

A sugárzás biológiai hatásai

Dózisegységek

- Besugárzó dózis - C/kg
- Elnyelt dózis - J/kg=gray (Gy) $1 \text{ Gy}=100 \text{ rad}$
- Levegőben átlagos ionizációs energiája $53,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
Az elektron töltése $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, tehát 1 C töltéshez 33,7 J energia szükséges. 1 C/kg besugárzó dózis megfelel 33,7 Gy elnyelt dózishoz.
- Egyenérték (ekvivalens) dózis: a különböző sugárzástípusok eltérő biológiai hatása - sievert
(Sv)=faktor*gray $1 \text{ Sv}=100 \text{ rem}$

Faktorok: röntgensugárzás = 1

lassú neutron=3-5

gyors neutron=10

proton=10

hasadványok=20

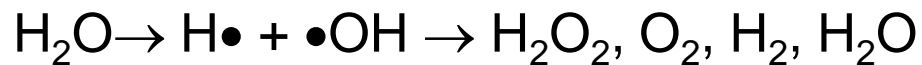
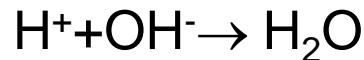
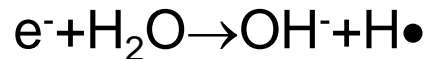
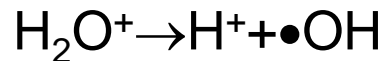
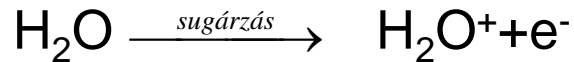
Dózisegységek

- A szövetek, szervek érzékenységének hatása eltérő: szöveti súlyfaktorok, pl.
 - Ivarszervek: 0,2
 - Csontvelő, tüdő, gyomor: 0,12
 - Bőr, csontfelszín: 0,01
 - A teljes szervezetre a súlyfaktorok összege 1, a kapott dózis az effektív dózis.
- Dózisteljesítmény - dózis/idő

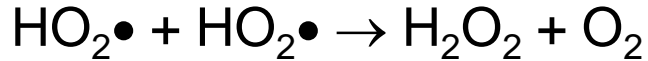
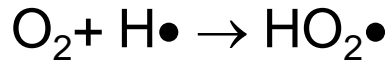
Biológiai hatás oka

- Kis energia -nagy hatás: egy-egy részecske energiája kb. 6 nagyságrenddel nagyobb, mint a kémiai kötések energiája.
- Alapvető kölcsönhatás: ionizáció - elektronok számával arányos, vagyis nagy rendszám és koncentráció esetén nagyobb

- Élő szervezetek: víz radiolízise



Oxigén jelenlétében:



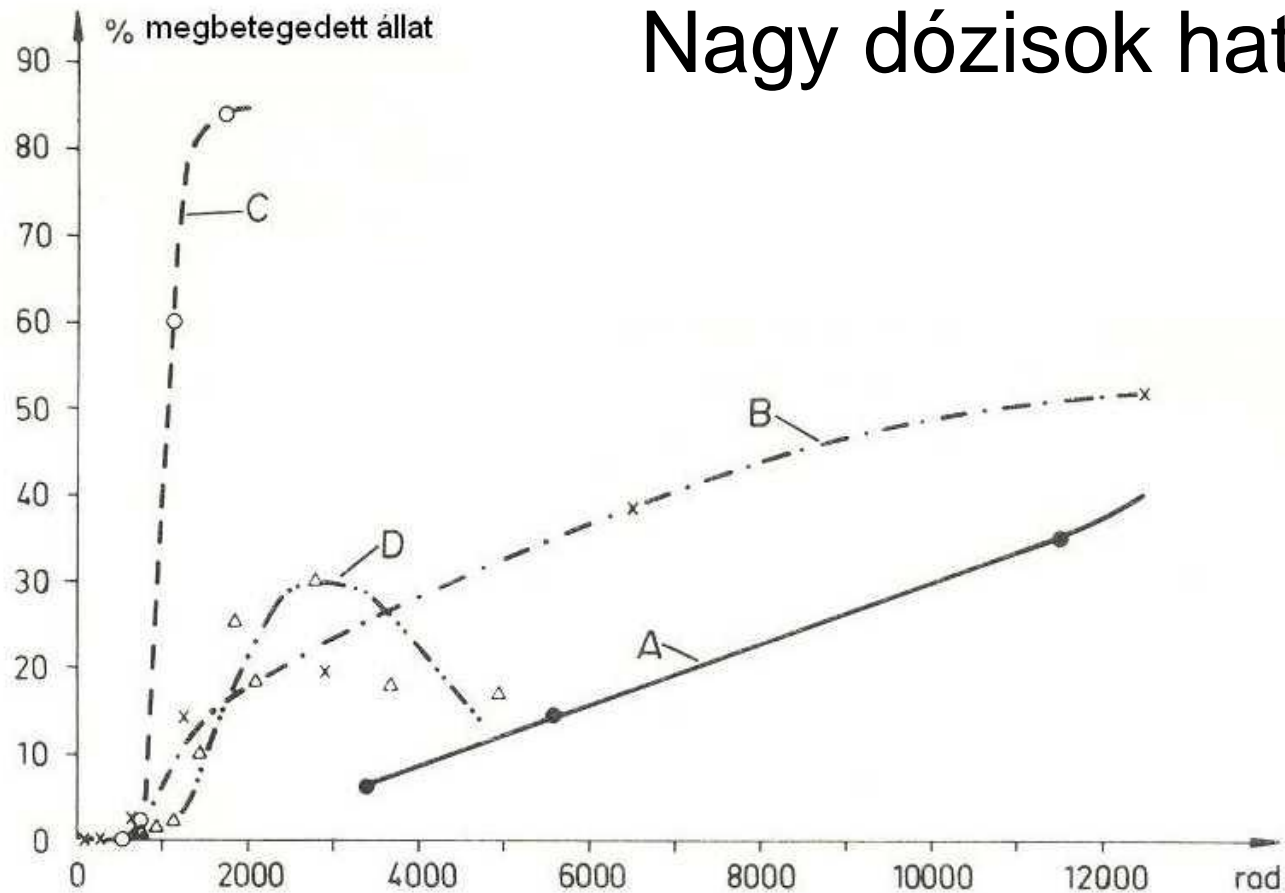
Redox és gyökképző reakciók - biológiai molekulák reakciói -funkcióvesztés
Fizikai-kémiai-biológiai reakciósor

Védőhatás: kettős kötés-rendszert tartalmazó vegyületek (A-, E-vitamin),
könnyen oxidálódó vegyületek (pl. C-vitamin), S-vegyületek, cianid

- Sejtek szövetek érzékenysége: proliferációs hatás és differenciáltsági fok
- Akut és rendszeres sugárhatás
- Szomatikus és genetikus hatások
- Sztochasztikus és determinisztikus hatások

- Determinisztikus hatás: a dózis és a hatás között egyértelmű összefüggés van. Általában rövidebb idejű nagy dózisokra jellemző. Küszöbdózist mutat.
- Sztochasztikus hatás: csak a károsodás valószínűsége adható meg. Általában hosszabb ideig tartó kis dózisok tartományában jellemző. Nem mutat küszöbdózist.

Nagy dózisok hatásai



A tumor gyakorisága a dózis függvényében.

A. Sr-90 által kiváltott csontrák nőstény egerekben.

B. Inkorporált Ra-226 által kiváltott csontrák férfiaknál.

C. Röntgensugárzás által okozott vesedaganat patkányoknál.

D. Elektronsugárzás által okozott bőrrák patkányoknál.

Akut sugárhatás

1000 Sv	azonnali halál
100 Sv	központi idegrendszer károsodása, órákon belüli halál
10 Sv	keringési zavarok, napokon belüli halál
1 Sv	sugárbetegség

Rendszeres sugárhatás

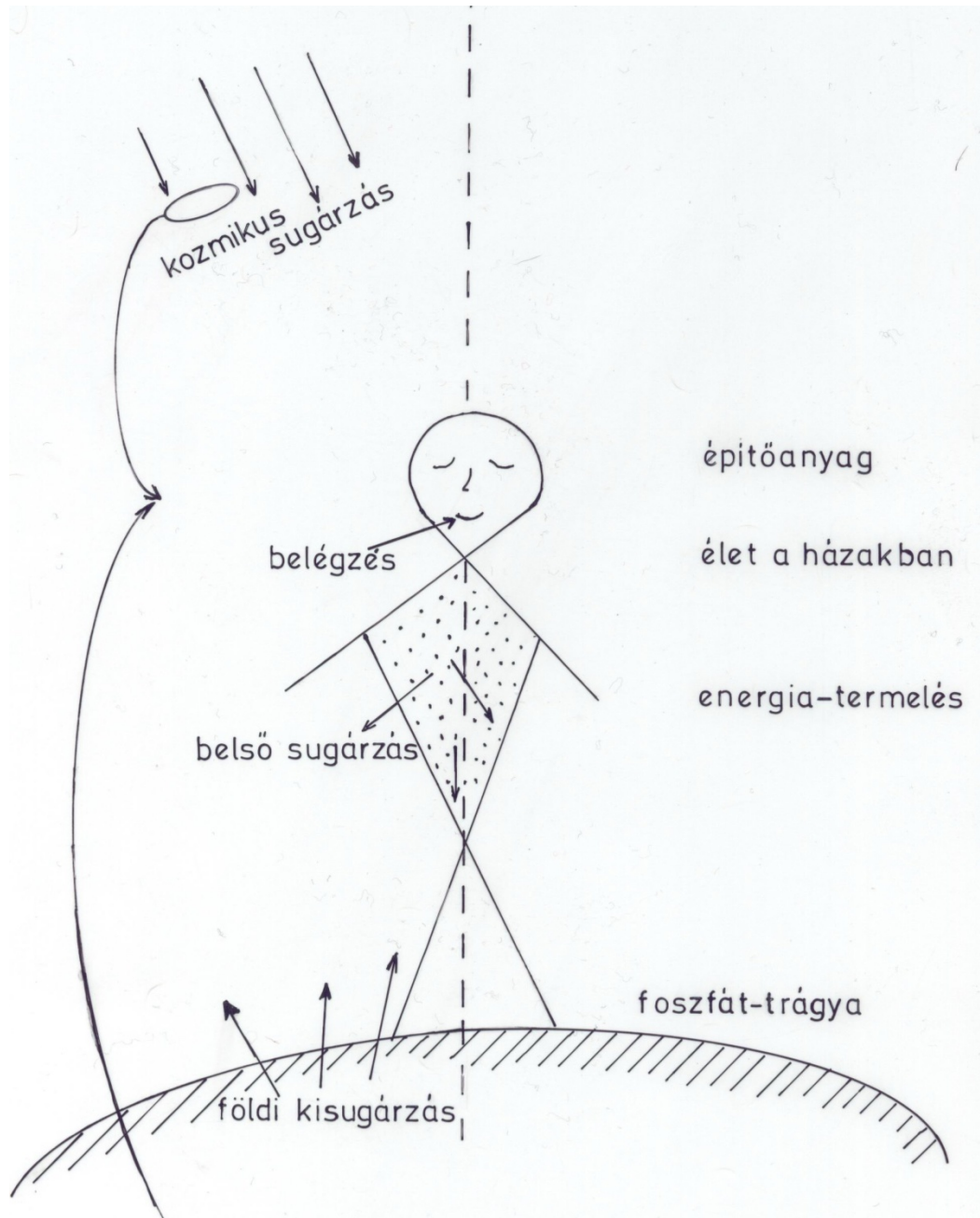
0,01 Sv/nap	3-6 hónap után gyengeség, 3-6 év után halál
0,001 Sv/nap	a tünetek csak évek múlva jelentkeznek

Kis dózisok hatásai

- Sztochasztikus
 - lineáris
 - szublineáris, küszöbdózissal
 - Szupralineáris
 - Hormézis???
 - Gyökök sok egyéb folyamatban keletkeznek, ezek elfedik egymás hatását

Sugárvédelmi szabályozás

- A radioaktív anyag alkalmazása járjon nagyobb haszonnal, mint az egészségügyi kockázat
- A sugárzás mértékének csökkentése: As Low As Reasonably Achievable (ALARA)
- Dóziskorlátok
 - Lakossági: 1 mSv/year
 - Foglalkozási: 100 mSv/5 év, de csak egy évben érheti el az 50 mSv/évet.
 - Egészségügyi besugárzások



Radioaktív izotópok a természetben

Eredet	Radioactive isotope
Természetes bomlási sorok	Anyaelemek: ^{235}U , ^{238}U , and ^{232}Th Hosszabb életű leányelemek és azok leányelemei: ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Bi és ^{210}Po , ^{222}Rn , ^{220}Rn
Természetes primordiális izotópok	^{40}K , ^{50}V , ^{87}Rb
A kozmikus sugárzás hatására folyamatosan keletkező izotópok	^3H , $^7,^{10}\text{Be}$, ^{14}C
Mesterséges: atomerőművek üzemszerű kibocsátásai	T, ^{14}C , ^{85}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe , I-izotópok
Mesterséges: nukleáris robbantások és balesetek	^{14}C , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Nb , ^{106}Ru , ^{106}Rh , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{144}Ce , ^{144}Pr és Pu-izotópok

Forrás	mSv/év		
	külső	belső	összes
Kozmikus sugárzás			
töltött tézsecskék	0.28		0.38
neutronok	0.10		
Kozmogén radionuklidok, pl. ¹⁴C			
		0.015	0.015
Primordiális radionuklidok			
⁴⁰ K	0.12	0.18	0.30
⁸⁷ Rb		0.06	0.06
²³⁸ U és leányelemei	0.1	0.12	
²³² Th és leányelemei	0.14		0.14
²²² Rn és leányelemei		1.1	1.1
²²⁰ Rn és leányelemei		0.1	0.1
Természetes háttér dózisa			
	0.74	1.58	2.36
Természetes, de emberi tevékenységet igénylő dózis			
Szénerőművek			1.8
Repülőutak			
Földgáz (²²² Rn)			
Építőanyagok (²²² Rn)			
Mesterséges			
Diagnosztikai orvosi besugárzások			0.45
Kihullások			0.04

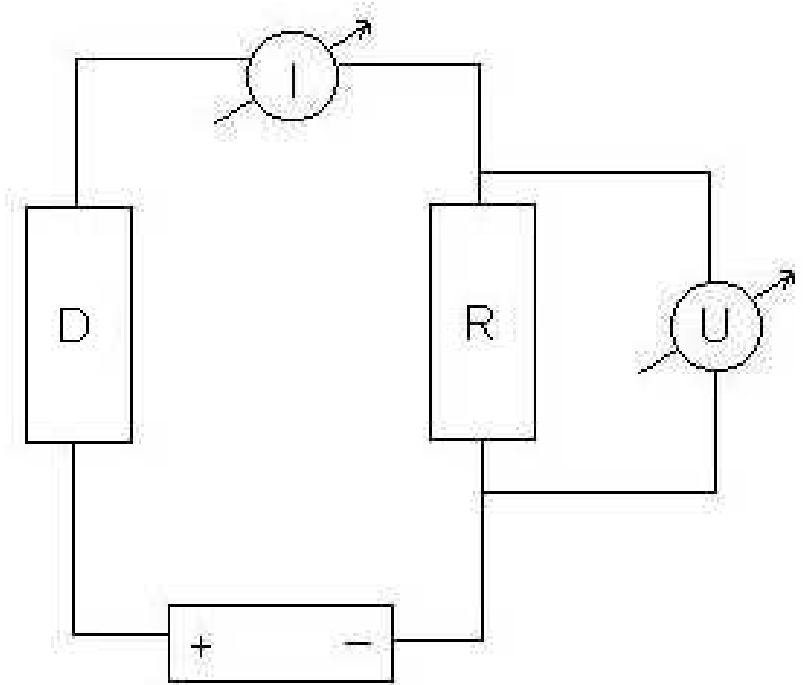
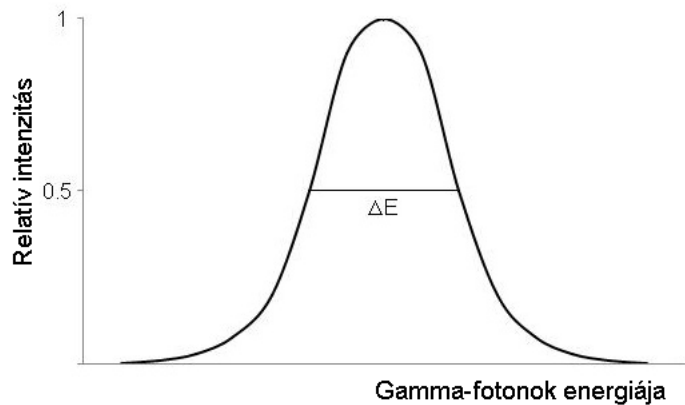
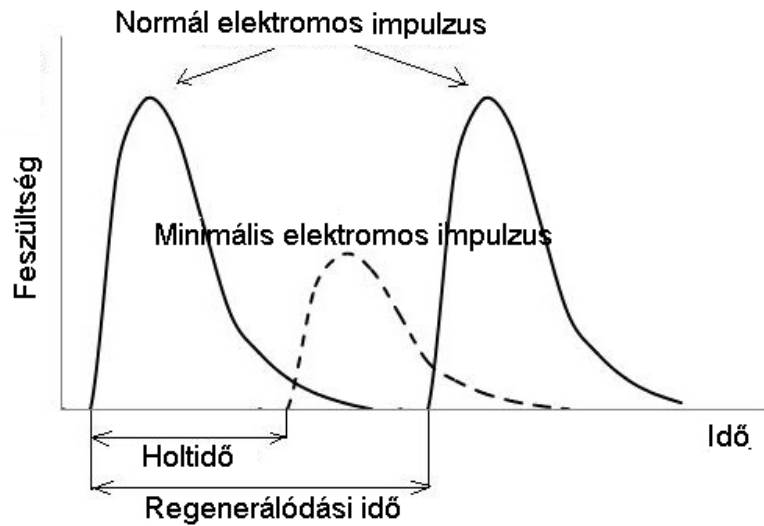
A radioaktív sugárzás mérése

- Minőségi elemzés: sugárzás fajtája, energiája, energia-eloszlása
- Mennyiségi elemzés: aktivitás, intenzitás
- Alapvető kölcsönhatások:
 - ionizáció, elektromos tulajdonságok megváltozása
 - gerjesztés-fénykibocsátás
 - kémiai átalakulás
 - hőhatás
 - magreakció
- Detektor+jelfeldolgozó

Detektorok tulajdonságai

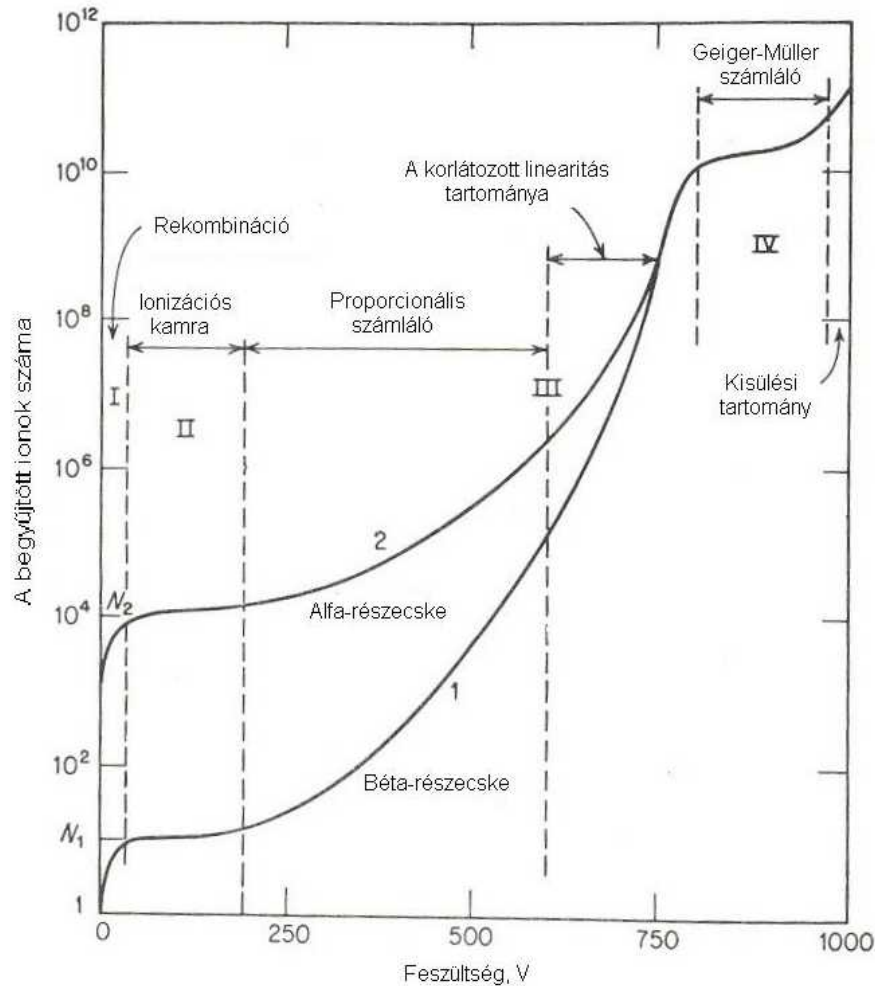
- A részecske típusa (vagy energiája)
- Holtidő
- Jel/zaj viszony
- A jelek amplitúdója arányos-e az energiával
- A jelek feldolgozási lehetőségei – a legfontosabb detektortípusoknál elektromos jeleket kapunk. A különböző amplitúdójú impulzusokat csatornákra oszthatjuk.
- Felbontóképesség
- Félérték-szélesség
- Mérési határfok

Detektorok



D detektor, R munkaellenállás
 Nincs sugárzás: D ellenállása $\rightarrow \infty$
 $U = R \cdot I$ $I \rightarrow 0$ $U \rightarrow 0$
 Sugárzás: D ellenállása lecsökken
 I növekszik \rightarrow U növekszik

Gázionizációs detektorok



Mérhető: alfa, béta

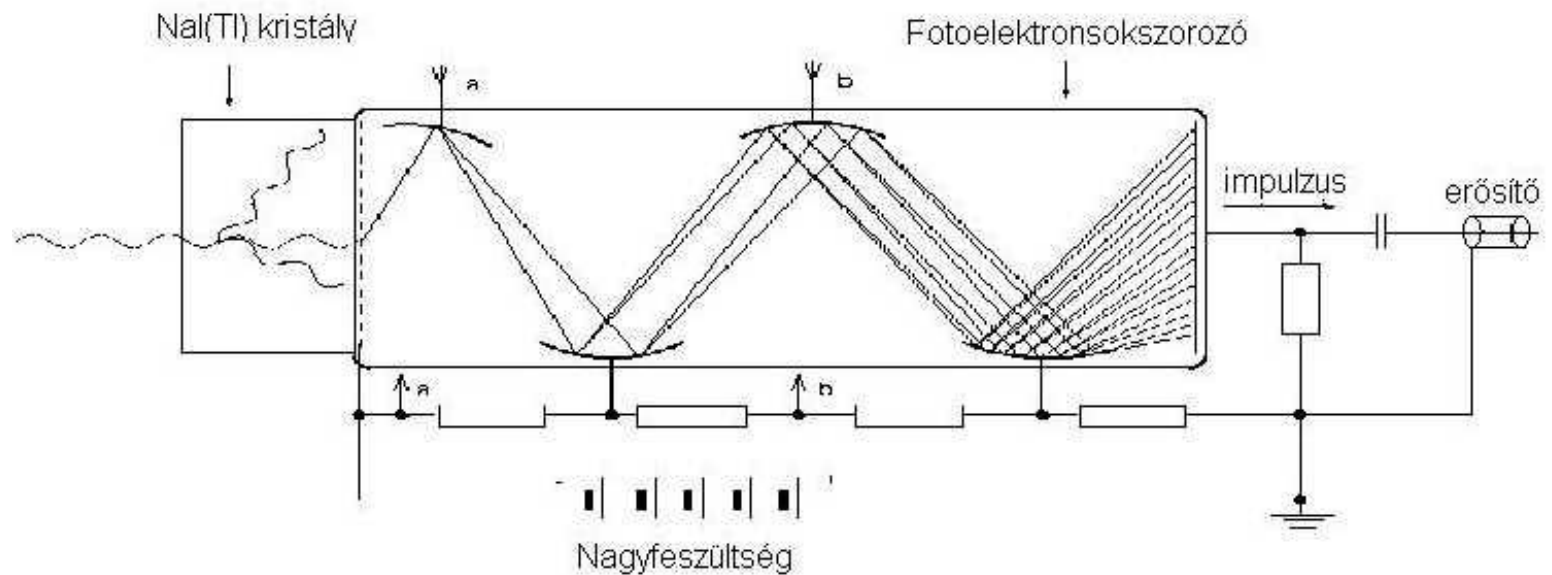
Holtidő: 10^{-6} min

Energiamérésre alkalmas-
ionizációs kamra és
proporcionális számláló
GM-cső: energiamérésre
nem alkalmas

Szcintillációs detektorok

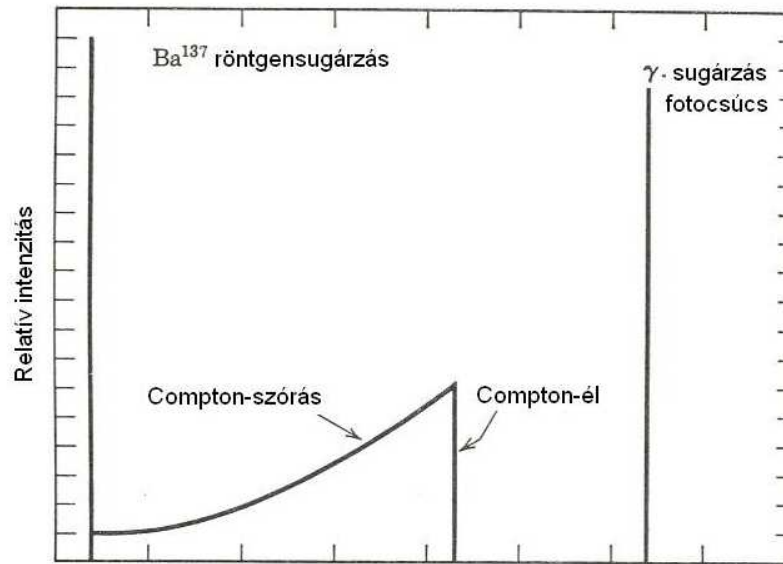
ZnS, CsI, NaI(Tl), konjugált kettős kötéseket tartalmazó szerves anyagok

Holtidő: 10^{-8} min

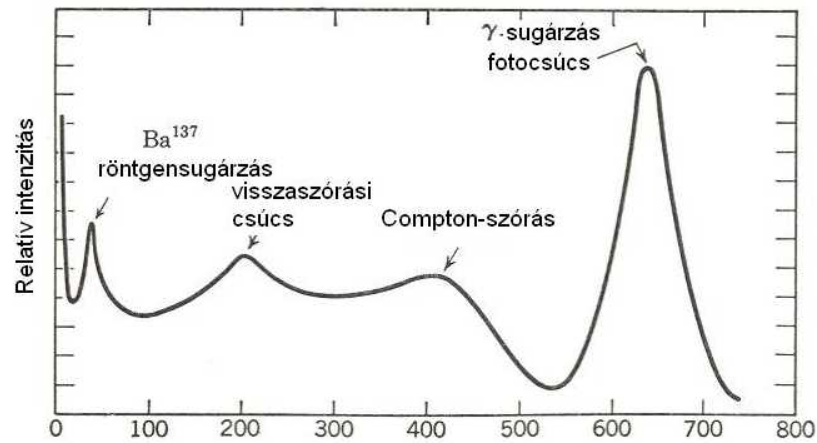


- Mérhető: alfa- béta, gamma - nem ugyanazzal
 - ZnS: vékony kristály készíthető egykristály nem - alfa, de E nem mérhető
 - NaI(Tl), CsI: nagy méretű egykristály készíthető-
gamma,
fényintenzitás arányos az energiával -energiamérés is lehetséges
 - Szerves anyagok - béta
- folyadékszintillációs mérés technika

Szcintillációs gamma-spektroszkópia



a



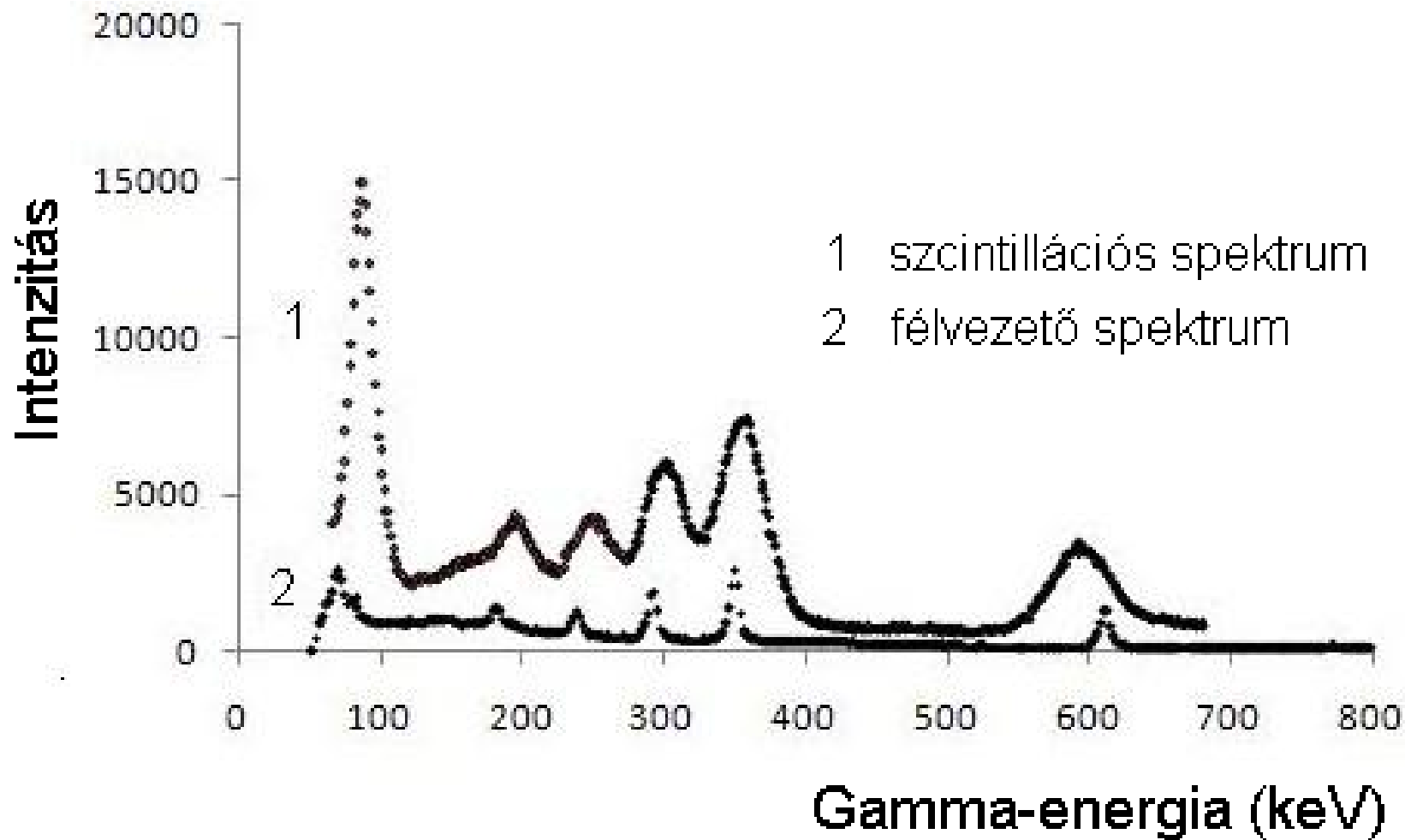
b

Folyadékszcintillációs mérés technika

- Oldószer: alkil benzolok, aromás éterek (toluol, xilol, anizol, dioxán).
- Primer szcintillátor: difenil-oxazolok, p-terfenil, PPO (2,5-difenil-oxazol).
- Szekunder szcintillátor: leggyakoribb a POPOP (1,4-di-(2,5-feniloxazolil))-benzol, mennyisége kb. tizede a primer szcintillátornak - szükségességét a fotokatód érzékeny hullámhossz-tartománya (kb. 420 μm) szabja meg
- Mérendő vegyület: ha ez csak vízben oldódik, akkor vagy alkoholt adunk a toluolos szcintillátorhoz, vagy dioxánt használunk oldószerként, esetleg szuszpenzió vagy emulzió formában mérjük a vízben oldott radioaktív vegyületet.

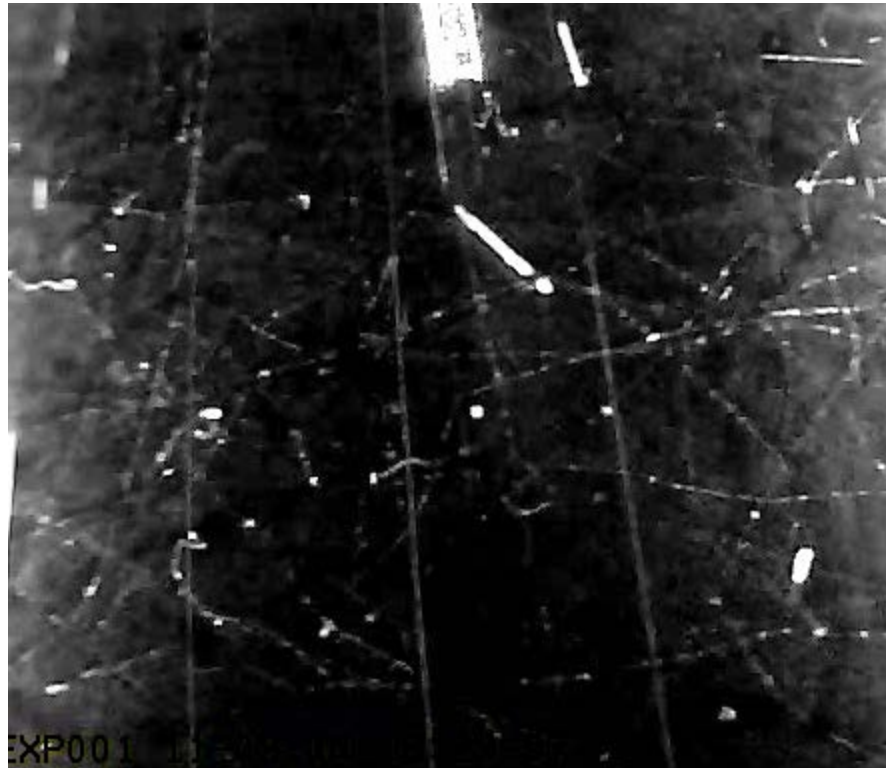
Félvezető detektorok

- Szilárd testek sávelemélete
- Ge, GeLi - gamma-sugárzás, SiLi detektorok - röntgensugárzás
- Szilárd ionizációs kamra
- Primer elektronok keltésének energiaszükséglete:
 - proporciónális számláló: néhány tíz eV
 - szcintillációs detektor: néhány száz eV
 - félvezető detektor néhány eV
- Előnyök a szcintillációs detektorhoz képest:
 - nagy energiafelbontás
 - nagy mechanikai stabilitás
 - kisebb tápfeszültség
- Hátrányok a szcintillációs detektorhoz képest :
 - hatásfok nagyságrenddel kisebb
 - jó elektromos erősítés szükséges
 - hűteni kell



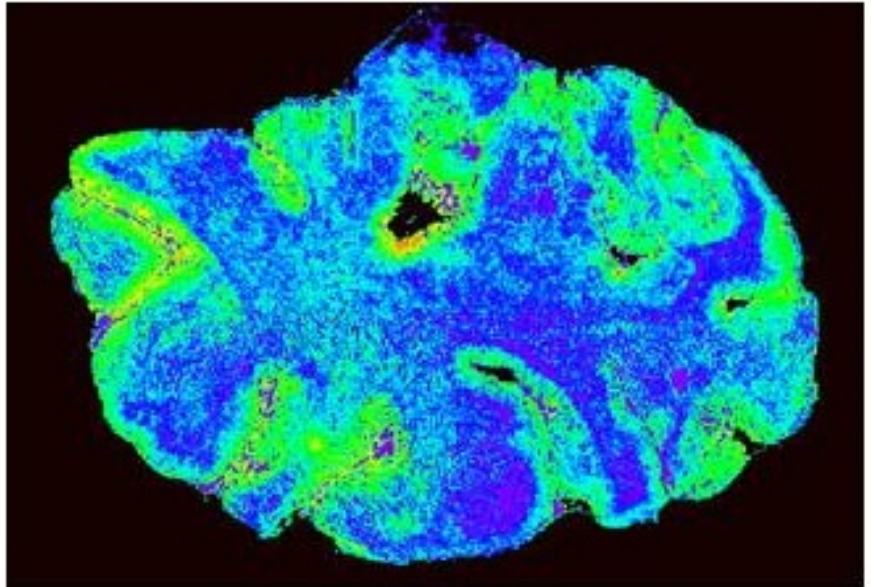
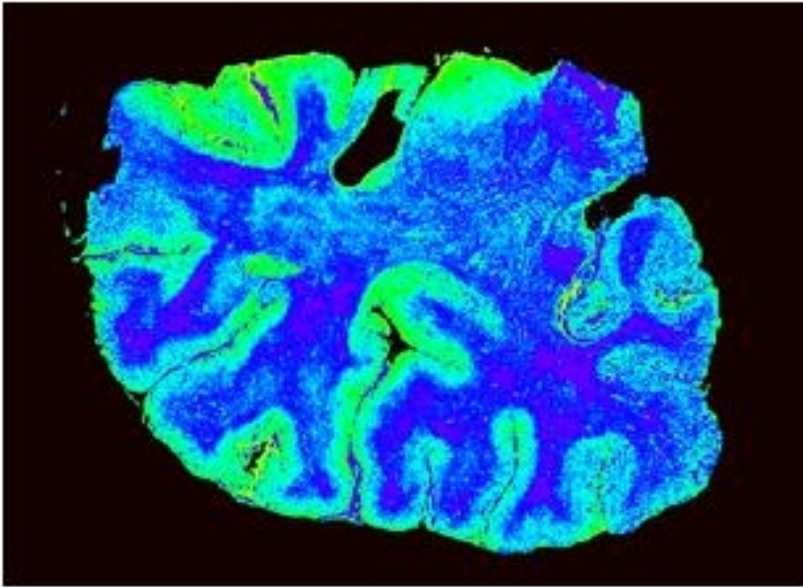
Egyéb detektorok

- Ködkamra, buborékkamra



Egyéb detektorok

- Autoradiográfia



Egyéb detektorok

- Sugárhatáskémiai detektorok
 - szilárdtest nyomdetektorok



Egyéb detektorok

- Sugárhatáskémiai detektorok

- Termolumineszcens detektorok: szobahőmérsékleten tárolják a nukleáris sugárzás által leadott energiát, 200-300 °C-on ezt fénykibocsátás formájában leadják. Például: diszpróziummal adalékolt kalcium-szulfát és lítium-fluorid.

- Magreakciók alapján működő detektorok

- pl. neutron mérése
- $\text{BF}_3 + n \rightarrow {}^8\text{B} \rightarrow \text{gamma-fotonok}$
- ${}^6\text{Li} + n \rightarrow \alpha + \text{T}$