

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

környezeti



foglalkozási

katonai

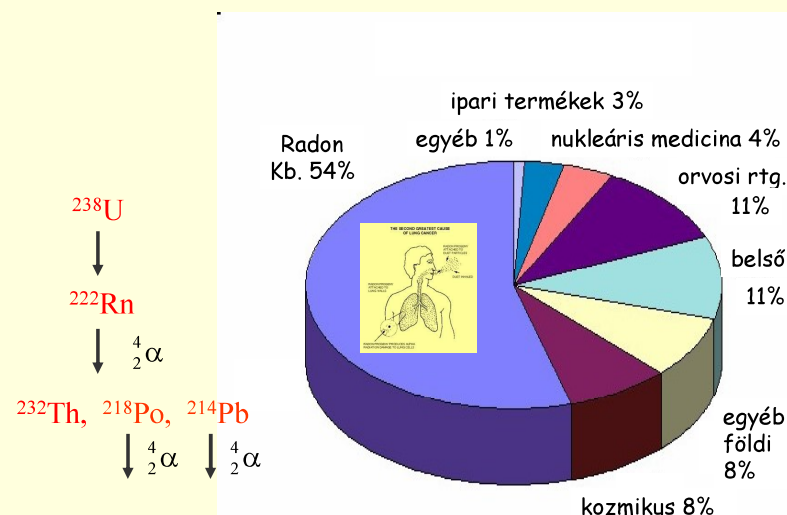


orvosi



nukleáris ipari

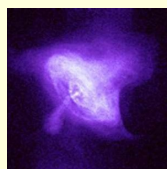
A terhelés megoszlása a források között



Környezeti források



radon: kb. 1,8 mSv/év



kozmos sugárzás:
~ 0,4 mSv/év



kálium: néhány tized mSv

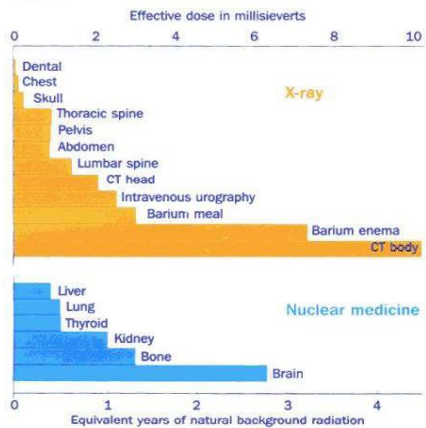
Kockázati tényezők összehasonlítása

a várható átlagos élettartam csökkenése napokban

háztárs nélküli élet (férfiaknak)	3500
dohányzás (1 csomag naponta)	2250
háztárs 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

Tipikus effektív dózis értékek

Typical doses for X-ray and nuclear medicine examinations in millisieverts (mSv) and as equivalent years of natural background radiation



	Effektív dózis (mSv)	Egyenértékű természetes háttér:
Röntgen		
mellkas	0.02	3 nap
medence	1.0	6 hónap
IVP	4.6	2.5 év
Barium kontraszt	9.0	4.5 év
CT (mellkas)	8.0	4 év
Izotópdiaгностика		
pajzsmirigy	1.0	6 hónap
csont	3.6	1.8 év

Orvosi tevékenység

- Laboratóriumi alkalmazás – radioaktív nyomjelzők
- Képalkotó eljárások
- Sugárterápia

Minden alkalmazás sugárterheléssel jár!

A várható előny és a kockázat mérlegelése fontos!

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)

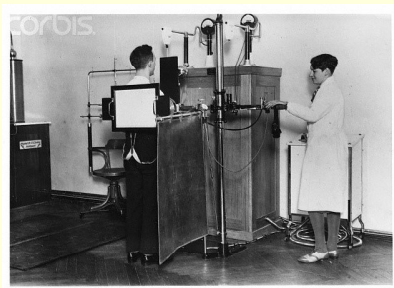
a lakosság sugárterhelésből adódó kockázata ne haladja meg az egyéb civilizációs ártalmakból eredő kockázatot (10^{-5} eset/év).

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.

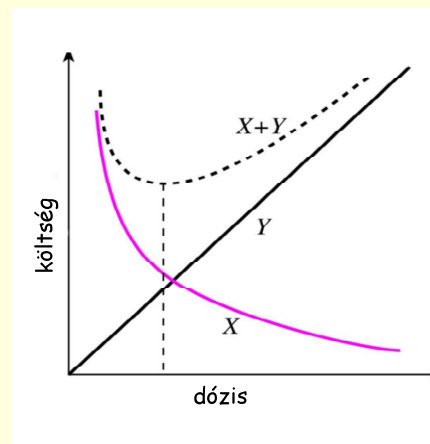


Teljes sugárvédelem nincs!

Sugárvédelmi szabályok dóziskorlátokat írnak elő.

ALARA-elv

As Low As Reasonably Achievable



X : sugárvédelmi kiadások

Y : sugárkárosodás kezelésének költségei

Optimum a minimum

Foglalkozással összefüggő



Sugárvédelmi dóziskorlátok

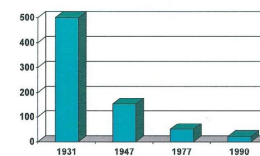
	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték-dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték-dózis (végtag/bőr)	500	50



* 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)

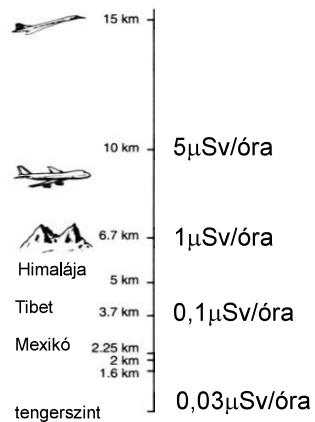


*International Commission on Radiological Protection

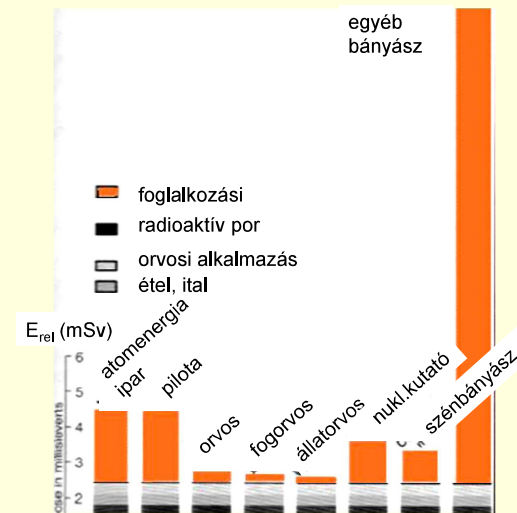
	Foglalkozási (mSv/év)	Lakossági (mSv/év)
Effektív dózis	20 *	1
Egyenérték-dózis (szemlencse)	150	15
Egyenérték-dózis (végtag/bőr)	500	50

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

A kozmikus sugárzásból származó
dózteljesítmény változása a
tengerszint feletti magassággal



Különböző foglalkozásokkal járó
relatív dózisterhelés



Dozismérés

fizikai jel változása \sim elnyelt dózis

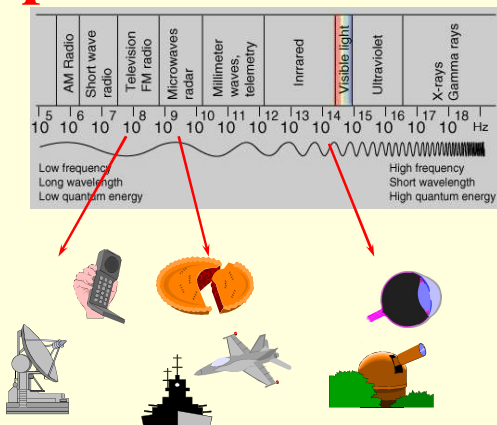
Sugárzásdetektorok - Dózismérő eszközök

- Mit? α^{++} p^+ (n) β γ ν

- Milyen energiájút?

- Mennyit?

- Milyen pontosan?

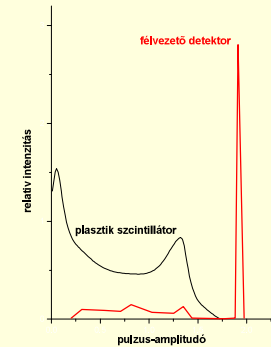
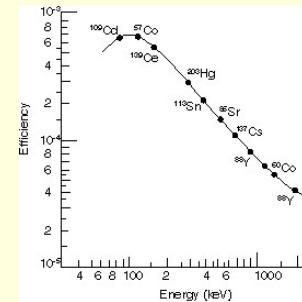


Dózis- és dózisteljesítmény-mérők fajtái

- * 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)

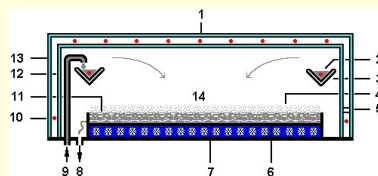
A detektorok jellemzői

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



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

Egyszerű részecske**detektorok**

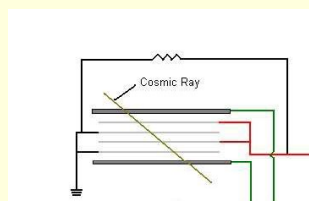


• ionizációs (kőd-)kamra

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

• szikrakamra

- nagyfeszültségű vezetékek

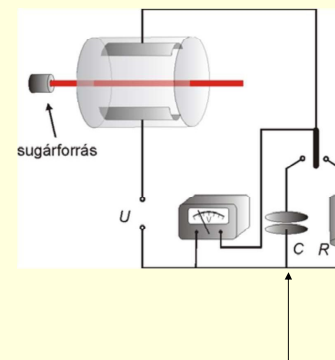


• buborékkamra

- folyadék (H₂, Ar, Xe) a forráspont körül
- hűtés/fűtés ciklusok

Elektronikus működésű detektorok

Gázionizációs detektorok - Ionizációs kamra



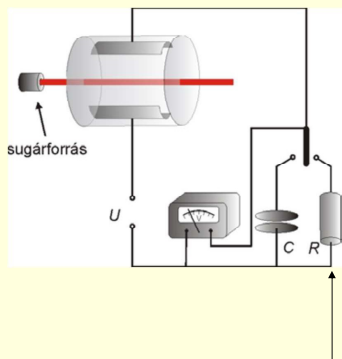
Dózismérés: a kondenzátoron felhalmozódik a keletkezett töltés.

A kondenzátor feszültsége a dózissal arányos.

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

Mérés a kondenzátoron keresztül

Ionizációs kamra



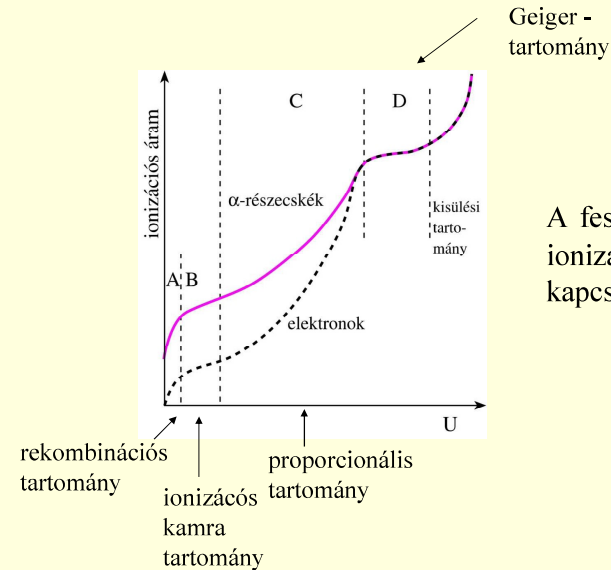
Dózisteljesítmény mérése: az időegység alatt keletkezett töltés mennyisége = áramerősség.

Az ellenálláson mért feszültség a dózisteljesítménnyel arányos.

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

Mérés az ellenálláson keresztül

Ionizációs kamra



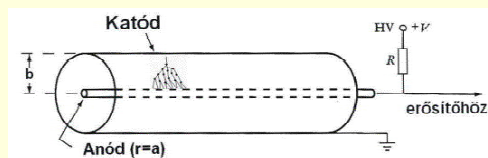
A feszültség és az ionizációk számának kapcsolata

Ionizációs kamra – Geiger-Müller számláló

- Nemesgáz töltés
- Nagy gyorsító feszültség

Lavinaszerű ionizáció

áramimpulzus



Áramimpulzus száma ~ ionizáló részecske száma

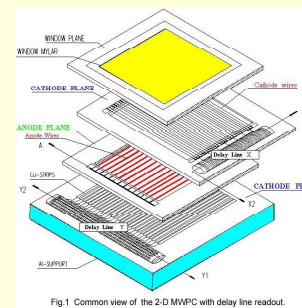
Multiwire chamber - sokszálas proporcionális kamra



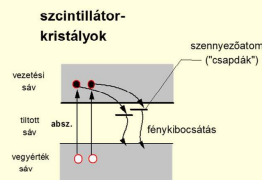
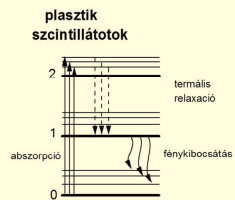
Fizikai
Nobel-díj
2002

Georges Charpak
1924-2010

- töltött részecskéket és fotonokat detektál
- pozícióérzékeny!
- általában gáztöltésű
- nagy részecskegyorsítók környezetében alkalmazzák



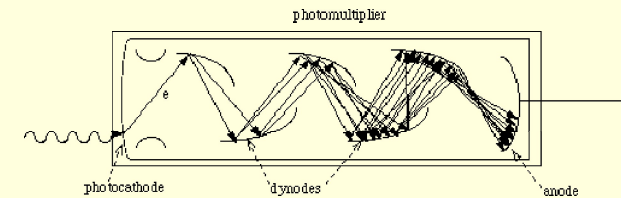
Szcintillációs detektorok



- folyadékszcintillátorok
 - fénykibocsátó molekulák oldata
 - oldatok többnyire előre keverték
 - először az oldat, majd a szcintillátor molekulái gerjesztődnek
 - végül fénykibocsátás
- plastikszcintillátorok
 - szilárd oldatok
- szervesetlen kristályok
 - a kristályrács 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



Félvezető detektorok

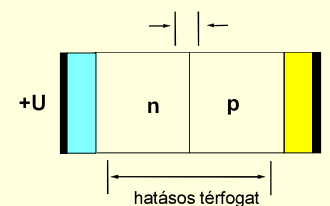


$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{\Delta\epsilon}{kT}}$$

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

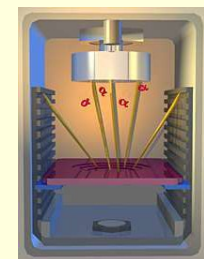
Fajlagos vezetőképesség

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 - Filmдозимéter



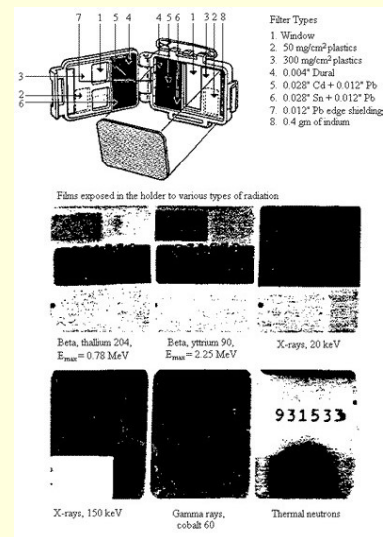
A feketedés mértéke függ a sugárzás fajtájától, energiájától, az abszorbens vastagságától, anyagától.



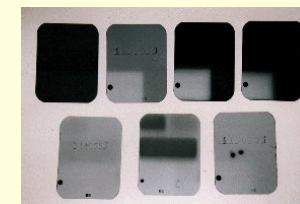
A fotófilm megfeketedésén alapuló eszközök.
A feketedési rajzolat alapján értékelhető.



Filmдозимéter



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



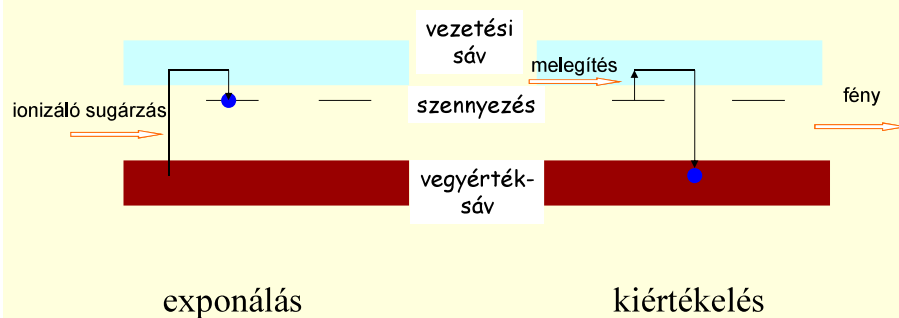
doses measured down to 10 μSv.

Szilárdtest detektorok

Termolumineszcens dózismérő



Jellegzetes sávszerkezetű anyagok



Dózisszámolás

Csak a γ-sugárzással kapcsolatos dózist veszi figyelembe

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

izotóp	γ-energia (MeV)	K _γ
²⁴ Na	2,754; 1,369	444
^{52/59} 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

Λ: a forrás aktivitása

t: az expozíció ideje

r: forrástól mért távolság

K_γ: dóziskonstans

izotópra jellemző arányossági tényező

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

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

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

A hét kérdése

Az ionizációs kamra melyik feszültségtartományát (tartományait) használná dózismérére? Miért?

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 4.

4.1

4.2

4.3

4.4

4.5

4.6

keretes: 184. 186.

Gyakorlati jegyzet: Dozimetria