

# Erradioaktibitatea (III)

Erradiazio ionizatzaileak

O. Ecenarro

`oscar.ecenarro@ehu.es`

# Erradiazio motak eta ionizazio-ahalmena

- Nuklidoen desintegrazioan igorritako partikulek energia handikoak dira eta zeharkatzen duten materialen utziko dute energia hori.
- Atomoak ionizatu, nukleoak desplazatu, lotura kimikoak desegin...

## Erradiazio mota eta ionizazio-ahalmena

Part.	Karga	Masa	En. max.	Ion.-ahal.	Irismena
$\alpha$	$2e^-$	OH ( $2p + 2n$ )	5 MeV	OH	0.2 mm
$\beta^\pm$	$e^\pm$	OT ( $e^\pm$ )	3 MeV	T	1.5 cm
$\gamma$	Ez	Ez			
$n$	Ez	H ( $n$ )		H	

- $\gamma$ . Ez dute kargarik  $\rightarrow$  ez dute partikula kargatuekin elkarrekzioztatzen.
  - Elektroiekin talka egiten dute.
  - Elektroien hauek atomoak ioniza ditzakete.
  - Atomo hauek inguruko materiala ioniza dezakete.
  - Fotoionizazioak ez da definitzen materialen zeharreko irismenik.
  - Bai ordea **erdimoteltze-luzera**.



# X eta $\gamma$ izpiak

- $\gamma$  (jarr.). Erdimoteltze-luzera: ingurune batean fotoi sorta batek ibili behar duen distantzia bere intentsitatea erdira jaitsi dadin,  $\lambda_{1/2}$ .

$$I(x) = I_0 e^{-(x/\lambda_{1/2}) \ln 2}$$

## X eta $\gamma$ izpiak eta $\lambda_{1/2}$ material desberdinetan

Energia (MeV)	Giza-ehuna $\lambda_{1/2}$ (cm)	Beruna $\lambda_{1/2}$ (cm)
0.01	0.13	0.00076
0.05	3.1	0.0072
0.10	4.1	0.012
0.50	7.2	0.42
1.0	9.8	0.85
5.0	23	1.3



# Neutroiak

- Ez dute kargarik eta ez dute elkarrazkio elektrikorik atomoekin.
- Materia zeharkatzerakoan, talkaz talka galtzen dute euren energia zinetikoa.
- Itiak nukleo arinak badira [uraren H atomoaren nukleoa (protoia)], talkan ia energia osoa transferitzen diete (bi altzairuzko bolen talkaren antzerako adibidea)...
- ...eta protoi hauek bai, ionizazio-ahalmen handia daukate.
- Beraz, distantzia luzea ibil dezakete edozein materiatan.

**Neutroien sailkapena beraien energiagatik:**  $E_z = \sqrt{\frac{1}{2}k_B T}$

- **Azkarrak.**  $E_z \simeq 1 \text{ MeV}$ : Fisioan sortzen dira ( $v \simeq 14\,000 \text{ km/s}$ ).
- **Geldoak.**  $E_z \simeq 0.4 \text{ eV}$
- **Termikoak.**  $E_z \simeq 0.025 \text{ eV}$ : Fisiozko erreaktoreak ( $v \simeq 2 \text{ km/s}$ ).



# Materian utzitako energia (I)

- Organismoan sortutako efektuak beraien barruan utzitako energiaren arabera dira.
- Erradiazioek edozein materialean utzitako energiaren unitatea (**dosi fisikoaren unitatea**,  $D$  delakoa): **rad (radiation absorbed dose)** eta **Gray (Gy)**.

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} = 1 \text{ J/kg}$$

- Erradiazio oso sarkorren kasuan (X edo  $\gamma$  izpiak) bakarrik organismoa zeharkatzen ez duen erradiazioaren partea kontsideratzen da.
- Erradiazioaren efektu biologikoez ez dute bakarrik utzitako energiaren mendekotasunik, baizik eta erradiazio motarena ere.
- Erradiazio mota bakoitzari **Eraginkortasun Biologiko eRlatibo** parametroa lotzen zaio:  $w_R$  **ponderazio-faktorea**, energiaren eta honen transferentzia linealaren mendekoa (**Linear Energy Transfer**) dena.

Erradiazio mota	EBR ( $w_R$ )
X eta $\gamma$ izpiak	1
Elektroiak eta muoiak	1
10 keV–20 MeV bitarteko neutroiak	10–20
Beste energiako neutroiak	5
Protoiak	5
$\alpha$ partikulak, fisio-produktuak edo nukleo astunak	20



# Materian utzitako energia (II)

- **Poderazio-faktorea, edo eraginkortasun biologiko erlatiboa:**

$$w_R = \frac{D_X}{D_R}$$

- $D_X$  : Giza-ehunean hartutako X izpien erradiazio-dosia kalte konkretuak sortzeko
- $D_R$  : Giza-ehunean hartutako R motatako erradiazio-dosia kalte berdinak sortzeko

- **Unitateak eta dosi baliokidea ( $H$ ).**

- **Roentgen:** Aire lehor kilo bakoitzeko  $2.58 \times 10^{-4}$  C uzten duen erradiazioaren energia da (bakarrik X eta  $\gamma$  izpienezako).

- **rem (roentgen equivalent man):**  $1 \text{ rem} = 1 \times 1 \text{ rad}$

- **Sievert (Sv):**  $1 \text{ Sv} = 1 \times 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rem}$

- **Dosi baliokidea:**  $H(\text{rem}, \text{Sv}) = w_R \times D(\text{rad}, \text{Gy})$

- **Giza-ehunetan dosi erradiaktiboen absortzioa metatze-prozesua da.**
- **$w_R$  poderazio-faktorea desberdina da giza-ehun desberdinetarako.**



# Erradiazio ionizatzaileen iturriak (I)

## ● Iturri naturalak:

- **Izpi kosmikoak.** Eguzkitik eta unibertso osotik (supernobak) datozen energia oso handiko  $\alpha$  partikulak eta protoiak.
  - ▲ Eguzkitikoak, 11 urteko periodoa daukate (*eguzkitiko lohiuneak*).
  - ▲ Egazkinean, 10 km-ko altueran, lurrazalean baino 100 aldiz handiagoa da.
  - ▲ Urteroko batez besteko dosi baliokidea:  $H = 0.4 \text{ mSv}$  ( $H = 0.05 \text{ }\mu\text{Sv/h}$ ).
- **Haitzak eta elikagaiak.** Bereziki granitoan eta gure gorputz barruan ( $\text{K}^{40}$ ).
  - ▲ Granitoan (gehien) kontzentratzen da.
  - ▲ Pertsona bakoitzeko  $\text{K}^{40}$ -ren 14 mg inguru dago ( $\tau = 1.3 \times 10^9$  urte).
  - ▲ Urtero hartutako batez besteko dosi baliokidea:  $H = 0.5 \text{ mSv}$ .
- **Radon gasa.**  $\text{U}^{238} \rightarrow \dots \rightarrow \text{Ra}^{226} \xrightarrow{\alpha} \text{Rn}^{222}$ .
  - ▲  $\text{Rn}^{222}$ -aren erdibizitza  $\tau \simeq 3.8$  egunekoa da.
  - ▲ Gasa da eta arnasa hartzen dugun bakoitzean, birikietara, handik odolera eta edonora joan daiteke.
  - ▲ Urteroko batez besteko dosi baliokidea:  $H = 0.6\text{--}1.0 \text{ mSv}$ .

■ **Iturri natural guztietatik urtero hartutako dosi baliokidea:**  $H_{\text{osoa}} \sim 1.5 \text{ mSv}$



# Erradiazio ionizatzaileen iturriak (II)

## ● Iturri artifizialak:

### ● Jatorri medikoa.

▲ Toraxeko erradiografia bakoitzari dagokion dosi baliokidea:  $H = 0.25 \text{ mSv}$ .

▲ Mendebaldeko herrialdeetako biztanleek urtero jasotako dosi baliokidea:  
 $H = 0.5 \text{ mSv}$ .

### ● Jatorri militarra.

▲ 70–80 hamarkadan atmosferan egindako estanda nuklearrengatiko hauts erradioaktiboari dagokion urtero jasotako dosi baliokidea:  $H = 0.005 \text{ mSv}$ .

### ● Jatorri industrialia.

▲ Txernobil-eko istripuari (1986) dagokion urteroko dosi baliokidea:  
 $H = 0.002 \text{ mSv}$ .

▲ Gainontzeko zentral nuklearrei eta beste industria nuklearrari dagokion urteroko dosi baliokidea:  $H = 0.0002 \text{ mSv}$ .

□ **Iturri guztietatik urtero hartutako dosi baliokidea:**  $H_{\text{osoa}} \sim 2.4 \text{ mSv}$

- **Hala ere, minbiziaren tratamenduan dosi handiagoak erabiltzen dira, baina denboran luzatzen bada eta oso fokalizatuta badaude, jasan daiteke, albo-ondorioak sortuko diren arren.**





# Gizakien gaineko efektuak

- Eragin nagusia: ADNa, proteinak, enzimak, etab., apurtu edota aldatu.
- Adibidea: zelulen zatiketa-ahalmena aldatuz, minbizia sor dezakete.
- Erradiazioe sentikorrenak diren zelulen artean, azido nukleikoak agertzen dira.
- Erradiazioak *eragile mutagenikoak* dira.
- Azkarren ugaltzen diren zeluak dira erradioazioe sentikorrenak:
  - Odolaren osagaiak sortzen dituzten organoak, bereziki, hezur-muina.
  - Hesteen barne-estalkia (ehun hau etengabe ari da ugaltzen).
- **Kontuz hurrengo isotopo erradoiaktiboekin!!!**
  - Plutonioa [ $\text{Pu}^{239}$  ( $\alpha$ )]: aktibitate gutxikoa (periodo oso luzekoa), baina hezurretan kontzentratzen da.
  - Zesioa [ $\text{Cs}^{134}$  ( $\beta$ ),  $\text{Cs}^{137}$  ( $\gamma$ )]: giharretan finkatzen da, baina bi urteren buruan zeharo desagertzen da (lehenengoa, bestea 20 urteren buruan).
  - Iodoa ( $\text{I}^{131}$ ): tiroidean finkatzen da, baina bi asteren buruan zeharo desagertzen da.
  - Estrontzioa [ $\text{Sr}^{90}$  ( $\beta$ )]: kaltzioaren ordeztasun sartzen da hezurretan, eta zaila da eliminatzea (28 urteko periodoa).

