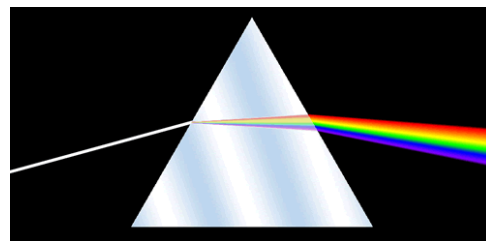
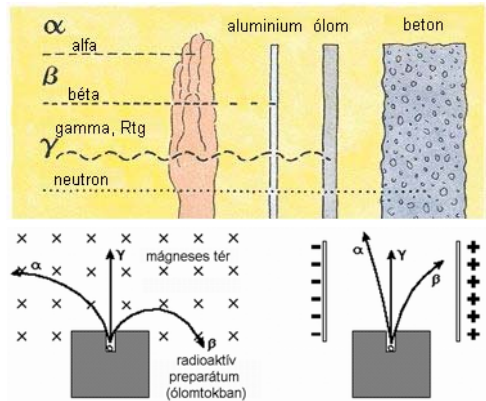


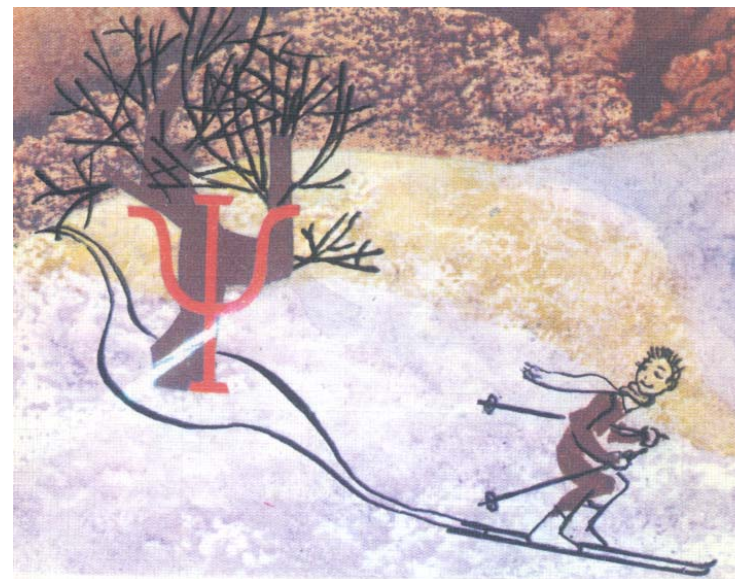
1. Fény kölcsönhatása az anyaggal



2. Ionizáló sugárzás kölcsönhatása az anyaggal



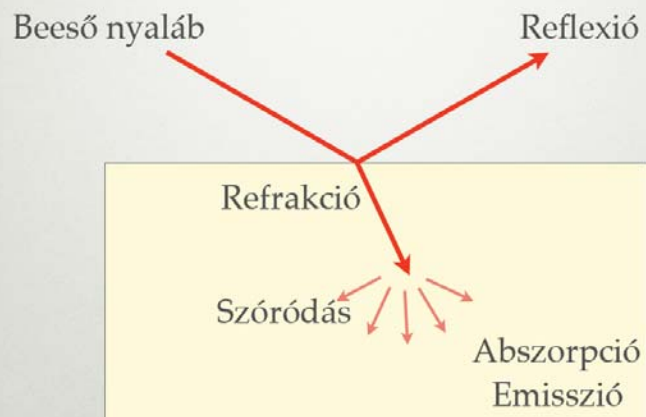
KAD 2012.10.03



1976

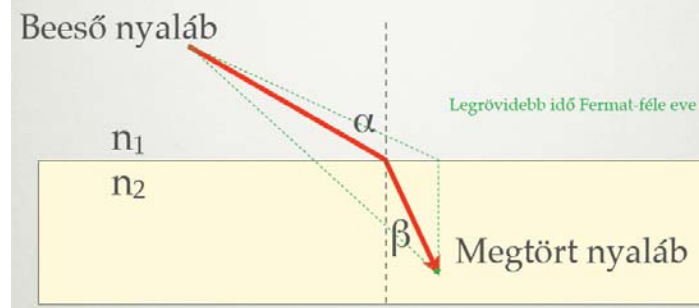
2

1. FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA AZ ANYAGGAL



3

FÉNYTÖRÉS



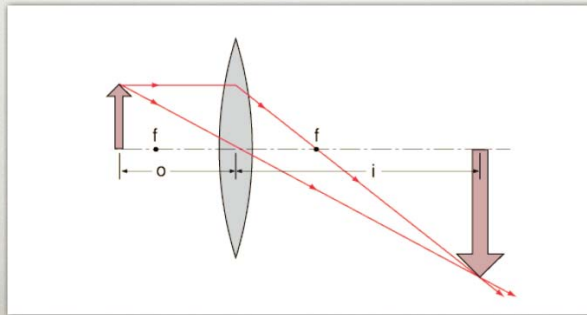
- Beeső és megtört nyalábok azonos síkban.
- Snellius-Descartes törvény:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

4

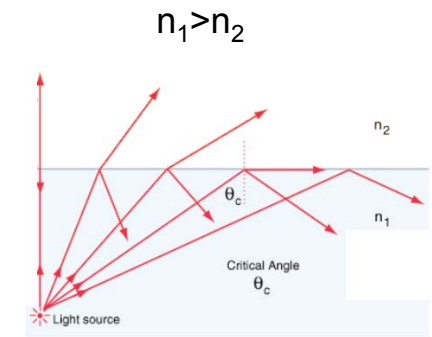
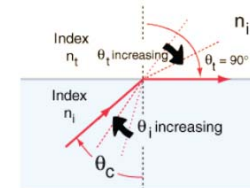
GEOMETRIAI OPTIKA

- Az optikai nyaláb (sugár)
- Sugárdiagram
- Reverzibilitás elve



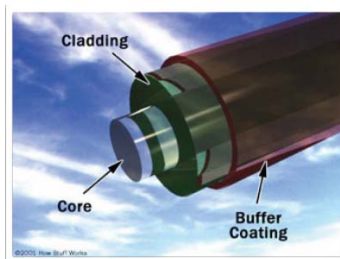
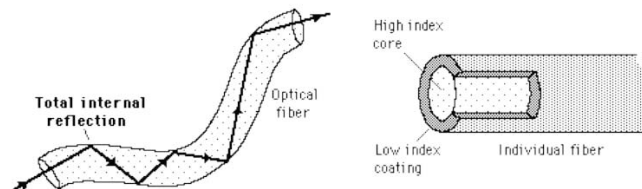
5

TELJES BELSŐ VISSZAVERŐDÉS



6

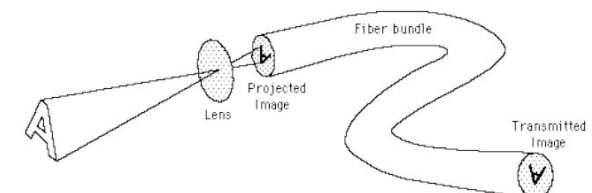
TELJES BELSŐ VISSZAVERŐDÉS ALKALMAZÁSA



- Core - Üveg mag, amelyben a fény terjed
- Cladding - Külső reflektáló réteg
- Buffer coating - Védőréteg
- Optikai rost köteg: rostok százait tartalmazhatja

7

KÉPTOVÁBBÍTÁS OPTIKAI SZÁLBAN



- Ha az optikai rostok geometriája megtartott, akkor a köteg a képet hűen továbbítja.

8

ORVOSI OPTIKAI SZÁLAK: ENDOSZKÓPOK

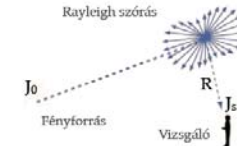
- **Arthroscopy:** diagnostic and therapeutic examination of joints (arthroscopic surgery)
- **Bronchoscopy:** examination of the trachea and bronchi
- **Colonoscopy:** examination of the colon
- **Colposcopy:** examination of the vagina and cervix
- **Cystoscopy:** examination of urinary bladder, urethra uterus, prostate. Through urethra.
- **ERCP (endoscopic retrograde cholangio-pancreatography):** delivery of X-ray contrast agent, via endoscope, into biliary tract and pancreatic duct.
- **EGD (Esophago-gastroduodenoscopy):** examination of upper GI tract (gastrosocopy).
- **Laparoscopy:** examination of abdominal organs (stomach, liver, female gonads) through abdominal wall.
- **Laryngoscopy:** examination of the larynx.
- **Proctoscopy:** examination of the rectum sigmoidal colon (sigmoidoscopy, proctosigmoidoscopy)
- **Thoracoscopy:** examination of pleura, mediastinum and pericardium via chest wall.

Objectives:
-diagnostics: visual inspection, biopsy, contrast agent delivery
-therapy: surgery, cauterization, removal of foreign objects



9

FÉNYSZÓRÁS



- Rugalmas ütközés: fotonenergia nem változik
- emisszió rezonáló dipólusok által

$$J_s = J_0 \frac{8\pi^4 N \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \Theta)$$

J_s = szórt fény intenzitása
 J_0 = beeső fény intenzitása
 N = szóró részecskék száma
 α = polarizálhatóság
 λ = hullámhossz
 R = távolság a vizsgáló és szóróközeg között
 Θ = szög

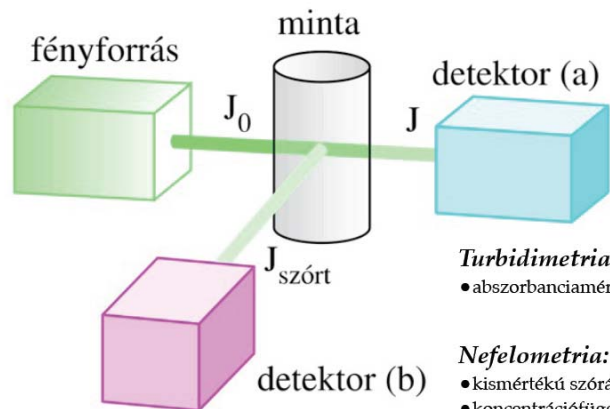


Erős hullámhosszfűggés -> rövid hullámhosszak dominálnak -> kék ég



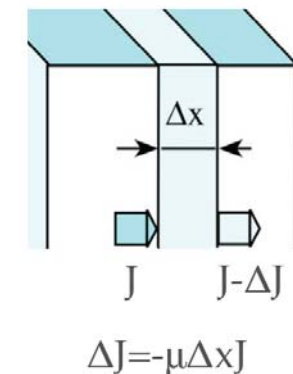
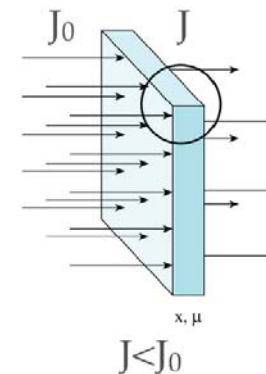
Ha a részecskeméret nagyobb mint a hullámhossz -> összes hullámhosszon csökkent intenzitás -> szürke felhők

A FÉNYSZÓRÁS ORVOSI ALKALMAZÁSAI



11

FÉNYABSZORPCIÓ

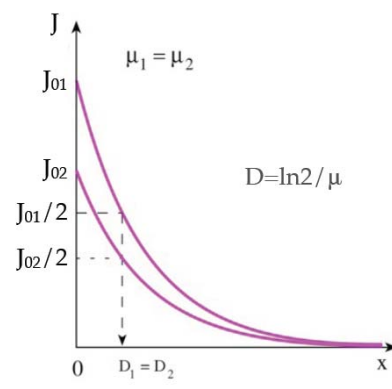
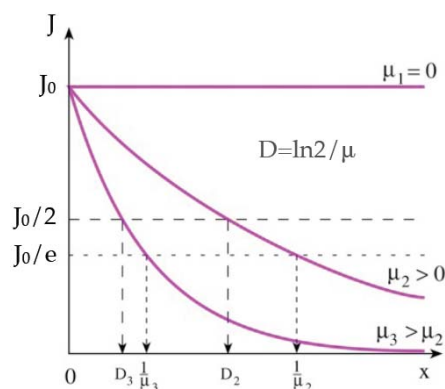


$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

12

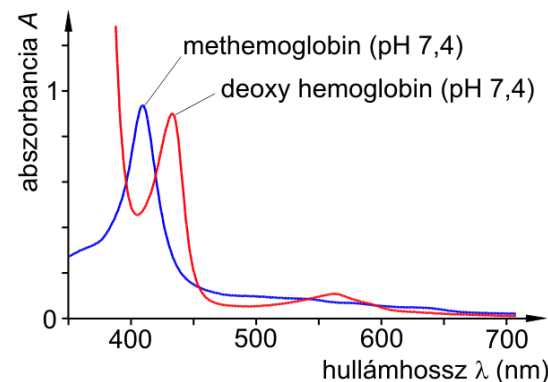
FÉNYABSZORPCIÓ

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$



13

FÉNYABSZORPCIÓ



$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

$$\lg \frac{J_0}{J} = \mu x \lg e$$

$$\lg \frac{J_0}{J} \approx \mu$$

abszorbancia, optikai sűrűség

$$\lg \frac{J_0}{J} = \epsilon_{\lambda} c x$$

Lambert-Beer törvény

ϵ_{λ} = moláris extinkciós együttható

c = koncentráció

14

2. Az ionizáló sugárzások és az anyag kölcsönhatása

Osztályozási lehetőségek

magsugárzások

az energia az atommagból származik.

α , β , γ , p, n, ...

részecskesugárzás

pozitív nyugalmi tömeg

α , β , p, n, ...

direkt ionizáló sugárzás

töltött részecskék

α , β , p, ...

röntgensugárzás

az energia az elektronfelhőből származik

Rtg

EM sugárzás

nincs nyugalmi tömeg

Rtg, γ

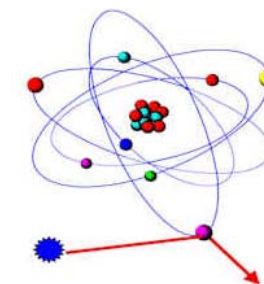
indirekt ionizáló sugárzás

töltés nélküli részecskék

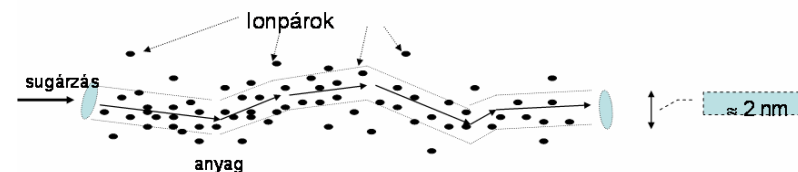
Rtg, γ , n



Ionizációnak nevezzük azt a folyamatot, amikor egy atomból vagy molekulából elektromos töltéssel rendelkező ion keletkezik elektromosan töltött részecskék (elektronok vagy ionok) elvételével vagy hozzáadásával.

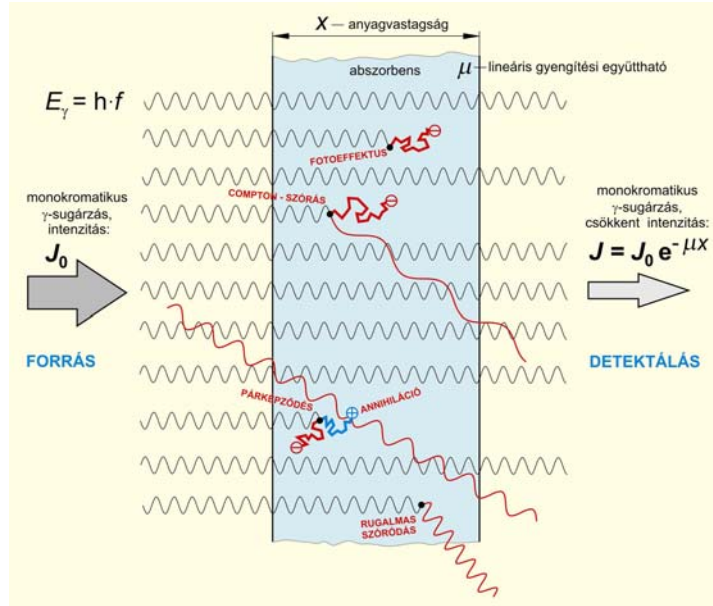


Az ionizáló sugárzások a hatásukat elsősorban az anyagban keltett ionizáció révén fejtik ki

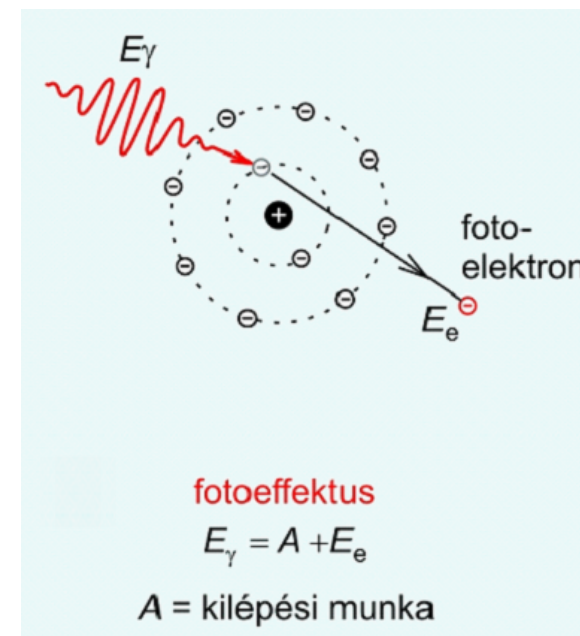


levegőben (átlagosan) 1 ionpár keltéséhez 34 eV = 5.4 aJ energia szükséges

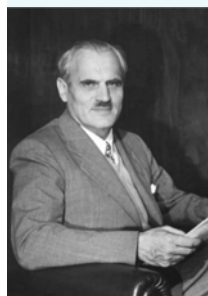
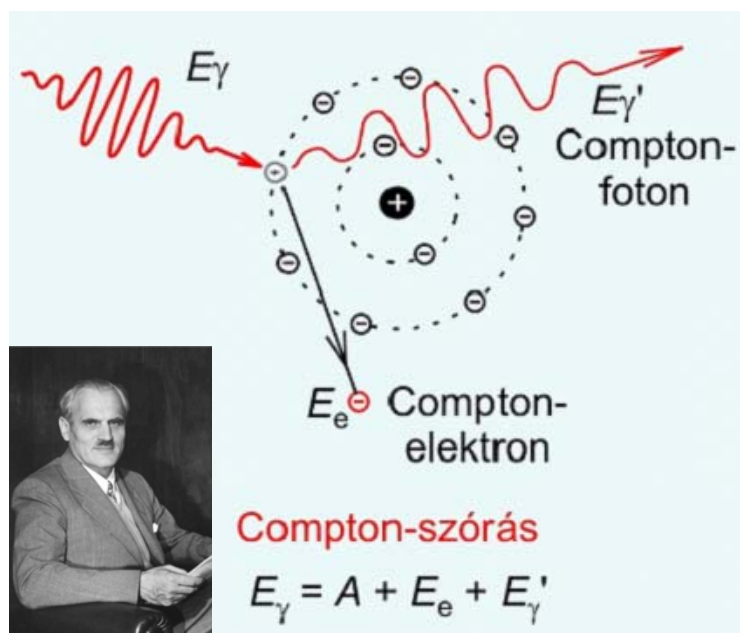
Gamma/röntgen-sugárzás anyaggal való kölcsönhatása



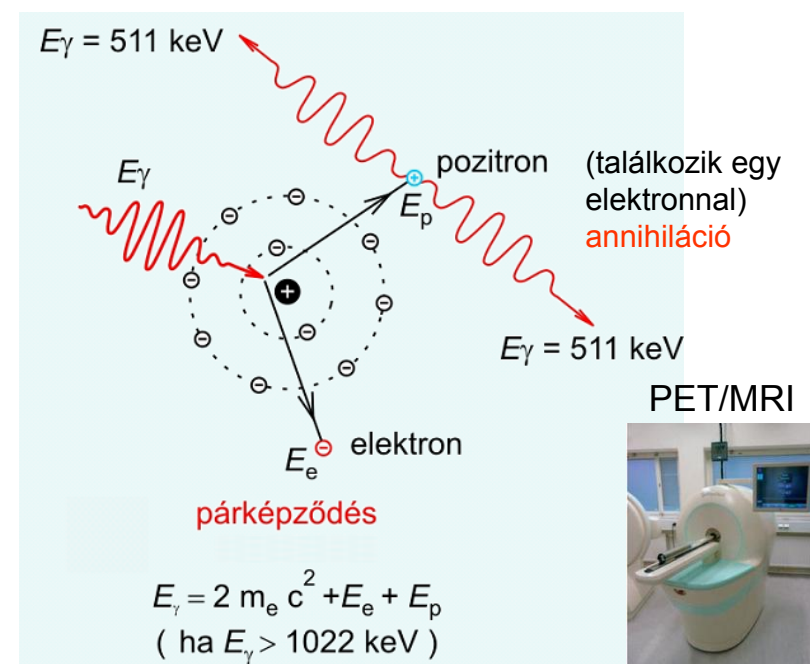
17

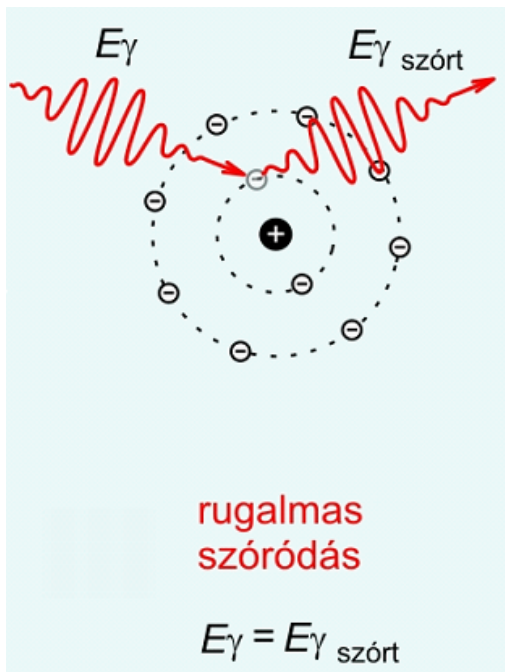


18



19





21

A sugárzás leírására használható fizikai mennyiségek

energia

$$E \quad [\text{J}]$$

teljesítmény

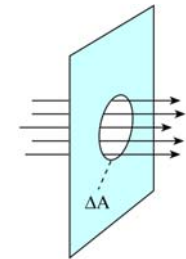
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W} \right]$$

intenzitás

$$J = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

energia áram

(Power)

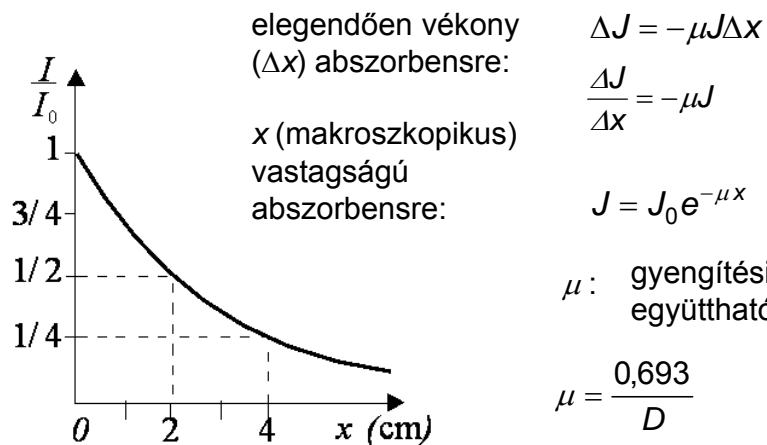


spektrum is!

$$2.6 \cdot 10^{21} \cdot 1 \text{ eV} \stackrel{?}{=} 2.6 \cdot 10^{17} \cdot 10^4 \text{ eV}$$

22

A sugárintenzitás gyengülése



pl. $D = 2 \text{ cm}$

D felezési rétegvastagság

23

A sugárintenzitás gyengülése

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

$$J = J_0 e^{-\mu_m x_m}$$

$$\mu = \mu(Z, \rho; \varepsilon)$$

$$\mu_m = \mu_m(Z; \varepsilon)$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

gyengítési
együttható

tömeg-
gyengítési
együttható

$$\mu = \frac{0,693}{D}$$

$$\mu_m = \frac{0,693}{D_m}$$

részleges gyengítési eh.-k

$$\mu_m = \tau_m + \sigma_m + \kappa_m$$

24

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

a kitevő:

$$-\mu x = -\mu_m \rho x = -\varepsilon^* C x = -\sigma n x$$

\uparrow \uparrow \uparrow
 sűrűség moláris konc. részecske konc.

$$\mu = \mu(Z, \rho; \varepsilon) \quad \text{gyengítési együttható, 1/cm}$$

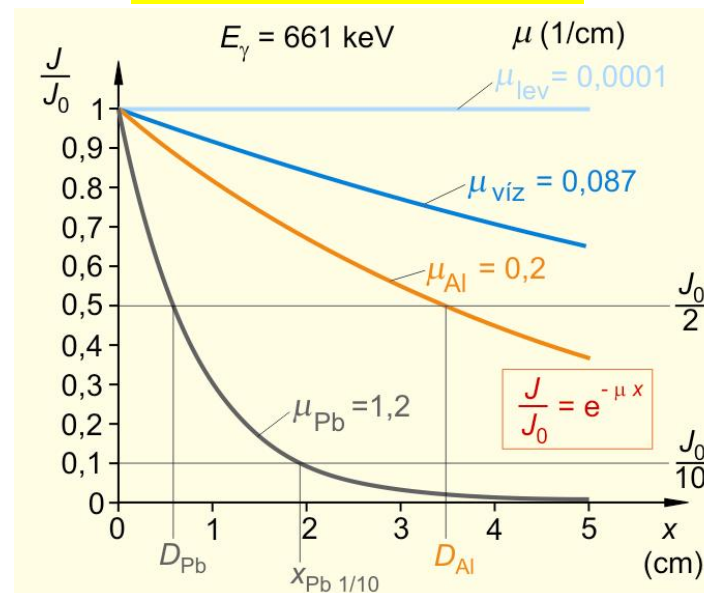
$$\mu_m = \mu_m(Z; \varepsilon) \quad \text{tömeggyengítési együttható, cm}^2/\text{g}$$

$$\varepsilon^* \quad \text{moláris extinkciós együttható, L/(mol*cm)}$$

$$\sigma \quad \text{hatáskeresztmetszet, cm}^2$$

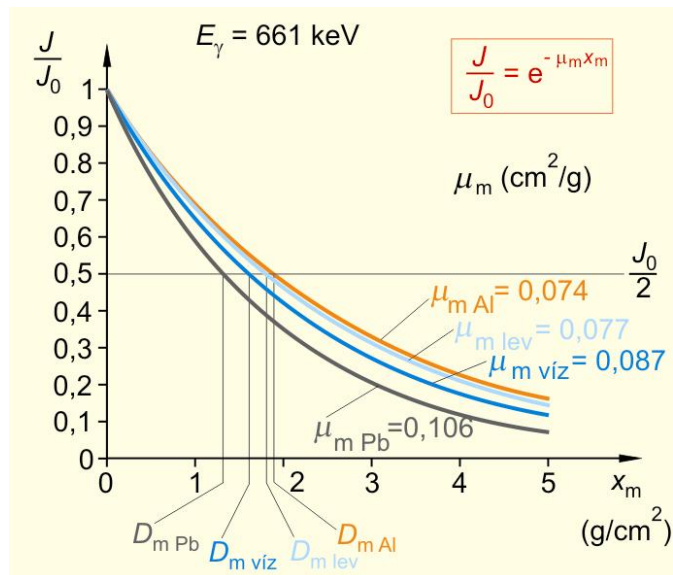
25

Gyengítési együttható



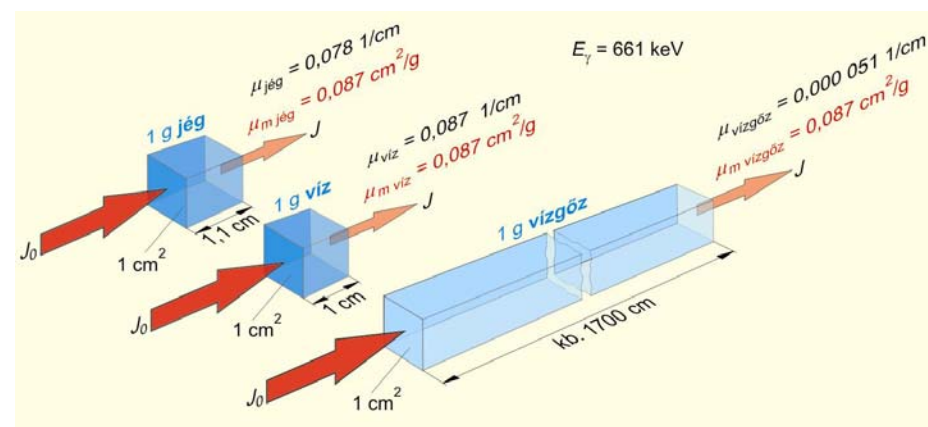
26

Tömeggyengítési együttható



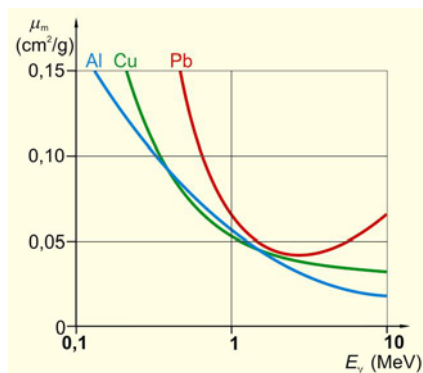
27

Gyengítési/tömeggyengítési együttható

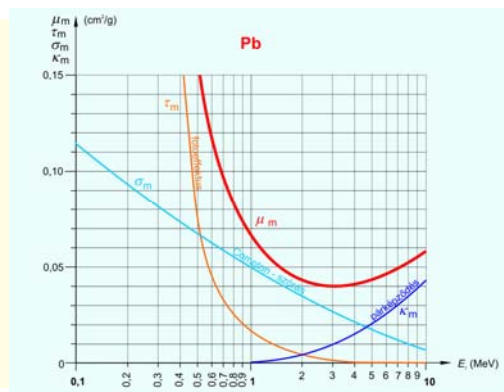


28

μ_m fotonenergiától és az abszorbens minőségétől való függése

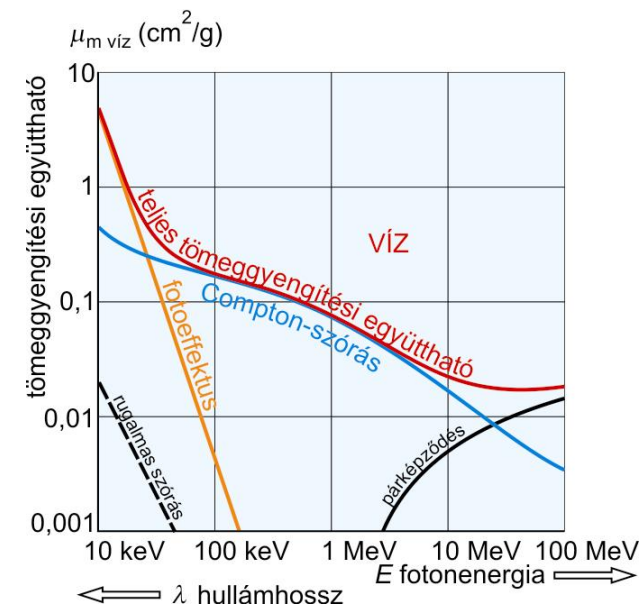


μ_m részfolyamatainak fotonenergiától való függése ólom esetén

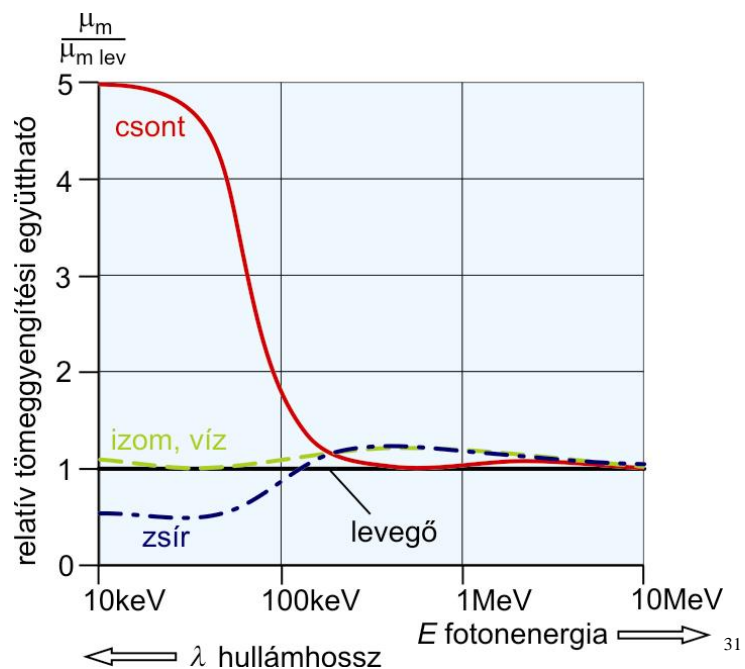


29

μ_m részfolyamatainak fotonenergiától való függése víz esetén



30

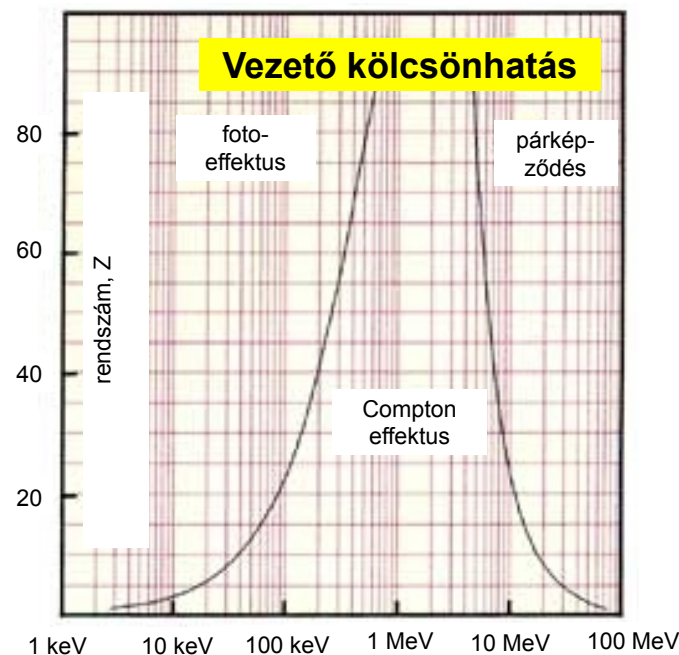


31

$$Z_{eff} = \sqrt[3]{\sum w_i Z_i^3}$$

Effektív rendszámok

anyag	Z_{eff}
zsír	6-7
levegő	7.26
víz	7.5
lágyszövet	7-8
csont	12-14
jód	53
bárium	56
ólom	82

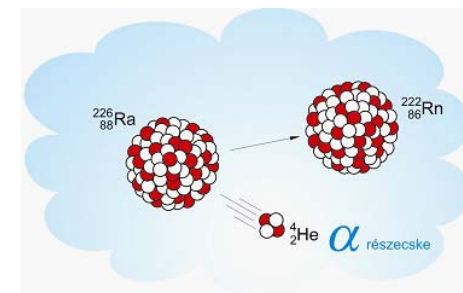


Vezető kölcsönhatás

Sugárgyengítési mechanizmusok

mecha- nizmus	μ_m függése a foton- energiától (ε)	μ_m függése a rendszámtól (Z)	lágyszövet esetén melyik fotonenergia- tartományban domináns
rugalmas szórás	$\sim 1/\varepsilon^2$	$\sim Z^2$	
fotoeffektus	$\sim 1/\varepsilon^3$	$\sim Z^3$	10-30 keV
Compton effektus	enyhén csökkenő	$\sim Z/A$ (A: tömegszám)	30 keV - 20 MeV
párkeltés	enyhén növekvő	$\sim Z^2$	> 20 MeV

Alfa-sugárzás és az anyag kölcsonhatása



alfa-részecske: He
atommag

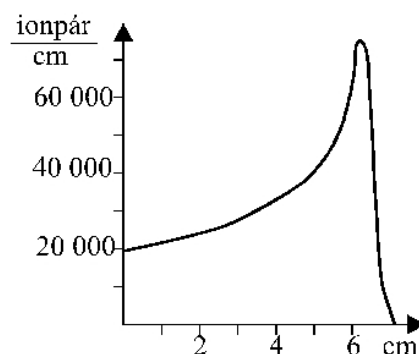
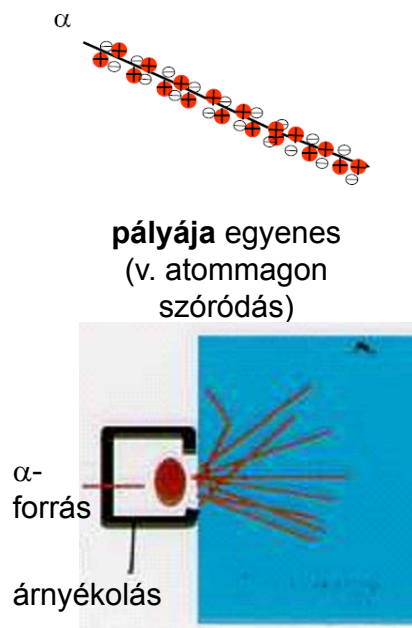
elektromos töltése: $2e^+$

kezdő sebesség több mint 1000 km/s
kinetikus energia néhány MeV

ionizálóképesség jellemzése

lineáris ionsűrűség (fajlagos v. specifikus ionizáció)
/ hosszúságú úton n db ionpárt hoz létre

34



^{214}Po α -részecskéjének
fajlagos ionizációja (levegő
esetén) a megtett út
függvényében

35

hatótávolság (R, Reichweite): az a távolság, amit egy
részecske a közegben befut, míg energiája a termikus
értékre nem csökken

pl. Ra: R (levegőben) = 3.4 cm, R (folyadékban) = 10-100 μm

fékezőképesség: egységnyi úthosszra vonatkoztatott
energia veszteség (a közeg szempontjából)

lineáris energia átadás (**LET**, Linear Energy Transfer)
(a részecske szempontjából)

$\text{LET} = (\text{lineáris ionsűrűség}) \cdot (1 \text{ ionpár keltésére jutó energia})$

egyéb hatások: (ionizáció/gerjesztések)

karakterisztikus röntgen-sugárzás

szcintilláció

biológiai: funkcionális és morfológiai elváltozások

végül: hő

atommaggal való ütközés: magreakció (kis valószínűséggel)

36

Béta-sugárzás és az anyag kölcsönhatása

béta-részecske: elektron (vagy pozitron)

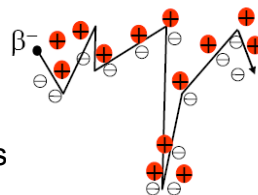
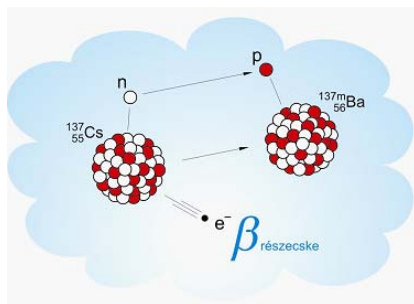
elektromos töltése: $1e^-$ (vagy $1e^+$)

lineáris ionsűrűség: az alfaénál 1000-szer kisebb

pályája zezugos (az elektron szóródik az elektronokon), visszaszórás is lehet!

spektruma folytonos (antineutrínó!), így nincs egységes hatótávolság

levegőben: 10 cm- 1 m, víz (szövet): 1 mm-1cm



37

Neutronsugárzás

egyes magreakciók terméke, bombázott atommagok gerjesztett állapotba kerülnek, felesleges energiájuktól neutronkibocsátással szabadulnak meg

elektromos töltéssel nem rendelkezik, közvetve ionizál

kölcsönhatások fajtái:

rugalmas szóródás (rugalmas ütközés, proton és neutron tömege egyenlő), a proton ionizál

rugalmatlan szóródás (jellemzően 5 MeV felett): a neutronnal kölcsönható atommag gerjesztett állapotba kerül, majd γ vagy alfa kibocsátás

neutronbefogás (a termikus neutron beépül az atommagba): radioaktív izotóp keletkezik

maghasítás (>100 MeV): magtöredékek, n-ok, γ -sugárzás

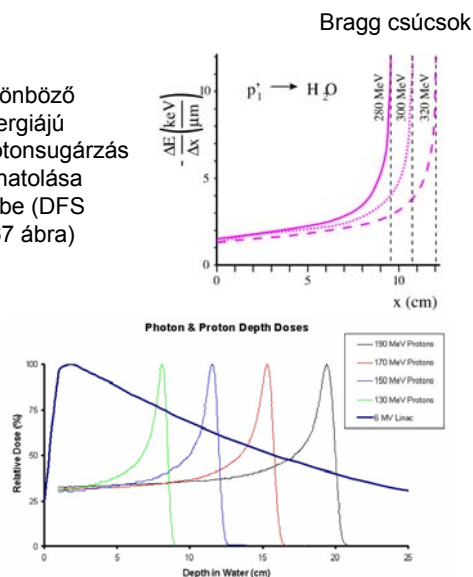
Protonsugárzás

protonok közegbeli kölcsönhatása nagyon hasonló az alfa sugárzáséhoz

a felülethez közeli rétegekben csak kicsi a lefékeződés

a Bragg csúcshoz tartozó behatolási mélység: hatótávolság
terápiás felhasználás!

különböző energiájú protonsugárzás behatolása vízbe (DFS 2.67 ábra)



	alfa	béta	gamma	neutron
áthatolóképesség	nagyon kicsi	kicsi	nagyon nagy	nagyon nagy
veszélyesség	belső	belső/külső	külső	külső
védelem	papír	műanyag	ólom, beton	víz, beton

