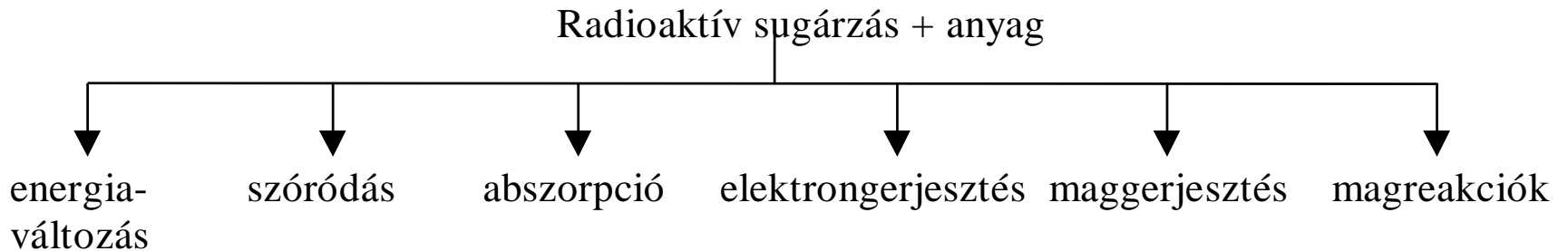


# Sugárzások és anyag kölcsonhatása

# Az anyaggal kölcsönhatásba lépő részecskék

Töltött részecskék		Semleges részecskék	
Nehéz	Könnyű	Nehéz	Könnyű
$\alpha$	$\beta^-$	n	$\gamma$
T	$\beta^+$		$\nu$
D			
p			



# Kölcsönhatások kinetikája

$$v = \sigma(E)n\rho x$$

$v$  kölcsönhatások száma                       $\sigma(E)$  hatáskeresztmetszet  
sugárzás:  $n$  részecskék száma vagy fluxusa  
anyag:  $x$  út vagy rétegvastagság,  $\rho$  sűrűség

$$\frac{dn}{dx} = -\sigma(E)n\rho$$

$x=0$ , akkor  $n=n_0$ :

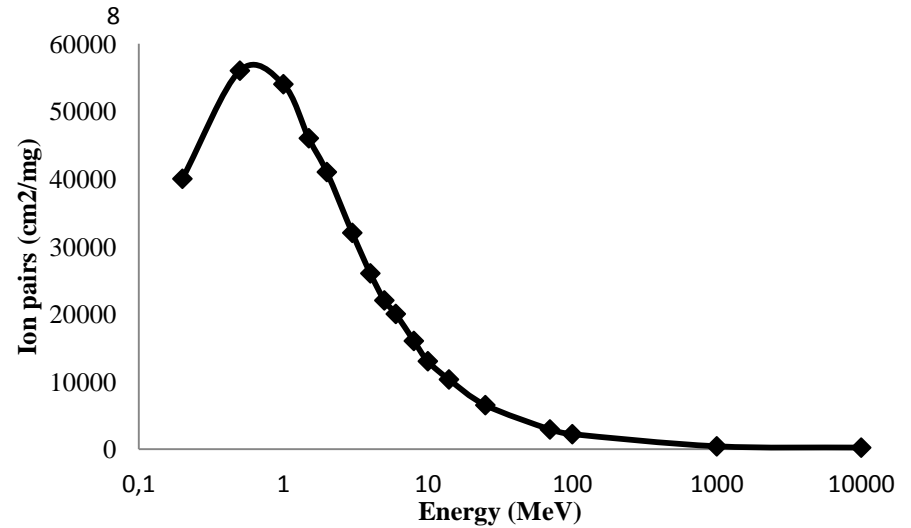
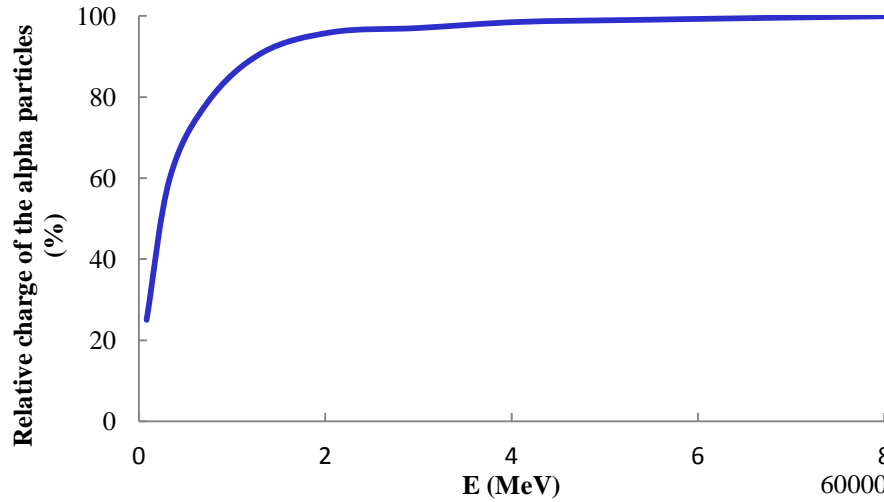
$$n = n_0 e^{-\sigma(E)\rho x}$$

$$n_0 - n = n_0 \left[ 1 - \exp^{(-\sigma(E)\rho x)} \right]$$

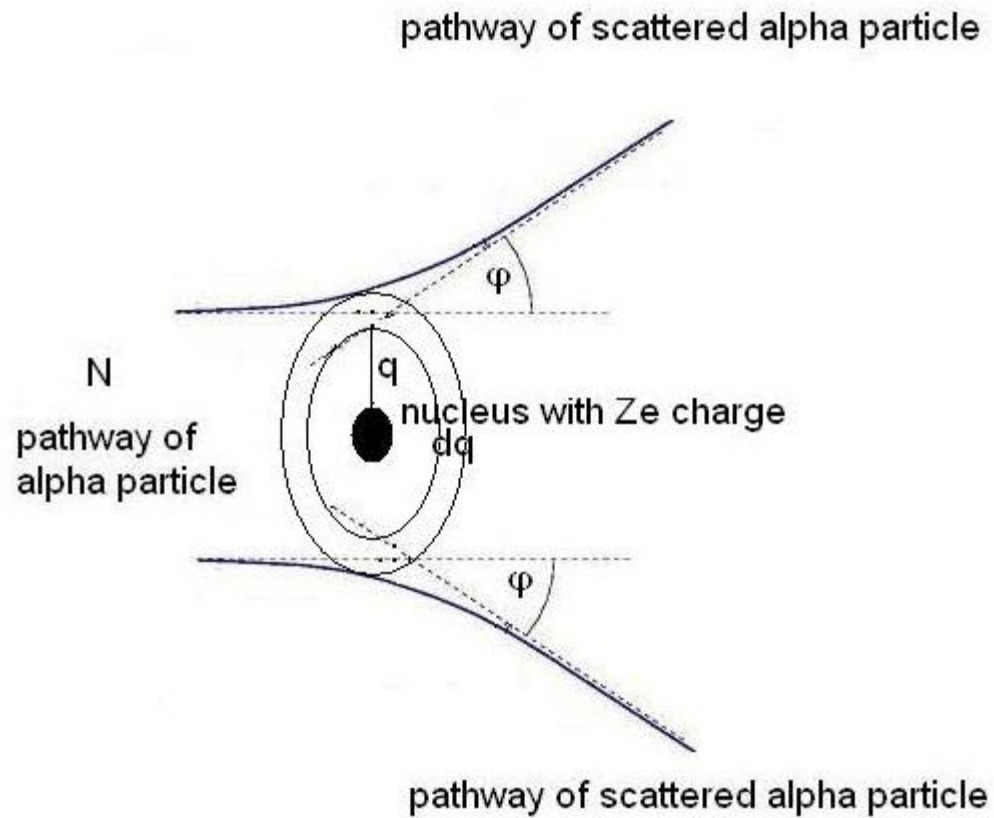
# Az $\alpha$ -részecskék kölcsönhatása az anyaggal

A kölcsönhatásban résztvevő anyagrész	A bekövetkezett változás	
	sugárzásban	anyagban
Héjelektron	fékeződés, abszorpció	gerjesztés, ionizáció, kémiai változás
Az atommag erőtere	szóródás, fékeződés, abszorpció	
Az atommag	magreakció	új atommag, kémiai változás

# Alfa-részecskék energia-átadása



# Alfa-részecskék szóródása



# Alfa-részecskék visszaszóródása

$$N_{\phi} = \frac{NndZ^2e^4}{\sin^4 \frac{\phi}{2} m_{\alpha}^2 v_{\alpha}^4}$$

$N_{\phi}$  a  $\phi$  szög alatt szóródó alfa-részecskék száma

$N$  beeső alfa-részecskék száma

$n$  a visszaszóró közeg egységnyi térfogatában levő részecskék száma

$d$  a visszaszóró közeg vastagsága

$Z$  a közegben levő atommagok rendszáma

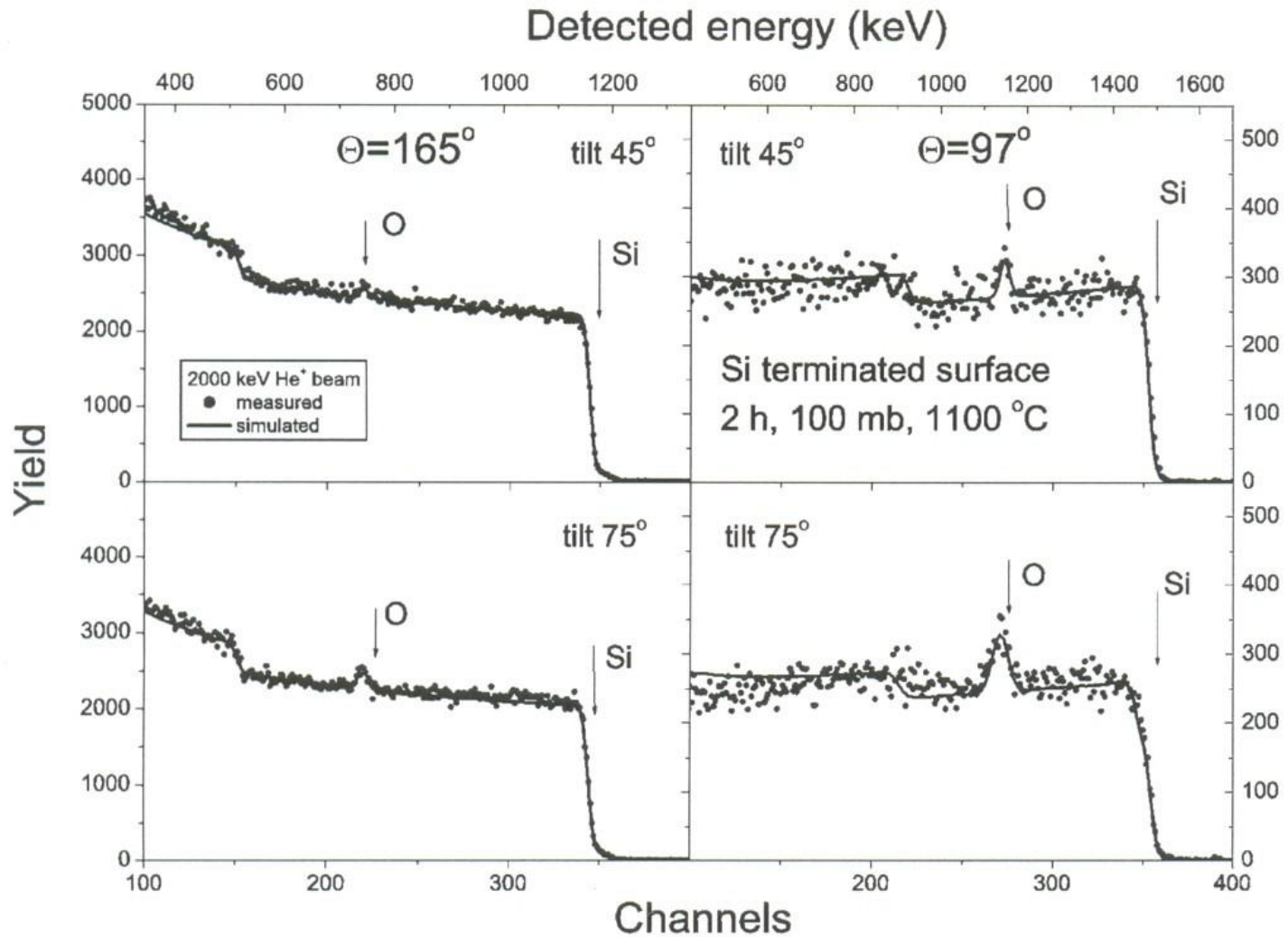
$e$  az elemi töltés

$r$  a visszaszóró közegtől való távolság

$m_{\alpha}$  az alfa-részecske tömege

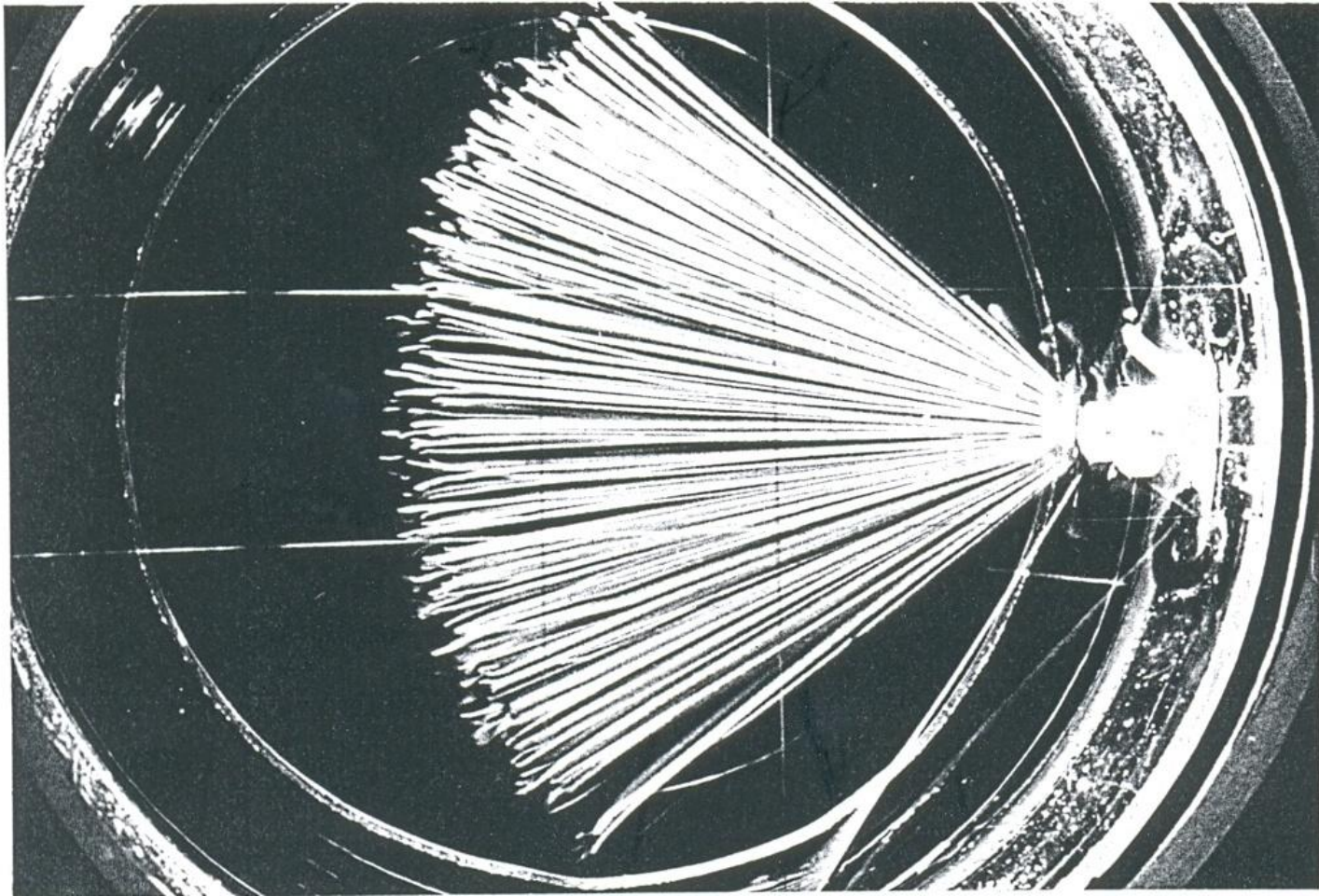
$v_0$  az alfa-részecske kezdeti sebessége

# Rutherford-szórás





# Alfa-részecskék pályanyoma



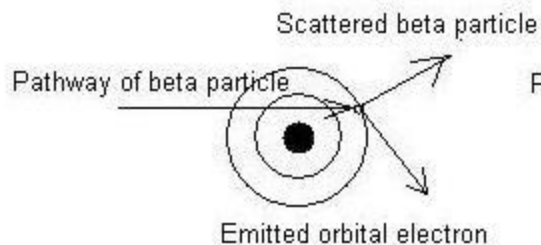
# A béta-részecskék kölcsönhatása az anyaggal

A kölcsönhatásban résztvevő anyagi rész	A bekövetkezett változás	
	a sugárzásban	az anyagban
Héjelektronok	fékeződés, szóródás, abszorpció	gerjesztés, ionizáció, kémiai változás
Az atommag erőtere	fékeződés, szóródás, abszorpció	
Atommag	Nem lépnek kölcsönhatásba	

# $\beta$ -sugarak abszorpciója

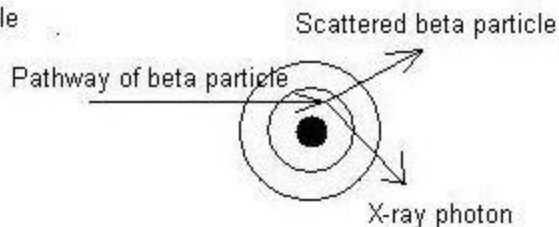
Interaction with orbital electrons

Ionization

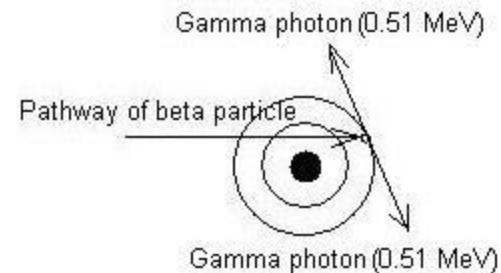


Interaction with the nuclear field

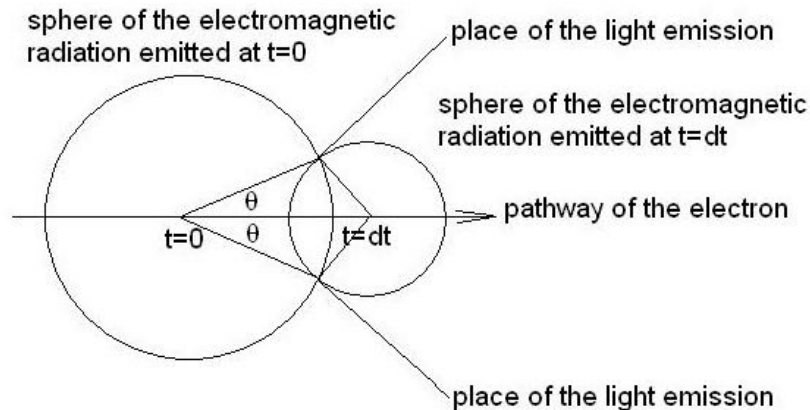
Bremsstrahlung  
continuous X-ray



Annihilation



Interaction with the molecules of matter  
Cherenkov radiation



# $\beta$ -sugarak abszorpciója

$$I = I_0 e^{-\mu(E)l}$$

$I_0$  és  $I$  a  $\beta$ -sugárzás intenzitása az abszorbensbe való belépés előtt, ill. a  $l$  vastagságú abszorbens rétegen való áthaladás után

$\mu(E)$  az lineáris abszorpciók együttható ( $\text{mm}^{-1}$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{m}^{-1}$ ).

$$I = I_0 e^{-\frac{\mu(E)}{\rho} \frac{m}{l^* f}} = I_0 e^{-\mu d}$$

$\mu$  a tömegabszorpciók együttható (felület/tömeg)

$d=m/f$  a felületi sűrűség.

$Z < 13$

$$\mu = \frac{35Z}{M_a E_{\beta \max}^{1,14}}$$

$Z > 13$

$$\mu = \frac{7,7Z^{0,31}}{E_{\beta \max}^{1,14}}$$

Vegyületek tömegabszorpciók együtthatója: az elemösszetevők tömeg-törtjükkel súlyozott elemi tömegabszorpciók együtthatókból tevődik össze:

$$\mu = \sum_{i \rightarrow 1}^n w_i \mu_i$$

Felezési rétegvastagság:

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

$I_0$  beeső intenzitás

Az  $x$  mélységben levő  $dx$  vastagságú felületelemre:

$$dI_x = I_0 e^{-\mu x}$$

intenzitású nyáláb érkezik az abszorpció miatt.

$\nu$  az egységnyi vastagságú felületelemre érkező  $\beta$ -részecskéknek az a hányada, mely visszaszóródást, akkor a  $dx$  vastagságú felületelemre visszaszórt intenzitás:

$$dI_x \nu dx = \nu I_0 e^{-\mu x} dx$$

A visszaszórt sugárzás " $x$ " vastagságú rétegen áthaladva ismét adszorpciót szenved és az  $F$  felületre már csak

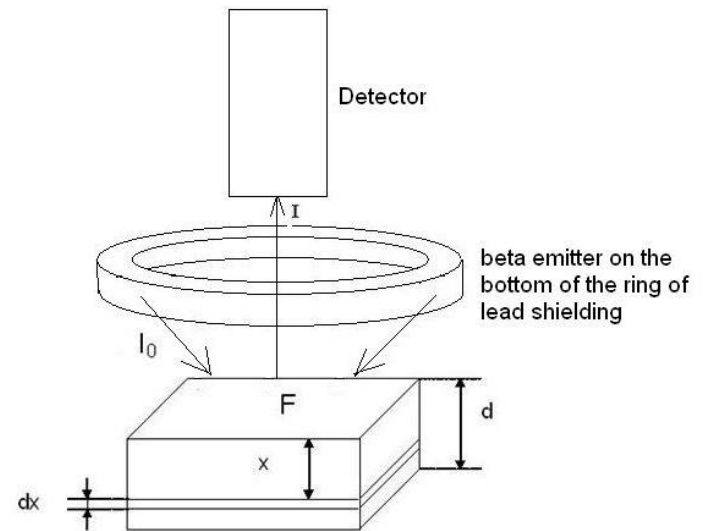
$$dI = \nu I_0 e^{-2\mu x} dx$$

intenzitású sugárnyaláb lép ki.

A teljes mintavastagságról visszaszórt intenzitás:

$$I = \int_0^d dI = \frac{\nu}{2\mu} I_0 [1 - e^{-2\mu d}]$$

## Béta-sugárzás visszaszórása



$$R = \frac{I_{\infty}}{I_0} = \frac{\text{A vizsgálandó anyag végtelen vastag rétegéről visszaszóródó elektronok száma}}{\text{a vizsgálandó anyagra beeső összes elektronok száma}}$$

$$R = aZ + b \quad Z_H = -7,434$$

Periódus	Z	a	b	R
II.	2-10	1,2311	-2,157	0,3-10,2
III.	10-18	0,96731	0,476	10,2-17,9
IV.	18-36	0,68582	5,556	17,9-30,3
V.	36-54	0,34988	17,664	30,3-36,6
VI.	54-86	0,26225	22,396	36,6-45

$$I_{\infty, \omega} = k_1 Z^{k_2}$$

$$k_1 = \frac{0,0415 I_{\infty, \omega}}{2\pi}$$

$$k_2 = 2/3$$

Vegyületek átlagrendszáma

$$\bar{Z} = \frac{n_i A_i Z_i}{n_i A_i}$$

# Gamma-sugárzás és anyag kölcsönhatása

A kölcsönhatásba lépő anyagi rész	Abszorpció	Szóródás	
		Rugalmas	Rugalmatlan
Héjelektronok	Fotoeffektus $\sigma \sim Z^4$	Rayleigh-szóródás $\sigma \sim Z^2$	Compton-szóródás $\sigma \sim Z$
		Thomson-szóródás $\sigma \sim Z$	
A mag erőtere	Párképződés $\sigma \sim Z^2$		
Atommagok	fotomagreakciók (magfotoeffektus) $(\gamma, n); (\gamma, p)$ $\sigma \sim Z$	$(\gamma, \gamma)$ magreakció $\sigma \sim Z$	$(\gamma, \gamma')$ magreakció
	Rezonancia-abszorpció Mössbauer-spektrometria		

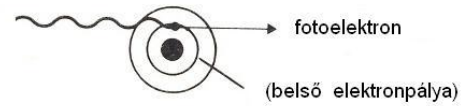
### KOHERENS SZÓRÁS

$$\sigma_{coh} \propto Z^2/E_\gamma$$



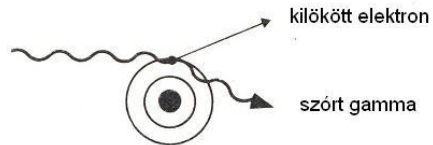
### FOTOELEKTROMOS HATÁS

$$\sigma_{phot} \propto Z^5/E_\gamma^{3.5}$$



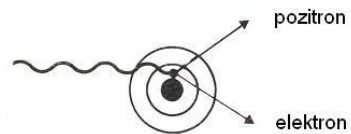
### COMPTON-EFFEKTUS

$$\sigma_{Comp} \propto Z/E_\gamma$$

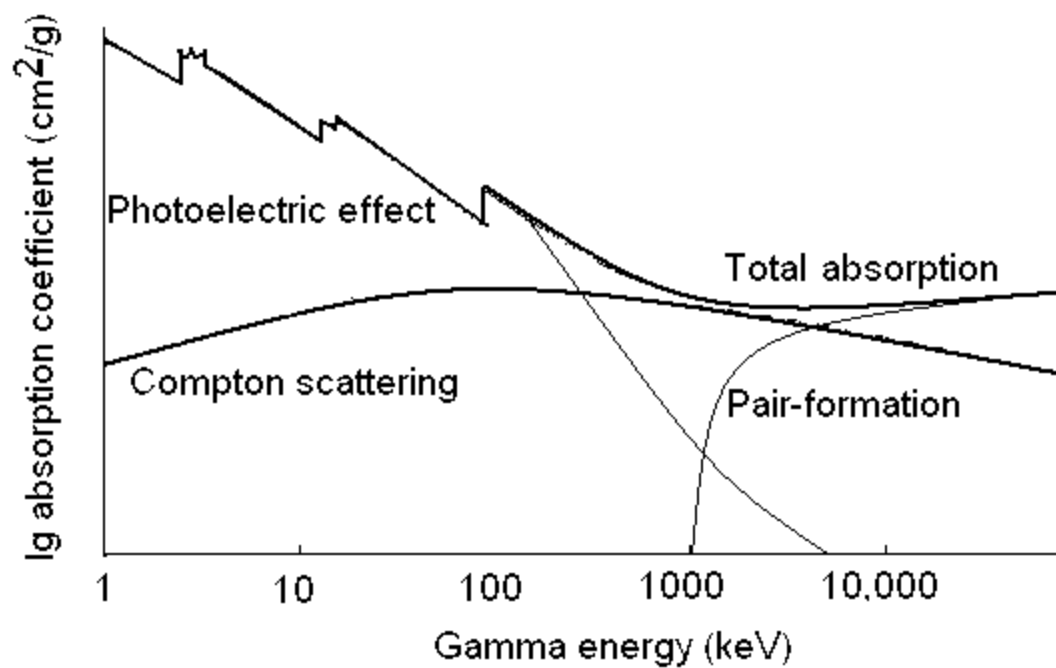


### PÁRKELTÉS

$$\sigma_{pair} \propto Z^2/E_\gamma$$







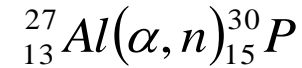
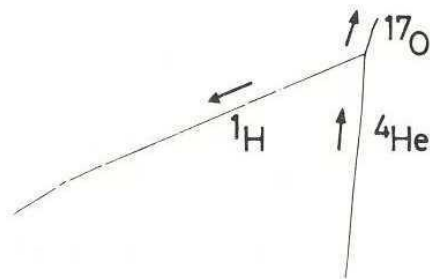
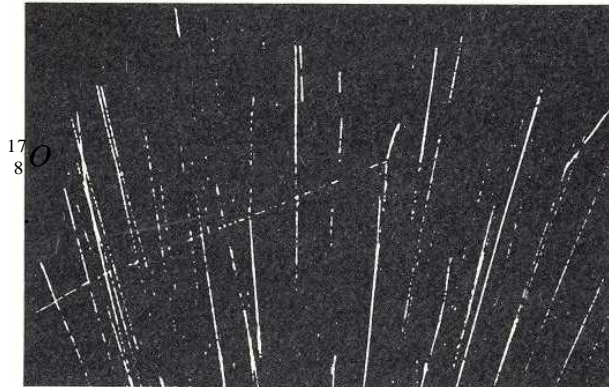
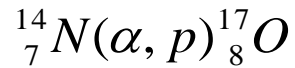
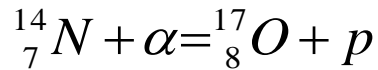
# Neutron kölcsönhatása az anyaggal

Kölcsönhatásban részt vevő anyagi rész	Változások	
	A sugárzásban	Az anyagban
Héjelektron	-	
A páratlan elektronok mágneses tere	Rugalmas szórás Rugalmatlan szórás	- Gerjesztés vagy mágneses relaxáció
Magerőtér	-	
Mag	Magreakció Rugalmas szórás Rugalmatlan szórás	Új atommag Kémiai változás chemical change - Gerjesztés vagy mágneses relaxáció

# Neutron felépítése

- A neutron és a proton kvarkokból áll:
  - Neutron: 1 up és 2 down kvark
  - Proton: 2 up és 1 down kvark
- Kvarkok:
  - up és down (töltésük  $+2/3$  ill.  $-1/3$ , tömegük  $1/3$  ATE)
  - Top és bottom
  - Strange és charme

# Magreakciók



Targetmag

Megmaradási elvek:

1. a nukleonszám
2. a töltés megmaradását.
3. a spin,
4. a paritás,
5. az impulzus,
6. az energia és tömeg együttes megmaradása.

Exoterm és endoterm magreakciók  
Coulomb-gát  
küszöbenergia

# A magreakciók kinetikája

$$\frac{dN^*}{dt} = \sigma\Phi N - \lambda N^*$$

$N^*$  a keletkező részecske

$N$  a targetmagok száma

$\Phi$  a besugárzó részecske fluxusa

$\sigma$  a hatáskeresztmetszet, 1  
barn= $10^{-24}$  cm<sup>2</sup>

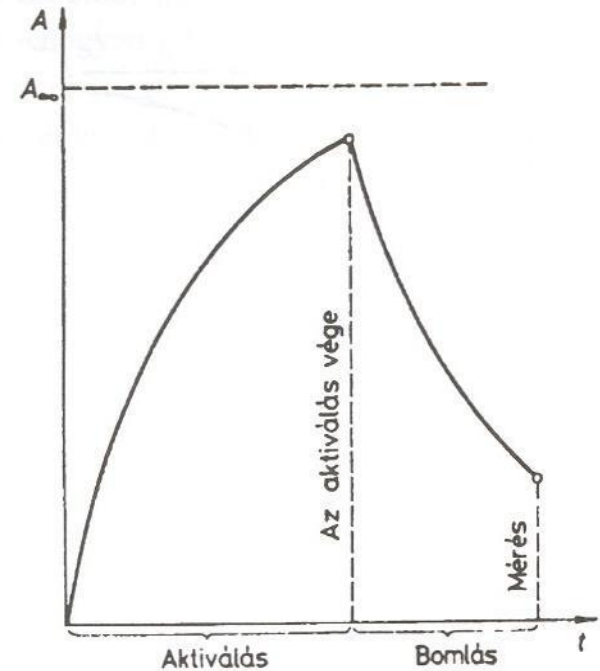
$\lambda$  a termékmag bomlási állandója

$$N^* = \frac{\sigma\Phi N}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_{besug}}) = N_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_{besug}})$$

Besugárzás megszűnte után:

$$N^* = N_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_{besug}}) e^{-\lambda t}$$

Aktivitással kifejezve:  $A^* = \lambda N^* = \lambda N_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_{besug}}) e^{-\lambda t} = A_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_{besug}}) e^{-\lambda t}$



# A magreakciók csoportosítása

	Belépő részecske	Magreakciók
Töltés nélküli részecske	neutron	$n,\gamma$ ; $n,p$ ; $n,\alpha$ ; $n,2n$ ; $n,f$ (hasadás)
	gamma-foton	$\gamma,n$ ; $\gamma,p$
Töltött részecske	proton	$p,\gamma$ ; $p,n$ ; $p,\alpha$
	deuteron	$d,n$ ; $d,p$ ; $d,\alpha$ ; $d,2n$
	alfa	$\alpha,n$ ; $\alpha,p$
	nehezebb magok	lásd transzuránok előállítása

# Z rendszámú, A tömegszámú mag keletkezése magreakciókban és radioaktív bomlással

A	A+1	A+2			
A-1					$\alpha$
Z+1		n,p EC, $\beta^+$	n,d $\gamma, p$	d, $\alpha$	
Z		n, $\gamma$ d,p	$A$ $Z$ $N$	$\gamma, n$ n,2n	
Z-1	$\alpha, p$	d, $\gamma$ $\alpha, d$	d,n	$\beta^-$ p,n d,2n	
Z-2	$\alpha, n$				
	N-2	N-1	N	N+1	N+2

