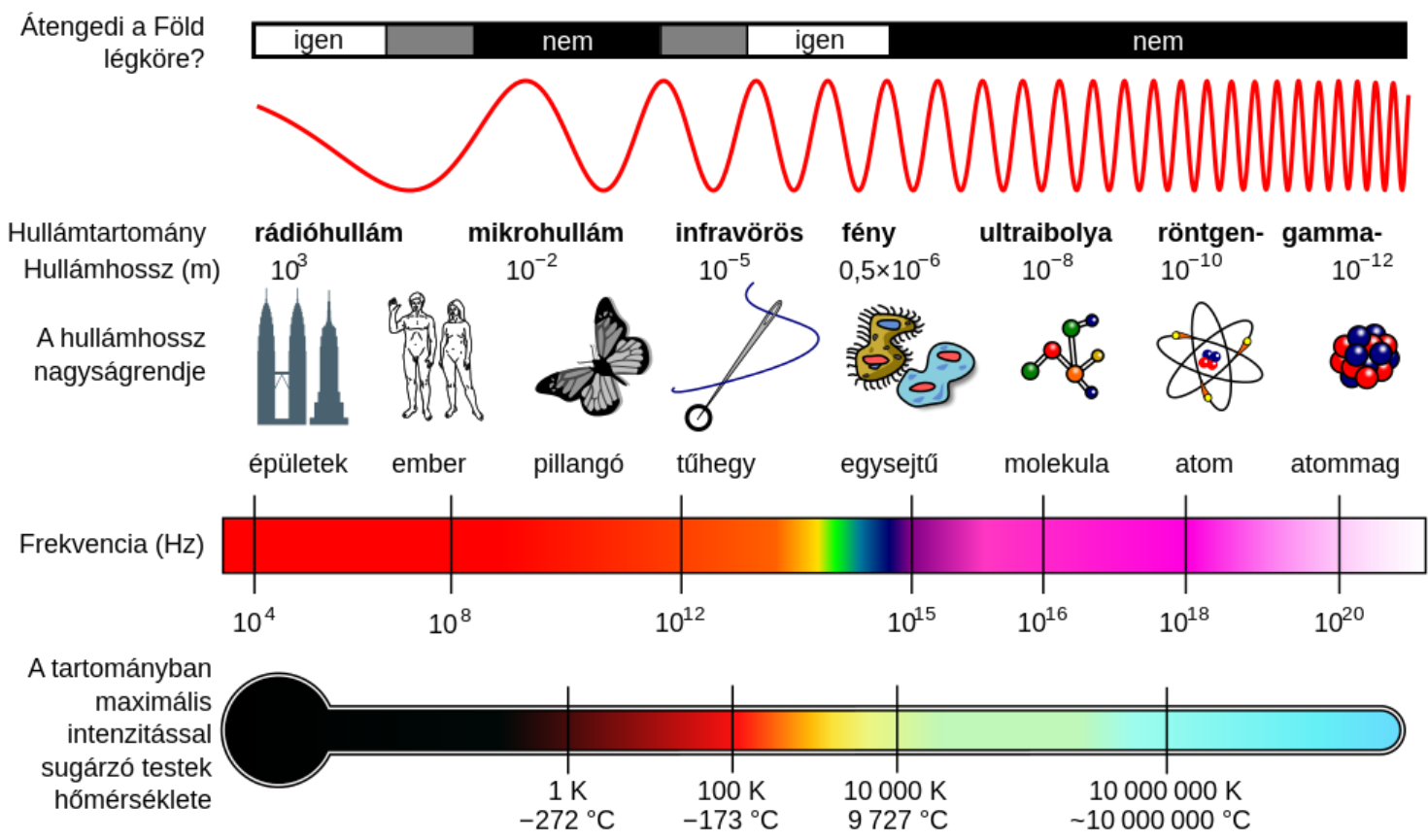


A sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

**Az elnyelődés mértéke/az áthatolóképeség mitől függ?
Radioaktív lesz-e egy anyag, ha nukleáris sugárzás éri?
Előállíthatók-e mesterséges radioaktív magok?**

Gamma-sugárzás (elektromágneses sugárzás)



az atommagból kilépő elektromágneses sugárzás (foton)
 vonalas spektrumú
 izomer átalakulás/kísérő sugárzás

Béta-sugárzások (részecskesugárzás)

az atommagból kilépő elektron vagy pozitron sugárzás
nyugalmi tömege 0,51 MeV

-/+ töltés

folytonos spektrumú

lehet önálló (de! antineutrino vagy neutrino)

kísérő sugárzásai lehetnek (gamma, karakterisztikus
röntgen (X))

Alfa-sugárzás (részecskesugárzás)

az atommagból kilépő ${}^4_2\text{He}^{2+}$ sugárzás

nyugalmi tömeg ~ 4.931 MeV

töltés: 2+

vonalas spektrumú

kísérheti gamma-sugárzás

Sugárzás/részecskék csoportosítása (m, töltés)

	<i>I.</i>	<i>II.</i>	<i>III.</i>
a	b		
p	e ⁺	n	γ
α	e ⁻		X

Partner

1. Molekulák
2. Elektromos erőtér
3. Elektron
4. Atommag erőtere
5. Atommag

ionizáló sugárzás

magreakció

Mechanizmus

A) Elnyelődés

(abszorpció)

sugárzás:

$\Delta I, \Delta E$

anyag:

E_{kin}, E^*

B) Koherens szórás

(csak irányváltozás)

sugárzás:

ΔI

anyag:

-

C) Inkoherens szórás (energiacsere is)

rugalmas (nincs gerjesztés)

rugalmatlan

sugárzás:

$\Delta I, \Delta E$

anyag:

E_{kin}

E_{kin}, E^*

1. Ionizáló sugárzások

Az ionizációs kölcsönhatások első lépése az anyag oldaláról

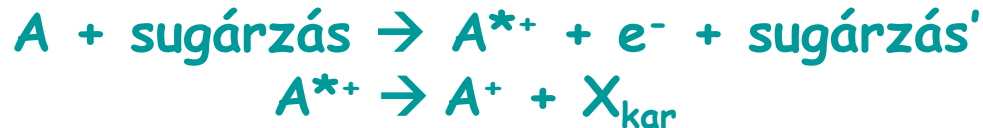
1. Semleges gerjesztés



2. Külső ionizáció



3. Belső ionizáció



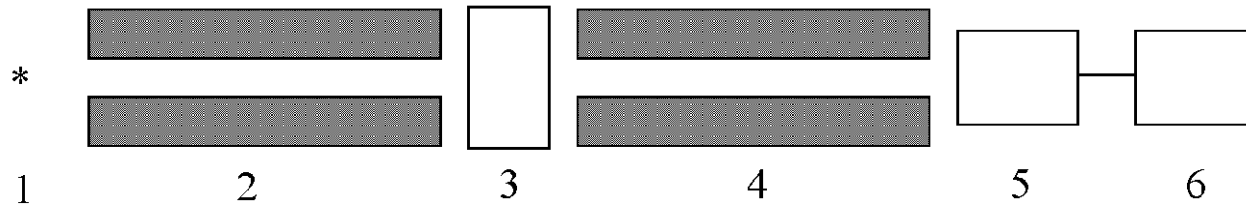
4. Fékezési röntgensugárzás



DETEKTÁLÁS ALAPJA

Az intenzitásgyengülés mennyiségi leírása

A méréselrendezés



- 1 Pontszerű sugárforrás (a tér minden irányába lép ki a sugárzás)
- 2,4 Kollimátor (a sugárzás párhozamosítására)
- 3 Az ANYAG
vastagsága x
rendszáma Z
atomi sűrűsége ρ_A : az atomok száma egységnyi térfogatban
- 5 Érzékelő (detektor)
- 6 Jelfeldolgozó

Az anyagba t idő alatt bejutó részecskék száma n

Az x úton ρ_A -nak megfelelő számú részecskével léphetnek kölcsönhatásba

Nem minden „találkozás” eredményes:

a valószínűséget a σ HATÁSKERESZTMETSZET veszi figyelembe

$\sim 10^{-28} \text{ m}^2$ nagyságrendű

függ a részecske (sugárzás) energiájától

Így a tényleges kölcsönhatások száma $v = \sigma(E)n \times \rho_A$

A dx úthosszon elnyelődő részecskék száma

$$-dn = \sigma(E)n\rho_A dx$$

Ha $x=0$, minden részecske eljut a detektorig:

$$n = n_0 e^{-\sigma(E)\rho_A x}$$

$$I = n/t$$

$$I = I_0 e^{-\mu' x}$$

$\mu' = \sigma(E)\rho_A$ lineáris gyengülési együttható, pl. $1/\text{cm}$

$$I = I_0 e^{-(\mu'/\rho) x \cdot \rho} = I_0 e^{-\mu \cdot d}$$

$\mu' = \sigma(E)\rho_A/\rho$ tömeggyengülési együttható, pl. cm^2/g

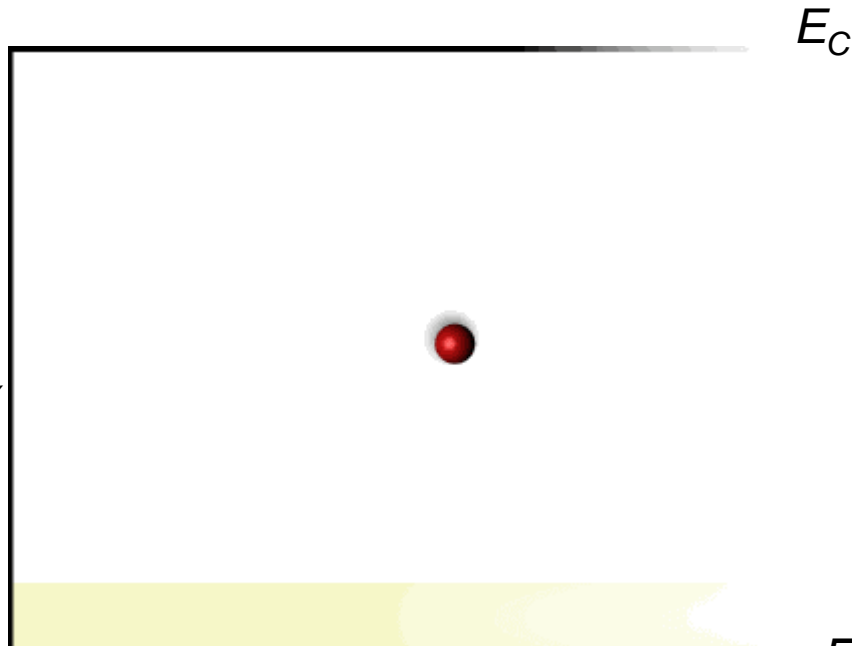
$d = \rho x$ felületi sűrűség, pl. g/cm^2

$$x_{1/2} = \ln 2 / \mu' \quad \text{Felezési rétegvastagság} \quad d_{1/2} = \ln 2 / \mu \quad 9$$

γ -sugárzás

$E_\gamma = h \cdot \nu$ energiájú elektromágneses foton

1. Compton-szórás



A gamma foton és az atomi elektron rugalmas ütközése

A foton szóródik, az elektron energiát nyel el (abszorbeál)

$$\sigma_C = \sigma_s + \sigma_a$$

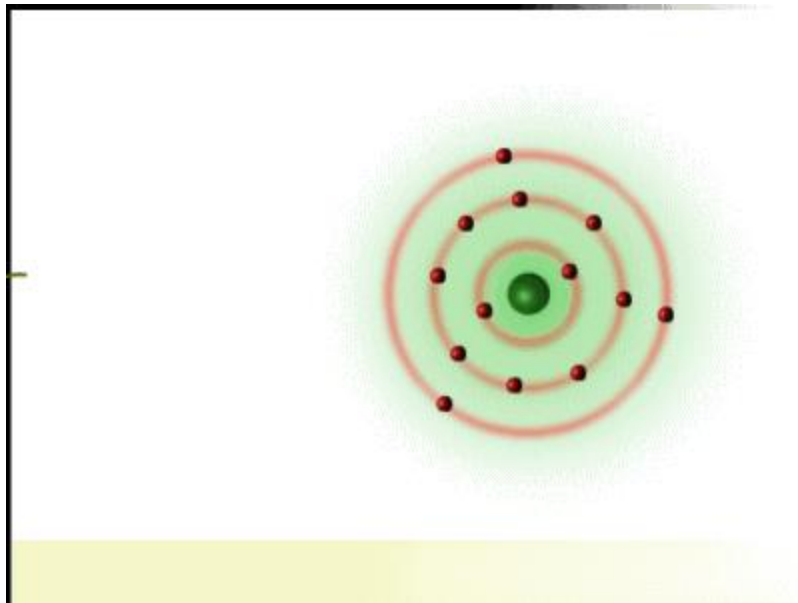
Energiafüggés:

$$E'_\gamma \quad \sigma_s \sim 1 - k \frac{E_\gamma}{0,51} \quad \sigma_a \sim k \frac{E_\gamma}{0,51}$$

Rendszámfüggés:

$$\mu_C = \frac{\mu'_C}{\rho} = \sigma_C \frac{\rho_A}{\rho} = \sigma_C \frac{N_A Z}{A}$$

2. Fotoeffektus

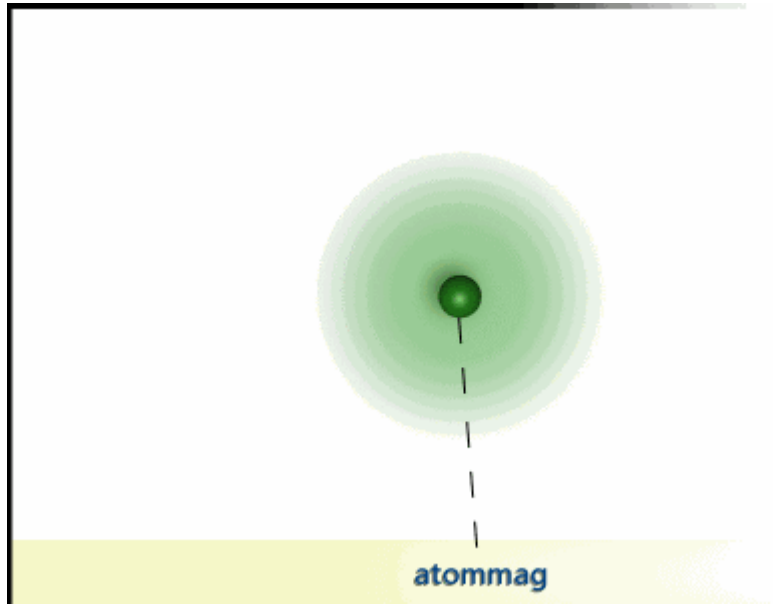


Energia- és rendszámfüggés:

$$\sigma_f \approx \text{konst.} \frac{Z^2}{(h\nu)^3}$$

$$n(E)=4 - 5$$

3. Párképzés



$E_\gamma = h \cdot \nu$ fedezi a keletkező e^- és e^+
nyugalmi tömegét:

KÜSZÖBENERGIA: 2·0,51 MeV

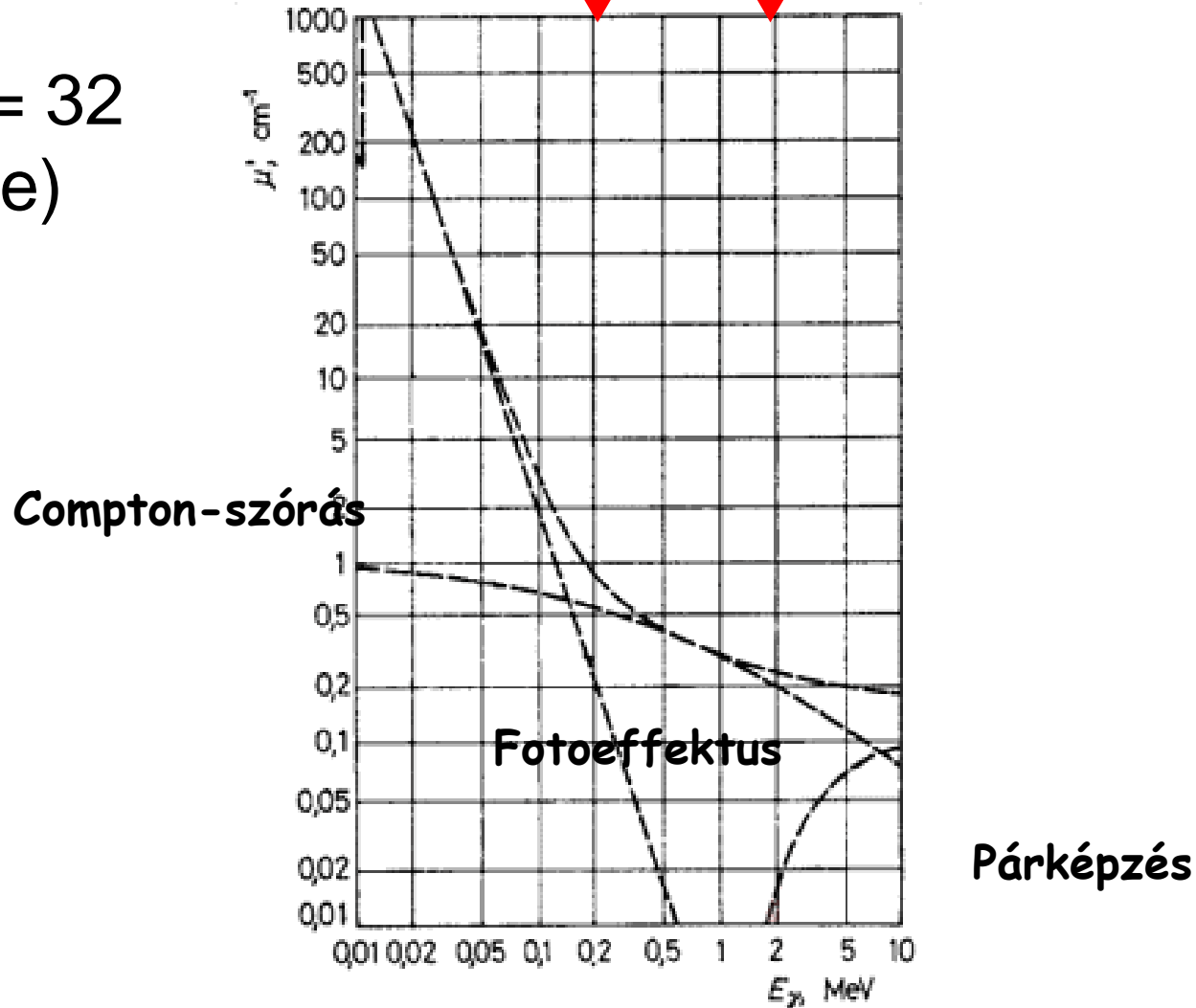
Energia- és rendszámfüggés:

$$\sigma_p = K(E_\gamma - 1,02)^{2,2} Z^2$$

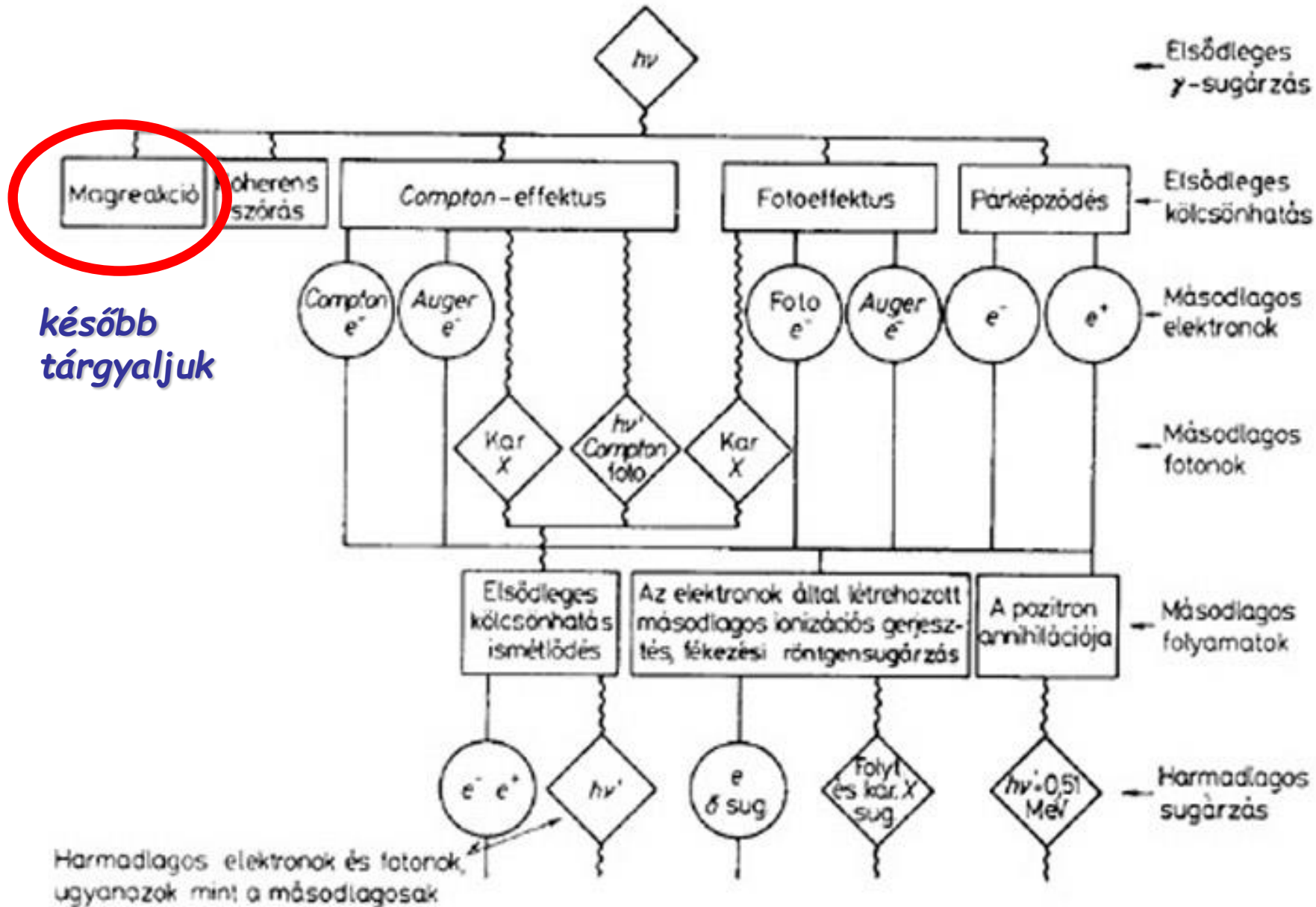
A kölcsönhatásokra jellemző gyengülési együtthatók összeadódnak:

$$I = I_0 e^{-\mu' x} = I_0 e^{-(\mu'_c + \mu'_f + \mu'_p) x}$$

Z = 32
(Ge)



A képződő másodlagos részecskék továbbhaladnak az anyagban



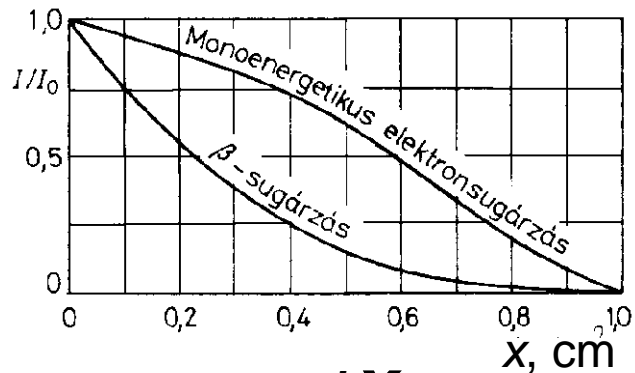
β -sugárzás

nyugalmi tömeg 0,51 MeV

-/+ töltés

folytonos spektrumú

! folytonos (fékezési) röntgensugárzás !



$$I = I_0 e^{-\mu' x}$$

Elektronnal (azonos a tömegük)

-inkoherens szórás

ionizáció (külső és **belső**) és gerjesztés
energia- és irányváltozás
(pozitron: annihiláció)

A mag erőterével

-inkoherens szórás

Fékezés (r) és ionizáció (ion) során leadott energia:

$$\frac{\left(\frac{dE}{dx}\right)_r}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ion}}} = \frac{EZ}{800}$$

α -sugárzás

nyugalmi tömeg $\sim 4.931 \text{ MeV}$

töltés: $2+$

! Folytonos (fékezési) röntgensugárzás !

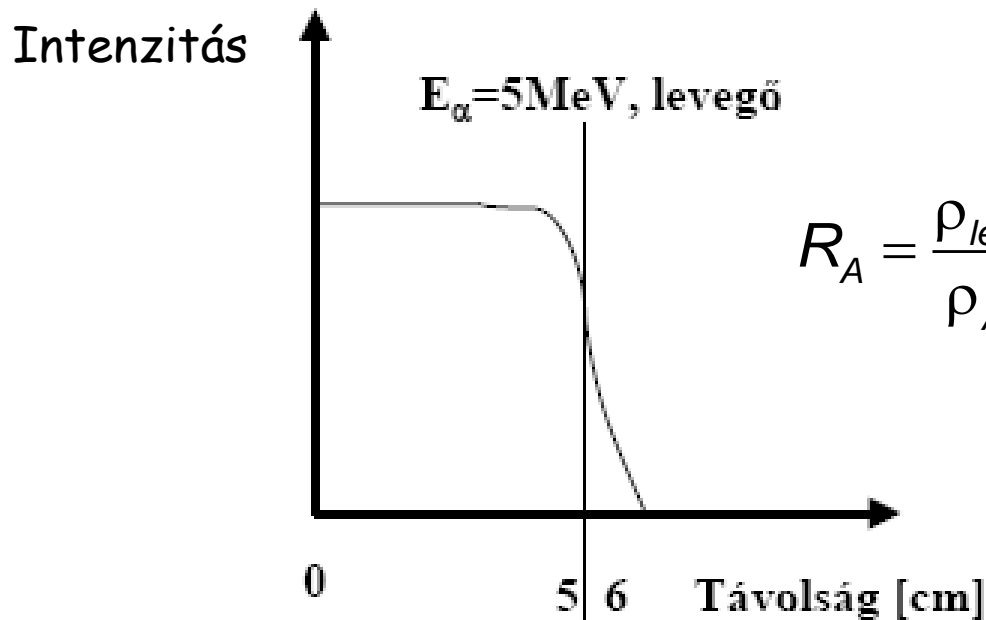
vonalas spektrumú (4-9 MeV)

Elektronnal inkoherens szórás

ionizáció és gerjesztés (50-50 %)

energia- és irányváltozás

Maggal magátalakítás (később), Rutherford-féle szórás

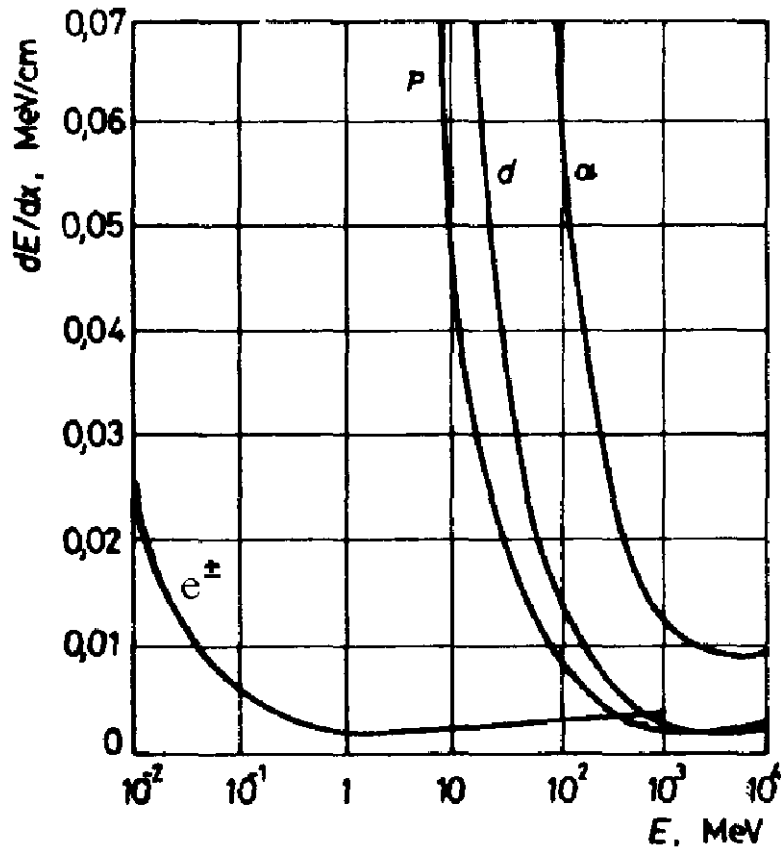


$$R_A = \frac{\rho_{lev}}{\rho_A} \sqrt{\frac{M_A}{M_{lev}}} R_{lev}$$

R - hatótávolság

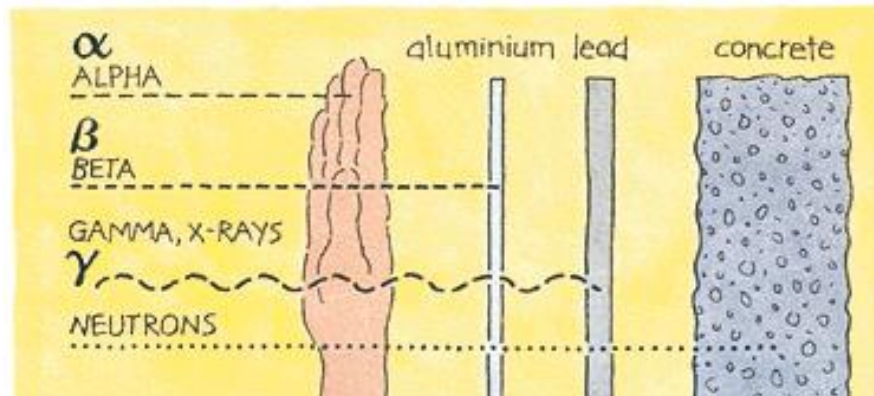
Hasonlítsuk össze néhány részecske gyengülését azonos közegben: levegő

Lineáris energiaátadás (LET)



elektron/pozitron
proton, p (${}^1\text{H}^+$)
deuteron, d (${}^2\text{H}^+$)
alfa részecske, α (${}^4\text{He}^{2+}$)

$$dE/dx \approx 1/v^2$$



Mekkora 1 kg KCl só aktivitása, ha a kálium atomok 0,012 %-a a radioaktív ^{40}K . A ^{40}K felezési ideje $1,13 \cdot 10^9$ év. Mekkora a mért intenzitása a só 500 mg-jának, ha a detektor a kibocsátott részecskék 8 %-át érzékeli ?

Egy, a tisztán β^- -sugárzó ^{35}S ként tartalmazó fehérjét vizsgálva 2014. január 26-án 12 órakor 7000 beütés/sec intenzitást mértek. A detektálási hatásfok 22%. Mekkora volt ennek a készítménynek az aktivitása 2014. január 10-én déli 12 órakor? A ^{35}S felezési ideje 88 nap.

A 660 keV energiájú fotonok lineáris gyengülési együtthatója alumíniumban $3,4 \text{ cm}^{-1}$. Mekkora a felezési rétegvastagság? Milyen mértékben csökkenti ennek a sugárzásnak az intenzitását egy 10 cm vastagságú alumínium-fal?

Jégbefagyott mamut-tetemet találtak Szibériában. Testében a ^{14}C mennyisége 21 %-a volt csak a ma élő állatokhoz képest. (Ma élő állatokban $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$).

Milyen régi a tetem?

A radioszén felezési ideje 5730 év.

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$0,21 \cdot A_0 = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

$$t = -\frac{T_{1/2}}{0,693} \ln 0,21 = -\frac{5730 \text{ év}}{0,693} \ln 0,21$$