

Ռադիոակտիվ տրոհումը սովորաբար
նշվում է նոր՝ **դուստր**
ռադիոնուկլիդների առաջացումով, որոնք
ստեղծում են այսպես կոչված
ռադիոակտիվ շղթաներ: Մայրական *i*-
նուկլիդի ակտիվության հանդեպ դուստր
նուկլիդների η_i հավասարակշռությունը
որոշվում է որպես

$$\eta_i = \lambda_i N_i / \lambda_1 N_1.$$

Եթե սկզբնական ($t = 0$) պահին գոյություն ունի միայն մայրական նուկլիդի $N_1(0)$ քանակ, որը տրոհվում է

$$N(t) = N_1(0) e^{-\lambda t},$$

օրենքով, ապա t պահին նրանից կառաջանա $N_2(t)$ դուստր նուկլիդի միջուկ

$$N_2(t) = N_1(0) \cdot [\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)].$$

Միայն մեկ տեսակի դուստր միջուկի առաջացման դեպքում η_i մեծությունը $N_1(0) = N(t)e^{\lambda t}$ տեղադրելուց հետո և համապատասխան ձևափոխություններ կատարելուց հետո կստանա հետևյալ տեսքը

$$\eta_i = [\lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)] \{1 - \exp[-(\lambda_2 - \lambda_1)t]\}.$$

Հավասարեցնելով այս արտահայտությունը մեկին՝ կարելի է ստանալ գեներատորային համակարգում դուստր նուկլիդի լրիվ կուտակման t_{max} ժամանակը:

Գրգռման ֆունկցիաները,
ռադիոնուկլիդների ելքը

Միջուկային $A(a,b)B$ ընդհանուր
տեսակի ռեակցիայի համար B
տեսակի նուկլիդի առաջացման
արագությունը նկարագրվում է

$$dN_B/dt = \sigma\Phi N_A,$$

հավասարումով, որտեղ Φ –
նեյտրոնների կամ լիցքավորված
մասնիկների հոսքի խտությունն է, N_B
և N_A – ճառագայթվող և առաջացող
ատոմների համապատասխան
քանակն է:

Ընդ որում ընդունվում է, որ
ռաբակոծող մասնիկների հոսքի
խտությունը և էներգիան
հաստատուն են, այսինքն
թիրախը “բարակ է”:

Նաև ընդունվում է, որ սկզբնական
թիրախում ատոմների քանակի
փոփոխությունը աննշան է:

Եթե միջուկային ռեակցիայի արդյունքում առաջանում է ռադիոնուկլիդ, ապա հարկ է հաշվի առնել նաև ճառագայթման *t* ընթացքում նրա տրոհումը

$$dN_B/dt = \sigma\Phi N_A - \lambda N_B .$$

Ինտեգրելով այս արտահայտությունը
ըստ t ժամանակի 0 -ից մինչև T ,
պայմանով, որ ճառագայթման սկզբի
պահին $N_B = 0$, գալիս ենք հետևյալ
հավասարմանը

$$N_B(T) = \sigma \Phi N_A (1 - e^{-\lambda T}) / \lambda$$

Առօրյա պրակտիկայում ճառագայթման
հետևանքով առաջացած ռադիոակտիվ
ատոմների քանակը սովորաբար
արտահայտվում է ակտիվության
միջոցով $A = - dN/dt = \lambda N$.

Իսկ ճառագայթվող նյութի քանակը արտահայտենք m զանգվածով հետևյալ կերպ:

$$N_A = m N_a C/M.$$

որտեղ C – թիրախի նյութում ճառագայթման ենթարկվող ատոմների փայաբաժինն է, $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$ – Ավոգադրոյի թիվն է, M – գրամ-մոլային քաշը:

Այդ բոլորը հաշվի առնելով ակտիվության արտահայտությունը կստանա հետևյալ տեսքը

$$A = \sigma \Phi m N_a C (1 - e^{-\lambda T}) / M.$$

Լիցքավորված մասնիկներով
 ռեակցիաների համար թիրախի միջով
 անցնող մասնիկների քանակը
 գնահատվում է / հոսանքով:
 Պրոտոնների, դեյտրոնների և այլ
 միալիցք իոնների համար **1mkA**
 հոսանքին համապատասխանում է
 $6,3 \cdot 10^{12}$ մասնիկ/վրկ:

$$\Phi = 6,3 \cdot 10^{12} \cdot t .$$

Այստեղից հետևում է՝

$$A = 6,3 \cdot 10^{12} \cdot \Phi / Bk (1 - e^{-\lambda T}),$$

որտեղ՝

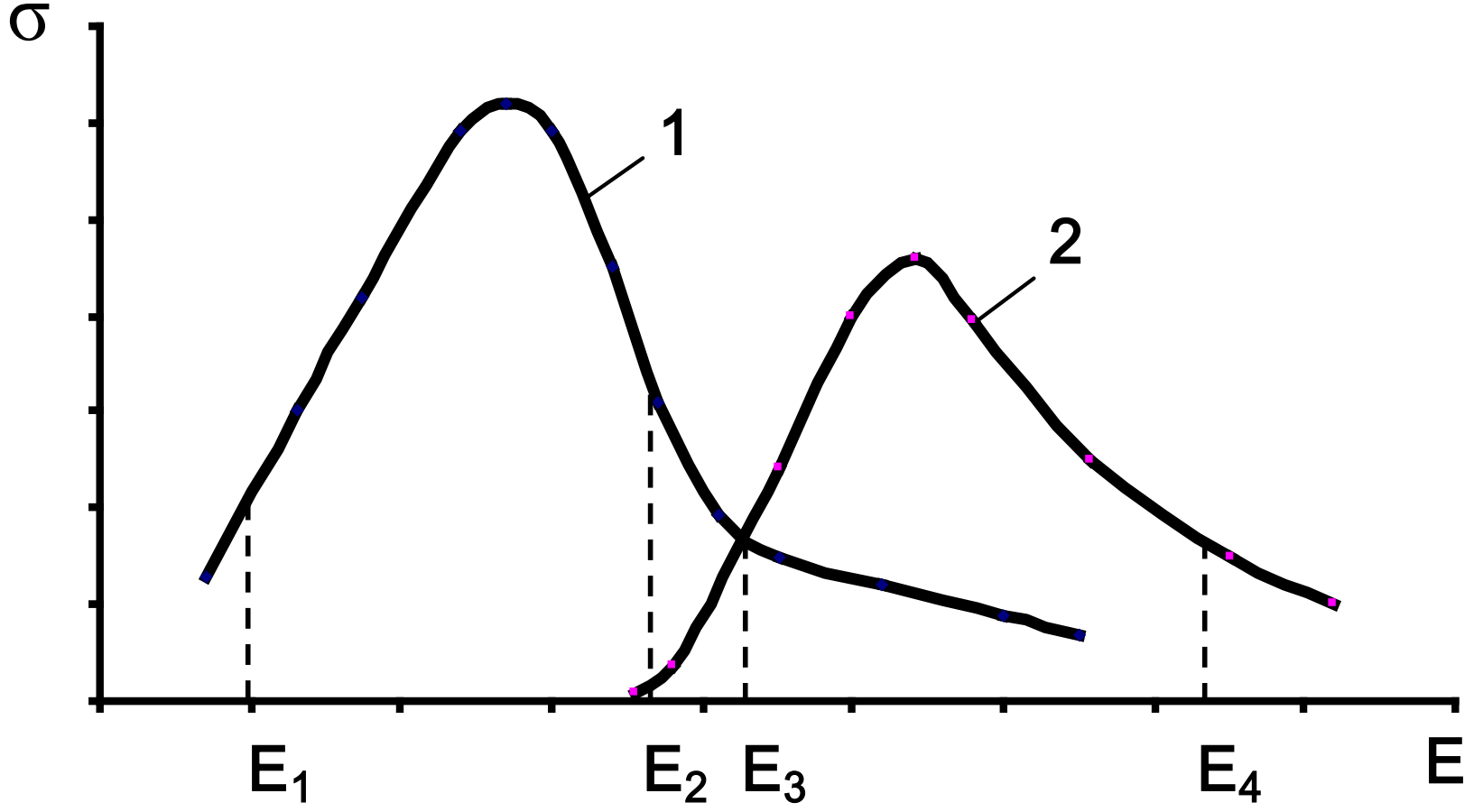
$$B = \sigma N_A I$$

- մեր նպատակային ռադիոնուկլիդի էլքային ակտիվությունն է թիրախին մեկ մասնիկի ռմբակոծելիս, I – թիրախի հաստությունն է սանտիմետրերով, k – ռմբակոծող մասնիկների հոսքի այն մասնաբաժինը, որը մնում է թիրախում և ազդում մեզ հետաքրքրող ատոմների վրա:

Ռմբակոծող մասնիկների **էներգիան** կամ
էներգետիկ տիրույթը ընտրելիս հարկ է
հաշվի առնել, որ էներգիաների ընտրված
տիրույթում ստացվի **հիմնական**
ռադիոնուկլիդի առավելագույն ելք և
միաժամանակ **չգերազանցվի**
մրցակցային երևույթների էներգիաների
շեմային արժեքները, որը կարող է բերել
ռադիոնուկլիդային խառնուրդների
առկայությունը:

Ռադիոնուկլիդային պատրաստուկում
այդպիսի խառնուրդների
առկայությունը բերում է **զննվողի**
մարմնին ավելորդ ռադիացիոն բեռ և
միաժամանակ, որպես կանոն,
նվազեցում է պատկերի որակը:

Ռեակցիայի կտրվածքի կախումը
ռաբակոճող մասնիկների էներգիայից
նկարագրվում է այսպես կոչված ԳՏ
գրգռման ֆունկցիաներով



Գրգռման ֆունկցիայից անմիջապես
կարելի է եզրակացություն անել ոչ
միայն ռաբակոժող մասնիկի
սկզբնական էներգիայի արժեքի մասին,
այլև թիրախի անհրաժեշտ
հաստության մասին: Միաժամանակ
հարկ է հաշվի առնել, որ թիրախի
նյութի միջով անցնելիս տեղի է
ունենում մասնիկի էներգիայի
նվազում, որը կախված է տվյալ
տեսակի մասնիկի համար տվյալ
նյութի կլանող հատկությունից:

ՑԻԿԼՈՏՐՈՆԱՅԻՆ
ՌԱԴԻՈՆՈԻԿԼԻԴՆԵՐԻ ԵՎ
ՌԱԴԻՈՑԱՐՄՊՐԵՊԱՐԱՏՆԵՐԻ
ՄՏԱՑՈՒՄԸ

Ինչպես արդեն նշվել էր՝ **ցիկլոտրոնները**
և **լիցքավորված** **մասնիկների**
արագացուցիչները թույլ են տալիս
արտադրել լայն տեսականու
ռադիոնուկլիդներ, որոնք առավելագույնս
համապատասխանում են
ռադիոդեղագործության պահանջներին:
Լիցքավորված մասնիկներով
ռեակցիաների առանձնահատկությունն
այն է, որ նրանց արդյունքում ստեղծվում
են **սկզբնական** **թիրախ** **նյութից**
տարբերվող **քիմիական** **նյութեր**:

Այդ հանգամանքը թույլ է տալիս
ստացված ռադիոիզոտոպները
անջատել մայրական թիրախային
նյութից այս կամ այն
ռադիոքիմիական մեթոդներով և
ստանալ ռադիոակտիվ իզոտոպը
“մաքուր” տեսքով, առանց կրիչի
հետքերի:

ՑԻԿԼՈՏՐՈՆՆԵՐ, ԹԻՐԱԽՆԵՐ
ԵՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ
ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐ

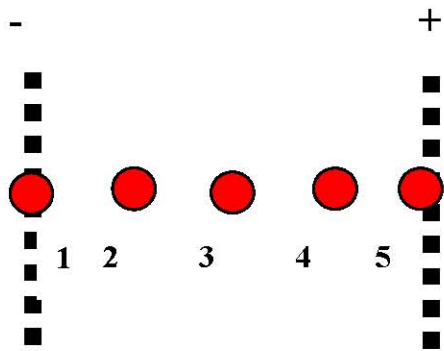
Բժշկության համար արագացուցիչները
պայմանականորեն **բաժանվում են 4
խմբի.**

* **Ռադիոնուկլիդների առևտրային
արտադրության համար.**

* **ՊԷՏ տոմոգրաֆի հետ համատեղ
տոմոգրաֆիայի իզոտոպի
արտադրության համար.**

* **ուռուցքների պրոտոնային և
նեյտրոնային թերապիայի համար.**

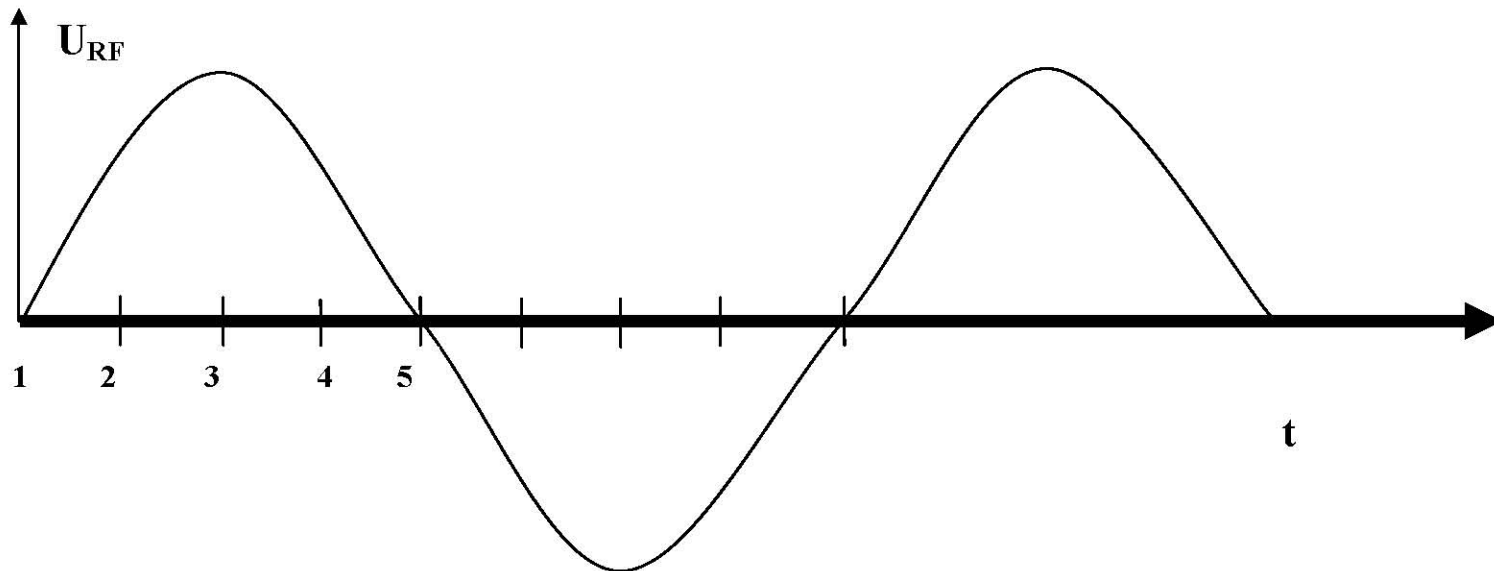
* **Բազմախնդիր:**



RF(RadioFrequency) արագացման սկզբունքը

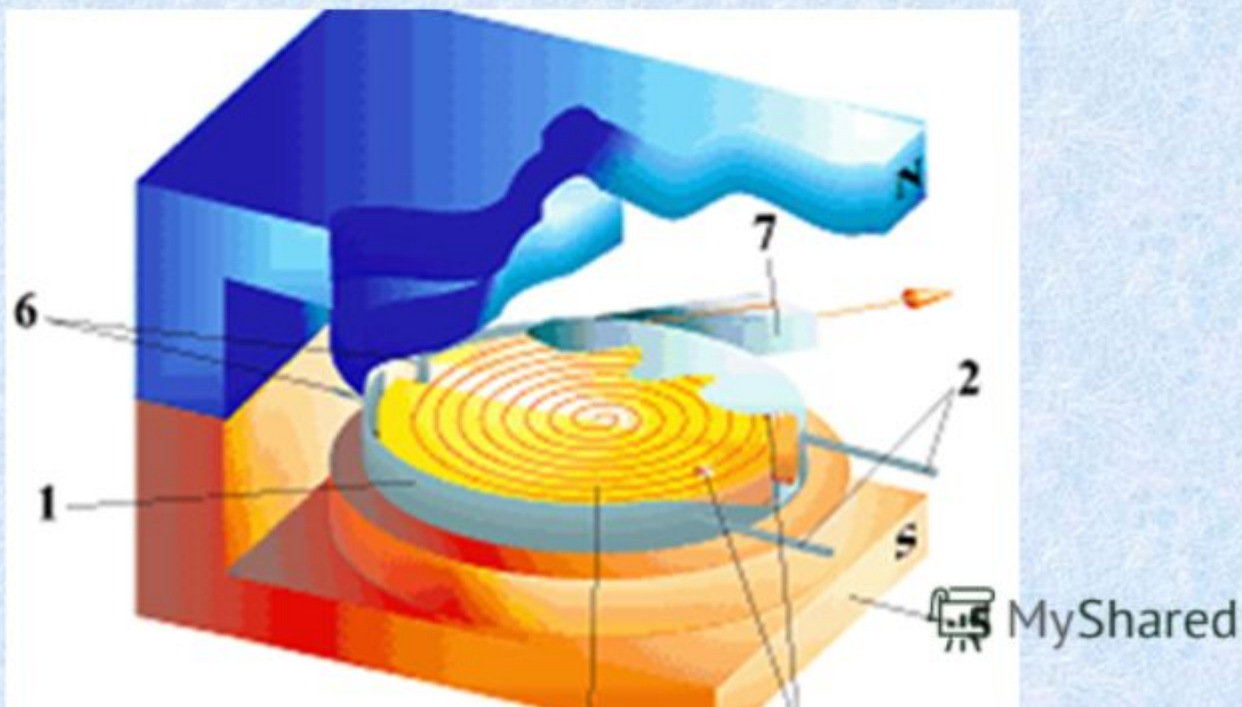
● - մասնիկների խտույթ

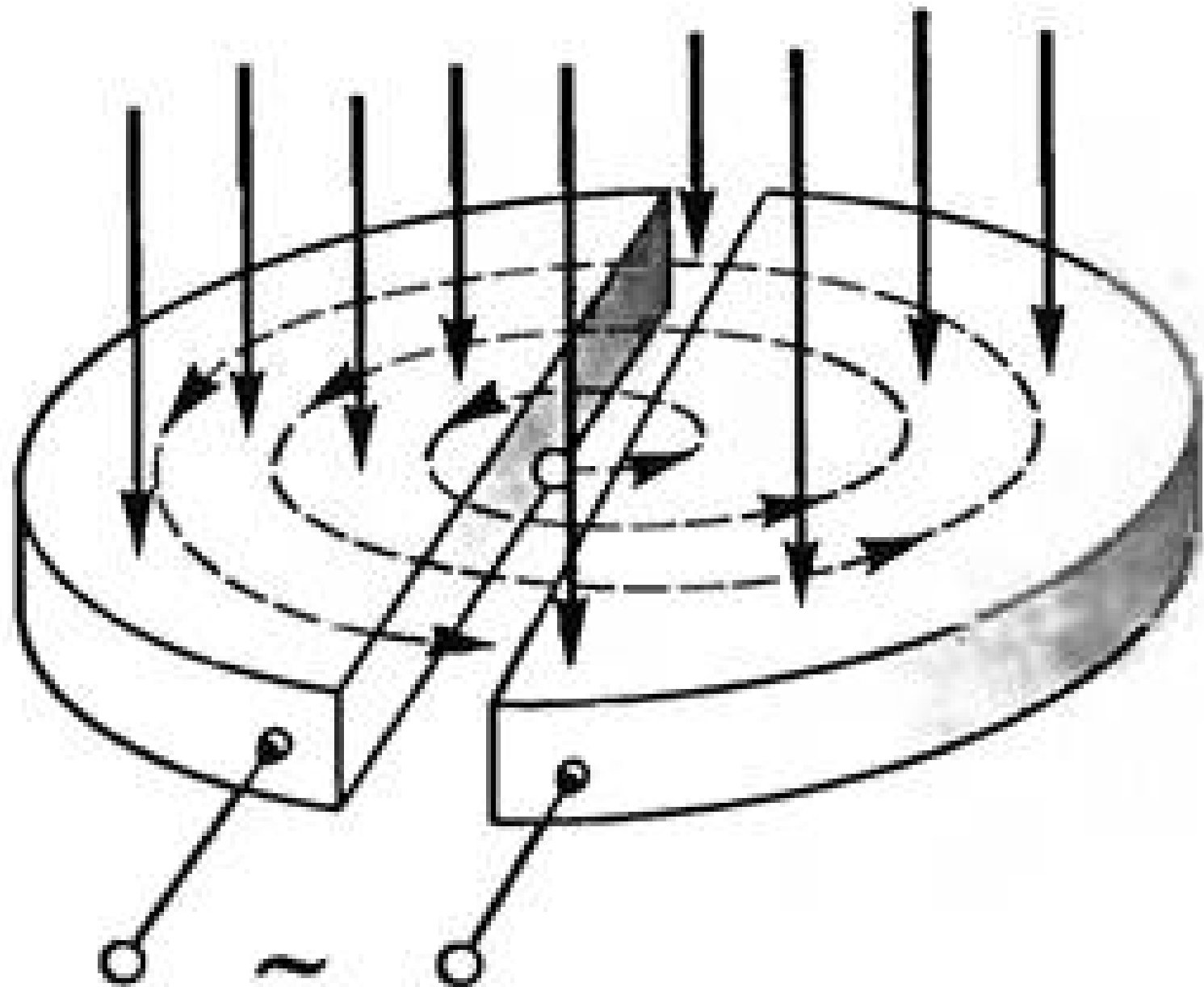
-+ - արագացնող բաժանմունքի էլեկտրոդներ

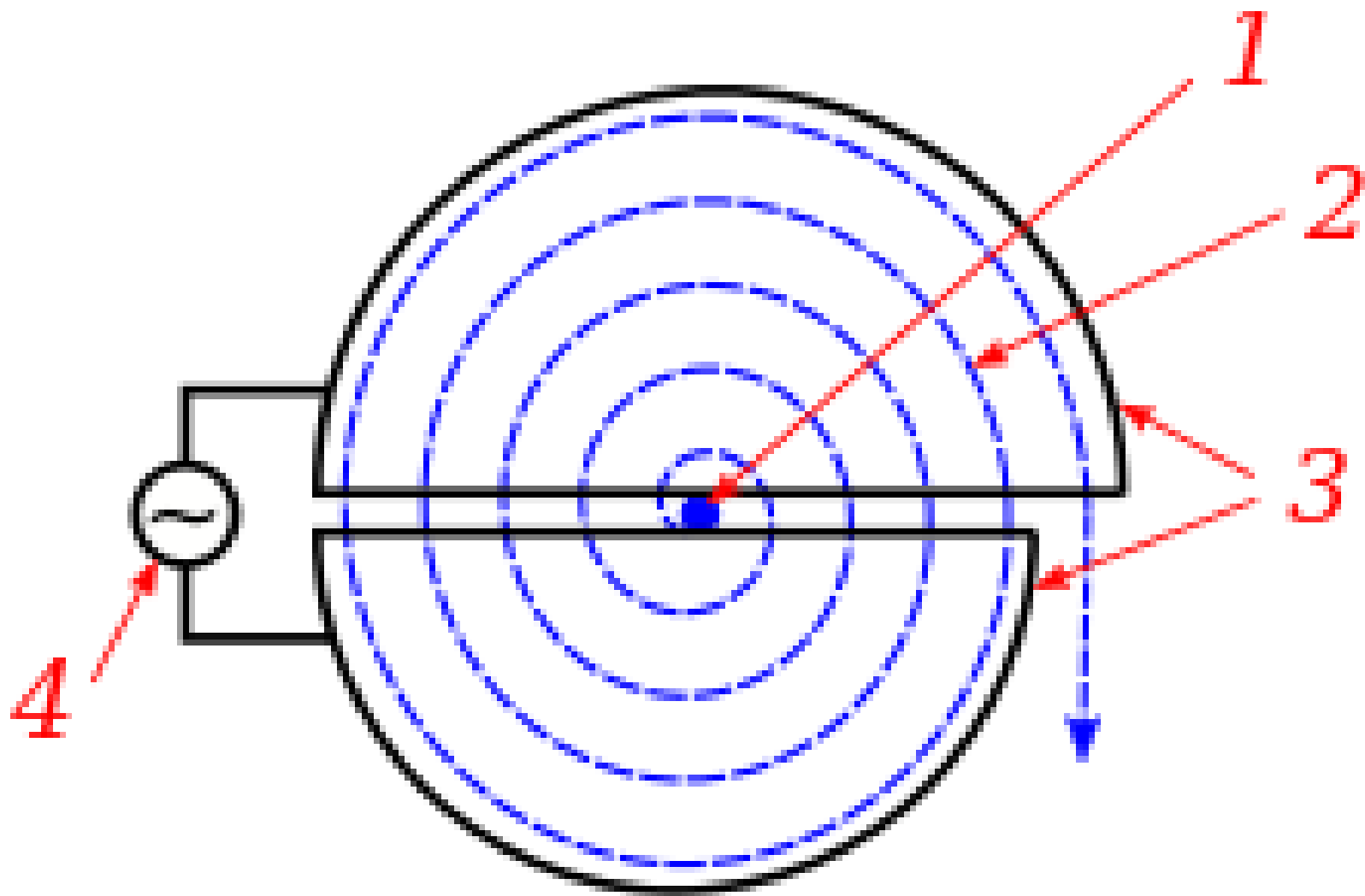


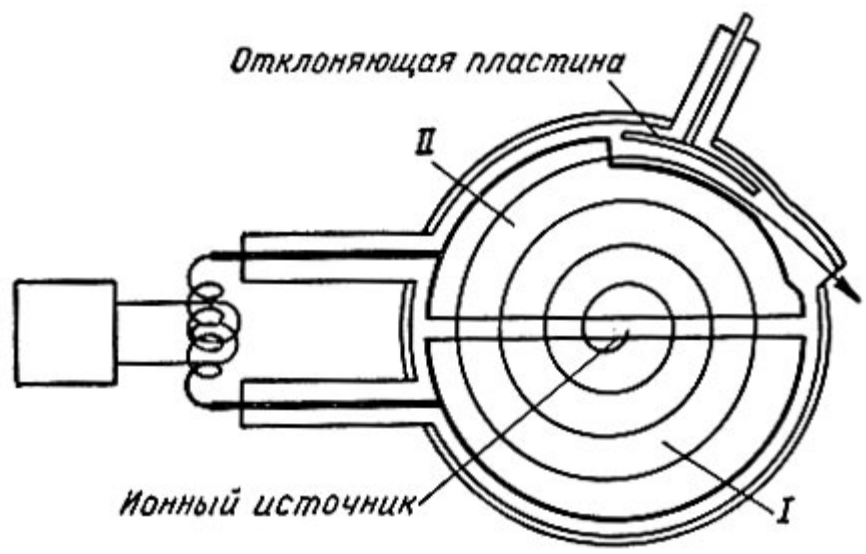
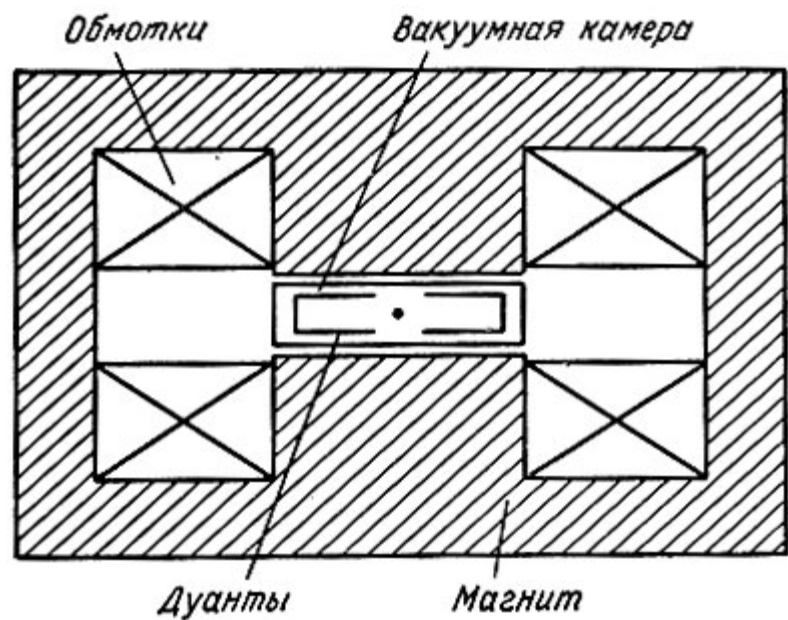
4.3. Циклические ускорители

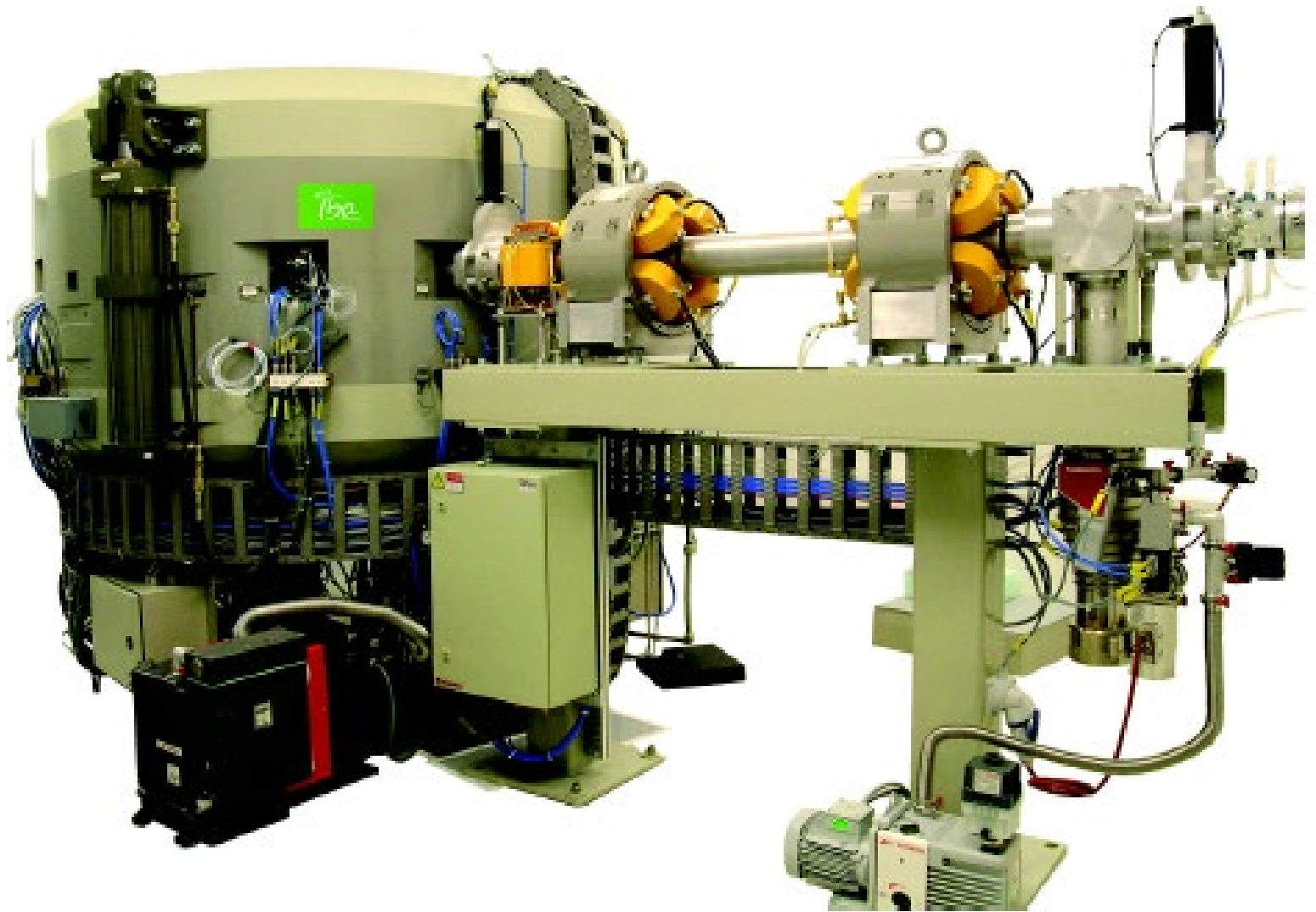
1. **Циклотрон** – циклический резонансный ускоритель тяжелых частиц (протонов, ионов).



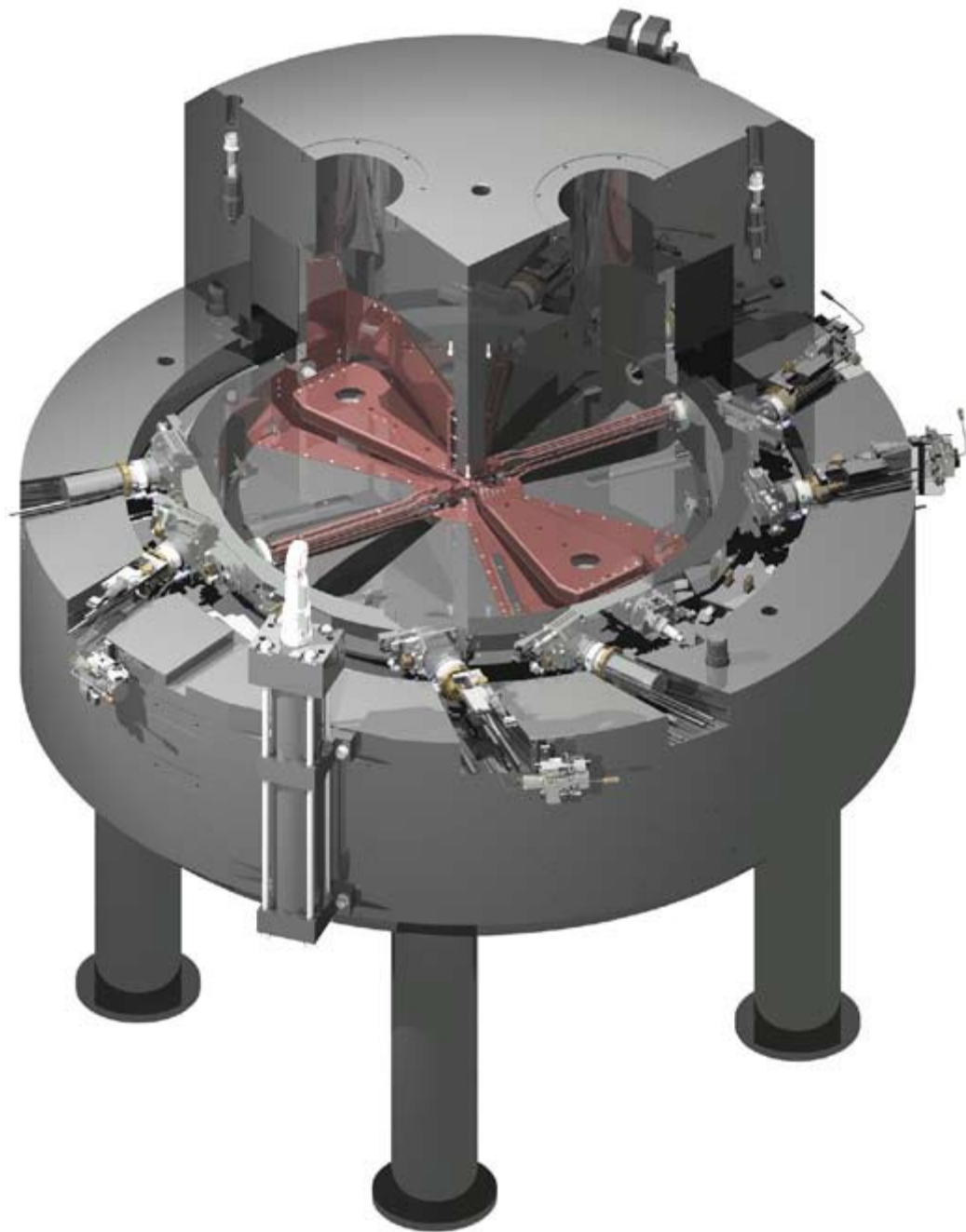








C18/18 cyclotron



Բժշկության բնագավառում
ամենահաճախ կիրառվող **201Tl, 111I,**
123I, 67Ga իզոտոպների մեկ
ճառագայթումով **մի քանի Կյուրի**
ակտիվություն ստանալու համար
անհրաժեշտ են մոտ **30 ՄԷՎ**
սկզբնական էներգիայով և **մինչև 100**
մկԱ և ավելի հոսանքով պրոտոնային
փնջեր: Ներկայումս աշխարհում
ամենատարածված տեսակներից մեկը
Cyclon-30 ցիկլոտրոնն է (**IBA,**
Բելգիա):

Գերկարձ կյանքի տևողությամբ
պոզիտրոն ճառագայթող և
միաֆոտոնային էմիսիոն
համակարգչային տոմոգրաֆիայի համար
ռադիոնուկլիդների արտադրության
համար կարող են օգտագործվել **15–20**
ՄԷՎ էներգիայով ցիկլոտրոններ, որոնց
վերաբերվում են կոմպակտ և առավել
տնտեսող ցիկլոտրոններ **Cyclone-18/9,**
Cyclone-10/5 (IBA):

Արագացուցիչներով ռադիոիզոտոպների
արտադրության առանձնահատկությունն
այն է, որ օգտագործվող **թիրախները** և
թիրախային համակարգերը պետք է
կարողանան դիմանալ **մասնիկների փնջի**
առավելագույն հոսանքին և **ունենան**
ջերմային, քիմիական և **ռադիացիոն**
դիմացկունություն և միաժամանակ լինեն
առավելագույնա ջերմահաղորդիչ: Այդ
բոլոր գործոնները ի վերջո ազդում են
ռադիոնուկլիդի ելքային քանակի վրա:

Ըստ **ագրեգատային** **վիճակի** թիրախները կարելի է պայմանականորեն բաժանել երեք հիմնական տեսակների՝ **պինդ** (դժվար և հեշտ հալվող մետաղներ, ձուլվածքներ, աղեր, օքսիդներ և այլն), **հեղուկ** (լուծույթներ, հեղուկ մետաղ օրինակ սնդիկ) և **գազեր** (Ne, Kr, Xe):

Որպես պինդ թիրախ առավելագույնս
կիրառվում են մետաղները, որն
ապահովում է լավ ջերմահեռացում,
թիրախի կոմպակտ լինելը,
“աշխատող” ատոմների
առավելագույն քանակ և “ներքին”
փնջով աշխատելու
հնարավորություն՝ փնջատարը
փակվում է անմիջապես թիրախից
առաջ:

Առավել օպտիմալ թիարխաներն են
դժվարահալ մետաղներից (Mo, Ta, W և
այլն), որոնք չեն պահանջում ինտենսիվ
սառեցում և դիմանում են փնջի մեծ
հոսանքներին:

Դյուրահալ մետաղները (Cd, Tl, Pb, Bi և այլն) օգտագործվում են կամ մաքուր տեսքով, կամ համաձուլվածքների տեսքով, օրինակ Cu_3As (31 % As, $T_{\text{հալ}} = 830^\circ\text{C}$) $^{75,76,77}\text{Br}$ ստանալու համար՝



ռեակցիայում մոտ 30 մկԱ փնջի հոսանքի տակ.

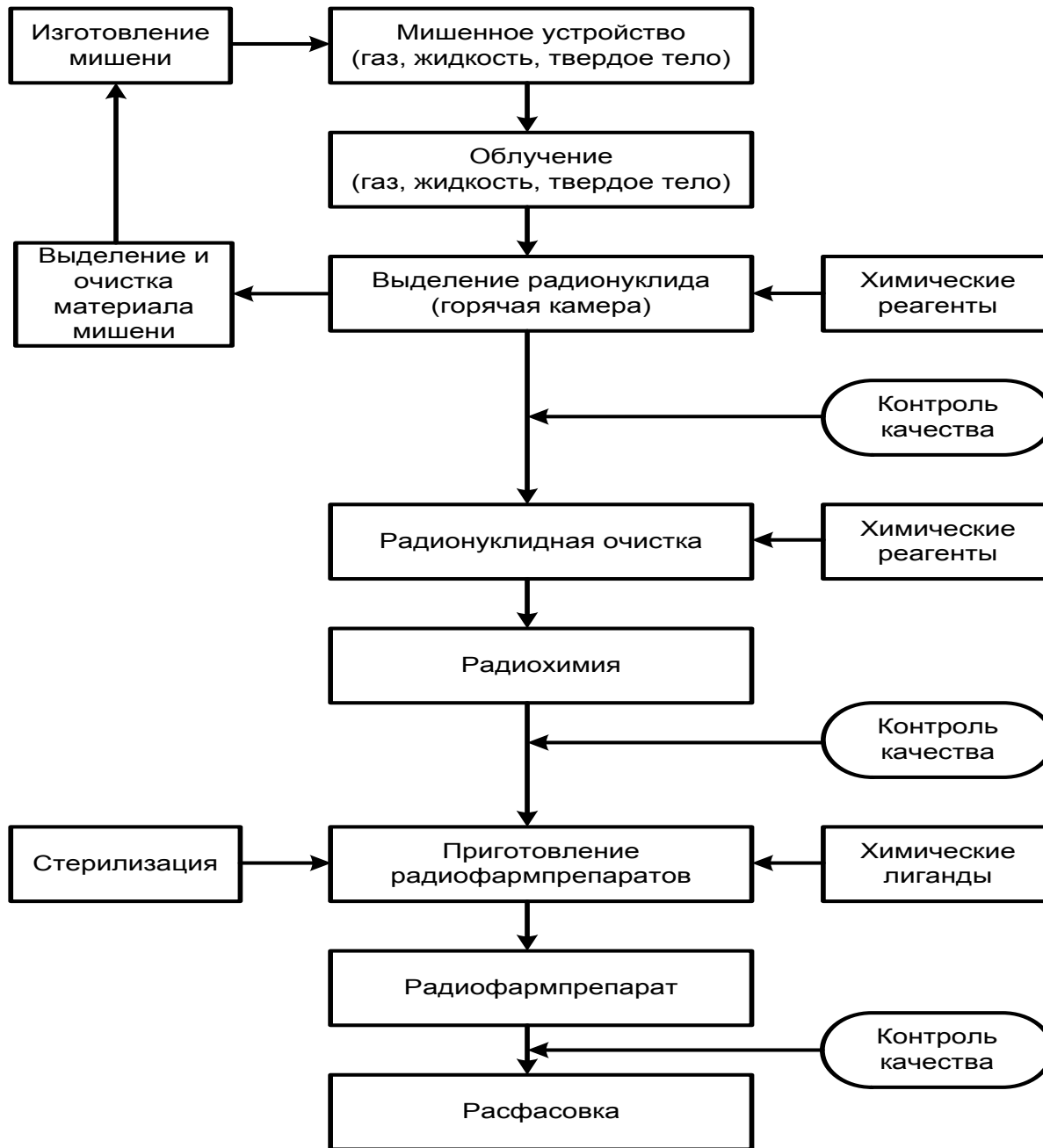
Այս տարբերակում համաձուլվածքի
երկրորդ բաղադրիչը էներգիաների
ընտրված տիրույթում չպետք է
ստեղծի դժվար անջատվող
ռադիոնուկլիդային խառնուրդներ:

Մետաղների հետ համատեղ վերջին տարիներին բավականին լայնորեն կիրառվում են **պինդ աղեր** և **մետաղների օքսիդներ**, որոնք սովորաբար մամլած են կամ **հաբերի** տեսքով, կամ սառած համաձուլվածքների տեսքով (օրինակ **TeO₂ օքսիդը ¹²³I ստանալու համար**), ինչպես նաև հիմքի վրա փոշիացրած կամ էլեկտրոլիտիկ մեթոդով նստեցրած **բարակ շերտերի տեսքով**:

Վերջին տարիներին գոյացել են
կրիոզեն թիրախներ սառույցով H_2O
(^{18}O) և CO_2 (^{18}O), որոնք
օգտագործվում են ^{18}F ստանալու
համար, ինչպես նաև սառեցված
քսենոնից թիրախներ ^{123}I ստանալու
համար:

Հեղուկ թիրախների օրինակից են H_2O (^{18}F), ինչպես նաև NaI և CsCl աղերի լուծույթներ I^{123} ստանալու համար: Գազային թիրախներից լայնորեն կիրառվում են քսենոնի և կրիպտոնի թիրախներ ^{123}I , ^{81}Rb և ^{82}Sr առևտրային արտադրության համար:

Այս տեսակի թիրախները հարմար են
ներբեռնման և արտաբեռնման համար:
Թիրախի բացման և հետագա
մշակման գործողությունները հեշտ են
ավտոմատացվում: Նրանց հիմնական
թերությունն է – էներգիայի կորուստը
թիրախի կադապարի նյութի միջոց
ով անբախտորոշ մասնիկներ անցնելիս:



Общая схема получения циклотронных РН и их РФП