

Ionizáló sugárzások dozimetriája-2: dózismérés, sugárvédelem

2021-03-26
Károly Liliom

Sugárterápia

Determinisztikus hatások **kiváltása**. (pl. Daganatsejtek elpusztítása.) Stochasztikus mellékhatások lehetnek.

Sugárvédelem

Determinisztikus hatások **kizárása**.
Stochasztikus mellékhatások valószínűségének csökkentése.

A becsült átlagos évi dózis természetes és mesterséges forrásokból
3.6 mSv.

környezeti



foglalkozási

katonai

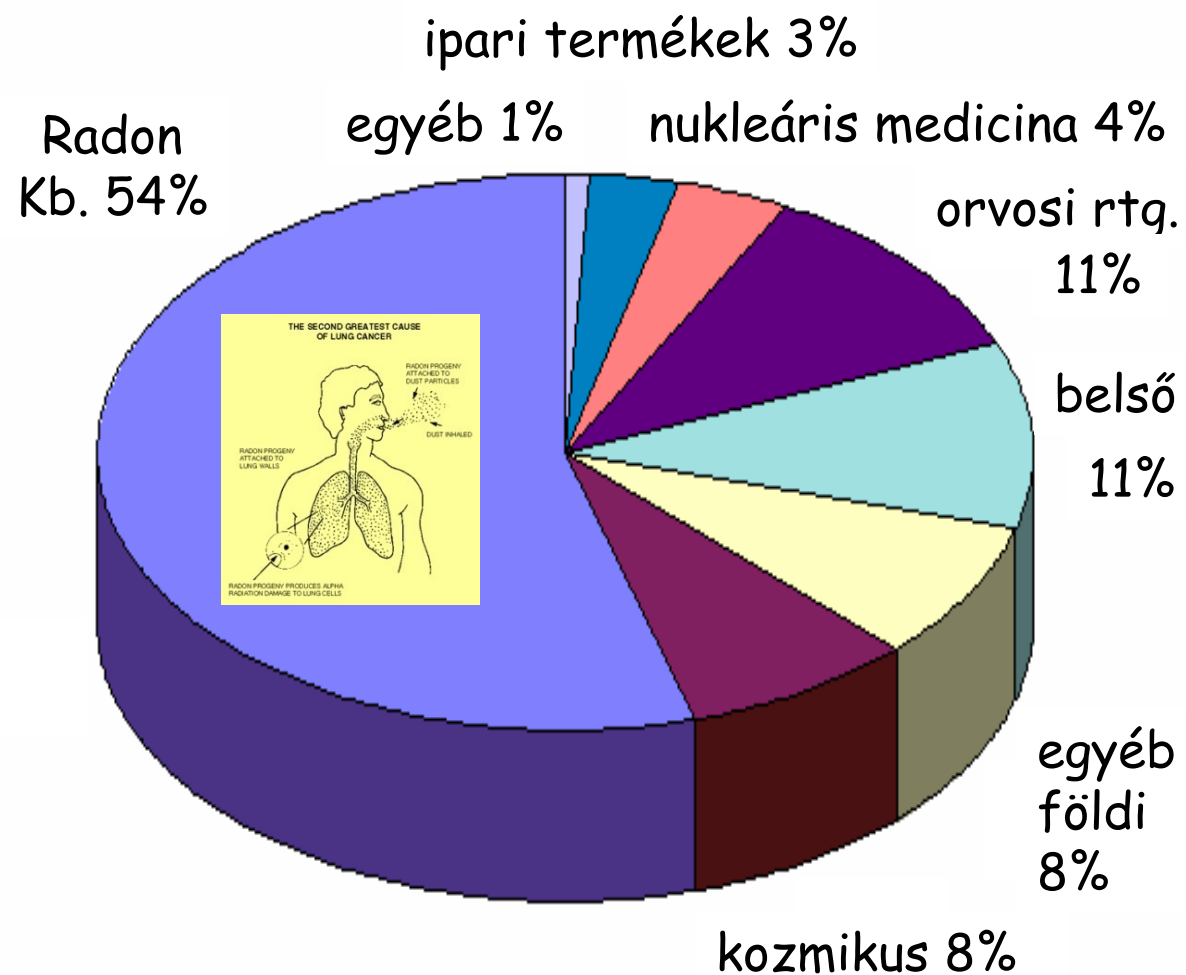
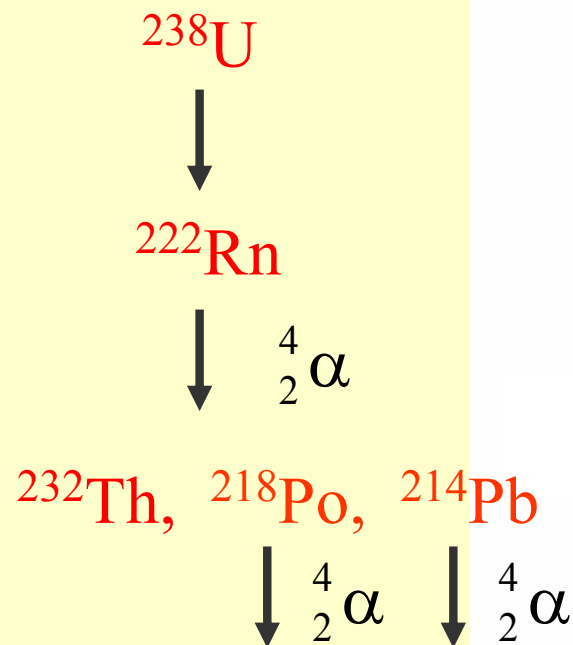


orvosi

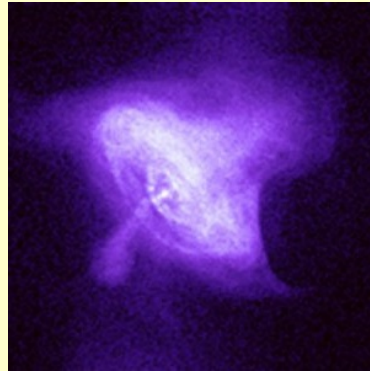


nukleáris ipari

A terhelés megoszlása a források között



Sources of natural background



cosmic radiation
 $\sim 0,4 \text{ mSv/year}$

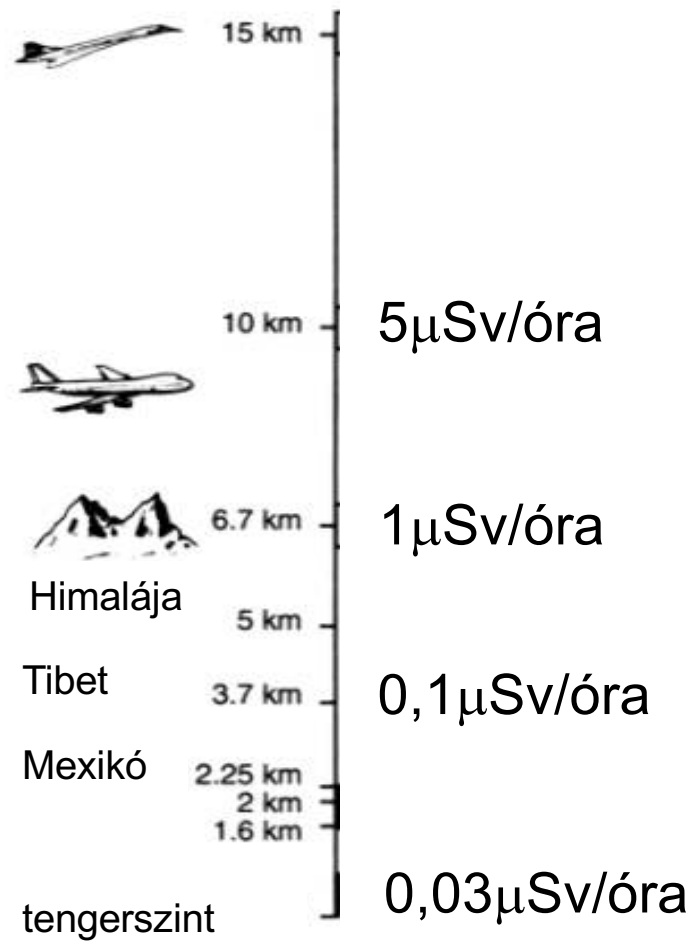


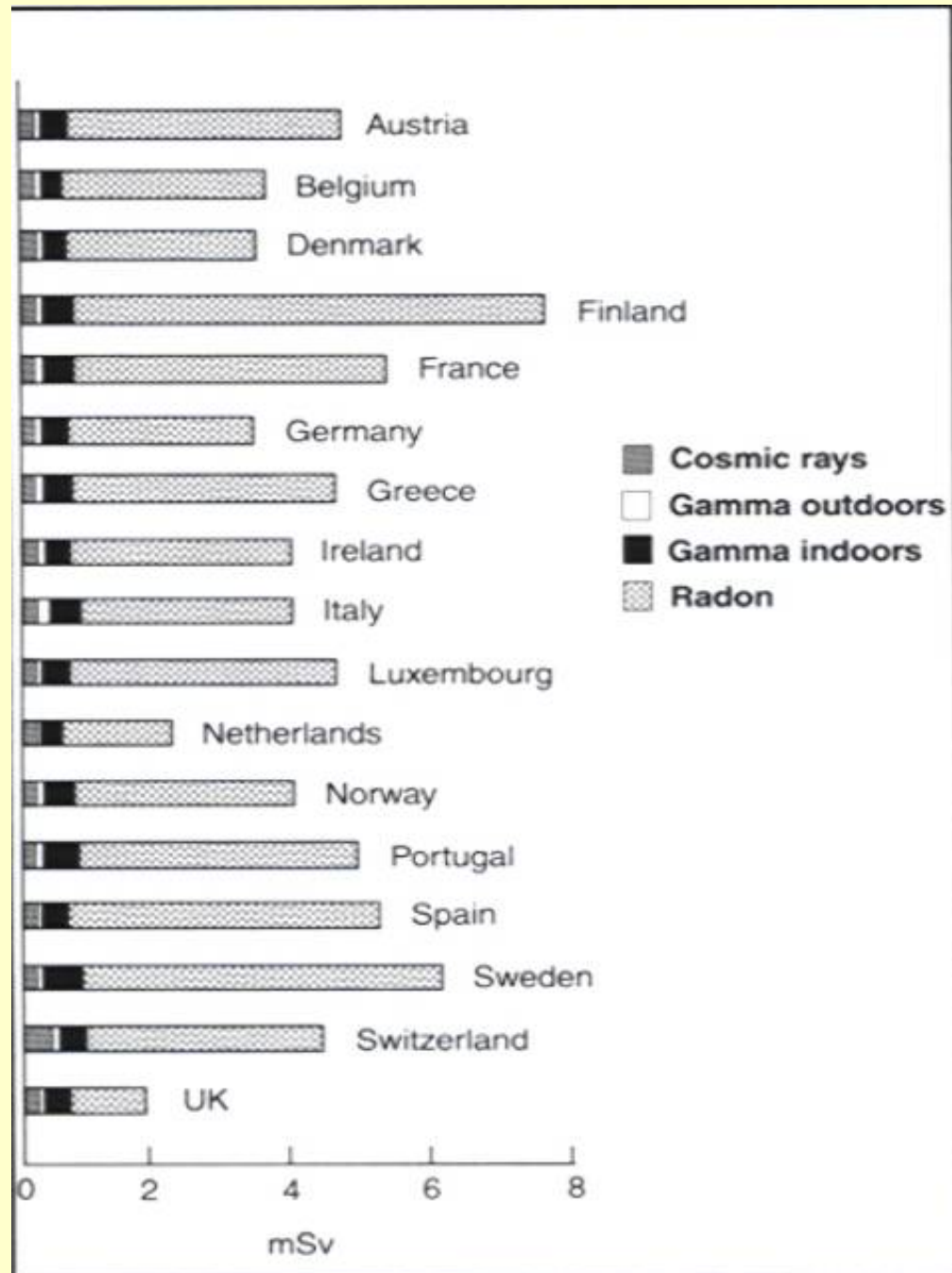
radon: cc. $1,8 \text{ mSv/year}$



potassium: cc $0,1 \text{ mSv/year}$

A kozmikus sugárzásból származó
dózisteljesítmény változása a
tengerszint feletti magassággal





Distribution of naturally occurring background levels of radiation in Europe

The highest known level of background radiation is in Kerala and Madras States in India where a population of over 100,000 people receive an annual dose rate which averages 13 millisieverts.

Kockázati tényezők összehasonlítása

a várható átlagos élettartam csökkenése napokban

házastárs nélküli élet (férfiaknak)	3500
dohányzás (1 csomag naponta)	2250
házastárs nélküli élet (nőknek)	1600
szénbányász munkakör	1100
25% túlsúly	777
alkoholizmus	365
építőmunklás munkakör	227
közlekedés motorkerékpárral	207
1 mSv/év effektív dózis 70 éven át	10
kávézás	6

Sugárvédelem

A sugárvédelem célkitűzései:

biztosítani, hogy az ionizáló sugárzás alkalmazásával kapcsolatban determinisztikus hatások ne léphessenek föl

sugárveszélyes tevékenységet folytató személyek foglalkozási kockázata ne legyen nagyobb, mint az egyéb foglalkozási ártalmak kockázata (10^{-4} eset/év)

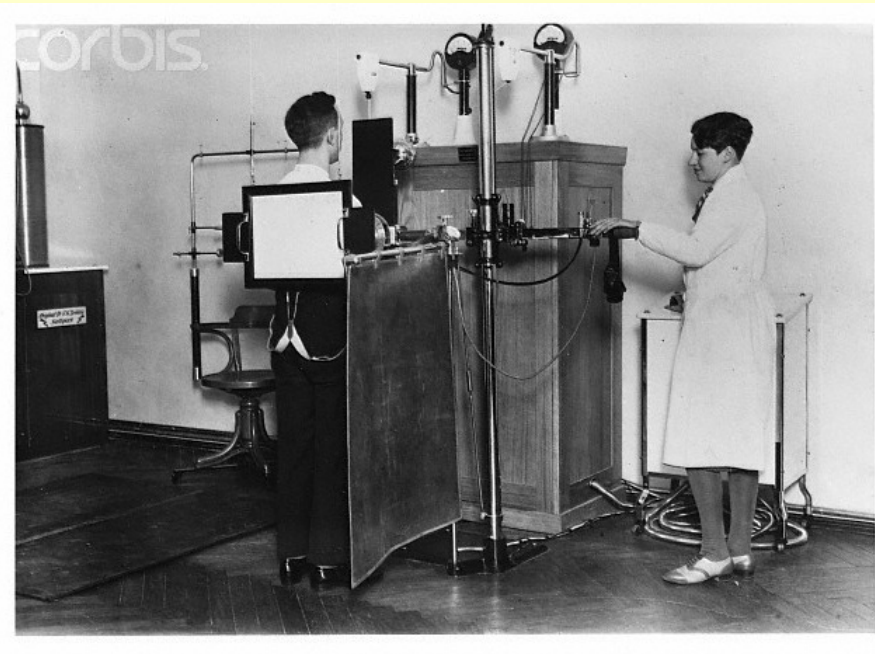
a lakosság sugárterhelésből adódó kockázata ne haladja meg az egyéb civilizációs ártalmakból eredő kockázatot (10^{-5} eset/év).

A sugárvédelem alapelvei

- **Indokoltság** – az ionizáló sugárzás alkalmazásának *hasznosnak* kell lennie: az alkalmazás kockázata kisebb, mint az alkalmazás elhagyásának kockázata
- **Optimálás** – az alkalmazás által okozott dózis az észszerűen elérhető legkisebb legyen – *tervezési dózis* – ALARA
- **Korlátozás** – a tervezés révén a személyek dózisa az átlag körüli *eloszlást* mutat, a valószínű kimenetek nem léphetik túl a biztonságot adó *egyéni* dóziskorlátot

Foglalkozással összefüggő

A dózist olyan alacsonyra csökkenteni, hogy a kockázat mértéke „elfogadható” legyen.

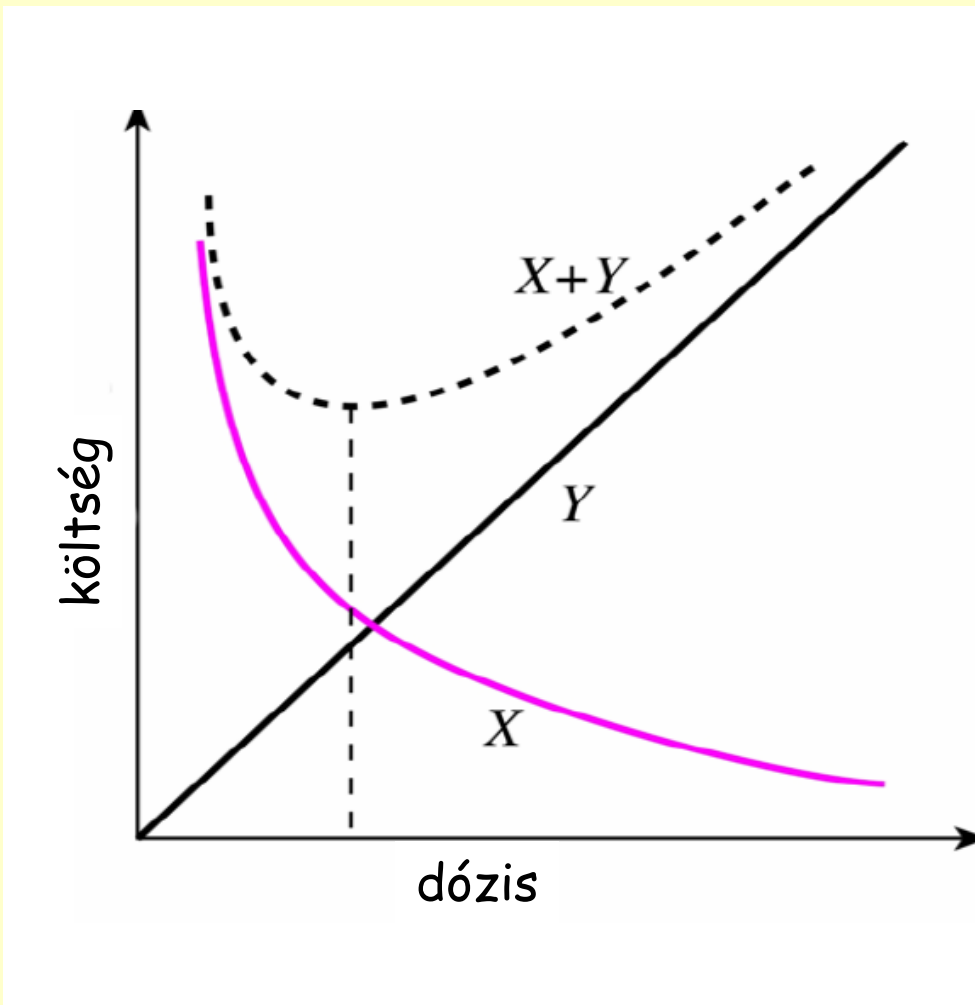


Teljes sugárvédelem nincs!

Sugárvédelmi szabályok dóziskorlátokat írnak elő.

ALARA-elv

As Low As Reasonably Achievable



X : sugárvédelmi kiadások

Y : sugárkárosodás kezelésének költségei

Optimum a minimum

Orvosi tevékenység

- Laboratóriumi alkalmazás – radioaktív nyomjelzők
- Képalkotó eljárások
- Sugárterápia

Minden alkalmazás sugárterheléssel jár!

*A várható előny és a kockázat
mérlegelése fontos!*

Foglalkozással összefüggő



Sugárvédelmi dóziskorlátok

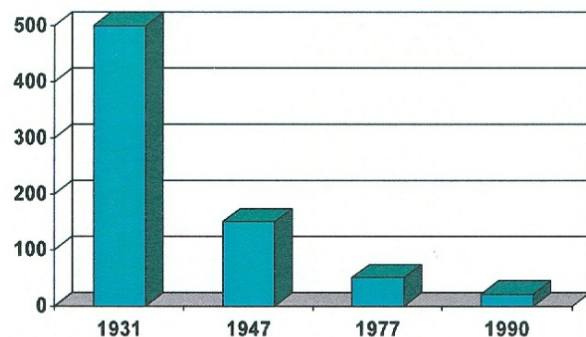
	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték- dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték- dózis (végtag/bőr)	500	50

* 5 éves átlagban évi 20 mSv, feltéve, hogy egy évben sem haladja meg az 50 mSv-et.



Sugárvédelmi dóziskorlátok

**A foglalkozási egészsztest
dóziskorlátok (mSv/év) változása
(ICRP ajánlás)**

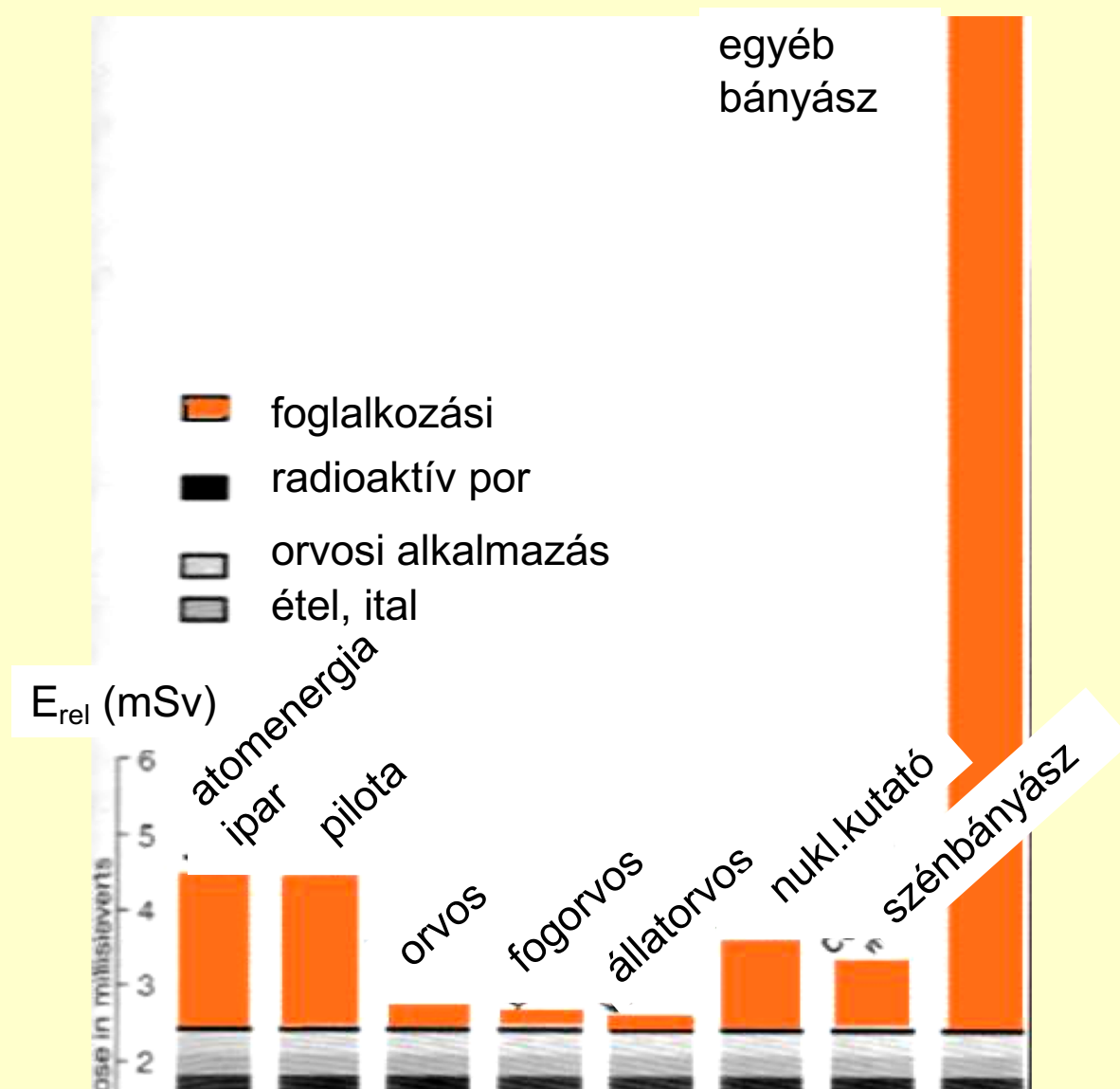


*International Commission on Radiological Protection

	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték- dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték- dózis (végtag/bőr)	500	50

* 5 éves átlagban évi 20 mSv, feltéve,
hogy egy évben sem haladja meg az 50
mSv-et.

Különböző foglalkozásokkal járó relatív dózisterhelés



Dozismérés

fizikai jel változása \sim elnyelt dózis

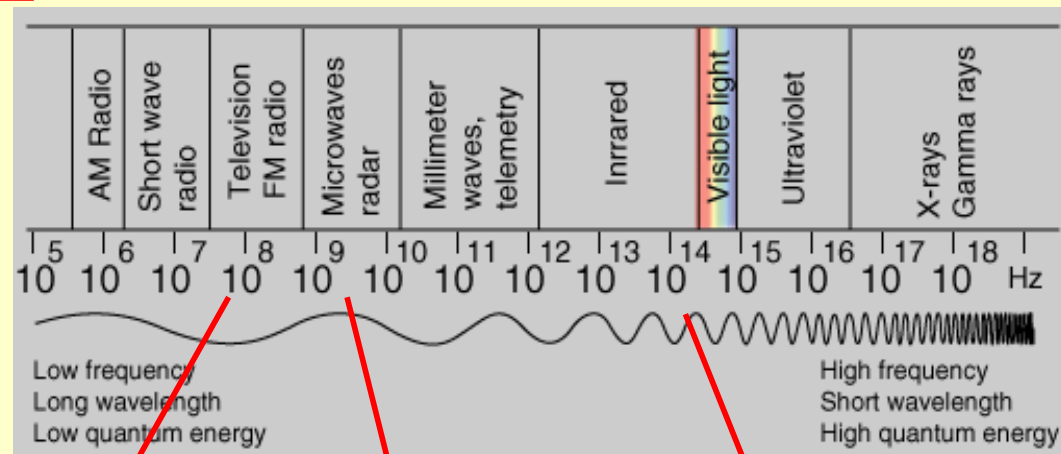
Sugárzásdetektorok - Dózismérő eszközök

- Mit? α^{++} p^+ (n) β γ ν

- Milyen
energiájút?

- Mennyit?

- Milyen
pontosan?



Dózis- és dózisteljesítmény-mérők fajtái

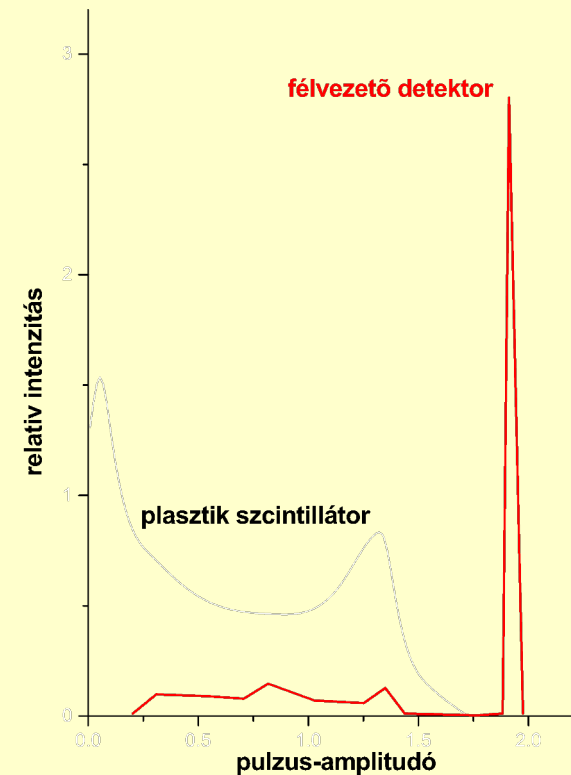
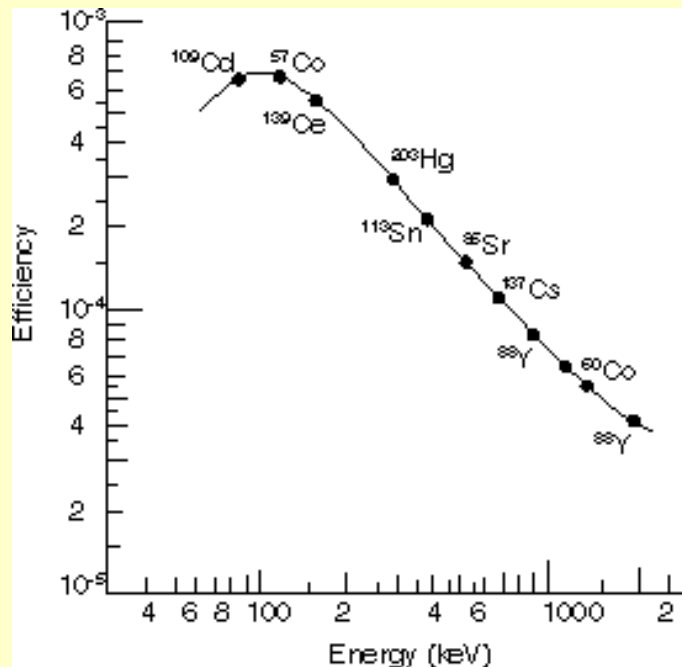
- * elektronikus működésű detektorok – az elnyelt sugárzási energia közvetlenül szabad töltéshordozókat hoz létre
gáztöltésű detektorok – utólagos és azonnali kiértékelésre is alkalmasak

szcintillációs detektorok – szerves kristály és folyadék

félvezető detektorok – szilícium, germánium
- * kémiai dózismérők – a válaszjel kialakításához vegyi folyamat vezet el
FILM – utólagos kiértékelés
- * szilárdtest-dózismérők – kristályok fizikai tulajdonságait használják ki
termolumineszcens detektor – **TLD** (LiF, CaF₂, BeO, Al₂O₃)

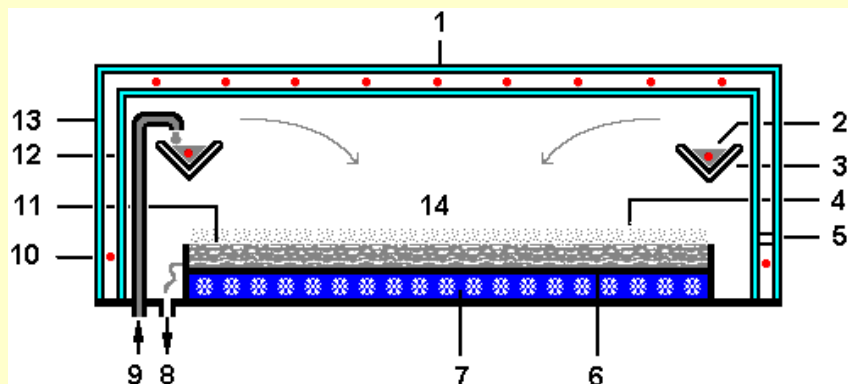
A detektorok jellemzői

- információ
 - nyom, energia, szám
- reakcióidő
 - 100 ps-tól néhány ms-ig
- hatásfok



- érzékenység
- válaszfüggvény
- háttér
 - árnyékolás: aktív, passzív

Egyszerű részecske**detektorok**



• ionizációs (köd-)kamra

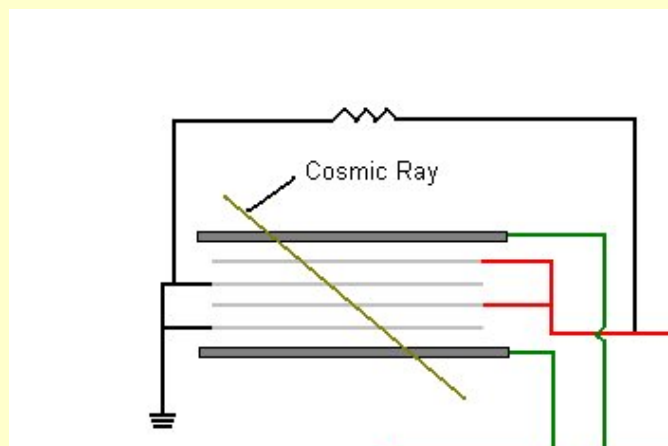
- | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1- fűtés, ion kivonás | 6- fekete fém alaplapp | 11- alkohol |
| 2- fűtés | 7- hűtés | 12- belső üvegfal |
| 3- alkohol csatorna | 8- alkohol visszafolyás | 13- külső üvegfal |
| 4- túltelített gőz | 9- alkohol bevitel | 14- alkoholgőz |
| 5- nyílás forrásnak | 10- fűtés | |

• szikrakamra

- nagyfeszültségű vezetékek

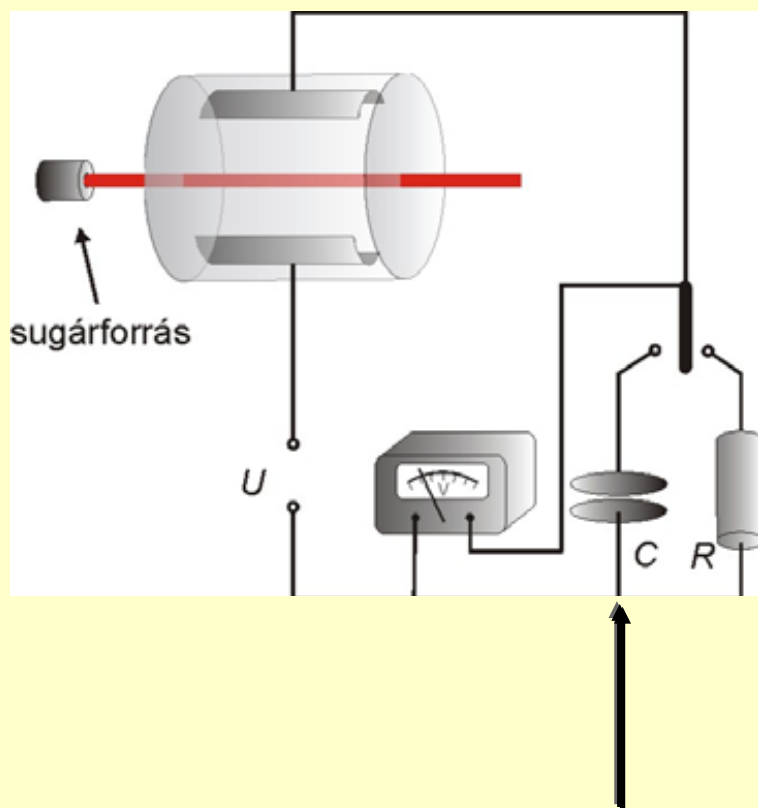
• buborékkamra

- folyadék (H_2 , Ar, Xe) a forráspont körül
- hűtés/fűtés ciklusok



Elektronikus működésű detektorok

Gázionizációs detektorok - Ionizációs kamra



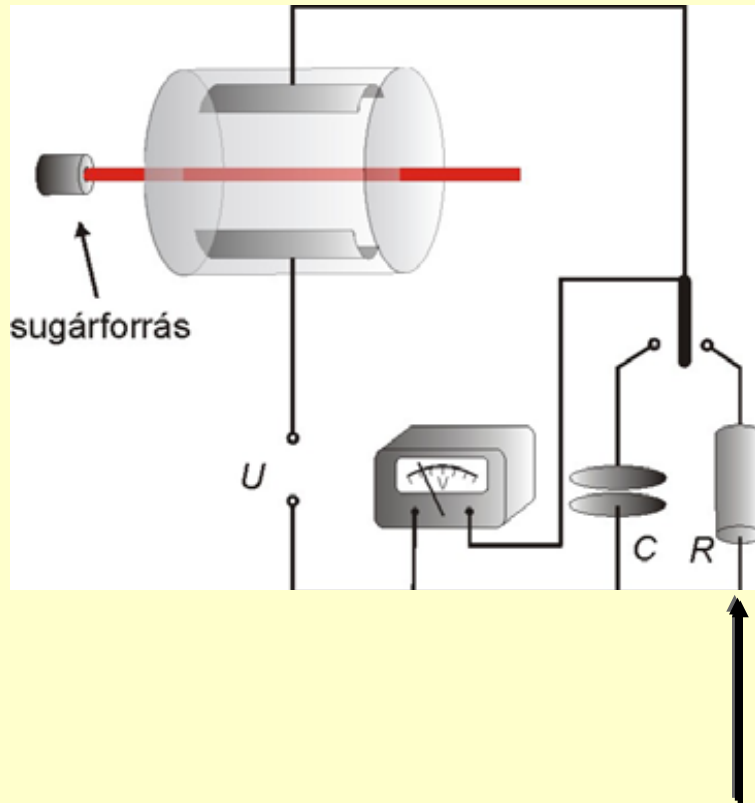
Dózismérés: a kondenzátoron felhalmozódik a keletkezett töltés.

A kondenzátor feszültsége a dózissal arányos.

$$U = \frac{Q}{C}$$

Mérés a kondenzátoron keresztül

Ionizációs kamra



Dózisteljesítmény mérése: az időegység alatt keletkezett töltés mennyisége = áramerősség.

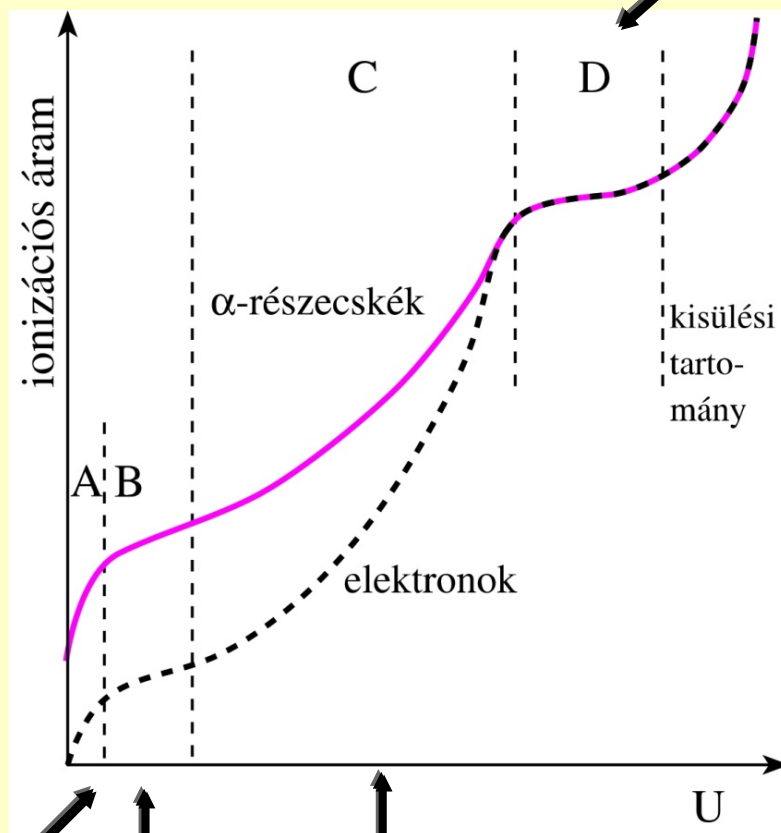
Az ellenálláson mért feszültség a dózisteljesítménnyel arányos.

$$U = \frac{QR}{t}$$

Mérés az ellenálláson keresztül

Ionizációs kamra

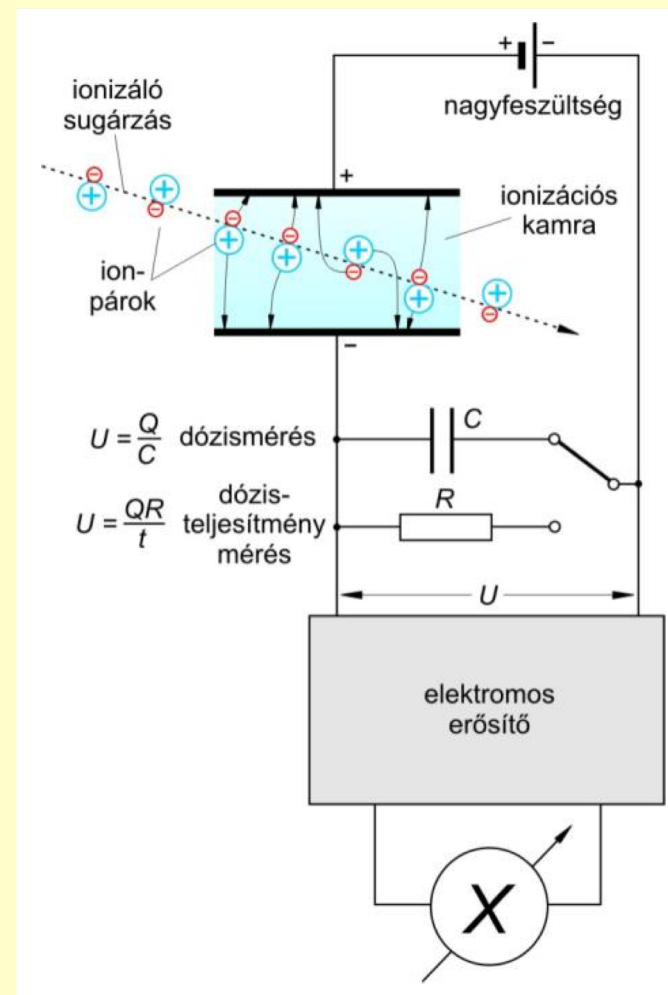
Geiger -
tartomány



rekombinációs
tartomány

ionizációs
kamra
tartomány

proporcionális
tartomány



Ionizációs kamra – Geiger-Müller számláló

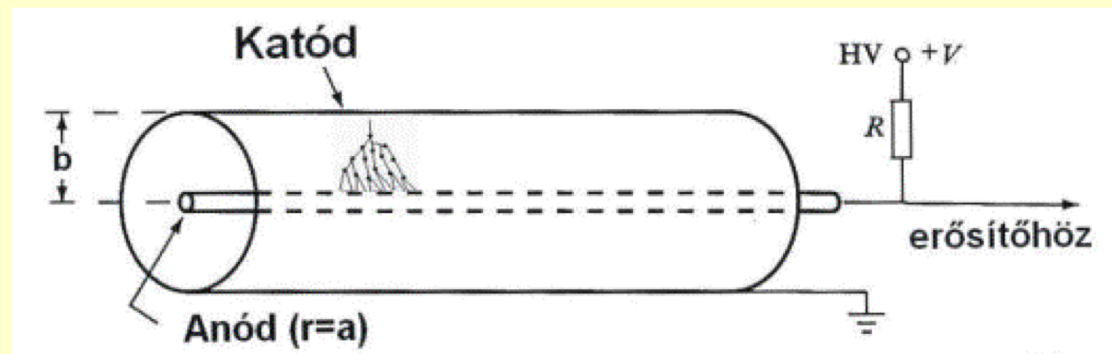
- Nemesgáz töltés
- Nagy gyorsító feszültség



Lavinaszerű ionizáció



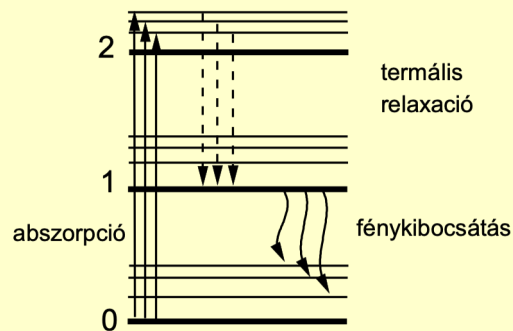
áramimpulzus



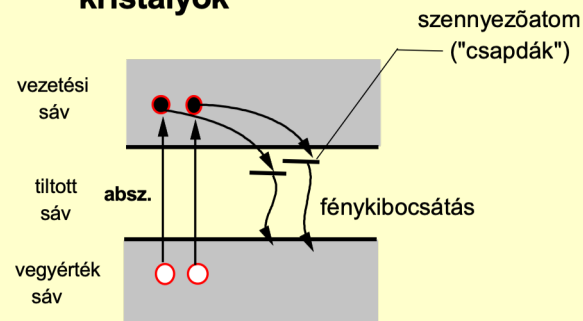
Áramimpulzus száma ~ ionizáló részecske száma

Szcintillációs detektorok

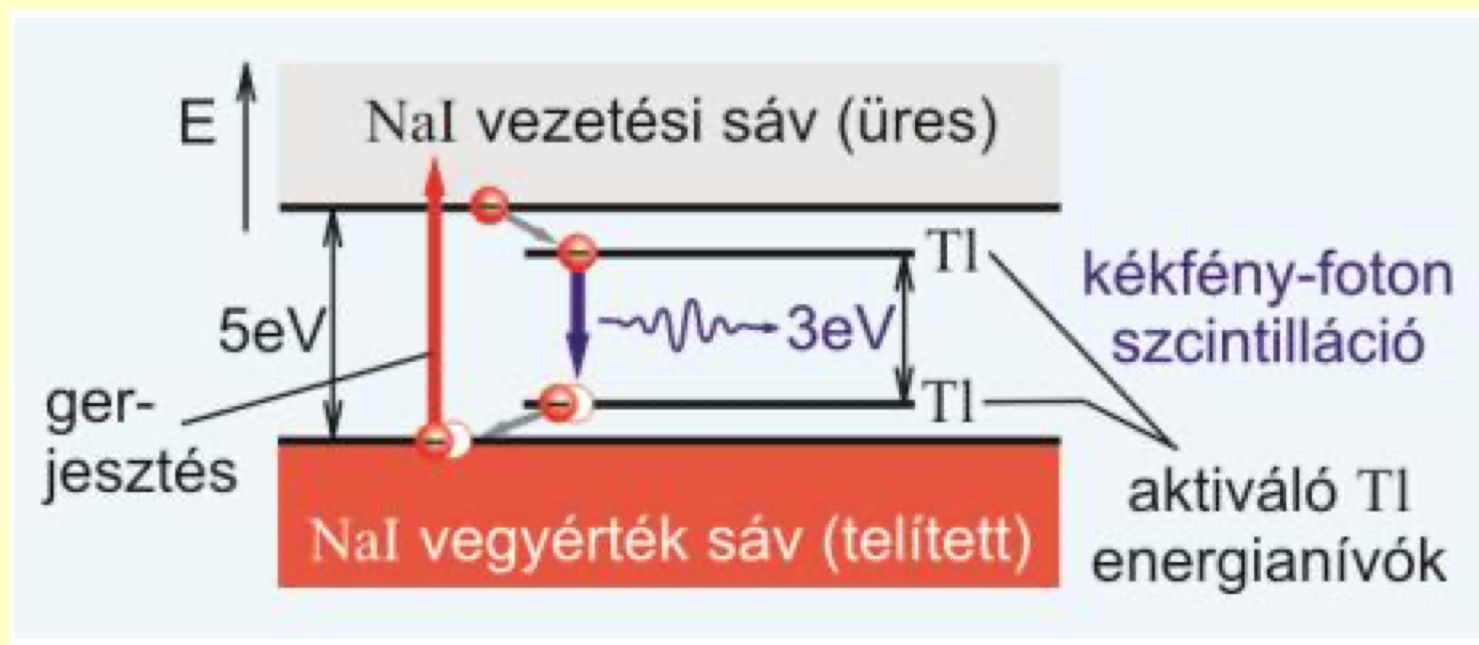
plasztik szcintillátorok



szcintillátor- kristályok

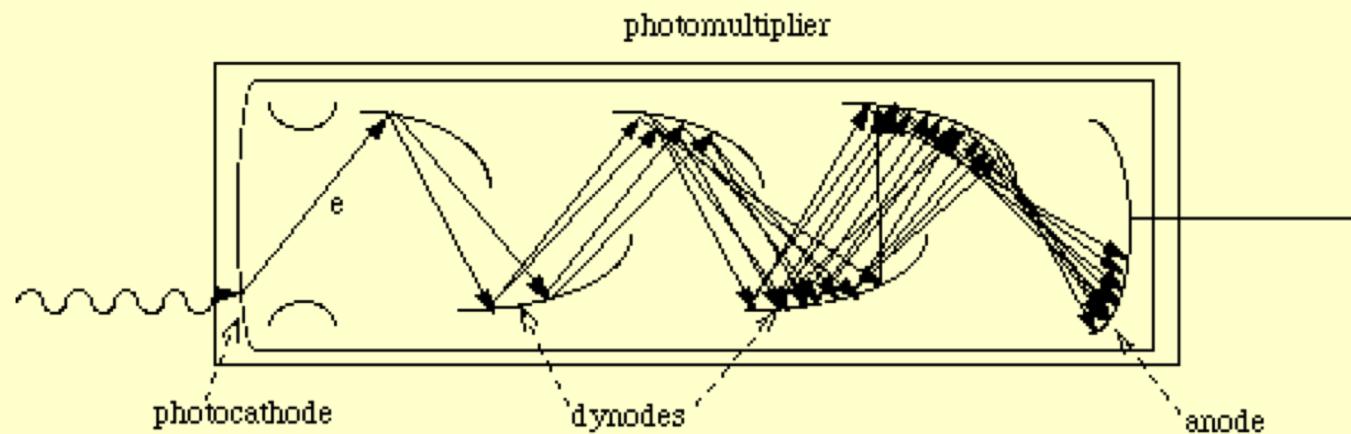


- folyadékszscintillátorok
 - fénykibocsátó molekulák oldata
 - oldatok többnyire előre keverték
 - először az oldat, majd a szcintillátor molekulái gerjesztődnek
 - végül fénykibocsátás
- plastik szcintillátorok
 - szilárd oldatok
- szervesetlen kristályok
 - a kristálysírnak nyeli el az energiát
 - szennyező atomok → energiaszintek a tiltott sávban



Szcintillációs detektorok

- szcintillátor → sugárzásból látható fény
- fény nem jó → mérhető elektromos jel kell
- megoldás: fotoelektromos effektus, majd elektronok sokszorozása
- anódelektronok = áram „elektronikus trükk”: mérhető feszültségjel

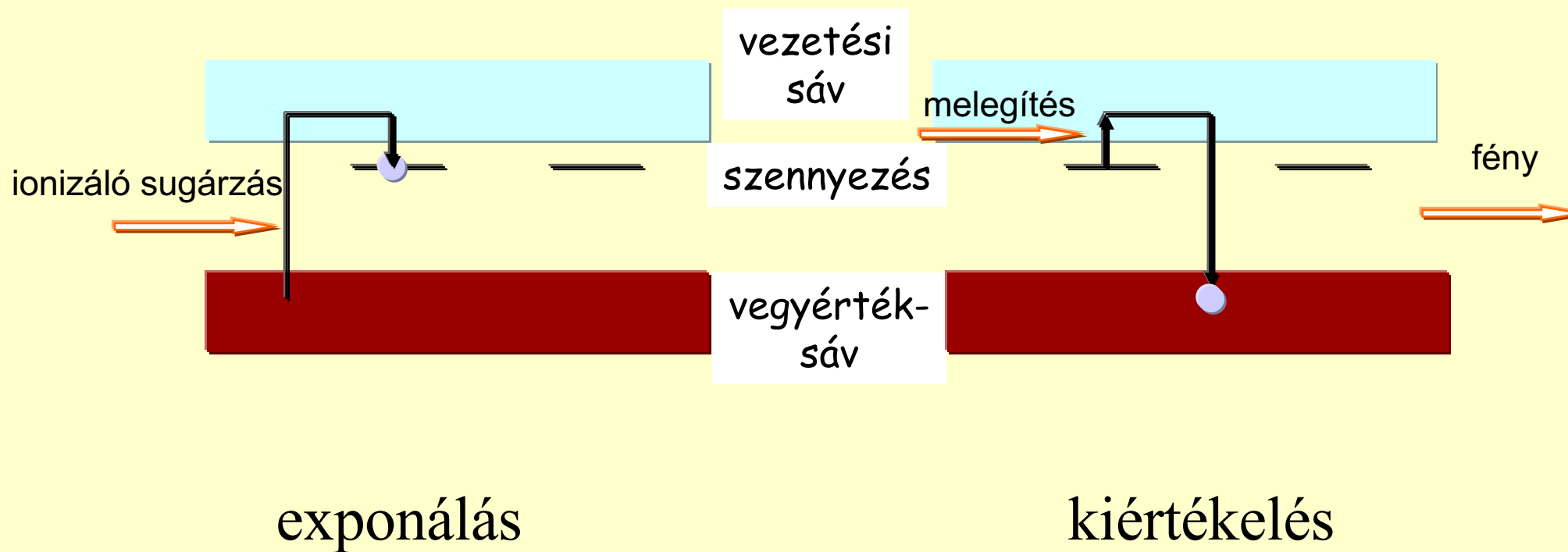


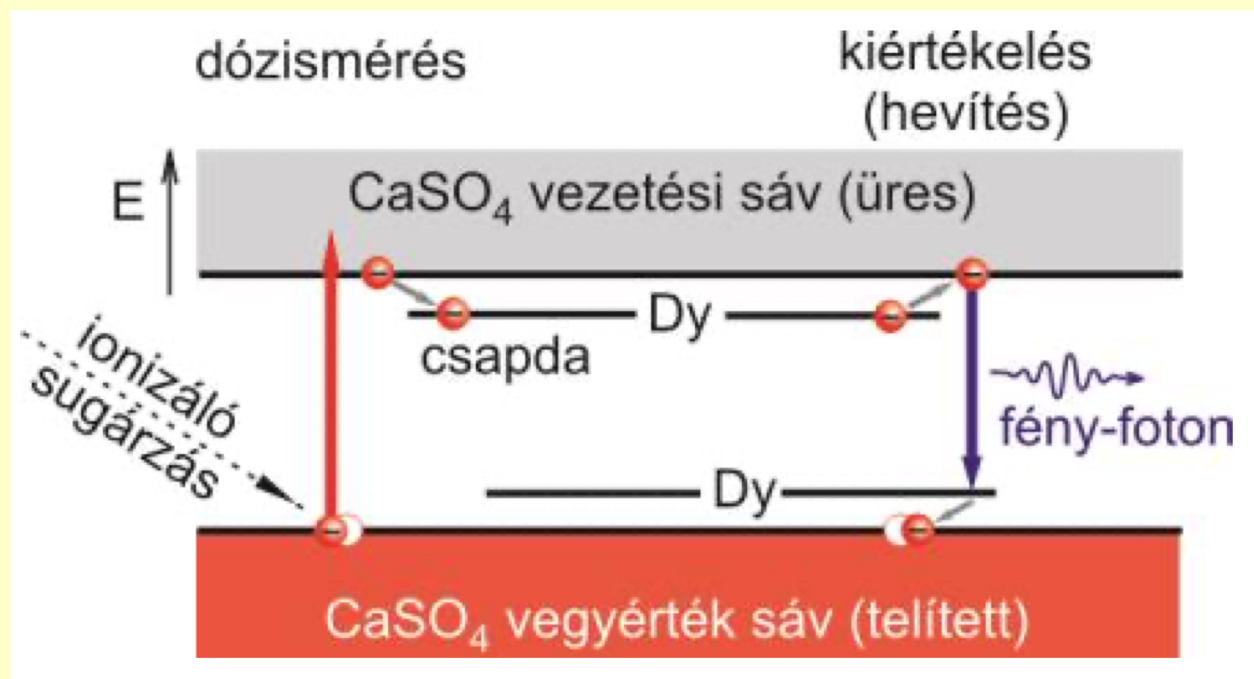
Szilárdtest detektorok

Termolumineszcens dózismérő



Jellegzetes sávszerkezetű anyagok





Félvezető detektorok

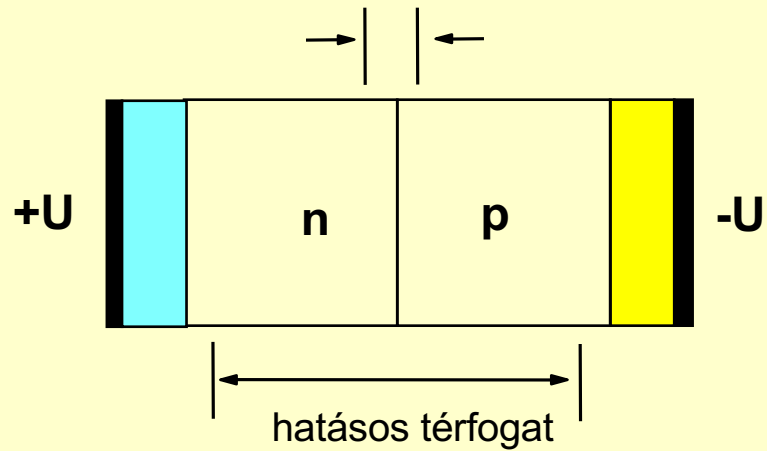


$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}}$$

$$\sigma \approx e^{-\frac{\Delta\epsilon}{2kT}}$$

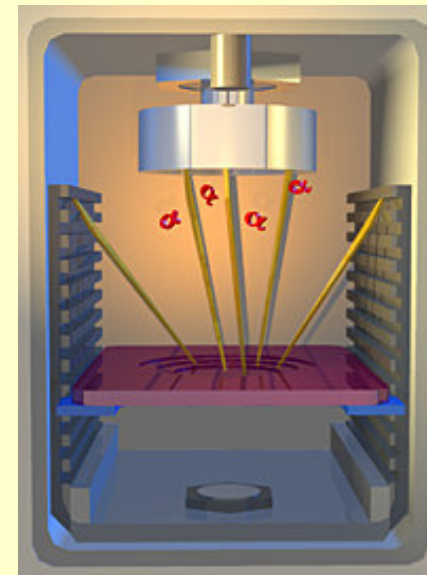
Fajlagos vezetőképesség

Félvezető detektorok



- n - p diódák
 - ionizáció / vezetési elektronok
- kis energia: Si(Li)
- nagy energia: HPGe

- töltött részecskék: surface barrier detektorok
 - nem n/p , hanem fém/ n
 - többnyire szilícium
 - jó hatásfok



Egyéni dózismérő eszközök

Kémiai dózismérés -



Filmdoziméter



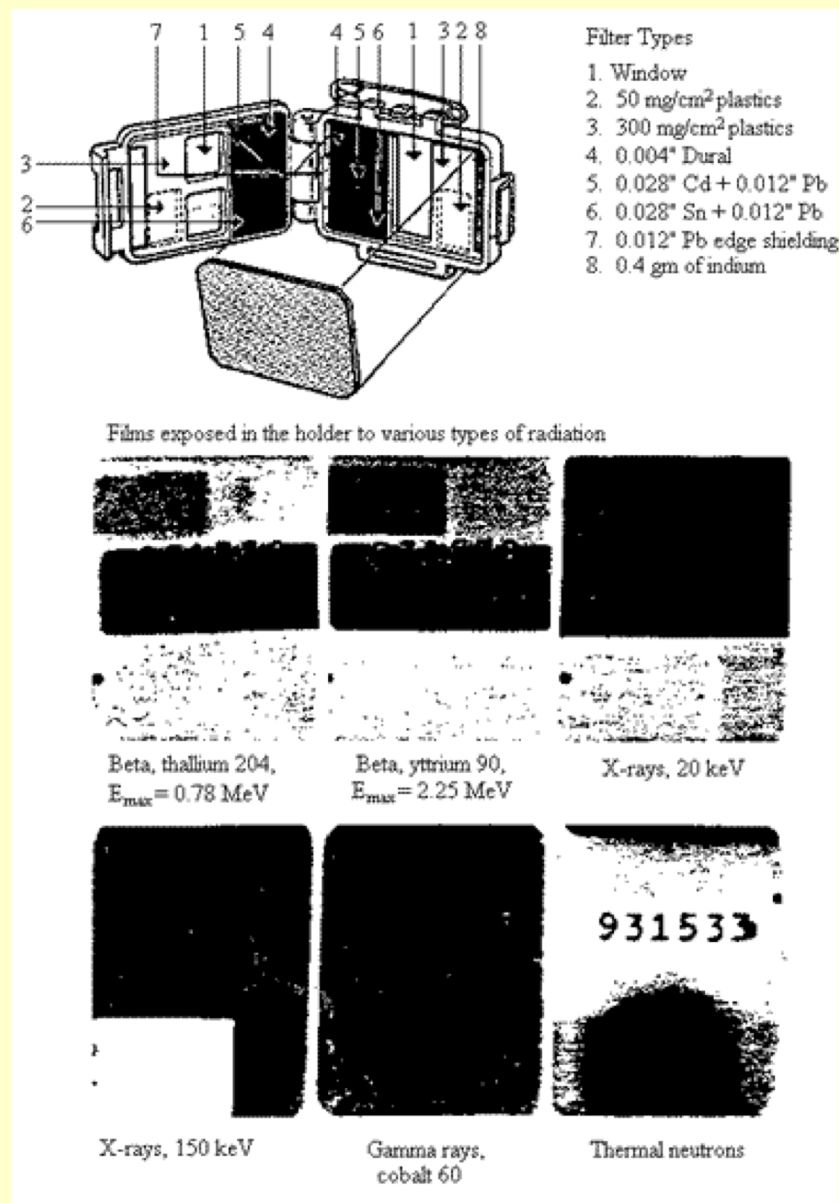
A feketedés mértéke
függ a sugárzás
fajtájától, energiájától,
az abszorbens
vastagságától,
anyagától.



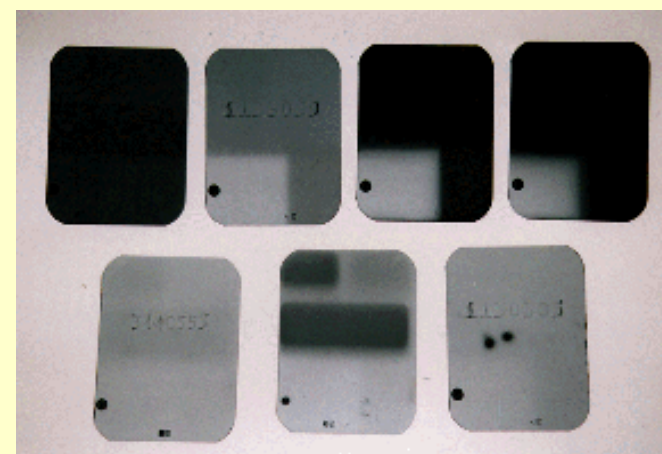
A fotófilm megfeketedésén alapuló eszközök.

A feketedési rajzolat alapján értékelhető.

Filmдозимéter



A feketedés mértéke függ a sugárzás fajtájától, energiájától, az abszorbens vastagságától, anyagától..



doses measured down to 10 μSv .

Dózisszámolás

Csak a γ -sugárzással kapcsolatos dózist
veszi figyelembe

$$D_{lev} = K_{\gamma} \frac{\Lambda t}{r^2}$$

Λ : a forrás aktivitása

t: az expozíció ideje

r: forrástól mért távolság

K_{γ} : dóziskonstans

izotópra jellemző arányossági tényező

izotóp	γ -energia (MeV)	K_g
^{24}Na	2,754; 1,369	444
$^{52/59}\text{Fe}$	0,5; 1,3; 1,1	160
^{60}Co	1,33; 1,17	305
^{131}I	0,364; 0,08; 0,723	54
^{137}Cs	0,661	80

75 MBq ^{24}Na izotóptól 30 cm távolságban dolgozunk. Milyen vastag ólomfalat kell alkalmaznunk, hogy helyünkön $15 \text{ mGy}_{\text{lev}}/\text{h}$ értékre csökkenjen a dózisteljesítmény?

$$\left(\frac{D}{t}\right)_0 = K_{\gamma} \frac{\Lambda}{r^2} \quad \left(\frac{D}{t}\right)_0 = 444 \frac{75 * 10^{-3}}{0,3^2} = 370 [\mu\text{Gy} / \text{h}]$$

$$\left(\frac{D}{t}\right) = \left(\frac{D}{t}\right)_0 e^{-\mu_m x \rho} \quad x = 5,7 \text{ cm}$$

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 4.

4.1

4.2

4.3

4.4

4.5

IX.3.

keretes: 184. 186.

Gyakorlati jegyzet: Dozimetria



<http://report.semmelweis.hu/linkreport.php?qr=00518JJ0FTM9XYXD>