

# Izotópos mérés technika, alkalmazási lehetőségek

Dr. Voszka István

## Radioizotópok orvosi, gyógyszerészeti alkalmazása

Az alkalmazás alapja:- A radioaktív izotóp ugyanúgy viselkedik a szervezetben, mint stabil megfelelője.  
- Szervspecifikus vegyületek jelzése (radiofarmakonok)  
(Hevesy György 1923 – első biológiai nyomjelzési kísérlet - kémiai Nobel-díj 1943)

Alkalmazási területek: - diagnosztika (in vivo, in vitro)  
- terápia  
- kutatás



(Ha diagnosztika + terápia = 100%, ebből 95 % a diagnosztika)

## Radiofarmakonok

Radioaktivitással bíró kémiai ágensek vagy gyógyszerek. Izotóppal megjelölt készítmények, diagnosztikus ill. terápiás célra. Előállításuk során a gyógyszerekkel szembeni minőségi és tisztasági követelményeknek kell teljesíteniük.

A gyógyszerkönyvben két csoportban találhatók radiofarmakonok:

- ATC V09 Radioaktív diagnosztikumok
- ATC V10 Terápiás célú radioaktív készítmények



## In vivo diagnosztika

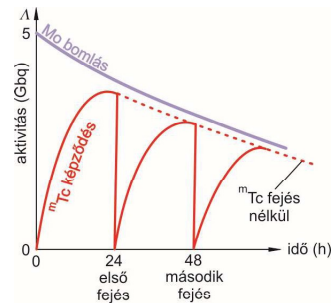
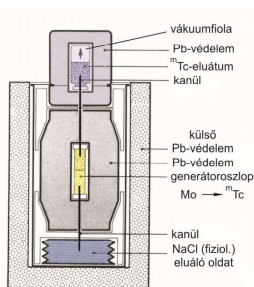
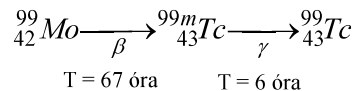
Az izotópok kiválasztásának szempontjai

- gamma-sugárzó (hatótávolság)
- rövid felezési idő (de ne legyen túl rövid)

$$\Lambda \sim N/T$$

- sem túl nagy, sem túl kis energia (nagyobb fotonenergia → kevesebb nyelődik el a szövetekben, de rosszabb a detektálás hatásfoka)

→  $^{99m}\text{Tc}$  ideális



Az in vivo diagnosztikai alkalmazások legalább 75 %-ában  ${}^{99m}\text{Tc}$ -t használnak, különböző szervspecifikus vegyületek jelzésére.  
(pl. pirofoszfát – csont, kolloidok – máj és RES, albumin – keringés)

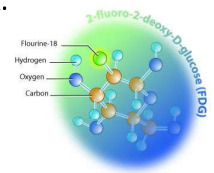
További, gyakran használt gamma-sugárzó izotópok:  ${}^{123}\text{I}$ ,  ${}^{125}\text{I}$ ,  ${}^{131}\text{I}$  (pajzsmirigy és vese),  ${}^{67}\text{Ga}$  (gyulladásos és tumoros gócek),  ${}^{201}\text{Tl}$  (szívizom),  ${}^{81m}\text{Kr}$ ,  ${}^{127}\text{Xe}$ ,  ${}^{133}\text{Xe}$  (tüdő inhalációs vizsgálata)

A Leggyakrabban alkalmazott pozitronsugárzó izotópok

(PET vizsgálatok során):  ${}^{18}\text{F}$ ,  ${}^{11}\text{C}$ ,  ${}^{13}\text{N}$ ,  ${}^{15}\text{O}$

Jellemzően rövid felezési idejűek, előállításuk ciklotronban történik.

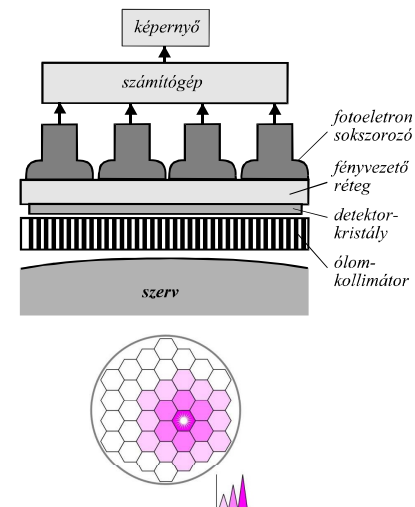
Leggyakrabban alkalmazott pozitronsugárzó radiofarmakon:  
fluor-dezoxi-glükóz (FDG) – agyi aktivációs vizsgálatok.



## Az izotópok eloszlása detektálható szcintillációs elven alapuló diagnosztikai berendezésekkel

- Szcintillációs számláló (l. gyakorlat!)
- Gamma kamera (Anger kamera)
- SPECT (single photon emission computed tomography)
- PET (positron emission tomography)

## Gamma kamera

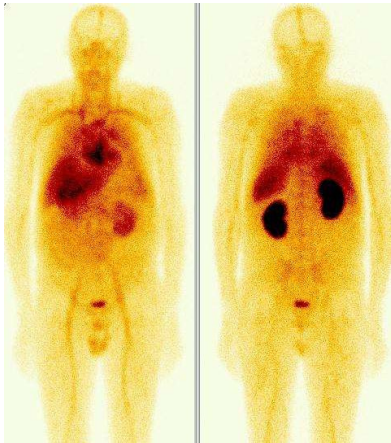


Hal Anger  
(1920-2005)



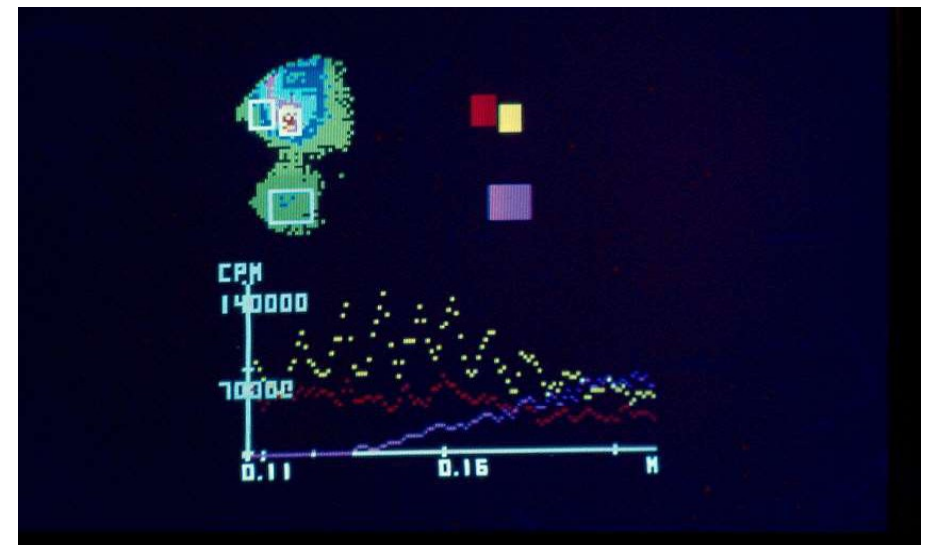
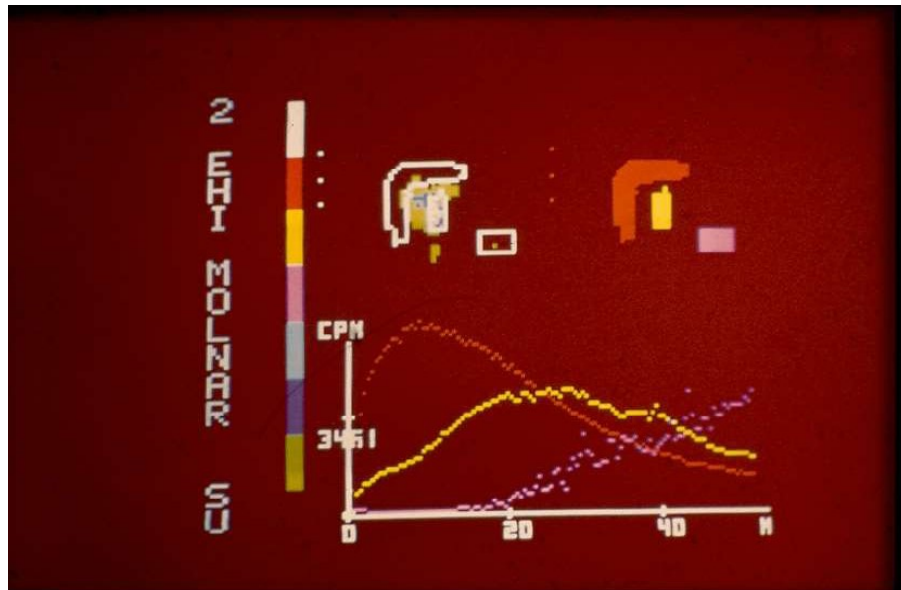
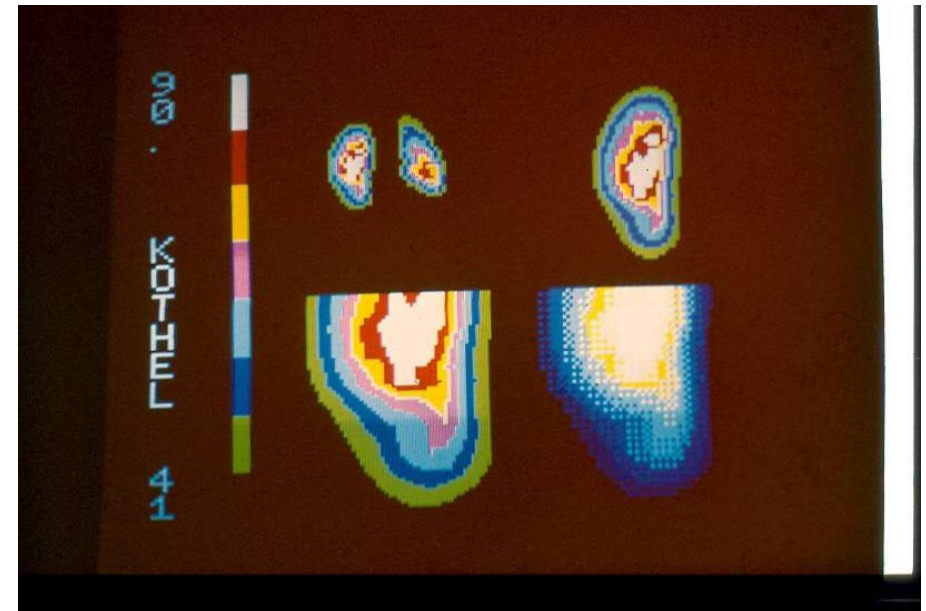
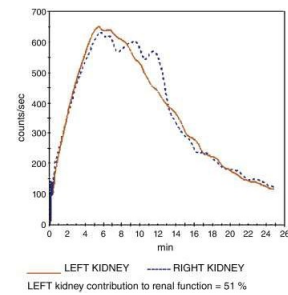
### Statikus vizsgálat (szcintigram)

- az izotóp térbeli eloszlása vizsgálható

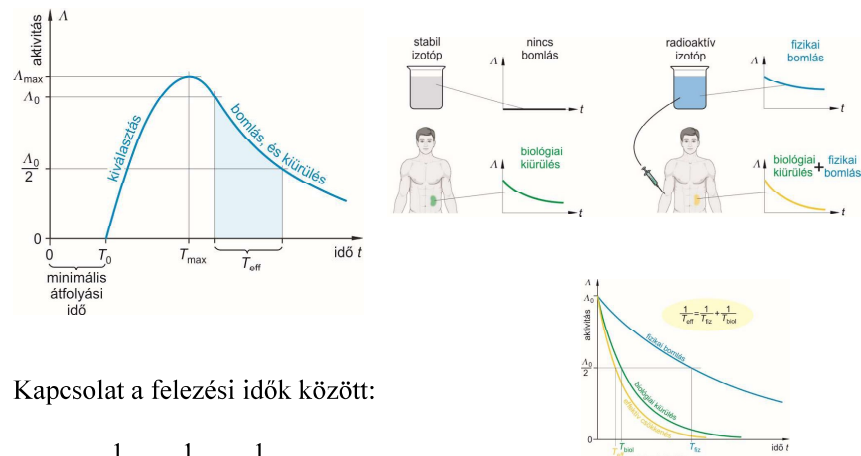


### Dinamikus vizsgálat

- az aktivitás időbeli változása követhető egy kijelölt területen (ROI – Region Of Interest)



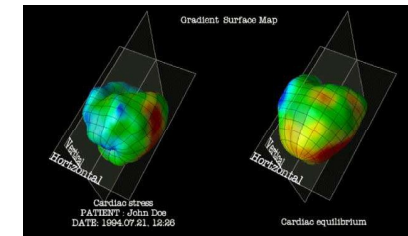
Az aktivitás különböző időpontokban történő méréséből nyerhető az izotóptárolási görbe



Kapcsolat a felezési idők között:

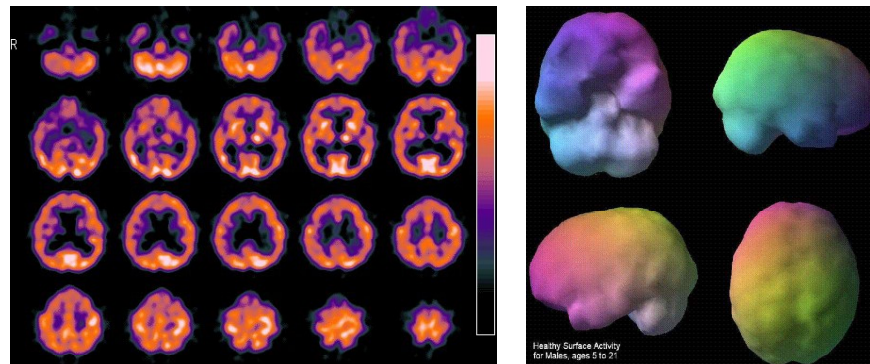
$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{fiz}} + \frac{1}{T_{biol}}$$

**SPECT** (a gamma-kamera detektorát körbeforgatják a testtengely körül → háromdimenziós kép)



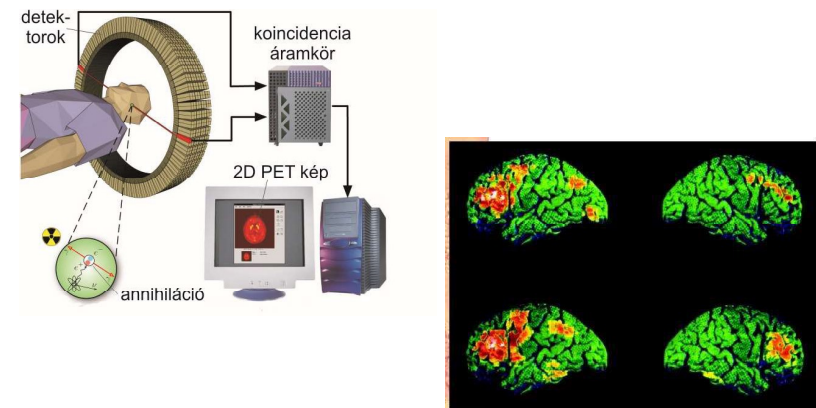
SPECT-felvételek

A röntgen CT-hez hasonlóan egymás feletti rétegekről hoznak létre keresztmetszeti képeket. Ezekből tetszőleges irányú metszet, vagy térbeli kép rekonstruálható.



**PET vizsgálat**

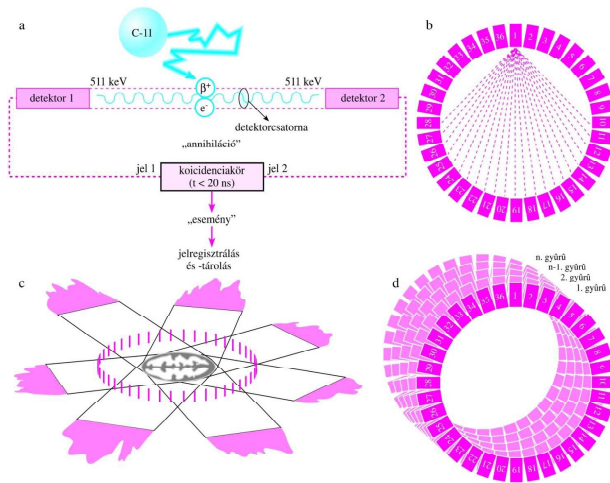
pozitronsugárzó izotóp – pozitron-elektron találkozás → annihiláció → 2 gamma foton (511 keV) - ezeket detektálják  
koincidenca: a két detektorba egyszerre (néhány ns-on belül) érkezik gamma foton





## PET

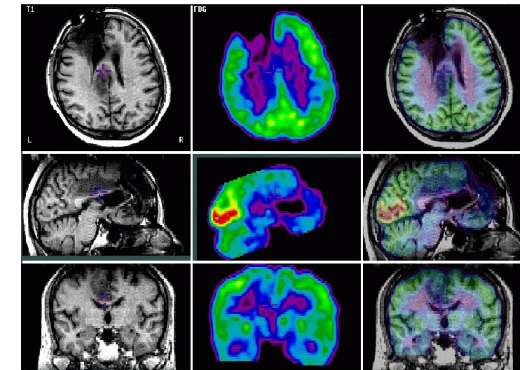
A páciens több sorban veszik körül a szcintillációs detektorok



## Képfúzió

A funkcionális és a morfológiai információ kombinációja

- funkcionális: SPECT és PET
- Morfológiai: CT és MRI



Kombinált készülékek (diagnosztikai és kutatási célra is)



NanoSPECT/CT

NanoPET/MRI



## In vitro izotópdiaosztika

- Általában testfolyadékból (vér, vizelet) vett mintából valamilyen komponens (pl. hormon) koncentrációját határozzák meg.

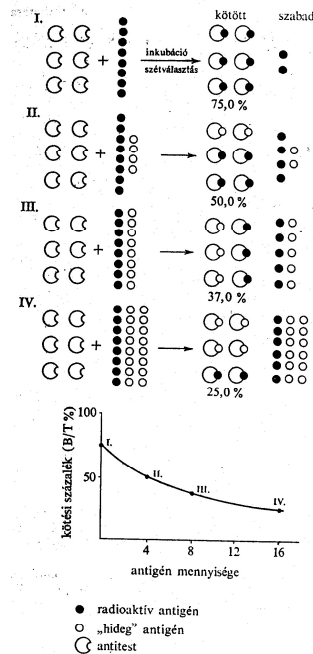
- Az izotópok kiválasztásánál a méréstechnikai szempontok az elsődlegesek. Negatív béta-, vagy lágy gamma sugárzó izotópokat használnak, pl.  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{125}\text{I}$ .

- Az ilyen preparátumokkal történő munkánál elsősorban plexilapokat használnak sugárvédelemre.



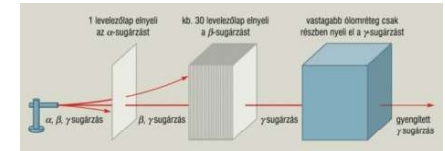
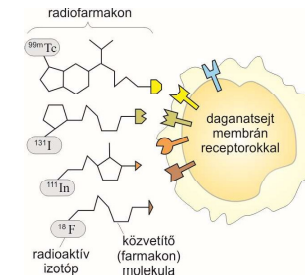
## Radioimmunoassay (RIA)

- ismert mennyiségű antitest és radioaktív antigén + változó mennyiségű „hideg” antigén → kalibrációs görbét készítenek, amelyről az ismeretlen koncentráció leolvasható



## Izotópterápia

A sugárzás sejtpusztító hatását használják ki pl. pajzsmirigy túlműködés ( $^{131}\text{I}$ ), illetve daganatok kezelésére (monoklonális antitesthez kötött  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ) Alfa, vagy béta sugárzó izotópot adnak a helyi hatás kifejtése érdekében.



## Terápia testen kívüli sugárforrás alkalmazásával

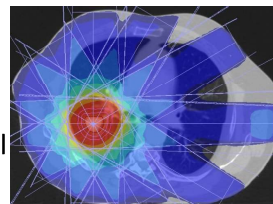
Gamma-sugárzó izotópokat használnak (nagy áthatoló képesség)

Nagyobb fotonenergia → nagyobb behatolási mélység. elsősorban daganatok elpusztítására ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ )

Igen nagy aktivitású sugárforrásokat alkalmaznak, mert a daganatos sejtek elpusztításához igen nagy sugárdózis szükséges.

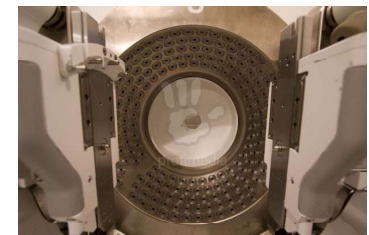
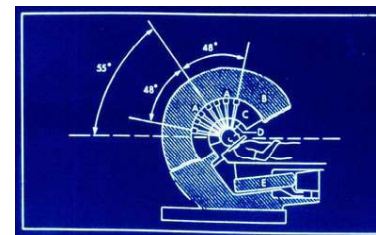
Célszerű hosszú felezési idejű izotópok használata, hogy az aktivitásukat sokáig megőrizze.

A szükséges mennyiségű sugárzást több irányból, elosztva alkalmazzák, hogy a környező egészséges szöveteket minél kisebb mértékben károsítsák. A pontos időbeli és térbeli eloszlást számítógéppel tervezik meg.



## Gamma-kés

Koponyában levő daganatok kezelésére a koponyát körülvevő számos (kb. 200) különböző irányban elhelyezett  $^{60}\text{Co}$  izotóp egy kis területre fókuszálva.



## Sugárvédelmi szempontok minden ionizáló sugárzással végzett tevékenység során

1. **Indokoltság** – az ionizáló sugárzás alkalmazásának hasznosnak kell lennie: az alkalmazás kockázata kisebb, mint az alkalmazás elhagyásának kockázata (kára) – ezt kell mérlegelni a páciens szempontjából.
2. **Optimálás** – az alkalmazás által okozott dózis az ésszerűen elérhető Legkisebb legyen. (ALARA-elv: **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable)  
Mind a páciens, mind a személyzet szempontjából mérlegelni kell.
3. **Korlátozás** – a valószínű dózisok nem léphetik túl a biztonságot adó egyéni dóziskorlátot.  
A munkavállalók szempontjából kell mérlegelni.

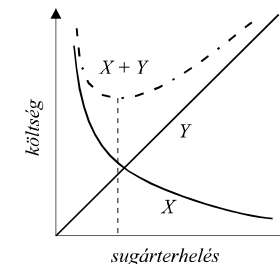
## Néhány orvosi beavatkozás során kapott dózis (dózisfogalmak: I. gyakorlat és tankönyv!)

In vivo izotópvizsgálatok általában: 4 – 5 mSv  
Fogászati röntgen vizsgálatok: 2 – 16  $\mu$ Sv  
Mellkas ernyőképszűrés: 0.1 mSv  
Koponya CT: 1,5 – 2 mSv  
Hasi, mellkasi CT: 7 -8 mSv  
Intervenciós radiológia: több 10 mSv

Átlagos háttérsugárzás Magyarországon: 3,1 mSv/év

## Optimálás

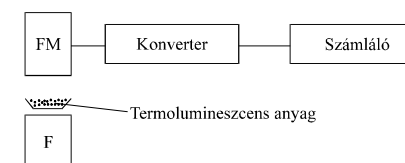
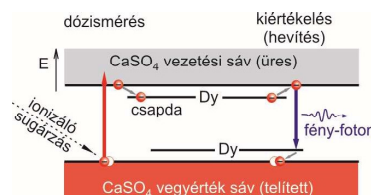
X – a sugárvédelem költsége  
Y – a sugárártalom kezelésének költsége



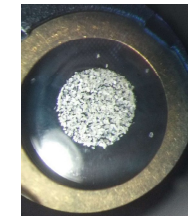
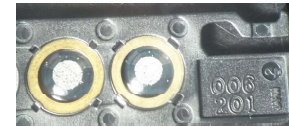
## Dóziskorlát ionizáló sugárzással dolgozó munkavállalókra:

- Egész test dóziskorlát: 20 mSv/év.

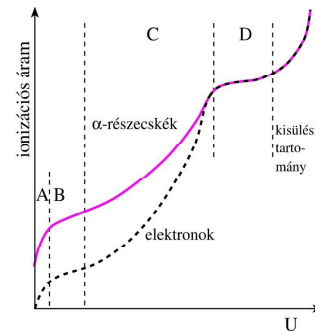
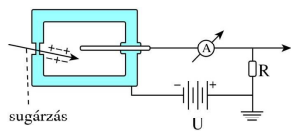
## Termolumineszcens dózismérő (I. gyakorlat)



2013 során a Személyi Dozimetriai Szolgálat átállt a filmdoziméterekről az egésztest termolumineszcens doziméterek használatára.



## A sugárzás gázionizáción alapuló mérése



- A: rekombinációs tartomány
- B: ionizációs kamra tartomány
- C: proporcionális tartomány
- D: Geiger – Müller tartomány

A besugárzási dózis is ionizációs kamrával mérhető.

## A kockázat mértéke a sugárzás fajtájától függ

**Külső sugárforrás** esetén a legnagyobb kockázatot a gamma- illetve röntgensugárzás jelenti. (legnagyobb effektív úthossz)

**Inkorporált** (belélegzett, vagy lenyelt) sugárforrás esetén a legnagyobb kockázatot az alfa-sugárzás jelenti. (Lényegében a teljes mennyiség a szervezetben nyelődik el.)





## Lehetőségek a külső sugárterhelés csökkentésére

- A távolság növelése
- Az expozíciós idő csökkentése
- Sugárelnyelő rétegek alkalmazása

