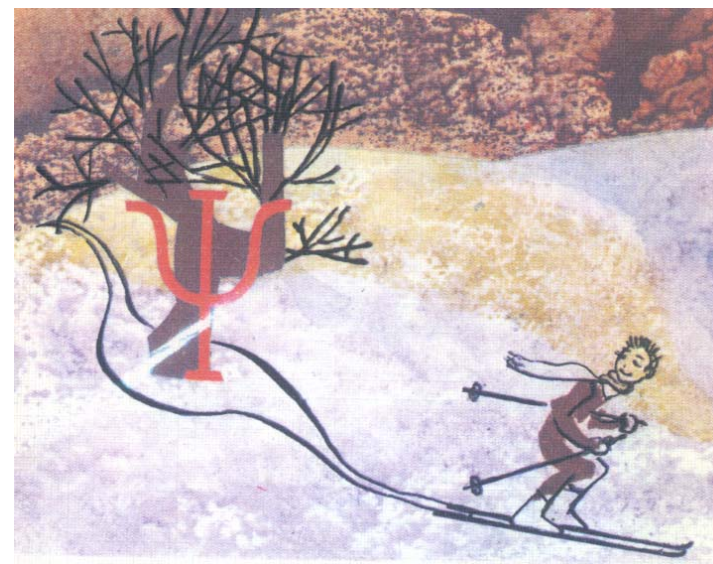
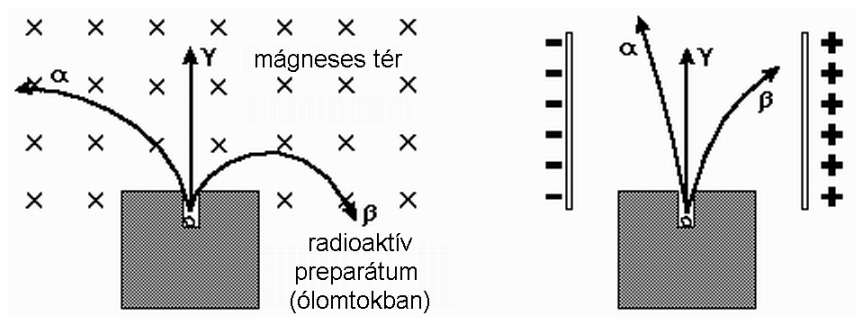
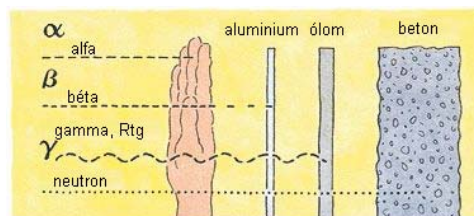


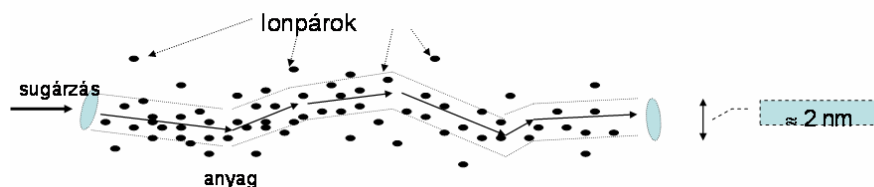
1. Az ionizáló sugárzások és az anyag kölcsönhatása



Gondolat, 1976

2

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



levegőben (átlagosan) 1 ionpár keltéséhez $34 \text{ eV} = 5.4 \text{ aJ}$ energia szükséges

3

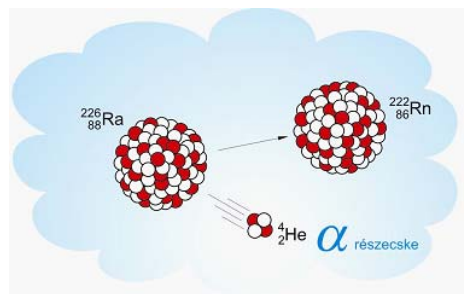
Prefixumok

yotta	Y	10^{24}	3 nagyságrendenként külön prefixum
zetta	Z	10^{21}	
exa	E	10^{18}	
peta	P	10^{15}	3 nagyságrendenként külön prefixum
tera	T	10^{12}	
giga	G	10^9	
mega	M	10^6	3 nagyságrendenként külön prefixum
kilo	k	10^3	
hekto	h	10^2	
deka	da	10^1	minden nagyságrendre külön prefixum
deci	d	10^{-1}	
centi	c	10^{-2}	
milli	m	10^{-3}	3 nagyságrendenként külön prefixum
mikro	μ	10^{-6}	
nano	n	10^{-9}	
piko	p	10^{-12}	3 nagyságrendenként külön prefixum
femto	f	10^{-15}	
atto	a	10^{-18}	
zepto	z	10^{-21}	3 nagyságrendenként külön prefixum
yocto	y	10^{-24}	

4

Alfa-sugárzás és az anyag kölcsönhatása

alfa-részecske: He atommag



elektromos töltése: $2e^+$

kezdő sebesség több mint 1000 km/s

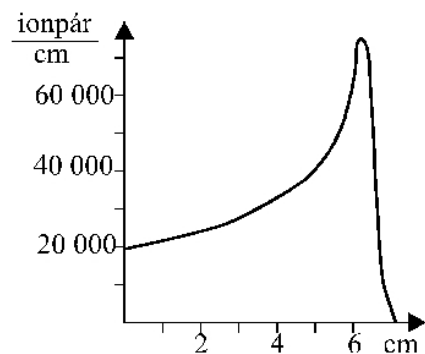
kinetikus energia néhány MeV

ionizálóképesség jellemzése

lineáris ionsűrűség (fajlagos v. specifikus ionizáció)

l hosszúságú úton n db ionpárt hoz létre

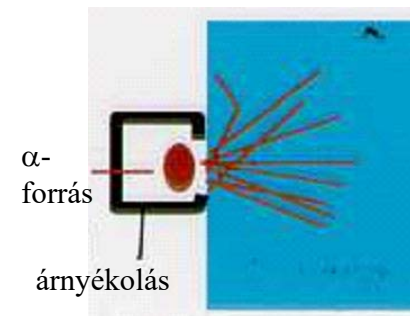
5



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

(Rontó - Tarján 3.1 ábra)

pályája egyenes
(v. atommagon szóródás)



6

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

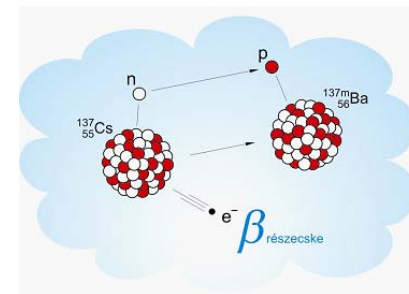
biológiai: funkcionális és morfológiai elváltozások

végül: hő

atommaggal való ütközés: magreakció (kis valószínűséggel)

Béta-sugárzás és az anyag kölcsönhatása

béta-részecske: elektron
(vagy pozitron)



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

lineáris ionsűrűség: az alfáénál 1000-szer kisebb

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

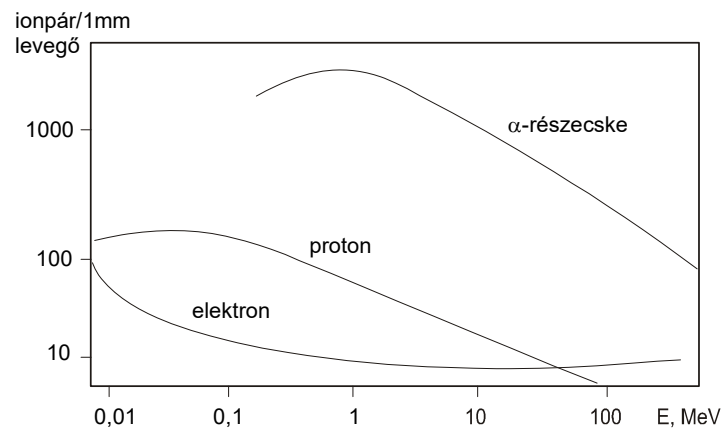
spektruma folytonos (antineutrínó!), így nincs egységes hatótávolság

levegőben: 10 cm- 1 m

víz (szövet): 1 mm-1cm

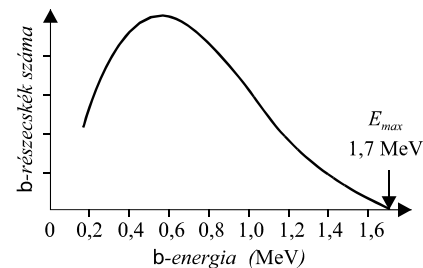
8

Töltéssel rendelkező részecskék fajlagos ionizációja levegőben

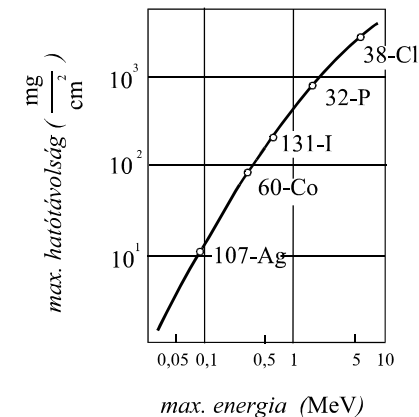
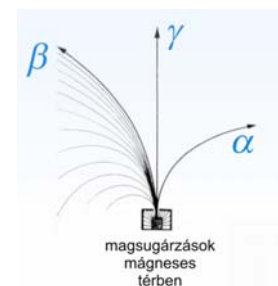


Az α -, a β - és a proton sugárzás átlagos fajlagos ionizációja a részecske energia függvényében, a levegőben

9



^{32}P β -spektruma
(Rontó - Tarján 3.2 ábra)

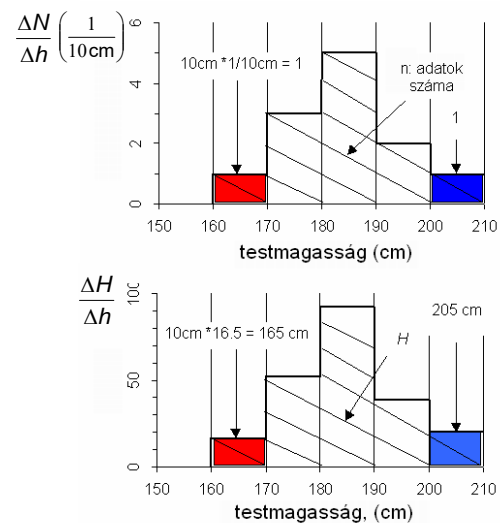


β sugárzás maximális hatótávolsága a maximális energia függvényében
(Rontó - Tarján 3.3 ábra)

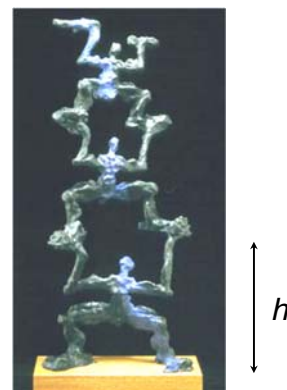
10

kitérő

Eloszlás sűrűségfüggvény



h : testmagasság
 H : kollektív magasság

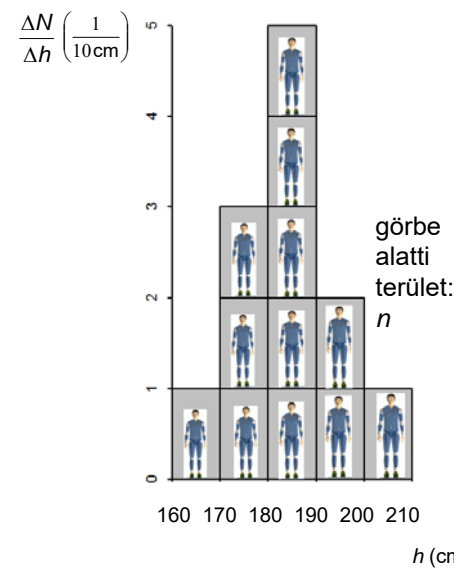


Spektrum mint speciális eloszlás sűrűségfüggvény

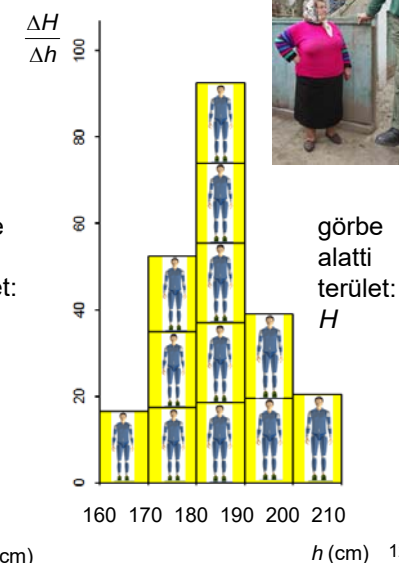
11

kitérő

Eloszlás sűrűségfüggvény

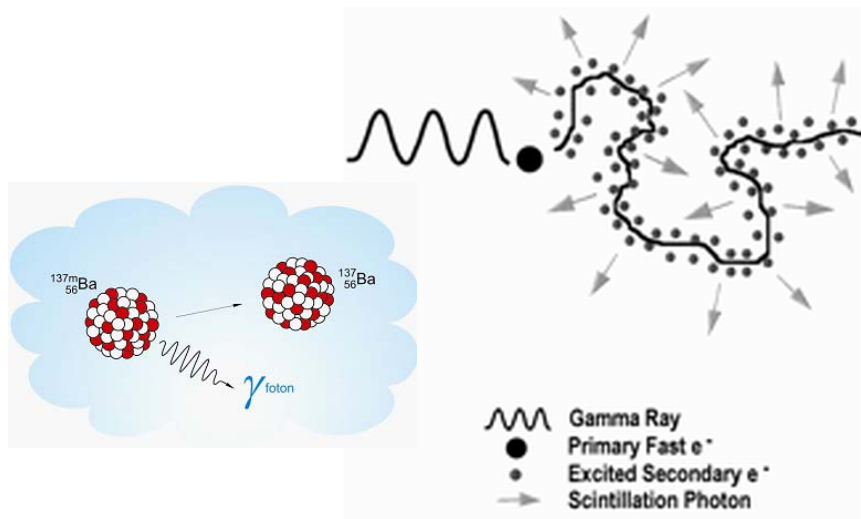


Spektrum

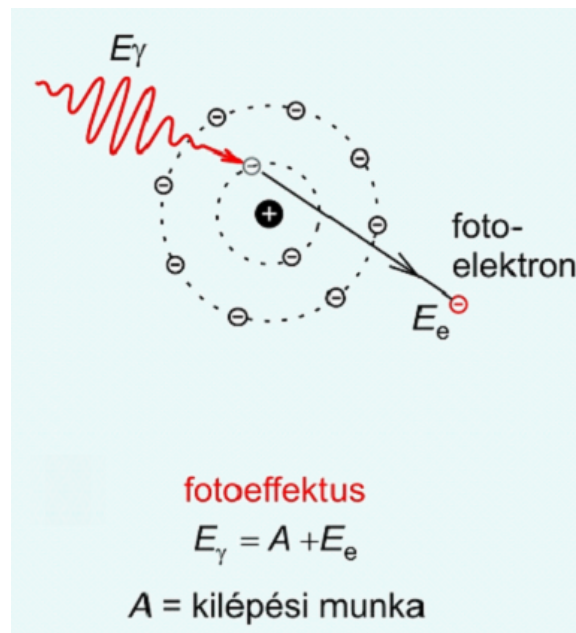
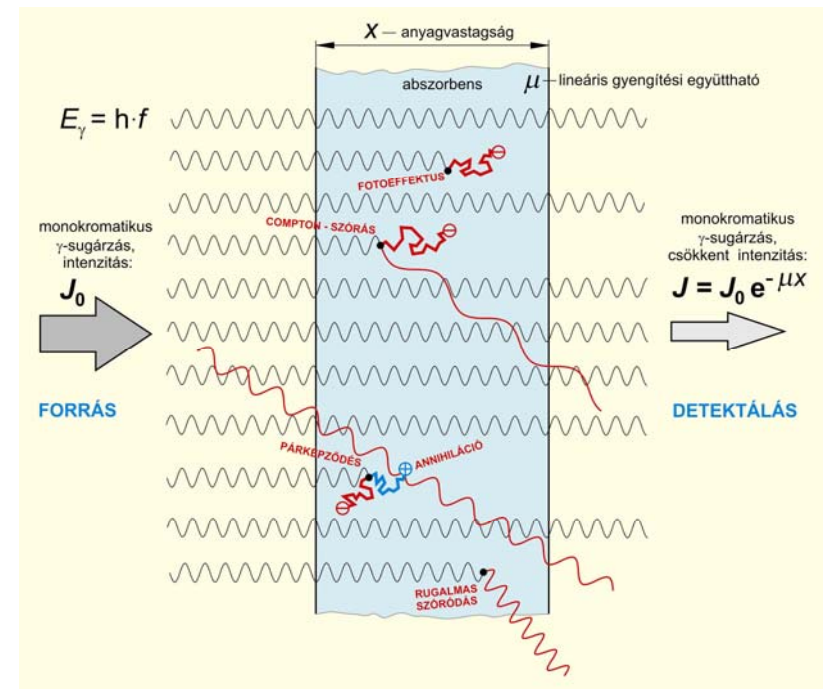


12

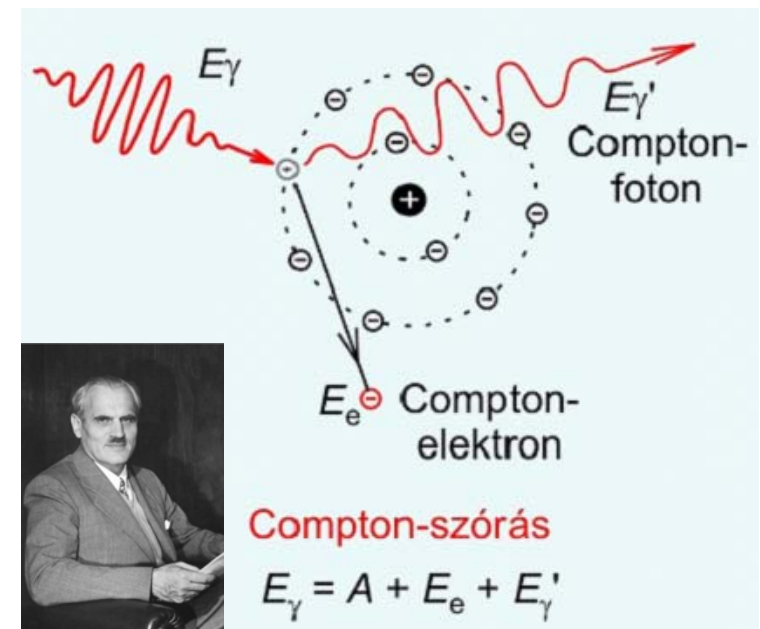
Gamma/röntgen-sugárzás anyaggal való kölcsönhatása



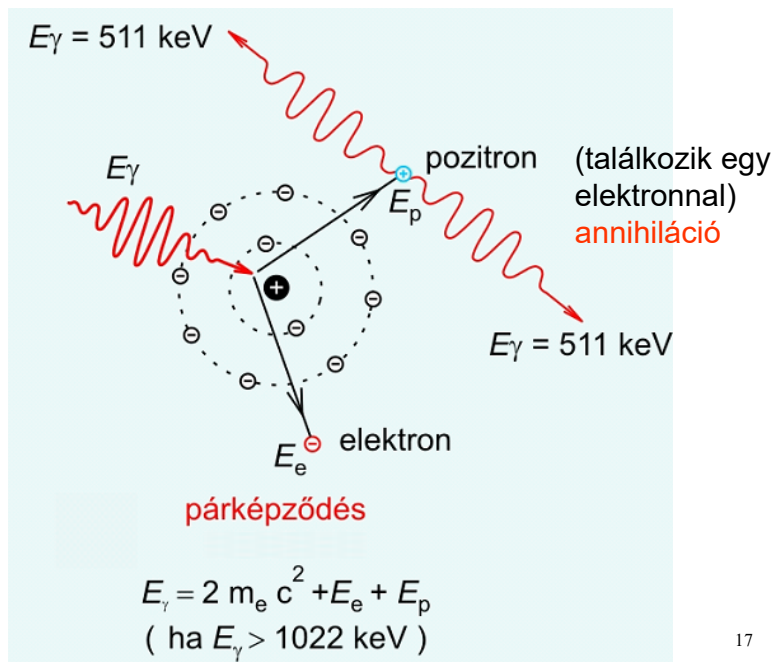
13



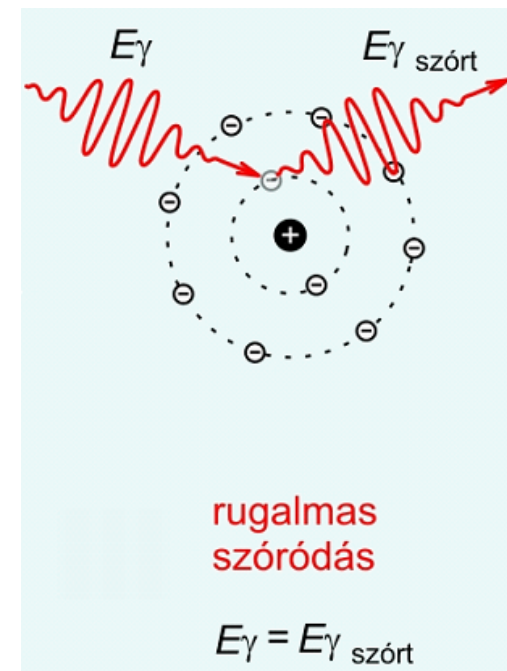
15



16



17



18

A sugárzás leírására használható fizikai mennyiségek

energia

$E \text{ [J]}$

teljesítmény

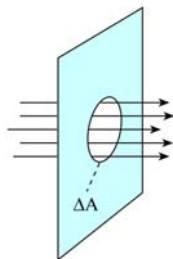
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W} \right]$$

intenzitás

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

energia áram

(Power)

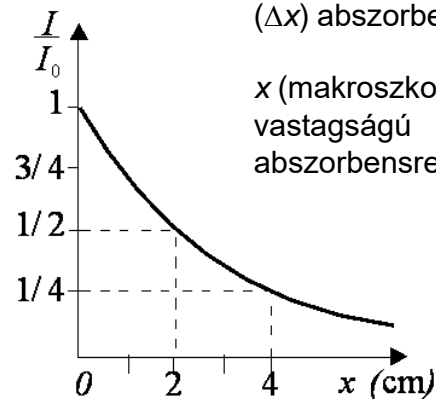


spektrum is!

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

19

A sugárintenzitás gyengülése



elegendően vékony
(Δx) abszorbensre:

$$\Delta J = -\mu J \Delta x$$

$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$$

x (makroszkopikus)
vastagságú
abszorbensre:

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

μ : gyengítési
együttható

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

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

D felezési rétegvastagság

20

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

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

21

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

a kitevő:

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

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

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

gyengítési együttható, 1/cm

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

tömeggyengítési együttható, cm²/g

$$\varepsilon^*$$

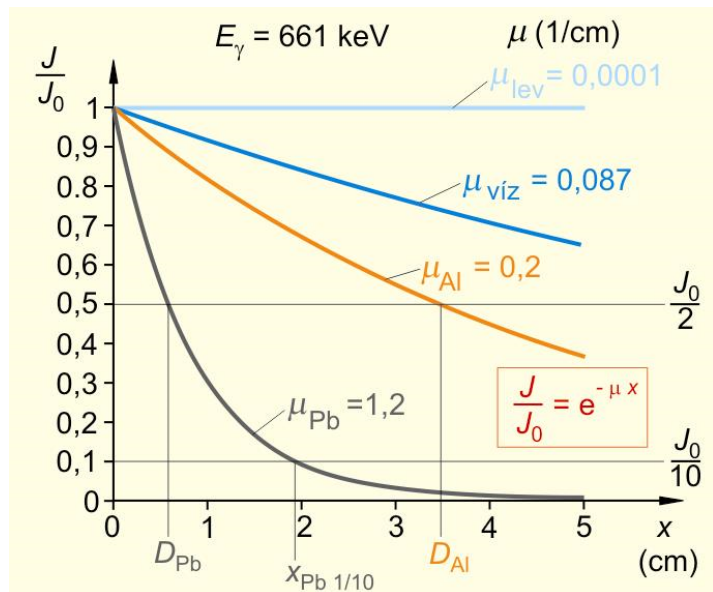
moláris extinkciós együttható,
L/(mol*cm)

$$\sigma$$

hatáskeresztmetszet, cm²

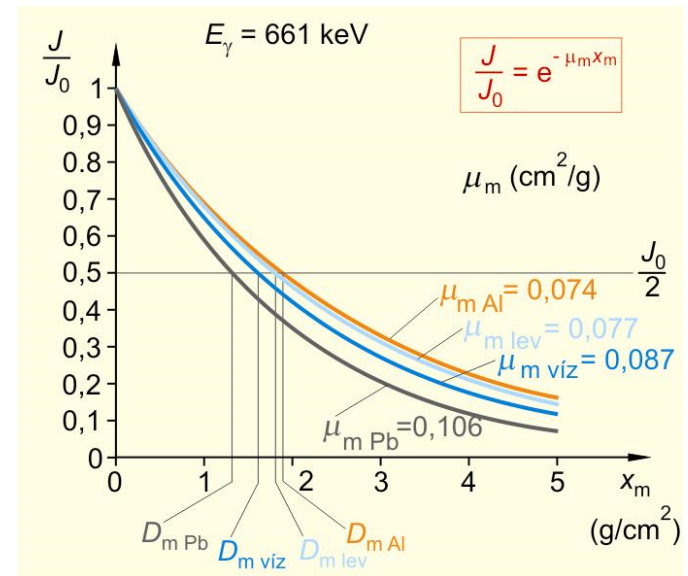
22

Gyengítési együttható



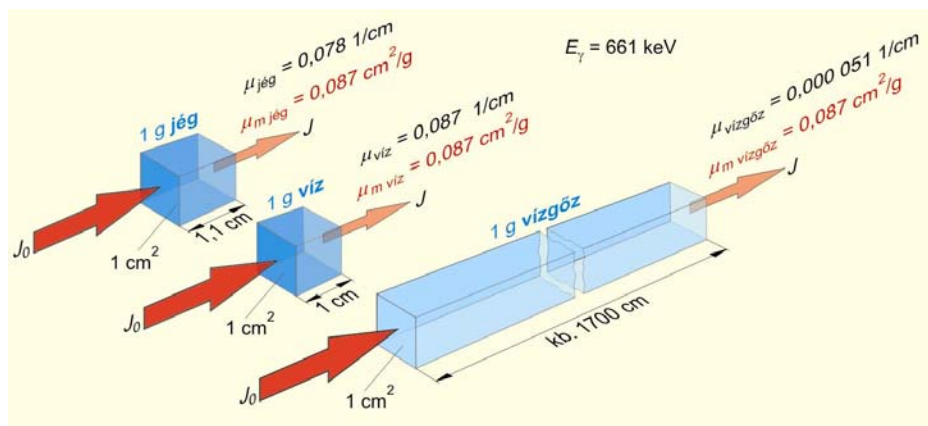
23

Tömeggyengítési együttható



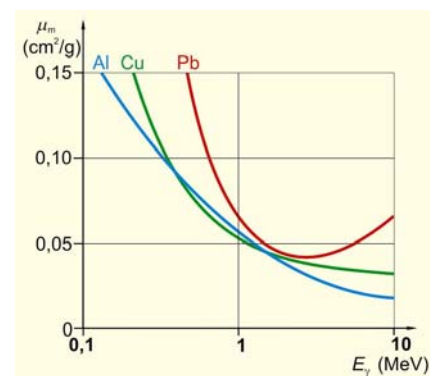
24

Gyengítési/tömeggyengítési együttható

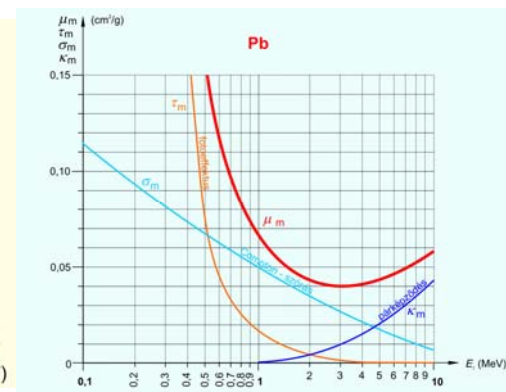


25

μ_m fotonenergiától és az abszorbens minőségétől való függése

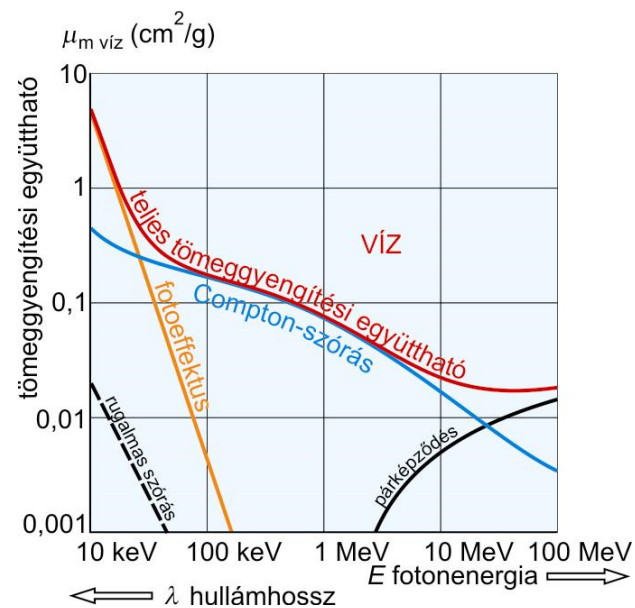


μ_m részfolyamatainak fotonenergiától való függése ólom esetén

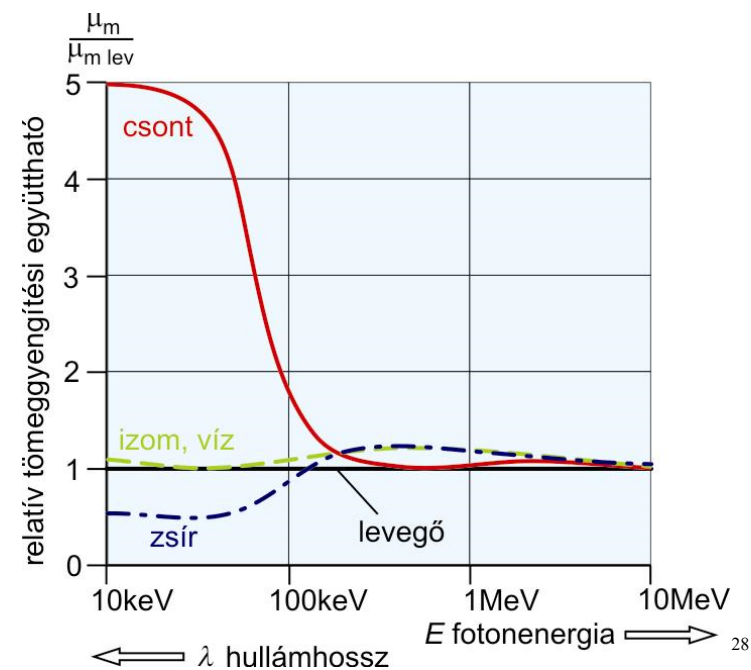


26

μ_m részfolyamatainak fotonenergiától való függése víz esetén



27

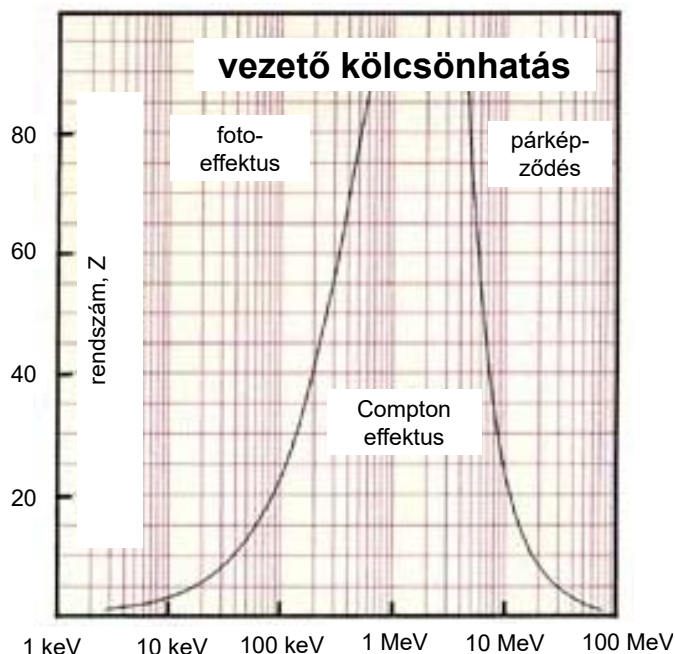


28

$$Z_{\text{eff}} = \sqrt[3]{\sum (f_i Z_i^3)}$$

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



Neutronsugárzás

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

elektromos töltéssel nem rendelkezik, ezért csak közvetve ionizál; a 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

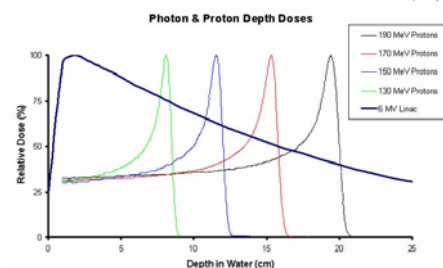
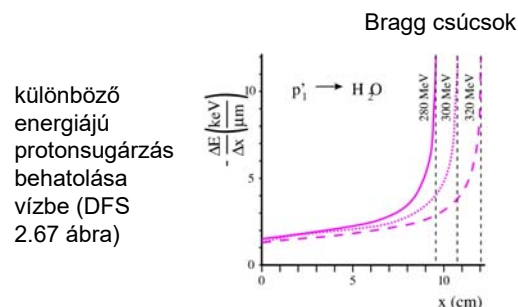
maghasítás (>100 MeV): magtöredékek, n-ok, γ -sugárzás

Protonsugárzás

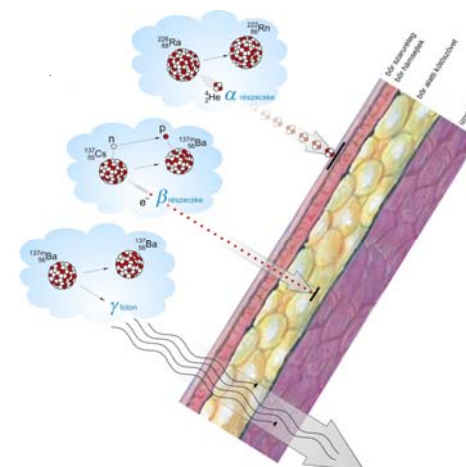
protonok közegbeli kölcsönhatása nagyon hasonló az alfa sugárzáséhoz

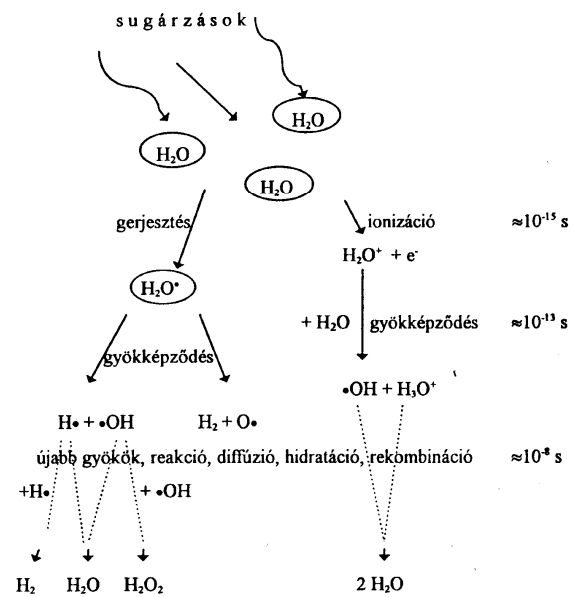
a felülethez közeli rétegekben csak kicsi a lefékeződés

a Bragg csúcsához tartozó behatolási mélység: hatótávolság
terápiás felhasználás!



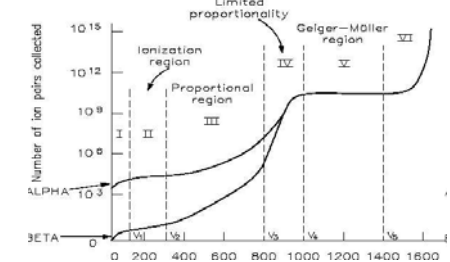
	alfa	béta	gamma	neutron
áthatólképesség	nagyon kicsi	kicsi	nagyon nagy	nagyon nagy
veszélyesség	belső	belső/külső	külső	külső
védelem	papír	műanyag	ólom, beton	víz, beton





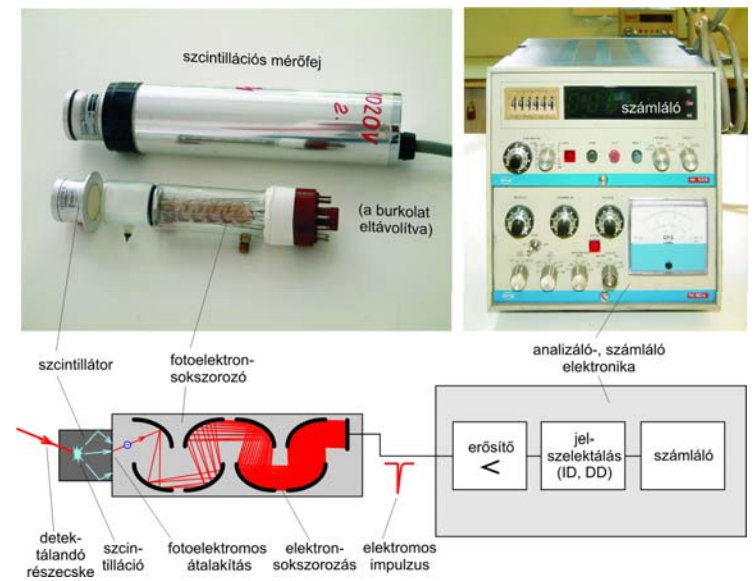
33

2. A sugárzások mérése

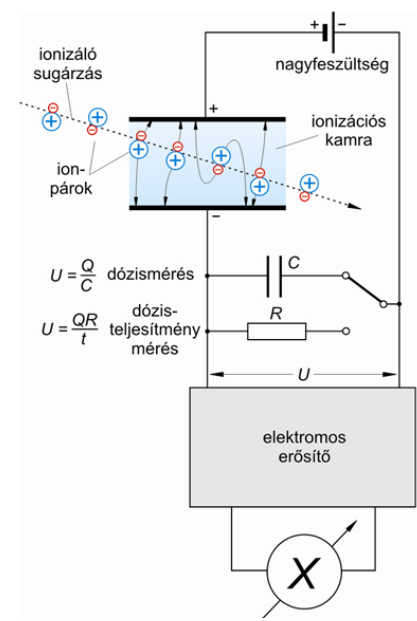


34

Szcintillációs számláló

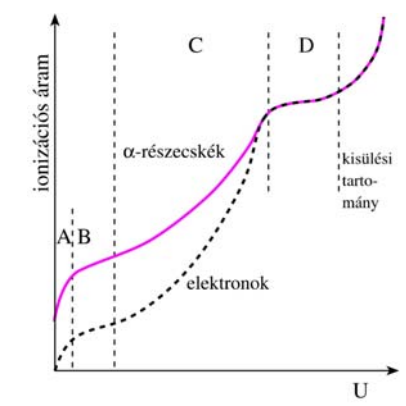


35

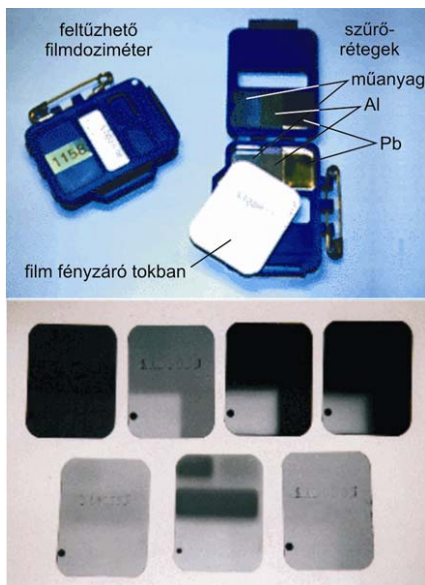


Orvosi fizika gyakorlatok, 2005

Ionizációs kamra



- A:rekombináció
- B:ionizációs kamra (összegyűjti az összes iont, a sugárzás ionizáló hatását méri)
- C:proporcionális tartomány
- D:Geiger tartomány (lavina effektus)



Filmdoziméter

film fényzáró tokban
megfeketedése arányos az ionizáló
sugárzás dóziséval

két réteg:
érzékenyebb ($50 \mu\text{Sv}$ - 50 mSv)
érzékletlenebb (50 mSv - 10 Sv).

szűrők:
műanyag, Al, Pb, stb.
lehetővé teszik a sugárzás fajtájának
és energiájának megállapítását,

hátrányok:
csekély pontosság,
utólagos kiértékelés (pl. 1 hónap).

37

Orvosi fizika gyakorlatok, 2005

Zsebkamra doziméter

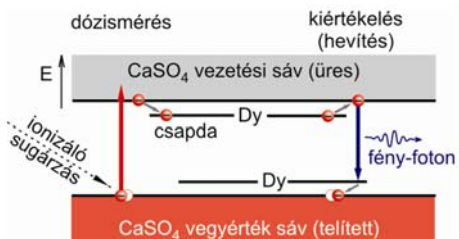


GM-csőes számlálók



38

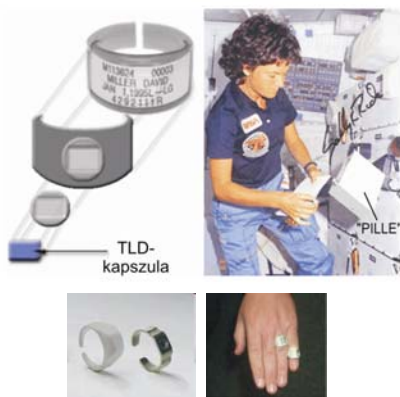
Orvosi fizika gyakorlatok, 2005



Termolumineszcens dózismérő

az elektronok”
csapdába” kerülnek

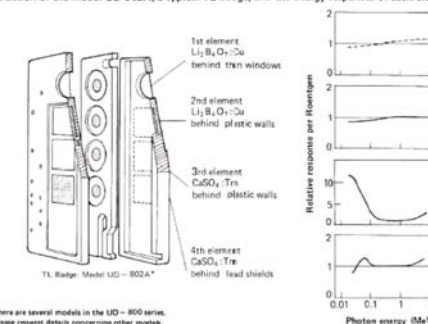
Gyűrűbe foglalt TLD-
kapszula (a kéz
sugárterhelésének
detektálására), ill. a
magyar fejlesztésű
„PILLE” nevű
termolumineszcens
doziméter kiértékelő
egysége az űrben (Sally
Ride 1984).



39



Construction of the model UD-802A, a typical TL badge, and the energy responses of each element.



UD802AT [UD807ATN]

- 4 db szűrő / 4 db TL-detektor:
- 14 mg/cm² műanyag / Li₂B₄O₇:Cu (β,γ)
- 160 mg/cm² műanyag / Li₂B₄O₇:Cu (β,γ)
- 160 mg/cm² műanyag / CaSO₄:Tm (β,γ)
- 700 mg/cm² ólom / CaSO₄:Tm (γ)

- E_γ = 10 keV ... 10 MeV
- Tartomány = 10 μSv ... 10 Sv
- Kimutatási határ = 1,6 μSv (Cs-137)
- Kalibrálás = 1...5 mSv
- Élettartam > 1000 (7000) kiolvasás
- Fading = 5% / év

40