

*“ ՌԱԴԻՍՅՈՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ  
ԲԺՇԿՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ԵՎ  
ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆ ԵՐՈՒՄ”*

ԴԱՍԱԽՈՍ՝ Ալբերտ Ավետիսյան

# 1. ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Միջուկային  
կիրառումը

ֆիզիկայի

ատոմապահության համար

հիմնականում ուղղված է

հիվանդի օրգանների զննման

**ԶՔԱՅՔԱՅՈՂ** մեթոդների

մշակմանը եվ կիրառմանը:

Առողջապահության բնագավառում միջուկային  
ֆիզիկայի առաջին կիրառումը եղել է  
ռենտգենյան ճառագայթներում մարմնի  
օրգանների զննումը





# ԻՆՉ Է ԱՅԺՄՅԱՆ ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ԲԺՇԿՈՒԹՅՈՒՆԸ?

- Ախտորոշման ռադիոիզոտոպային մեթոդներ, այդ թվում
- **միաֆոտոնային էմիսիոն համակարգչային տոմոգրաֆիա,**
- **պոզիտրոնային էմիսիոն տոմոգրաֆիա.**
- Ռադիոիզոտոպներ չօգտագործող տոմոգրաֆիկ մեթոդներ՝ համակարգչային տոմոգրաֆիա, մագնիսառեզոնանսային տոմոգրաֆիա.
- Ռադիոիզոտոպային և ճառագայթային թերապիա.
- Բժշկական ռադիոիզոտոպների և ճառագայթային թերապիայի համար արագացուցիչների կիրառում.
- Տոմոգրաֆիայի մեթոդներով պատկերների ստացման և պահեստավորման համար համակարգչային տեխնոլոգիաների կիրառում.

# Ինչ է իզոտոպը? Բնորոշում

Իզոտոպ անվանումը կազմված է հին հունական **ισος** - “**հավասար, միանման**”, և **τόπος** - “**տեղ**” բառերից: Իրենից ներկայացնում է նույն քիմիական նյութի ատոմների (և միջուկների) այնպիսի տարատեսակ, որն ունի նույն ատոմային **համարը**, սակայն **տարբեր զանգվածային թիվ**, այսինքն ատոմային զանգված:

Անվանումը կապված է այն փաստի հետ, որ նույն ատոմի **ԲՈԼՈՐ** իզոտոպները տեղադրվում են Մենդելևի աղյուսակի նույն տեղը՝ **ՆՈՒՅՆ ՎԱՆԴԱԿՈՒՄ**:

Նյութի քիմիական հատկությունները կախված են ատոմի էլեկտրոնային թաղանթի կառուցվածքից, որն իր հերթին հիմնականում բնորոշվում է միջուկի **Z** լիցքով, այսինքն միջուկում պրոտոնների քանակով, և **ՀԱՄԱԸՅԱ** կախված չեն **A** զանգվածային թվից, այսինքն միջուկում պրոտոնների և նեյտրոնների քանակով:

# Ինչ է իզոտոպը?

Առաջին ապացույցը այն երևույթի, որ նույն քիմիական վարքը ունեցող նյութերը կարող են ունենալ տարբեր ֆիզիկական հատկություններ՝ ստացվել է ծանր տարրերի ատոմների ռադիոակտիվ ձևափոխումների հետազոտության ընթացքում:



1906-1907 թվականներին պարզվեց, որ  
ուրանի ռադիոակտիվ տրոհման  
արդյունքը՝ **իոնիումը**, ինչպես նաև  
**թորիումի** ռադիոակտիվ տրոհման  
արդյունքը՝ **ռադիոթորիումը** ունեն նույն  
քիմիական հատկությունները ինչ որ  
թորիումինն է, սակայն տարբերվում են  
նրանից ատոմային զանգվածով և  
ռադիոակտիվ տրոհման բնութագրերով:

Ավելի ուշ հայտնաբերվեց, որ այդ երեք նյութերի ռենտգենյան և օպտիկական սպեկտրները լրիվ նույնն են:

Այնպիսի նյութերը, որոնց քիմիական հատկությունները նույնն են, սակայն տարբերվում են նրանց ատոմների զանգվածները և որոշ ֆիզիկական հատկությունները, անզլիացի գիտնական Սոդդիի առաջարկությամբ 1910 թվականից սկսեցին անվանել **ԻԶՈՏՈՊՆԵՐ**:

# Իզոտոպները բնության մեջ

Համարվում է, որ ողջ Երկրագնդի վրա բոլոր նյութերում տարրերի իզոտոպային կազմը նույնն է: Մեծ նշանակություն ունի ածխածնի իզոտոպների առաջացման երևույթը մթնոլորտի բարձր շերտերում՝ տիեզերական ճառագայթների ազդեցության տակ: Այդ իզոտոպները տարածվում են մթնոլորտում, ներգրավվում են շրջանառության մեջ կենդանիների և բույսերի միջոցով:

*Ռադիոածխածնային անալիզ:*

# Օրինակ՝ Մոլիբդեն նյութի նկարագրումը Մենդելևի աղյուսակում

42 Молибден

**Mo** 95,95

$4d^55s^1$

Ինչպես տեսնում ենք՝ ատոմային համարը **42** ամբողջ թիվ է, իսկ ատոմային զանգվածը՝ **95.95** կոտորակային: Քանի որ դա բնորոշում է միջուկում նուկլոնների քանակը՝ դա նույնպես պետք է որ ամբողջ թիվ լինի:

Պատճառն այն է որ Մոլիբդենը  
ունի **7 ԿԱՅՈՒՆ** իզոտոպ:

$^{92}\text{Mo}$  (զանգվածի 15,86% ),

$^{94}\text{Mo}$  (9,12%),

$^{95}\text{Mo}$  (15,70),

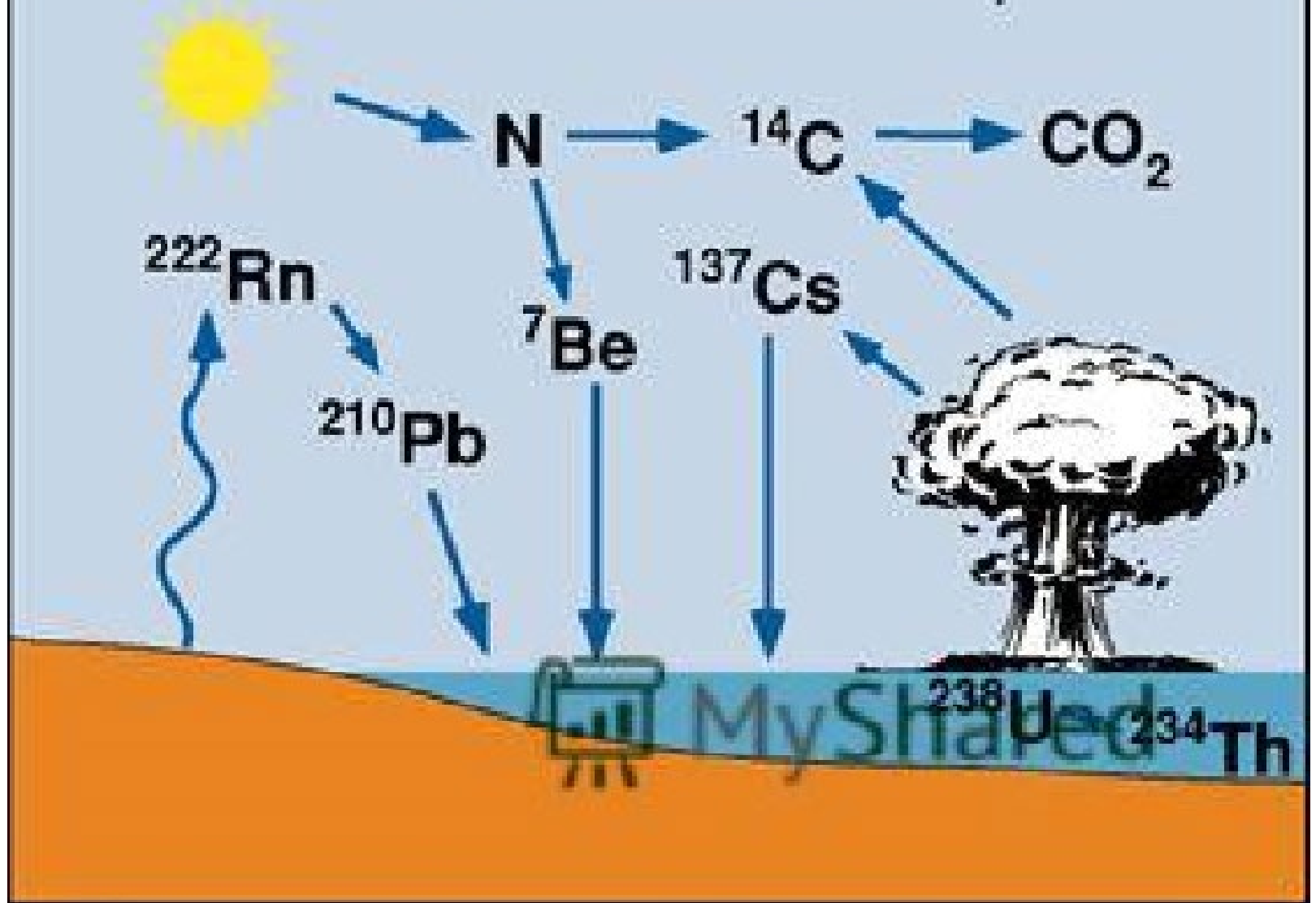
$^{96}\text{Mo}$  (16,50%),

$^{97}\text{Mo}$  (9,45%),

$^{98}\text{Mo}$  (23,75)

և  $^{100}\text{Mo}$  (9,62%)

# Sources of Short Lived Isotopes



*ՌԱԴԻՈԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ԵՎ  
ՌԱԴԻՈՖԱՐՄՊԱՏՐԱՍՏՈՒԿՆԵՐԻ  
ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲԺՇԿՈՒԹՅԱՆ  
ԲՆԱԳԱՎԱՌՈՒՄ*

- **Ռադիոիզոտոպները – կամ ռադիոնուկլիդները** և նրանցով նմուշավորված միացությունները լայնորեն կիրառվում են սրտաբանության, ռոնտլցքաբանության, ներզատաբանության, թոքաբանության և այլ բժշկական բնագավառներում բարձր տեղեկատվական հետազոտություններ անցկացնելու նպատակով:

Ռադիոնուկլիդների օգտագործման մեկ այլ՝  
ոչ պակաս կարևոր բնագավառ է  
ռադիոթերապիան, որն իրականացվում է  
բարորակ և չարորակ  
նորագոյացությունների բուժման և ցավային  
սինդրոմի ճնշման համար:



Ինչպես հայտնի է կենդանի օրգանիզմներում հիմնական 5 տարրերից բացի, որոնք են թթվածին, ջրածին, ածխածին, ազոտ և կալցիում – առկա են պարբերական աղյուսակի մոտ 70 այլ տարրեր – յոդ, կալիում, երկաթ, քլոր և այլն: Ուստի նույն տարրի կամ նրա միացության ռադիոակտիվ իզոտոպի ներարկմամբ այդ նյութը ներգրավվում է մետաբոլիզմի երևույթների մեջ և թույլ տալիս տեղեկություն ստանալ այս կամ այն օրգանում տեղի ունեցող ֆիզիոլոգիական կամ պաթոֆիզիոլոգիական գործընթացի վերաբերյալ:

Ներկայումս ախտորոշման և  
թերապիայի ռադիոնուկլիդային  
մեթոդները թափանցել են ողջ  
աշխարհի բժշկական  
պրակտիկան: Ընդ որում,  
միջուկային բժշկությունը  
սպառում է արտադրվող  
իզոտոպային արտադրանքի  
ավելի քան 50 %-ը:

Որպես կանոն  
հետազոտությունների ընթացքում  
**ռադիոնուկլիդը** կիրառվում է  
հատուկ պատրաստված քիմիական  
միացության, այսպես կոչված  
**ռադիոֆարմաքուտի տեսքով**  
**(радиофармпрепарат (РФП):**  
Բացառություն են կազմում չեզոք  
(իներտ) գազերի իզոտոպները:  
**ԻՆՉՈՒ՞?**

ԱԽՏՈՐՈՇՄԱՆ ԵՎ  
ԹԵՐԱՊԻԱՅԻ ՀԱՄԱՐ  
ՌԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐ

Ախտորոշման համար նախատեսած **ՌՏՊ**  
պարունակում են **գամմա կամ պոզիտրոն**  
ճառագայթող ռադիոնուկլիդ, որը փաստորեն  
**տեղեկատվական կրիչ** է: Նրա ճառագայթումը  
թափանցում է օրգանիզմից դուրս և գրանցվում  
**արտաքին գրանցող համակարգով**  
(ռադիոմետրիկ, ռադիագրաֆիկ, գամմա-  
սցինտիգրաֆիկ և այլն), որի օգնությամբ  
կատարվում է հետազոտվող օրգաններում կամ  
մարմնի տարբեր մասերում տեղի ունեցող  
երևույթների **գրանցումը կամ**  
**տեսողականացումը (визуализация):**

Ի տարբերություն ախտորոշիչ  
ռադիոնուկլիդների, **թերապևտիկ ՌՖՊ**  
**կազմի (β-, α- կամ γ- ճառագայթիչները)**  
ռադիոնուկլիդները իրենցից ներկայացնում  
են հիմնական բուժիչ միջոցը, որի  
ճառագայթման բուժիչ դոզան  
լոկալիզացվում է անմիջապես **թիրախ-**  
**օրգանում կամ հյուսվածքում** և այդպիսով  
ապահովում է **առավելագույն**  
ազդեցություն հիվանդ օրգանի վրա և  
**նվազագույն** ճառագայթում շրջապատող  
առողջ օրգանների և հյուսվածքների վրա:

ԲԺՇԿԱԿԱՆ ԵՎ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ  
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ  
ՌԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԻ  
ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հայտնի է ավելի քան 2000 ռադիոնուկլիդ:  
Դրանցից միջուկային բժշկության համար  
օգտագործվում են կամ կարող են կիրառում  
գտնել մոտավորապես 100:

Այն ռադիոնուկլիդները, որոնք  
օգտագործվում են հիվանդներին **in-**  
**vivo** (ներերակային) ներարկման  
եղանակով, պետք է ապահովեն  
այսպես կոչված **կրիտիկական**  
**օրգանների** վրա նվազագույն  
ճառագայթային ազդեցություն:  
Դրանք են՝ **աչքերը, ոսկրուղեղը,**  
**սեռական օրգանները:**



Երկրորդ պարտադիր պայմանն է՝  
**օրգանը նտրողունակութունը,**  
այսինքն հետազոտվող օրգանի  
(ոսկրային հյուսվածքներ, սիրտ,  
երիկամներ, գանգուղեղ, թոքեր և  
այլն) նկատմամբ ռադիոնուկլիդի  
կամ ռադիոֆարմպատրաստուկի  
**առանձնահատուկ**  
**ընտրողունակութունը:**

Ռադիոնուկլիդի **ռադիոթունավորությունը**  
զգալիորեն կախված է նրա միջուկային  
ֆիզիկական բնութագրերից՝ **տրոհման**  
**կիսապարբերությունից ( $T_{1/2}$ )** և **ճառագայթման**  
**սպեկտրի “կոշտությունից”**:  
Ելնելով այս դրույթից՝ ժամանակակից  
ռադիոնուկլիդային ախտորոշման հիմնական  
տենդենցն է օգտագործվող ՌՖՊ  
պատրաստուկների ընդհանուր ծավալում  
առաջին հերթին նվազեցնել երկարակյաց  
ռադիոնուկլիդների ծավալը և  
համապատասխանաբար դրանք փոխարինել  
կարճ կյանքի տևողություն ունեցող  
իզոտոպներով:.

Բացի դրանից, ախտորոշման համար նախատեսված ՌՖՊ պատրաստման համար օհտագործվող ռադիոնուկլիդները պետք է ենթարկվեն **հետևյալ պահանջներին**.

1. Գրանցման համար գամմա-ճառագայթման էներգիայի հարմար արժեքներ (70–200 կէՎ);
2. կիսատրոհման պարբերության ոչ մեծ արժեքներ (տասնյակ րոպեներ, ժամեր), որոնք մոտիկ լինեն ըստ տևողության այն ժամանակահատվածին, որն անցնում է հետազոտվողին ՌՖՊ ներարկելու և զննումը կատարելու միջև;

3. Տրոհումը պետք է տեղի ունենա ԻԶՈՄԵՐ անցման եղանակով, կամ ուղեծրային էլեկտրոնի զավթումով, որն ուղեկցվում է մոնոքրոմատիկ գամմա-քվանտի ճառագայթամբ;

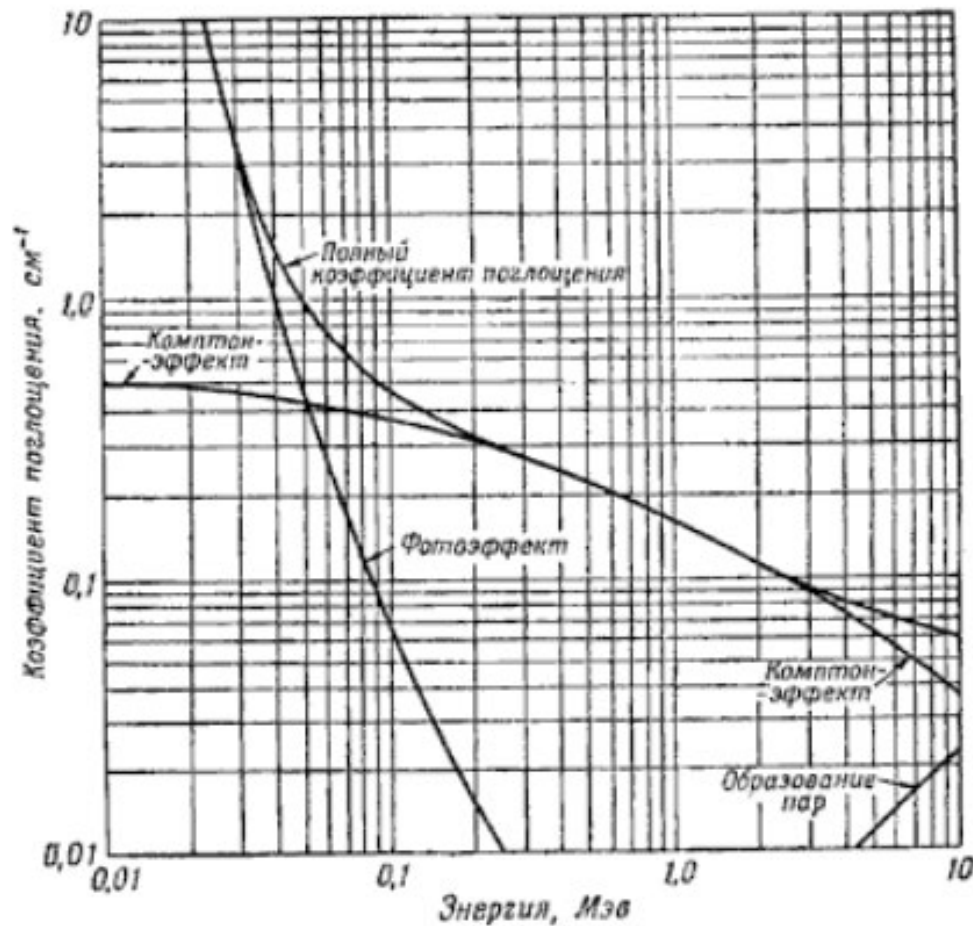
4. Տրոհման ընթացքում պետք է բացակայեն ուղեկցող  $\beta$ -,  $\alpha$ - կամ  $\gamma$ - ճառագայթումներ;

5. Ճառագայթման փոխազդեցությունը հետազոտվող օրգանների հետ պետք է հիմնականում կրի ֆոտոէֆեկտի բնույթ;

6. Զննման արդյունքում ստացված տեղեկության կարևորությունը պետք է համապատասխանի ՌՖՊ ստացման ծախսերին և նրա բնապահպանական հետևանքներին:

Դիտարկենք նշված պահանջները կետ առ կետ:

1. Գրանցման համար գամմա-ճառագայթման էներգիայի հարմար արժեքներ (70–200 կէՎ);



**2. Կիսատրոհման պարբերության ոչ մեծ արժեքներ (տասնյակ բոպեներ, ժամեր), որոնք մոտիկ լինեն ըստ տևողության այն ժամանակահատվածին, որն անցնում է հետազոտվողին ՌՏՊ ներարկելու և զննումը կատարելու միջև;**

**Դրանով իսկ նվազեցվում է զննվողի մարմնի անիմաստ ճառագայթումը զննման ավարտից հետո;**

# ԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԸՍՏ ՆՊԱՏԱԿՆԵՐԻ



$\beta^-$  излучатели с энергиями  $\beta^-$  частиц в области 200-2000 кэВ  
 $\alpha$ -излучатели с высокой линейной передачей энергии (ЛПЭ  $\sim 100$  кэВ/мкм) и коротким пробегом частиц (50-100 мкм);  
радионуклиды, распадающиеся электронным захватом (ЭЗ) или внутренней электронной конверсией (ВЭК).