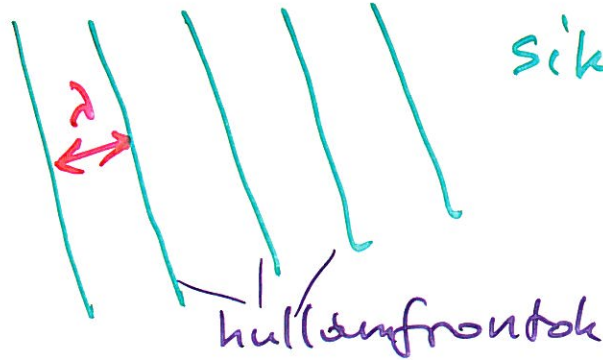
A Holdon járt űrhajósok sisakja:



- a hullám **BEHATOL** a tiltott tartományba
- ha a réteg elég vékony, akkor a hullám **A'THATOL** a tiltott tartományon, (mintha alépton ment volna) :) és legyengülve megy tovább

3. CSENDES BESZIVÁRGÁS

- avagy a teljes visszaverődés
műhelytitkei



$$\lambda = cT$$

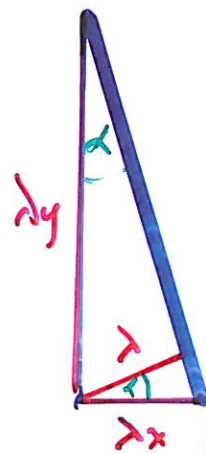
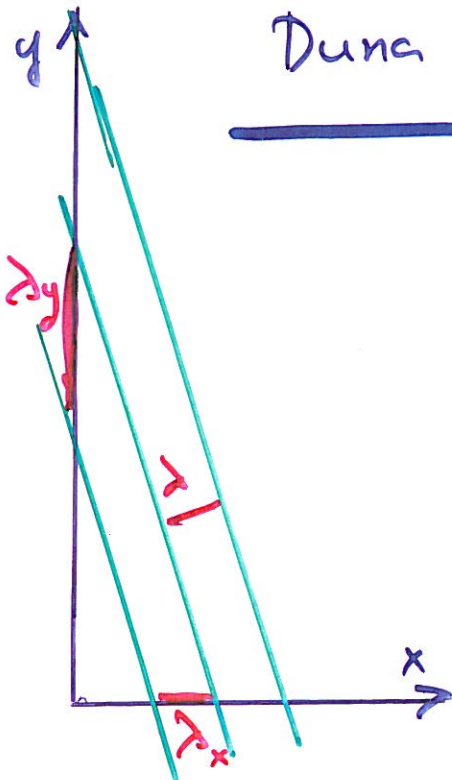
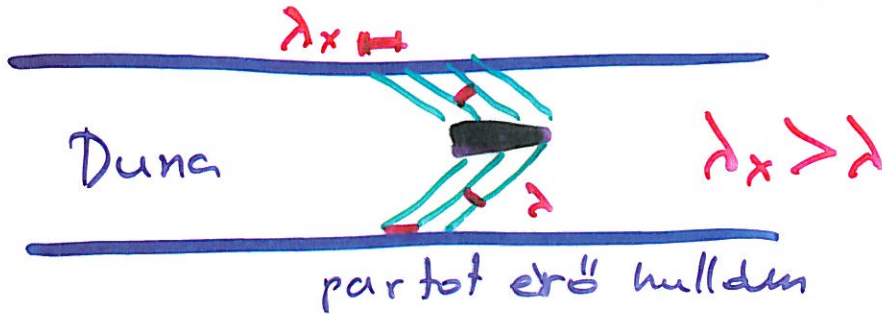
λ : hullámlátszó

T : periódusidő

c : hullámsebesség

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ körfrekvencia

Többdimenziós hullám:



$$\cos \alpha = \frac{\lambda_x}{\lambda}$$

$$\sin \alpha = \frac{\lambda_y}{\lambda}$$

$$\left(\frac{\lambda}{\lambda_x}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_y}\right)^2 = 1$$

$$\boxed{\frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} = \frac{1}{\lambda^2}}$$

Hullámvektor

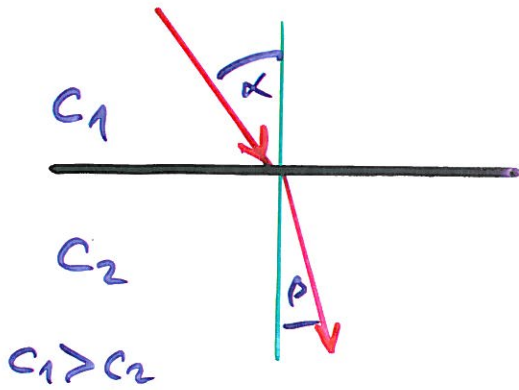
$$\underline{k} = \left(\frac{2\pi}{\lambda_x}, \frac{2\pi}{\lambda_y}, \frac{2\pi}{\lambda_z} \right)$$

$$\omega = c|\underline{k}|$$

$$|\underline{k}| = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} + \frac{1}{\lambda_z^2}}$$

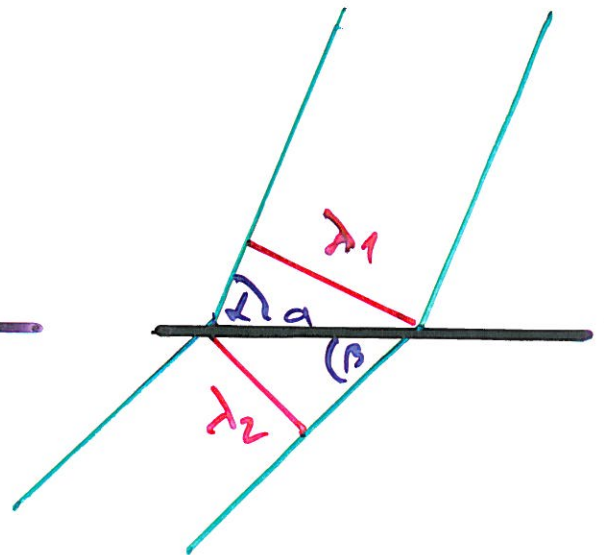
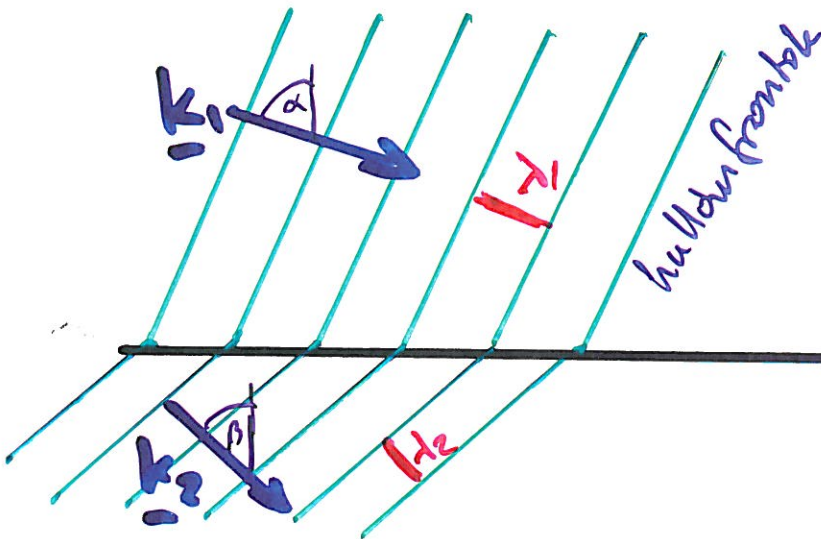
$$= \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{cT} = \frac{2\pi}{T} \frac{1}{c} = \frac{\omega}{c}$$

SNELLIUS-DESCARTES törvény



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{c_1}{c_2} > 1$$

Mi ennek az oka?



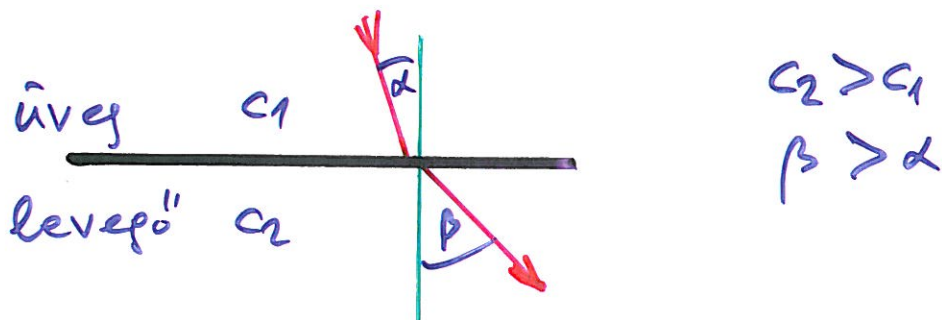
$$\lambda_1 = a \sin \alpha$$

$$\lambda_2 = a \sin \beta$$

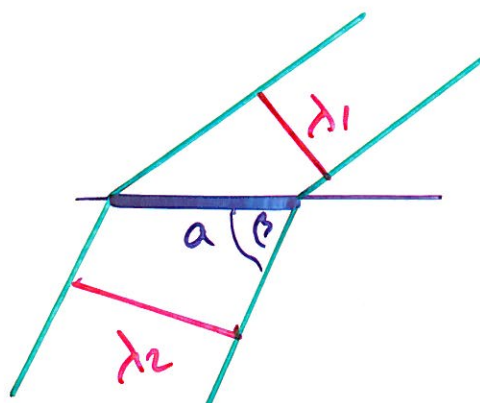
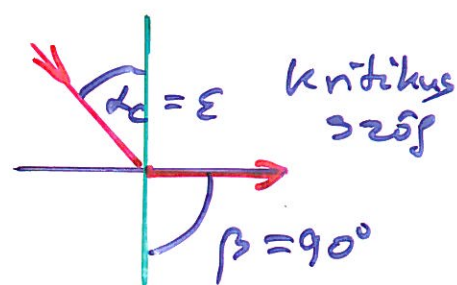
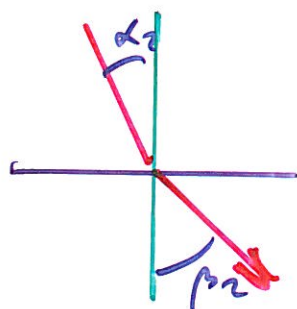
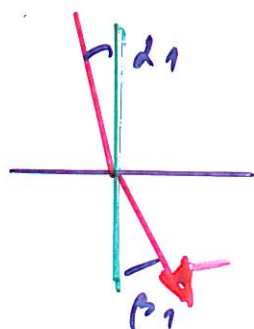
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1 T}{c_2 T} = \frac{c_1}{c_2} = n \rightarrow \text{SD törvény}$$

Ha $c_1 > c_2 \rightarrow \alpha > \beta$
 $c_1 < c_2 \rightarrow \alpha < \beta$

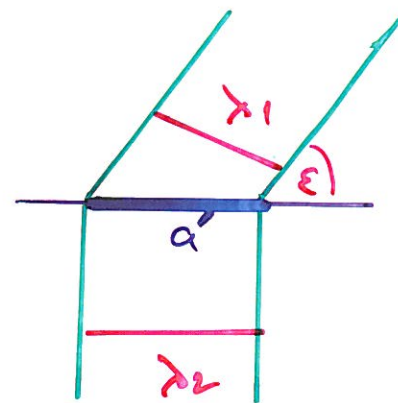
Sűrűbb közegből a ritkébbba



Növeljük az α beesési szöget!



$$c_2 T = \lambda_2 = \frac{a}{\sin \beta}$$



$$c_2 T = \lambda_2 = a' = \frac{\lambda_1}{\sin \epsilon}$$

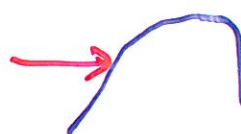
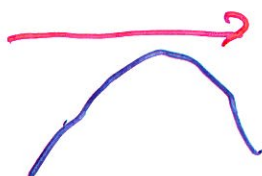
Növeljük tovább α -t: β nem tud tovább nőni!

Ha $\frac{\lambda_1}{\sin \epsilon} = a > \lambda_2 = c_2 T$, akkor nincs β szög!

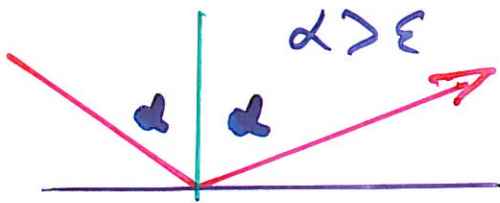
A hullám NEM TERJEDHET TOVÁBB

a 2. közegben: **elított tartomány!**

mint a részecske a potenciálhegy!



De a hullám **BEHATOL**
 a tiltott tartományába,
 csak csillapodik!

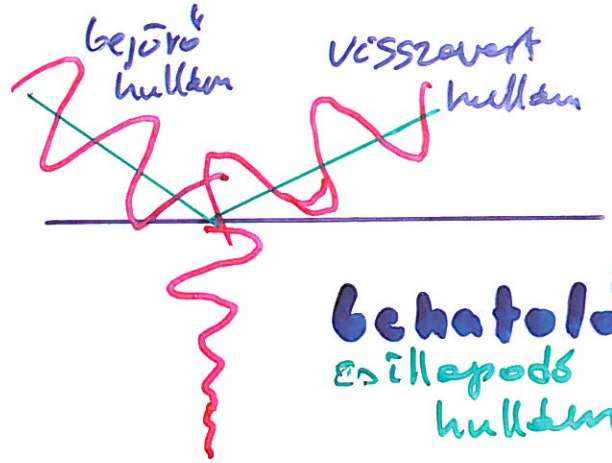


Geometrikai optika:

TÉLJES

visszaverés:

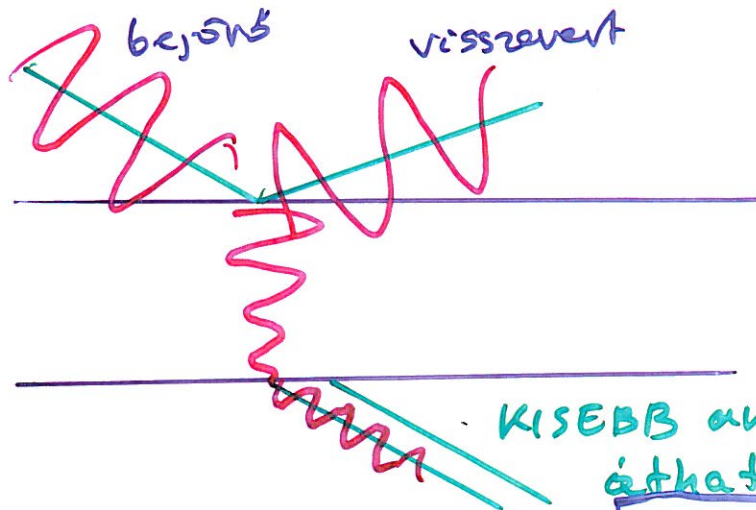
NINCS fénytörés
 a 2. tartományban



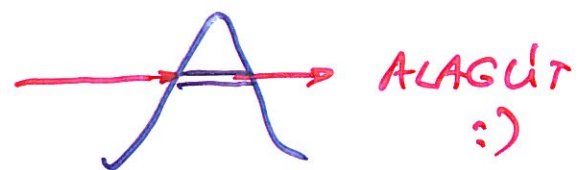
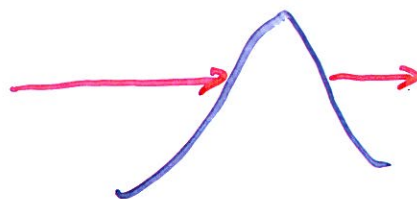
beható
 csillapodó
 hullám

FIZIKAI OPTIKA

VEKONY TILTOTT RÉTEG:



KISEBB amplitudójú
 átható hullám!



4. ANYAGHULLÁMOK

Kvantummechanika (QM)

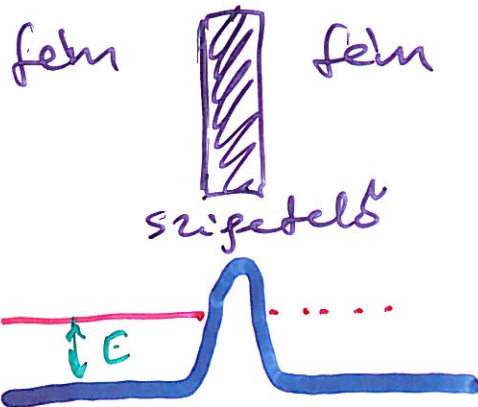
Részecske vagy ~~VAGY~~ hullám?
ÉS

$$p = mv \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p} \quad \text{de Broglie-hullám}$$

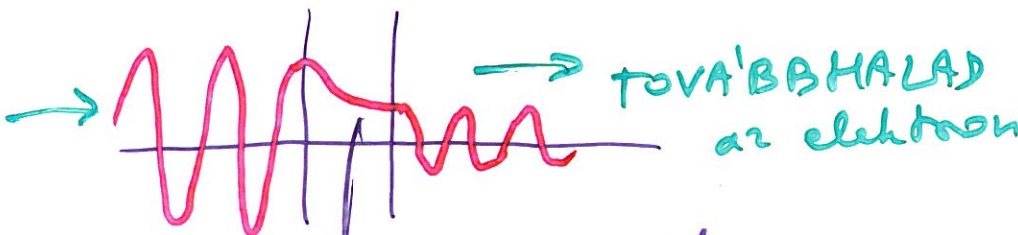
A részecskehez tartozó QM hullám
BEHATOL a tiltott tartományba,
és **ÁTHATOL** a keskeny falakon!

PÉLDAK:

világ s dupó : fémek felületi
oxidrétege : NEM VEZET
tiltott tartomány!



potenciálpöt-modell



exponenciális
csökkenés:

HA a fal elég vékony,
a csökkenés
elhanyagolhatóan
kicsi!

Példa: ALFA-bomlás

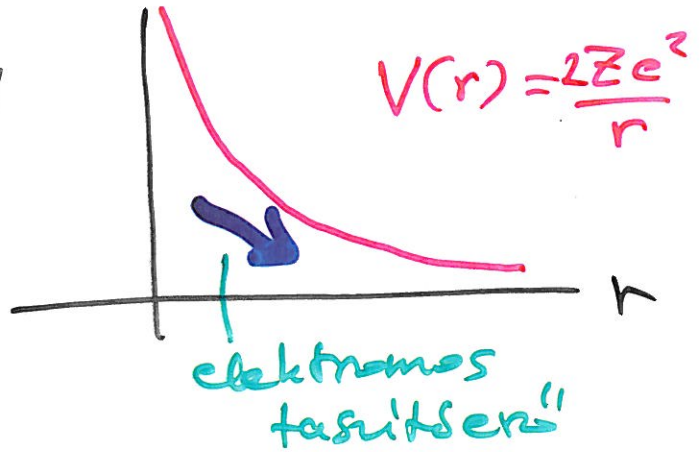


atommag

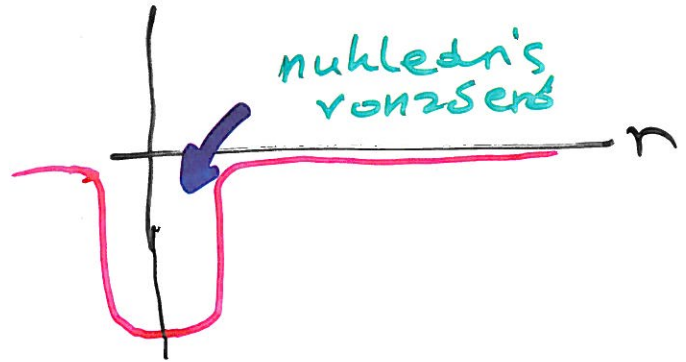


alfa-részecske (${}^4\text{He}$ -mag)

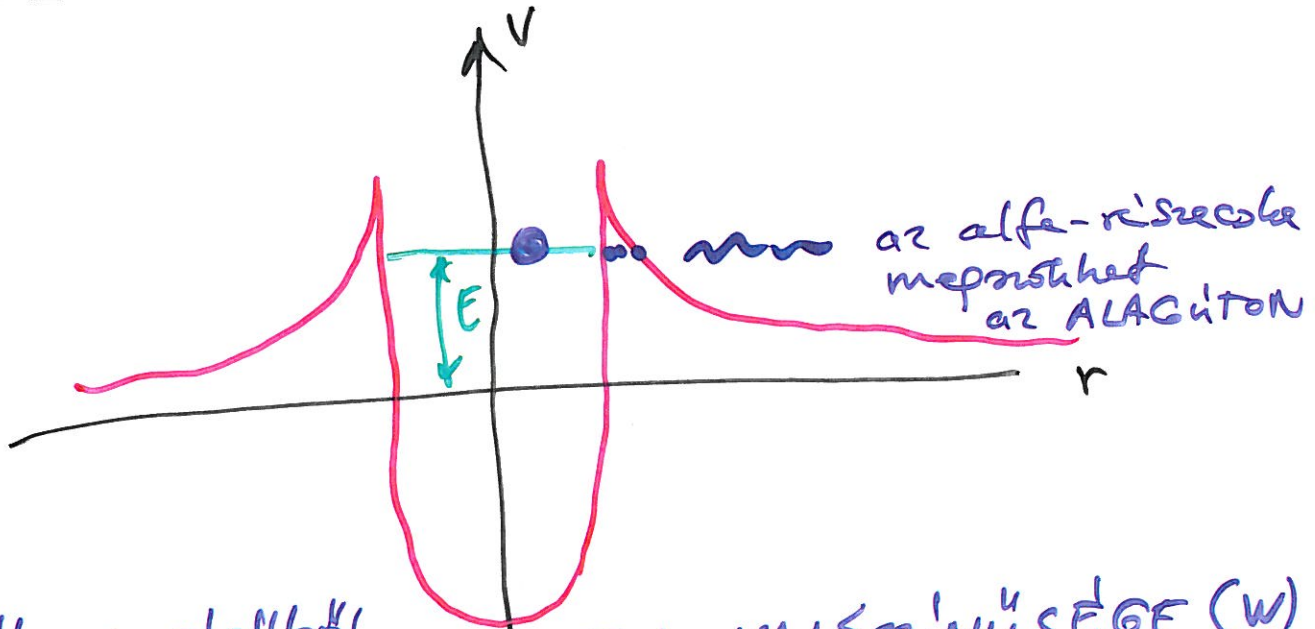
Elektromos
taszítás potenciál



Erős kölcsönhatás:
vonzás potenciál
(his hatótávolságú)
(bogyócsfizika)



Eredő potenciál:

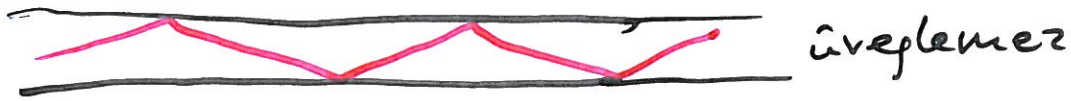


Ebből a modellből
kiszámolható a kirepítés VALÓSZÍNŰSÉGE (w)

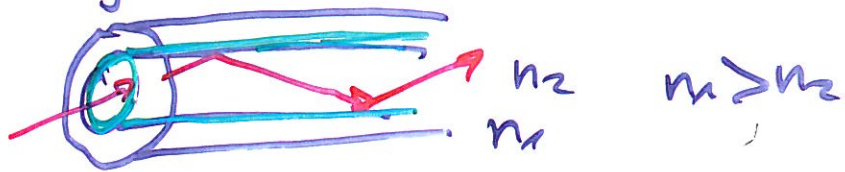
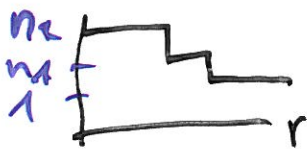
$T \sim \frac{1}{w}$ felezési idő

5) MEGCSAPOLT HULLÁMOK

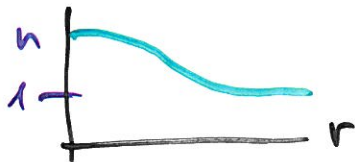
Használjuk ki a teljes visszereflektést!



Még jobb: üveggömbel



folytonosan változó törésmutató:
szennyezék az üvegben



Sajnos az üvegben a fény elnyelődik:

→ erősítők



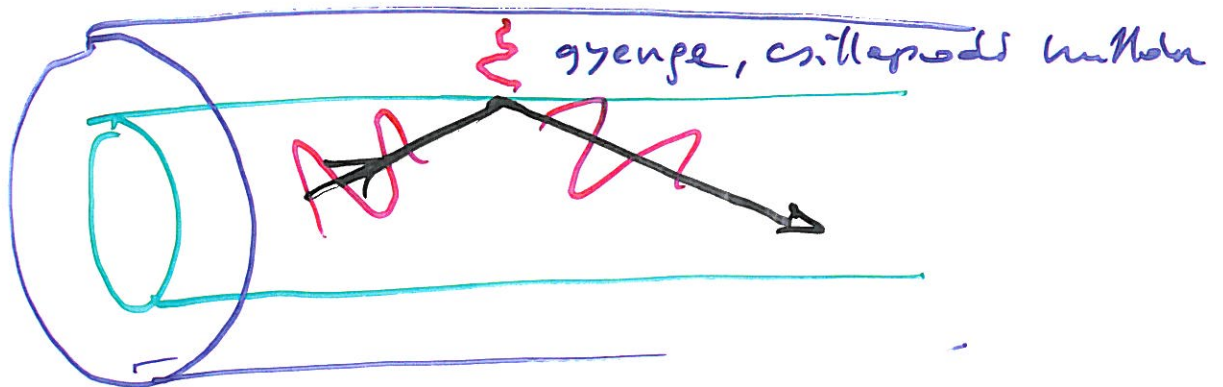
60-as évek

$L \sim 20 \text{ m}$

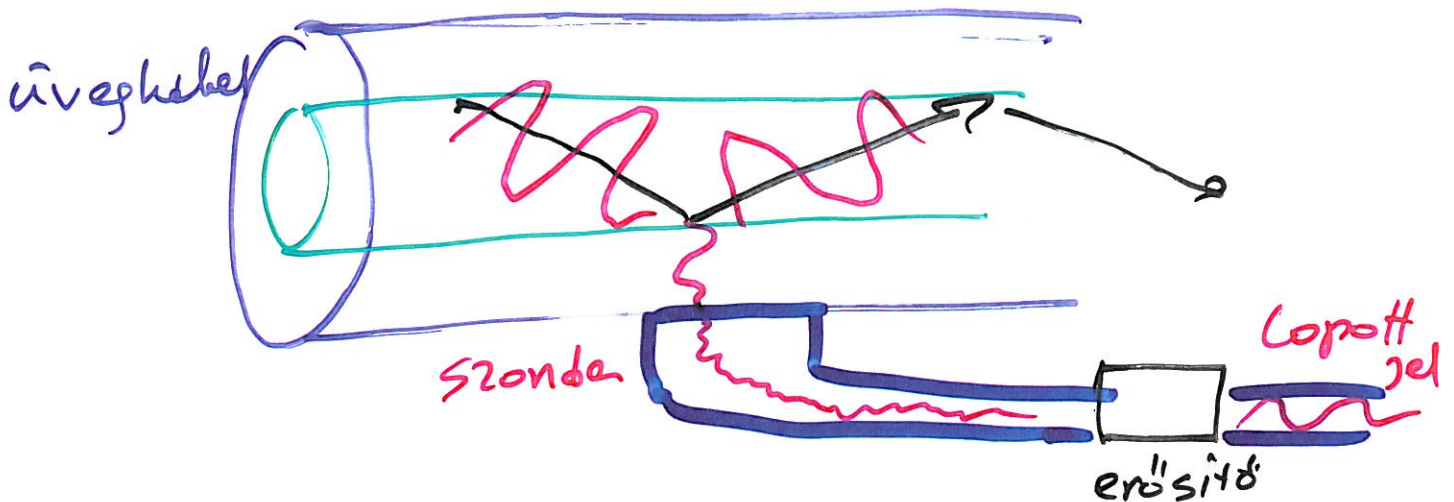
70-ktől $L \sim 100 - 1000 \text{ km}$

NOBEL-DÍJ!
2009!

Nézzük meg közelebbről!



CSAPOLZUK MEG!



Az információ továbbment,
de egy gyenge működése
megnökött a csaxon és
az alagúton

Meg lehet akadályozni,
de akkor már **KVANTUMINFORMATIKA**
kell...

(Előadás az atomesiklon: 2010/11)