

Izotóplaboratóriumok osztályozása, Munkavégzés nyílt radioaktív készítményekkel

Dr. Hajdu István



ÁLTALÁNOS ORVOSTUDOMÁNYI KAR

Orvosi Képző Intézet
Nukleáris Medicina Nem Önálló Tanszék
H-4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.
Tel/fax: 52/255-510

Sugárforrások

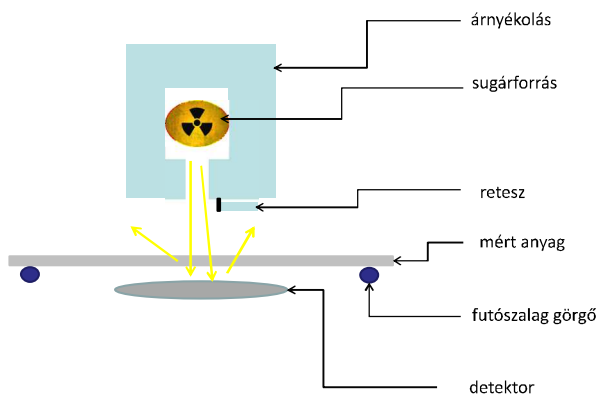
Nyílt radioaktív készítmény:

Olyan radioaktív összetevőt tartalmazó készítmény, amely nincs tokozva vagy hordozórétegen megkötve és lefedve tehát a felhasználáskor a környezetével elkeveredhet ill. kémiai reakcióban is részt vehet.

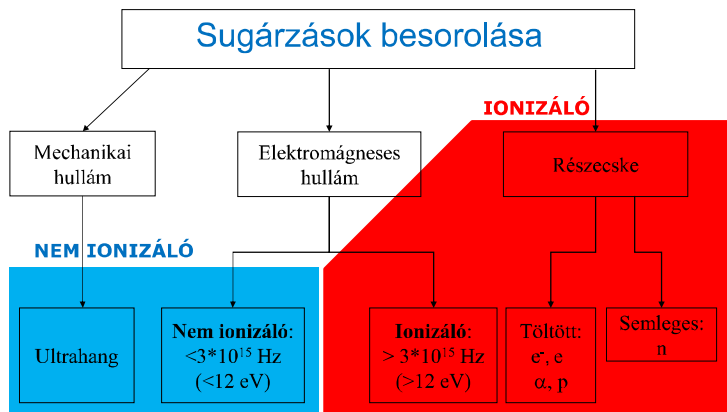
Zárt sugárforrás:

Olyan eszköz illetve készítmény, amelyben lévő radioaktív anyagból sugárzás éri a környezetét, de maga a radioaktív preparátum közvetlenül nem érintkezik a környezetével, nem keveredik el azzal, és nem lép vele kémiai reakcióra.

Vastagságmérés



Sugárzások besorolása



2016

Munkavégzés izotóplaborokban

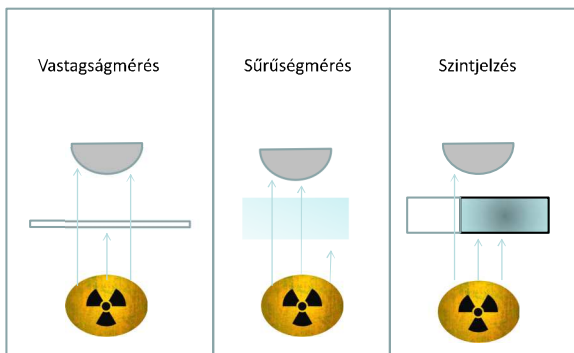
2

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

6

Zárt sugárforrások ipari alkalmazásának lehetőségei



A 487/2015 Korm. rend. mellékletei

487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet
az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

1	Radionuklidok általános és specifikus mentességi aktivitás-koncentrációja, valamint specifikus mentességi aktivitása
2	Az értelmező rendelkezésekhez tartozó képletek
3	Sugárzási és testszöveti súlytényezők
4	Sugárvédelmi képzések és továbbképzések tematikája
5	Radioaktív anyagot nem tartalmazó, ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések sugárvédelmi besorolása
6	Gamma-sugárzást kibocsátó építőanyagok
7	Sugárvédelmi Leírás
8	Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat
9	Sugárvédelmi szakértői tevékenység feltételei

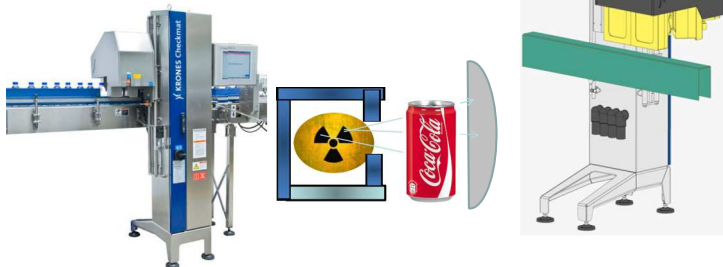
2016

Munkavégzés izotóplaborokban

7

Élelmiszer gyártás (zárt sugárforrások, alkalmazása)

Töltésszint ellenőrzés:
Sugárforrás: Am-241
Aktivitás: 1-2 GBq



Coca-Cola, Nestle, Dreher

Szabványok

A szabványok az Európai Unióban nem minősülnek kötelező jogszabálynak. A nemzeti szabvány alkalmazása önkéntes, kivéve, ha jogszabály kötelezően alkalmazandónak nyilvánítja.

Ennek megfelelően a sugárvédelemre vonatkozó magyar szabványok, elsősorban az MSZ 62, „Ionizáló sugárzás elleni védelem” című szabványcsoport (melynek 1-7. fejezete 1989 és 1999 között jelent meg) is olyan ajánlásnak tekintendő, amelynek alkalmazása esetén a jogszabályi előírások teljesülnek.

Szám	Szabványcím
MSZ 62	Ionizáló sugárzás elleni védelem
MSZ 62-1:1989	Általános előírások
MSZ 62-2:1989	Béta-, gamma- és röntgensugárzás elleni védelem
MSZ 62-3:1990	A neutronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-4:1999	Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris gyorsítók alkalmazásakor
MSZ 62-5:1991	Sugárvédelmi előírások zárt radioaktív sugárforrások mérés technikai és automatizálási célú alkalmazásakor
MSZ 62-6:1999	Sugárvédelmi előírások a zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachy-terápia)
MSZ 62-7:2011	Sugárvédelem nyitott radioaktív készítmények alkalmazásakor

MSZ 62-7:2011

Tartalom

	oldal
1. Fogalom-meghatározások	2
2. Általános követelmények	3
3. Az izotóplaboratóriumok osztályozása	4
4. Az izotóplaboratóriumok általános kialakítása	5
5. Sugárvédelmi ellenőrzés	10
6. A radioaktív hulladékok gyűjtése és tárolása	11
7. Az izotóplaboratóriumokra vonatkozó különleges követelmények	12
8. Az orvosi izotóplaboratóriumokra vonatkozó különleges követelmények	13
Mellékletek	17

Mi az izotóplaboratórium?

1.1. Izotóplaboratórium: Olyan helyiség, vagy egy bejárattal rendelkező helyiségcsoport, amelyik adott radioaktív készítményekkel végzett munkák során speciális kialakításával és felszerelésével biztosítja a külső és belső sugárterhelés elleni védelmet, és megakadályozza a radioaktív szennyeződés terjedését.

Mi az izotóplaboratórium?

- Mentességi aktivitás („MA”):**
Amely alatti aktivitás izotóplaboron kívül használható
– Ld. 487/2015 Korm. rendelet
- Alapmennyiség („AM”):**
A különböző szintű izotóplaboratóriumok felhasználási határai ehhez vannak rögzítve.
– Amelynek lekötött effektív dózisa lenyelés esetén az évi dóziskorlátot adná (MSZ 62-7:2011)

„Ipari” (és kutató)		„Orvosi”
	< 1 · AM	I. <i>In vitro</i> ; oktató-kutató
„C”	< 10 · AM	
	< 100 · AM	II. <i>In vivo</i> diagnosztikai
„B”	< 10 000 · AM	III. Terápiás
„A”	> 10 000 · AM	

Műveleti szorzók

Az adott radioizotópból maximálisan felhasználható mennyiség (pl. megengedett napi) egyes műveletekbe bevont aktivitások szorzó tényezői:

tárolás	100
egyszerű műveletek oldatokkal (kimérés)	10
közönséges kémiai műveletek; izotópgenerátor eluálása, az eluátum szétosztása egyszerű műveletek radioaktív gyógyszerekkel	1
komplex műveletek oldatokkal; cseppenés, fröccsenés veszély komplex műveletek radioaktív gyógyszerekkel	0.1
műveletek száraz, porló anyagokkal	0.01

1. kérdés:

A I-125 alapmennyisége 400 kBq. Legfeljebb mekkora aktivitású folyadék lehet egy üvegedényben egy *“in vitro”* diagnosztikai laborban?

Válasz:

Ahhoz, hogy használhassuk a radioaktív készítményt, a legegyszerűbb szükséges művelet, hogy kimérjük belőle a felhasználni kívánt mennyiséget. Az egyszerű művelet szorzója 10, az *“in vitro”* diagnosztikai laboré 1, tehát az edényben maximum:
400 kBq * 1 * 10 = 4 MBq
aktivitás lehet.

2. kérdés:

A fenti táblázat szerint TÁROLNI a laborra vonatkozó aktivitás-határ 100-szorosát lehet. Nem mond ennek ellent az előző válasz?

Válasz:

Nem. A tárolási küszöb azt jelenti, hogy a fenti 4 MBq-es edényből egyszerre akár 10 db is lehet a hűtőszekrényben.
De külön-külön egyetlen edényben sem lehet 4 MBq-nél több, különben az *“in vitro”* laborban nem végezhetnénk vele semmilyen műveletet.

Nem vonatkozik a jogszabály a radioaktív anyagra, ha az alábbiak **valamelyike** teljesül:

- Aktivitás-koncentrációja** kisebb, mint a táblázat szerinti **általános** mentességi aktivitás-koncentráció
- Aktivitás-koncentrációja** kisebb, mint a táblázat szerinti **specifikus** mentességi aktivitás-koncentráció, **ÉS** a radioaktív anyag tömege kisebb, mint 1 tonna
- Aktivitása** kisebb, mint a táblázat szerinti **specifikus** mentességi aktivitás, **ÉS** a radioaktív anyag tömege kisebb, mint 1 tonna

	A	B	C	D
1	Radionuklid	Általános mentességi aktivitás-koncentráció (Bq/g)	Specifikus mentességi aktivitás-koncentráció (Bq/g)	Specifikus mentességi aktivitás (Bq)
2	H-3	10 ²	10 ⁶	10 ⁹
3	Be-7	10	10 ³	10 ⁷
4	C-14	1	10 ⁴	10 ⁷

MSZ 62-7:2011

Radionuklid	AM
H-3	480 MBq
C-14	34 MBq

BASIC SAFETY STANDARDS

IAEA Safety Standards
for protecting people and the environment

Radiation Protection and
Safety of Radiation Sources:
International Basic
Safety Standards

Jointly approved by
EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, WHO, UNEP, WHO

General Safety Requirements Part 3
No. GSR Part 3



- Alapvető követelmények megfogalmazása az ionizáló sugárzásnak kitett munkavégzéssel és a sugárforrásokkal járó kockázat csökkentésére
- Az alapelvek és –szabályok lefektetése, hatékony sugárvédelmi program követelményei
- Gyakorlati útmutató

Intézkedési szintek egy mérési időszakban (2 hó) mért dózisra

- Munkahelyi kivizsgálás: > 2 mSv
- Hatósági (ÁNTSZ) ellenőrzés: > 6 mSv
vagy > szervdózis-korlát 3/10-e
vagy > évi 20 mSv

17

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

21

A sugárvédelem alapelvei - ICRP



- Indokoltság:**
a sugárhatás járjon együtt valamilyen belőle származó haszonnal
- Optimalizálás:**
a haszon legyen nagyobb a kockázatnál
- Korlátozás:**
az egyéni dózis nem haladhatja meg az előre meghatározott, a körülményeknek megfelelő törvényes korlátot.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

18

Vészhelyzeti dóziskorlátok

Veszélyhelyzet, balesetelhárítás:	50 mSv
A népesség jelentős sugárterhelésének megakadályozása:	100 mSv
Életmentés:	250 mSv

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

22

Orvosi célú alkalmazás sugárterhelése

- Betegek** dózisa:
ALARA-elv: „As Low As Reasonably Achievable”
 - Dolgozók: dóziskorlátok**
 - **determinisztikus** hatás kiküszöbölése
 - **sztochasztikus** hatások: ne haladják meg más foglalkozási ágak társadalmilag elfogadott kockázatát.
- A külső forrásból és az emberi szervezetbe került radionuklidoktól származó effektív dózis és lekötött effektív dózis összege, amelyet az ellenőrzött tevékenységből származó egyéni sugárterhelésnek nem szabad meghaladni.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

19

Viselendő doziméterek

Személyi doziméter (jelenleg film) („A”)	Helyszínen leolvasható doziméter
A személy effektív dózisa meghaladhatja: - a > 6 mSv/évet - vagy a szervdózis korlátok bármelyikének 3/10 részét	Ha a helyiségben az éves dózis meghaladhatja a 6 mSv-et

- A teljes munkaidő, illetve tevékenység időtartama alatt viseljük
- Ha a munkavállaló a dozimétert figyelmeztetés ellenére sem viseli, illetőleg nem rendeltetésszerűen használja, a munkavégzéstől a munkáltató eltiltja.
- A napi sugárveszélyes tevékenység befejezésével a dozimétert olyan helyen kell tárolni, ahol járulékos (nem a foglalkozás gyakorlása közben kapott) sugárzás nem érheti a természetes háttérsugárzáson felül.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

23

Éves dóziskorlátok

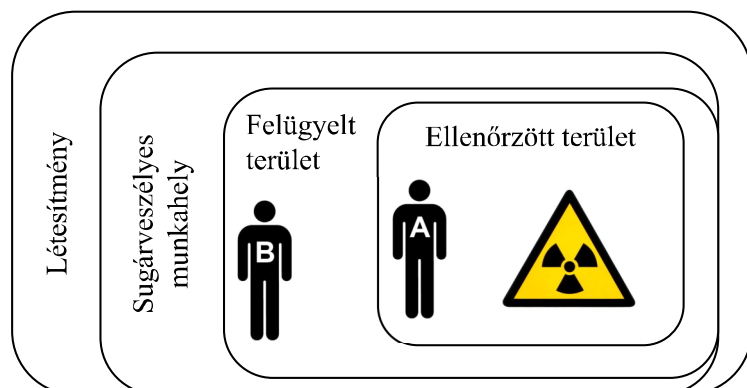
487/2015 Kormányrendelet

Terület	Dolgozók	Tanulók >16 év	Lakosság
Effektív dózis	20 mSv*	6 mSv	1 mSv
Bőr [§] , kéz egyenértékű dózis	500 mSv	150 mSv	50 mSv
Szem egyenértékű dózis	20 mSv	15 mSv	15 mSv

*: külön OAH-engedéllyel egy-egy évben legfeljebb 50 mSv de bármely 5 egymást követő év összege <100 mSv

§: a bőrfelület tetszőleges 1 cm²-ére számított átlag

Munkahelyek felügyelt és ellenőrzött terület



2016

Munkavégzés izotóplaborokban

20

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

24

- Ahol az évi egyéni sugárterhelés meghaladhatja az **1 mSv** effektív dózist,
- Szemlencse esetén a 15 mSv egyenértékdózist
- Bőr és végtagok esetén a foglalkozási egyenértékdózis-korlát 1/10-ét = 50 mSv-et
- vagy ahol a radioaktív szennyeződés terjedését korlátozni kell.


Ellenőrzött helyiségek:

- radiofarmakonok preparálása
- radioizotóp-készítmények kimérése
- izotóptároló
- radioaktív hulladék tároló
- beadó
- leképező

Felügyelt terület:

- környező folyosók, helyiségek
- akár a teljes intézet

Biztonsági előírások az ellenőrzött területeken

- az ellenőrzött terület határait egyértelműen ki kell jelölni,
- a bejutást ellenőrizni kell, illetéktelenek bejutását meg kell akadályozni,
- a bejáratot „Sugárveszély” felirattal, sugárveszélyt jelző tárcsával és a munkahely megnevezésével kell ellátni 
- a munkaterület (a telepített röntgen-laboratórium kivételével) műszeres sugárvédelmi ellenőrzését kell biztosítani,
- az ellenőrzött területen **csak az atomenergia alkalmazásával összefüggő tevékenység** végezhető és csak a tevékenységhez szükséges eszköz vagy anyag tartható,
- ahol a külső sugárterhelés az évi 6 mSv effektív dózist meghaladhatja, helyszínen leolvasható dózismérőt is használni kell, melyek beszerzéséről a munkáltató gondoskodik.

Felügyelt terület az a munkaterület:

ahol az ellenőrzött területekre meghatározott különleges sugárvédelmi intézkedések és biztonsági szabályok alkalmazására szabályos körülmények között nincs szükség (A felügyelt területen is rendszeres sugárvédelmi ellenőrzést kell tartani!)

- **sugárveszély jelzés** kell!
- **korlátozni kell a belépést:** ahol a felügyelt területen belül **a napi munkaidő felét meghaladó időtartamban 20 µSv/h-nál** nagyobb dózisegyenérték-teljesítmény, vagy besugárzásonként 50 µSv-nél nagyobb dózisegyenérték fordulhat elő

Ellenőrzött v. felügyelt terület?

	Ellenőrzött	Felügyelt
Dózisintervallum:	Évi egyéni dózis > 1 mSv lehet	
Szem dózisa:	KRITÉRIUM > 15 mSv	
bőr, végtagok dózisa:	> korlát 0,1-e	
Továbbá:	ha korlátozandó a szennyezés terjedése v. a sugárterhelés valószínűsége	rendszeres sugárvédelmi ellenőrzést kell tartani
„Sugárveszély” felirat:	mindig	mindig
Belépés korlátozása:	mindig	ha a munkaidő felében > 20 µSv/h
Megengedett tevékenység:	csak atomenergia alkalmazása	„korlátozható”
Műszeres sug.védelmi ellenőrzés:	rendszeres	rendszeres
Helyszínen leolvasható doziméter:	ahol a külső sugárterhelés > 6 mSv/év lehet	

Tárgyi feltételek

- C:
 - jól felszerelt kémiai labor +
 - lemosható felületek (résmentes bútor, padló, lemosható fal)
 - lekerekített fal-padló csatlakozás
 - vegyi fülke, benne villany, víz, (gáz)
 - izotóptároló: zárható, árnyékolt
 - hulladék tároló: műanyag zsákkal bélelt, lábbal nyitható, fém
 - könyökkel nyitható kézmosó
 - tükör a kézmosónál
 - papír törölköző vagy kézszáritó
- B: még
 - vízgyűjtő rendszer
 - bejáratnál zszip (2 öltöző, közte zuhany, szennyezettségmérő a kijáratnál)
- A: lehetőleg külön épület(rész)

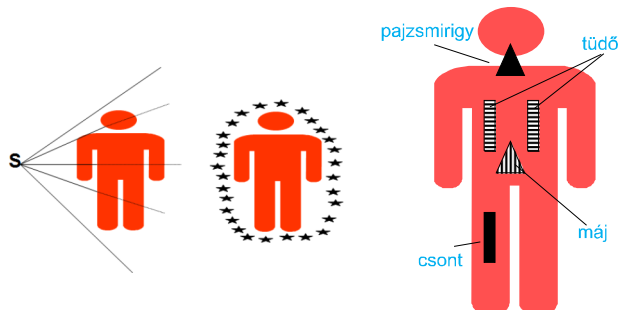
Szükséges kalibrált műszerek:

- Dózisintenzitás-mérő
- Izotópdiagnosztikai és –terápiás laborhoz: aktivitásmérő („dózikalibrátor”) is szükséges.

Külső és belső szennyeződés

A külső testfelszín (bőr) szennyeződése külső besugárzást és esetleg a sugárzó anyag testbe kerülését eredményezheti

A testbe kerülve az α és β-részecskék adják a legnagyobb dózist, mivel teljes energiájuk a testben nyelődik el.



Radioizotóp	Sugárzás	Energia (MeV)	Hatótávolság v. átlagos szabad úthossz vízben és testszövetben (mm)
Urán-238	Alfa	4.2	Hatótávolság: 0.027
Polónium-210	Alfa	5.3	Hatótávolság: 0.037
Szén-14	Béta	0.154 max.	Max. úthossz: 0.29
Foszfor-32	Béta	1.71 max.	Max. úthossz: 8
Jód-125	Gamma	0.035	Átlagos táv ütközésig: 33
Kobalt-60	Gamma	1.33	Átlagos táv ütközésig: 164

Alfa: minden részecske kb. ugyanolyan mélyre jut

Béta: folytonos energiaeloszlás; a max. úthossz a max. energiájú részecskékhez tartozik

Gamma: sehol sincs teljes elnyelődés

- **Védőeszközök**
- **Elcseppenés:**
 - dekontamináló készlet
 - elhatárolás, tisztítás, lefedés (ne hordják szét!)
- **Hulladékkezelés:**
 - Külön a hosszú (>65 nap) felezési idejűeket → temető
 - A többi a munkahelyen lebomlatni! hulladéktároló felületén < 20 μ Sv/h
 - pl.: külön „alagút” a $T_{1/2}$ <14 h radionuklidokra
- **Radioizotóp-nyilvántartás (elektronikus!)**

Szennyeződés

Generátor-fejés, preparálás és beadás után a kézen tipikusan **0.02-200 kBq** aktivitást mértek, ami **0.005 - 50 mSv/h** dózisintenzitást eredményez a bőrön.

Radionuklid a bőrfelületen	Dózisintenzitás $mSv \cdot cm^2 / (MBq \cdot h)$
I-131	1694
I-125	417
In-111	376
I-123	365
Tl-201	343
Ga-67	324
Tc-99m	243
Co-57	78



Eszközök

- **Egyszer használatos** eszközöket kell használni (amennyiben ez nem növeli meg indokolatlanul a keletkező radioaktív hulladék mennyiségét)
- Elvégzendő feladatoknak megfelelő, sugárvédelmi célokat szolgáló munkaeszközök, egyéni **védőeszközök**
- Az egyéni védőfelszerelés viselése - az MSSZ-ben rögzített módon - **kötelező**.
- **Mentesítő készletet** kell készenlétben tartani (dekontamináló anyagok)
- Magyar nyelvű kezelési utasítással rendelkező **sugárvédelmi mérőműszerek**

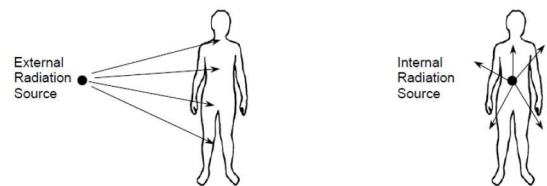
Védekezés sugárzó anyag testbe kerülése ellen

- kesztyű !!!
- védőruha(-váltás), zsilip
- kézmosás (könyökkel)
- megelőző gyógyszerek
- inkorporáció után:
 - beépülés gátlása (gyógyszerek; pl. jódtabletta)
 - kiürülés felgyorsítása

Védekezés külső sugárforrásokkal szemben

Ha a sugárforrás a testen kívül van külső sugárforrásról, külső sugárzásról beszélünk.

Ha a sugárforrás a testen belül helyezkedik el belső sugárzásról beszélünk



Az ionizáló sugárzás külső és belső forrásokból származó általános biológiai hatásai megegyeznek.

Belső szennyeződés

- szükség esetén belső szennyeződés vizsgálata
- sugárzó anyag lenyelése jelentendő a SV megbízottnak és a munkahelyi vezetőnek
- egyes tevékenységekhez a sugárzó anyag beépülését gátló gyógyszer (pl. jód)

Mit tehetünk a sugárzás hatásainak csökkentése érdekében

1. Kizárjuk a veszélyforrást
2. Minimalizáljuk a veszélyforrást
3. Fizikai gátakat alkalmazunk
4. Figyelmeztetőeszközöket alkalmazunk
5. Minimalizáljuk az emberi tévesztés lehetőségét
6. Előre meghatározott eljárásokat követünk
7. Tréning, motiváció és felügyelet (dolgozókra)
8. Elfogadjuk a kockázat csekély mértékét

1. Kizárjuk a veszélyforrást

A leghatékonyabb módja annak, hogy csökkentjük a kockázatot az, ha teljesen kizárjuk az összes veszélyforrást.

Az egyetlen módja, hogy elkerüljük a munkahelyi sugárdózist / munkahelyi többletdózist az ha nem dolgozunk sugaras munkahelyen.

I. Hajdu, 2017

41

A következő módszerekkel csökkenthető az idő és ezzel együtt a kapott dózis is:

- Próbáljuk megtalálni az adott munkafolyamat leghatékonyabb módját. PI. hideg előkísérletek, modellek
- Jól definiált mindenre kiterjedő munkautasítást használunk, melyet alaposan tanulmányozunk a munka megkezdése előtt. (Korábbi munkákból származó, saját jegyzőkönyv)
- Gyakoroljuk be az adott munkafolyamatot.
- A szükséges eszközök legyenek kéznél és működjenek megfelelően.
- Csak akkor vegyük elő a sugárforrást amikor szükség van rá.
- Ne várakozzunk aktív területen

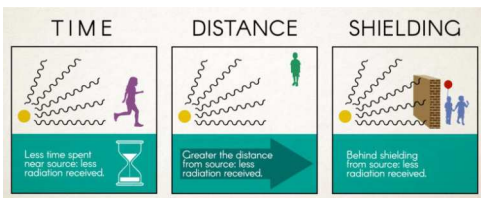
I. Hajdu, 2017

45

2. Minimalizáljuk a veszélyforrást

Négy módja van annak, hogy csökkentjük a külső forrásból származó sugárterhelésünket.

- Minimalizáljuk a forrást.
- Csökkentjük a forrás közelében töltött időt.
- Növeljük a forrástól számított távolságot.
- Alkalmazzunk árnyékolást.



I. Hajdu, 2017

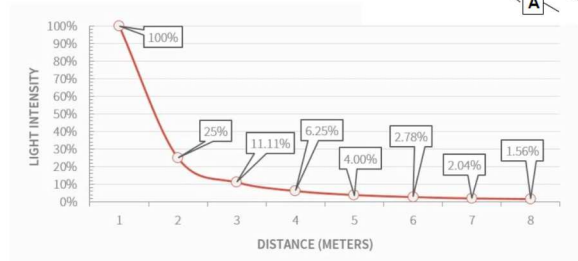
42

2/3. Növeljük a forrástól számított távolságot.

A távolság növelésével jelentős mértékben csökken a bennünket ért sugárzás.



Inverse Square Law



I. Hajdu, 2017

46

2/1. Minimalizáljuk a forrást

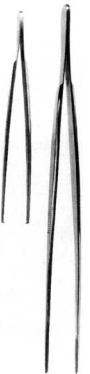
- **ALARA** principle: „As Low As Reasonably Achievable”
 - Előkísérletek kis aktivitásokkal
- Karbantartás
 - Várjuk meg a lebomlást

I. Hajdu, 2017

43

Hogyan növelhető a forrástól számított távolság?

- Használjunk hosszú kézi eszközöket, esetleg irányítsuk a folyamatokat távolról.
- Használjunk megfigyelő berendezéseket, ha rá kell látnunk bizonyos folyamatokra. PI. videokamera
- Előkészületeket tegyük meg inaktív területen, várakozzunk inaktív területen.



I. Hajdu, 2017

47

2/2. Csökkentjük a forrás közelében töltött időt

Egyenletek segítségével kalkulálható az idő és a dózis is.

$$150 \mu\text{Sv/h} \times 6\text{h} = 900 \mu\text{Sv}$$

$$150 \mu\text{Sv/h} \times 4\text{h} = 600 \mu\text{Sv}$$

$$\text{Time} = \frac{\text{Dose}}{\text{Dose Rate}}$$

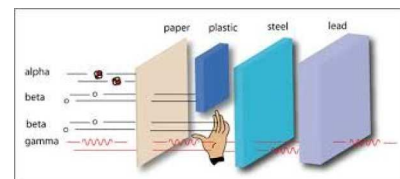
Mennyi ideig tartózkodhatunk egy olyan helyen ahol a háttér 500 $\mu\text{Sv/h}$ ha a dózislimitünk 750 μSv

$$\text{Time} = \frac{\text{Dose}}{\text{Dose Rate}} = \frac{750 \mu\text{Sv}}{500 \mu\text{Sv/h}} = 1.5 \text{ h}$$

I. Hajdu, 2017

44

2/4. Árnyékolás



Alfa Árnyékolás

Az alfa-sugárzás áthatoló képessége igen kicsi, még a levegőben is kb. 10 cm. Egy vékony papírlap, alufólia, vagy az emberi bőr is könnyen elnyeli, emiatt a szervezetben kívüli alfa források nem jelentenek külső veszélyt, így az alfa-részecskék elleni árnyékolás lényegében felesleges. Azonban az alfa-részecskék quality faktora 20 ezáltal nagyon súlyos belső veszélyt jelentenek. Nagyon fontos az, hogy az alfa források a testen kívül maradjanak.

I. Hajdu, 2017

48

Béta Árnyékolás

A béta részecskék áthatoló képessége sokkal nagyobb mint az alfa részecskéké. A béta részecskék körülbelül egy centiméternyi szöveten tudnak áthatolni, és ha a forrás elég erős, akkor égési sérülést is okozhatnak a bőrön. Ezért a béta sugárzás külső veszélyforrás, de a védekezés nem túl bonyolult egy plexilap elég a megfelelő árnyékoláshoz. Viszont ha a béta sugárforrás bejut a szervezetbe a sugárveszély jelentősen megnövekszik.



I. Hajdu, 2017

49

Gamma Árnyékolás

A gamma sugárzásnak a legnagyobb az áthatoló képessége, és egyik anyag sem képes a sugárzást teljes mértékben blokkolni, csak bizonyos mértékben gyengíteni azt. Ezért vezették be az un. fél-érték réteg (half-value layer (HVL)) kifejezést mely megadja hogy az adott anyag milyen vastag rétege képes a gamma sugárzás intenzitását a felére csökkenteni.

Radiation after 1 HVL = $(1/2)^1 = 1/2$ of the original
Radiation after 2 HVLs = $(1/2)^2 = 1/4$ of the original
Radiation after 3 HVLs = $(1/2)^3 = 1/8$ of the original
Radiation after 4 HVLs = $(1/2)^4 = 1/16$ of the original
Radiation after 5 HVLs = $(1/2)^5 = 1/32$ of the original

7 HVLs reduce the gamma field to 1%,
and 10 HVLs reduce it to 0.1%.

A gamma fotonok kölcsönhatásba lépnek az elektronokkal. Ezért a leghatékonyabb gamma-árnyékolók azok az anyagok, amelyek nagyszámú elektront tartalmaznak atomonként és nagy mennyiségű atomot tartalmaz egységnyi térfogatban. A nehézfémek, mint az urán, a volfrám, az arany és az ólom jó példa ezekre az anyagokra.

I. Hajdu, 2017

50

3. Fizikai gátak alkalmazása

A fizikai gátak alkalmazása pl. beléptetőrendszerek, kódos ajtók, melyek megakadályozzák, hogy illetéktelenek belépjenek magasabb háttérű területre igen hatékonyak.

Belépesi lehetőség:

- Szakképzett személyzet
- Tanulók, gyakornokok
- Vendég kísérel
- Regisztráció lehetősége:
- Személyek,
- Bent töltött idő



I. Hajdu, 2017

51

4. Figyelmeztetőeszközök alkalmazása

Nem olyan hatékonyak mint a beléptető rendszerek, mert figyelmen kívül hagyhatók, kikapcsolhatók, elromolhatnak.

Állandóan mér

Adott szint fölött figyelmeztet



I. Hajdu, 2017

52

5. Minimalizáljuk az emberi tévesztés lehetőségét

Munkálató oldala:

Pontos, érthető utasítások alkalmazásával segítsük a munkavállalókat

Make it easy for people to do it right, and make it hard for them to do it wrong.

Munkavállaló oldala:

Abban az esetben ha valaki

- Fáradt
- Kimerült
- Szétszórt

Szünetet kell tartani

I. Hajdu, 2017

53

6. Előre meghatározott eljárásokat követünk

Mindent úgy kell csinálni ahogy az le van írva. A munkautasításokat lépésről lépésre követni kell mert azok tartalmazzák a az adott munkafolyamat megfelelő és elfogadott módját.

Ha valamin módosítunk, jóvá kell hagyatni a felettséggel. (Minőségirányítási vezetővel, szakgyógyszerésszel, sugárvédelmi felelőssel)

Ezután a módosított munkautasítás lép életbe.

I. Hajdu, 2017

54

7. Tréning, motiváció és felügyelet

Válasszuk ki a feladat elvégzésére legalkalmasabb embereket, képezzük ki őket, motiváljuk őket és ellenőrizzük/felügyeljük a munkájukat.

A megfelelő képzés nélkül nem vagyunk képesek:

- felismerni a veszélyt
- megbecsülni a veszély nagyságát
- megfelelően reagálni

I. Hajdu, 2017

55

8. Elfogadjuk a kockázat csekély mértékét

0.1 mSv sugárzás kockázata (rákos megbetegedés) egyenlő:

- 1.4 cigaretta elszívása (tüdőrák)
- 40 évökanálogyoróvaj elfogyasztása (májrák)
- 2 nap eltöltése New York Cityben (légszennyeződés)
- 64 km autózás (baleset)
- 4000 km repülőgépen (baleset)
- 6 perc kenudás (baleset)

I. Hajdu, 2017

56

„In vivo” diagnosztika: a kéz védelme

- A kritikus pont a nagy aktivitások kezelése, különösen jelzéskor.
 - Az ólomtokok kupakkal lezárása és az edénybe szűrt tűk sterilitásának megőrzése nehezen egyeztethető össze.
 - Elengedhetetlen a fecskendőárrnyékolás és a távfogók használata.
 - Ólomgumi kötény?
Dóziscsökkentés a Tc-99m energiáján:
0,25 mm Pb-ekv.: ~40%, 0,5 mm Pb-ekv.: ~60%
 - A hasonló munkakörben dolgozók kéz- és egésztest-dózisának nagy szórása az oktatás és munkafegyelem nagy fontosságára utal.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

57

Kritikus pontok

Terápiás labor: környezeti szennyeződés

A fő kockázatot maga a beteg jelenti:

- aki elejtheti, kiköphögheti a I-131-tartalmú folyadékot,
 - illetve akinek testnedveivel jelentős aktivitás távozik,
 - és aki környezetét is besugározza.
- A beteg együttműködő készségének megítélése, kioktatása kiemelt fontosságú.
 - Igény van a kórházi és otthoni ápolók megfelelő tájékoztatására is.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

58

Kockázat-besorolás tipikus eredményei nem betegvizsgáló intézetekben



Nagy kockázat:

- Radiofarmakonok preparálása, szétosztása
- Átmeneti hulladéktárolás

Közepes kockázat:

- Radioaktív hulladék tároló

Alacsony kockázat:

- Mintamérő szoba
- „In vitro” (RIA) preparáló
- Irodák

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

59

Kockázat-besorolás tipikus eredményei beteglátó intézetekben



Nagy kockázat:

- Radiofarmakon-beadó
- Vizsgáló
- Fektető

Közepes kockázat:

- Váró
- Beteg WC

Alacsony kockázat:

- Betegfogadó

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

60

Munkaszervezés

- Gond a radioizotópos és inaktív tevékenység nem kellő elkülönítése:
 - köpeny- és cipőcserék, stb.
- Az oktatás hangsúlyát:
 - A védekezés módjaira
 - Az elkerülhetetlenül bekövetkező szennyeződések megfelelő kezelésére, széthordásuk, a testfelületek szennyezése és a testbe jutásuk megelőzésére kell helyezni.
- A sugárterhelés leghatékonyabb és legolcsóbb csökkentése:
 - a sugárvédelmi rendszabályok folyamatos ellenőrzése
 - és betartatása!

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

61

Jelzések

Sugárveszély jelzéssel **és** felirattal kell ellátni:

- sugárzó anyagot tároló (hűtő)szekrényeket
 - hulladéktárolókat
 - lefolyókat
- A sugárzó preparátumok tartóedényére ráírandó:
 - milyen radionuklid
 - milyen vegyület
 - aktivitás és mérésének időpontja
 - (esetleges lejárta)
 - ALÁÍRÁS

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

62

Belső szennyeződés

- szükség esetén belső szennyeződés vizsgálata
- sugárzó anyag lenyelése jelentendő a SV megbízottnak és a munkahelyi vezetőnek
- egyes tevékenységekhez a sugárzó anyag beépülését gátló gyógyszer (pl. jód)

Sugármentesítés

- A munkahely falainak, padlójának, felszerelésének szennyeződése esetén a szennyezett felületek közvetlen mentesítése - a munkahelyi sugárvédelmi megbízott irányításával - az ott dolgozó munkavállalók feladata.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

63

Teendők sugárzó anyaggal szennyeződéskor

1. A munka azonnali beszüntetése
2. A terület körülhatárolása a szennyeződés továbbterjedésének megakadályozására
3. Szükség esetén (szennyező gáz, pára) a szennyeződés kiszívásának megelőzésére a helyiségből kivezető minden nyílás megfelelő elzárása
4. A balesetnél bekövetkezett sugárveszély felszámolását csak sugárvédelmi képzettségű irányíthatja. A mentesítés a munkát végzők feladata.
5. A szennyezett helyiségbe belépni csak a dekontamináció vezetésére kijelölt személy engedélyével szabad.
6. Személyek szennyeződésének megállapítása, eltávolítása
7. Felületek szennyeződésmentesítése
8. Ellenőrző mérések
9. Dokumentálás, foglalkoztatási dóziskorlátot feltételezhetően meghaladó esemény jelentése (ÁNTSZ Sug.Eü. Decentrumnak)

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

60

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

64

A mentesítő készlet minimális tartalma

- 2db 25 cm-es csipesz,
- 2 db 15 cm-es csipesz,
- 5 pár gumi- vagy műanyagkesztyű,
- 5 pár cipőre húzható fólia papucs,
- 1000 g vatta,
- 5 db nagyméretű műanyagzsák (hulladékhoz),
- 1 db szemöblítő pohár,
- 1000 g – a munkahely felületének lemosására legalkalmasabb - mosószer (v. mosogatószer),
- 500 ml 0,9 %-os konyhasóoldat,
- 500 ml 10%-os trinátriumfoszfát oldat,
- 1000 ml 2%-os technikai minőségű Komplexon III. oldat (testfelületekhez)
- 1000 ml 10%-os sósav (v. salétromsav), csak tárgyak mentesítésére,
- (esetleges speciális dekontamináló szerből 500 ml).

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

65

Személyi mentesítés lépései

- A szennyezett ruházat eltávolítása
- A szennyezett testrészek lemosása (addig nem szennyeződött bőrrészek sugárzó anyaggal ne kerüljenek érintkezésbe)
 - A bőr, haj, szőrzet, kézujjak, körmök, ujjközök szennyeződése esetén szappanos vizes, vagy dekontamináló oldattal történő lemosást kell alkalmazni.
 - Szennyeződésmentesítési célra nem szabad forró vizet, erősen alkalikus szappant (pl. káliszappan) vagy mechanikus tisztítószerrel használni.
 - Lágy szűrő kefével a mosás hatékonysága fokozható.
- A szem szennyeződését folyó vízzel azonnal ki kell mosni, majd haladéktanul szemorvosi ellátásáról kell gondoskodni.
- Belégzéssel, lenyeléssel, ép vagy sérült bőr, nyálkahártya szennyeződése útján történt inkorporáció vagy annak gyanúja esetén haladéktanul elsősegély. (Kiürülést gyorsító szerek?)

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

66

Felületek mentesítése

- Nedves vattára szórt dekontamináló szerrel való dörzsöléssel kell kezdeni és csak utána nagyobb oldatmennyiséggel.
- Nagy fajlagos aktivitású radioaktív anyag: a radioaktív elem azonos vegyületű, stabil izotópját tartalmazó szerrel kell kezdeni a dekontaminálást.
- Sok folyadékot: távpipettával kell felszívni és üvegbe gyűjteni,
- a maradékot szűrőpapírral kell felitatni.
- Törlést kívülről befelé (nehogy jobban szétkenjük).
- A dekontaminálást addig kell folytatni, amíg a mérőeszköz a megengedett szennyezettségnél kisebb aktivitást nem mutat.
- Ha rövid felezési idejű anyag nem távolítható el teljesen: letakarni és figyelmeztető jelzéssel körülhatárolni (lebomlásig)!
- Hosszú felezési idejű (>65 nap) radioaktív anyaggal szennyezett felületet el kell távolítani, vagy állandó jelleggel lefedni.
- Textília akkor adható inaktív mosodába, ha méréssel igazoltan radioaktív szennyezettségtől mentes.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

67

Hulladéktárolás

Az izotóplaboratóriumban keletkezett radioaktív hulladékot osztályozva kell összegyűjteni:

- A radioizotóp fajtája
- Aktivitása
- Hulladék halmazállapota
- Aktivitás koncentrációja
- Kémiai sajátosságai
- Bomlásra való hajlama, rothadása
- Tűzveszélyessége

Külön kezelendők azok az (egészségügyi, biológiai) hulladékok, amelyek mentességi szint alá bomlás után veszélyes hulladéknak minősülnek:
Kísérleti állatok maradványai
Szöveti- és vérminták
Sejttenyészetek

A fel nem használt radioaktív folyadékokat folyékony radioaktív hulladékként kell kezelni. Folyékony radioaktív hulladékot hígítással a közcsatornába kibocsátani tilos.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

68

Hulladékkezelés

A keletkező radioaktív hulladékokat külön hulladéktárolóban kell elszállításhoz vagy lebomlásig tárolni. Lebomlásig kell tárolni azt a radioaktív hulladékot, amelynek a felezési ideje 65 napnál rövidebb.

Az izotóplaboratóriumhoz tartozó radioaktív hulladéktároló helyiség ellenőrzött terület és vonatkoznak rá az izotóplaboratóriumok általános kialakításának építészeti és szellőzési követelményei. A hulladéktároló belső közlekedési útjain a dózisteljesítmény nem haladhatja meg a 200 $\mu\text{Sv/h-t}$

A hulladéktároló helyiség külső felszínein a dózisteljesítmény nem lehet nagyobb mint 20 $\mu\text{Sv/h-t}$

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

69

Radioaktív hulladék keletkezése Magyarországon

Magyar radioaktív hulladékok 3 fő forrását lehet megkülönböztetni:

- » Orvosi, ipari izotópkalmazások és zárt sugárforrások
- » 5 kiemelt Nukleáris létesítmény (az élen Paks)
- » Uránbányászat
- » egyéb speciális esetek

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

70

Paksi Atomerőmű



4 db 500 MW-os blokk, indulásuk: 1984-87

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

71

Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója

A paksi atomerőmű nagyaktivitású radioaktív hulladéka egyelőre Pakson, a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójában vannak elhelyezve, melyek Oroszországba való elszállításukra várnak. A KKÁT húsz tárolókamrája több mint hét és félezer kiégett kazettát tartalmaz, melyek állapotát folyamatosan ellenőrzik.



Paks, 1997

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

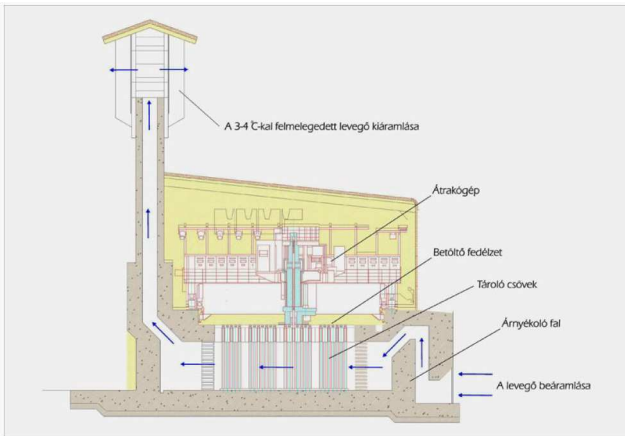
68

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

72

Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója



2016 Munkavégzés izotóplaborokban

73

Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló

A kisebb radioaktív hulladék termelőknél, mint a kórházak, laboratóriumok és ipari vállalatok, jelenleg mintegy 5-15 m³ kis és közepes aktivitású hulladék és kb. 300 db elhasznált sugárforrás, valamint jellemzően 1000 db füstszélkezelőből kiserelt sugárforrás keletkezik évente.

A mértékadó izotópok a ⁶⁰Co, a ¹³⁷Cs, a ⁹⁰Sr és a ³H.



2016 Munkavégzés izotóplaborokban

77

BMGE Oktatóreaktor



100 kW, 1971

2016 Munkavégzés izotóplaborokban

74

Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló

A 2012-ben átadott Bataapátiban lévő tároló a paksi atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladék számára épült. A tároló a földfelszín alatt 250 méterrel helyezkedik el, de emellett átmenetileg a földfelszíni létesítményekben is tárolnak radioaktív hulladékokat.



Felszín alatti tároló: 21500 m³,
Bataapáti, 2012

2016 Munkavégzés izotóplaborokban

78

Budapesti Kutatóreaktor



10 MW, 1959

2016 Munkavégzés izotóplaborokban

75

Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló

A megoldandó feladat az **atomerőművi** szilárd és folyékony kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezése.

Első lépés az erőműben:

Szilárd hulladék tömörítése és elhelyezése 200 literes acélhordókba

Folyékony halmazállapotú hulladék szilárdítása (cement) majd elhelyezés 200 literes acélhordókba.



2016 Munkavégzés izotóplaborokban

79

Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló

Hazánkban a kis- és közepes aktivitású **nem atomerőművi** hulladékokat a Püspökszilágy térségében épült hulladéktárolóban helyezik el.

A létesítmény feladata a nem atomerőművi eredetű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék átvétele és elhelyezése.



Földfelszín-közeli tároló:
Üzembe helyezés: 1976, Püspökszilágy

2016 Munkavégzés izotóplaborokban

76

Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló

Második lépés szállítás:

A hulladékcsoomagok az M6-os autópályán, Paks-Bátaszék-Bataapáti útvonalon, saját, erre a célra kialakított és hatósági engedéllyel rendelkező gépjárművel jutnak az NRHT-ba.



2016 Munkavégzés izotóplaborokban

80

Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló

A hulladék átvétele, tárolása

- a hulladékcsomagok fogadása, a hordkeretek szállítójárműről való lerakodása,
- a hordók behelyezése vasbeton konténerekbe (egy konténerbe 9 hordó kerül), illetve a konténerek térkitöltése inaktív betonnal,
- a feltöltött beton konténerek ideiglenes tárolása,
- amennyiben keletkezik folyékony hulladék, annak cementezése,
- az átvételi követelményeknek való megfelelés ellenőrzése (gammaszkenelés, átvilágítás).

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

81

Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló



Az első, I-K1 jelű tárolókamra 90 m hosszú, szelvénymérete csaknem 96 m², a földfelszíntől számított távolsága mintegy 250 m. Itt közel 510 db vasbeton konténer, azaz megközelítőleg 4600 db hulladékos hordó fér el.

2016

Munkavégzés izotóplaborokban

82