

ПРИМЕНА НА РАДИОАКТИВНИТЕ ИЗОТОПИ

Ордан Печијаре

Од откривањето на вештачката радиоактивност 1934 година, од страна на Фредерик Жолио — Кири и Ирена Жолио — Кири, па до добивањето по вештачки начин на радиоактивни изотопи во доволно количество скоро од сите познати елементи, не требаше многу да се чека. Благодарение на откривањето на атомната енергија, односно конструирањето на разни видови јадрени реактори, во кои таа се ослободува во процесот на синцирести јадрени реакции, стана можно, лесно и ефтино, вештачки да се производат во јадрените реактори разни радиоактивни изотопи во доволно количество. Ова пак овозможи тие да се применат извонредно многу во разни научни и практични подрачја.

Јадрените реактори овозможија да се добијат радиоактивни елементи по вештачки пат во такви количества, кои даваат несравниво поинтензивно зрачење отколку расположивите природно радиоактивни елементи. Во јадрените реактори радиоактивните изотопи се добиваат под дејството на неутрони. Стабилните атомни једра апсорбирајќи неутрони преминуваат во радиоактивни атомни јадра. Радиоактивни изотопи се добиваат и во резултат на јадрените реакции остварени, на пример, со помошта на циклотронот. Самонивното добивање на овој начин е многу мало во споредба со нивното добивање во јадрените реактори каде што има грамадно количества неутрони.

По своите хемиски особини радиоактивните изотопи на еден елемент не се разликуваат од неговите нерадиоактивни изотопи. Но присуството на радиоактивните изотопи, во сместа на изотопите на еден елемент, може лесно да биде откриено по зрачењето кое тие го испуштаат, а на кое реагираат разни видови бројачи, јонизациони комори, фотографски плочи и други слични уреди. Радиоактивните изотопи на еден елемент си ја одржуваат својата активност и во текот на хемиските реакции низ коишто тие минат, испуштајќи секогаш определено зрачење, кое може лесно да се иткрие со споменатите уреди. Ова пак дава можност да се следи текот на движењето на даден радиоактивен изотоп во разни хемиски реакции, организмите на животните, ткивата на растенијата итн.

За да може да се следи текот на движењето на даден хемиски елемент, се помешува ништожно мало количество на еден од неговите радиоактивни изотопи со неговите стабилни изотопи. Атомите на радиоактивните изотопи ќе се однесуваат во хемиски поглед исто како и атомите на нерадиоактивниот изотоп на дотичниот елемент, т. е. при градењето на соединењата и тие ќе учествуваат како и нерадиоактивните атоми.

На овој начин се добиваат соединења во кои има извесен број атоми, на еден од елементите што влегуваат во составот на тоа соединење, кои се „маркирани“. Овие „маркирани“ атоми не се ништо друго до атоми на радиоактивниот изотоп кој е земен во мало количество во смес со атомите на стабилните изотопи на дотичниот елемент. Со помошта на овие „маркирани“ атоми, може да се следи движењето на даден елемент во разни процеси што стануваат како во животните и растенијата, така и надвор од нив.

Примената на радиоактивните изотопи во медицината станува од ден на ден се поголема и поразнообразна. Тие се употребуваат било за зрачење односно за лекување на разни оболени места на човечкиот организам, било за поставување на точна дијагноза. Оваа примена на радиоактивните изотопи е овозможена во прв ред благодарение на особините на некои елементи да се апсорбираат во поголема мера во определени делови на човечкиот организам.

Кога се работи за поставување на точна дијагноза, достаточна е и мала привилегираност во поглед на апсорпцијата на дотичниот елемент односно неговиот радиоактивен изотоп во обolenото место на организмот. Ако е пак во прашање лекување, тогаш оваа привилегираност треба да биде застапена во многу поголема мера, за да се концентрира на обolenото место осетно повеќе радиоактивен изотоп и при мало дозирање, како би можело испуштаното зрачење од радиоактивниот изотоп на тоа место да биде поинтензивно и појако да дејствува. На овој начин се избегнува давање на големи дози од радиоактивниот материјал, кој би можел на организмот, како целина, штетно да дејствува.

Еве неколку примери за примената на радиоактивните изотопи во медицината и биологијата. Штитната жлезда има особина да го апсорбира многу повеќе јодот отколку што го апсорбираат другите делови на човечкиот организам. Оваа особина пак нарочно е појачана кога таа е обolenа. Заради тоа пак радиоактивниот јод, т. е. јодниот изотоп 131 , кој има период на полураспаѓање 8 дена, може овде да се употреби како за дијагноза така и за лекување.

За таа цел се зема низ уста мало количество некое јодно соединење, на пример калиум или натриум јодид, во чии што состав има и нешто радиоактивен јод. Јодот, за-

едно со неговиот радиоактивен изотоп, после кратко време се концентрира во штитната жлезда во големо количество. Јодниот радиоактивен изотоп ^{131}I испушта бета зраци, а во исто време и продорни гама зраци. Благодарение на гама зраците, кои преку ткивата и кожата проникнуваат и надвор од човечкиот организам, може со помошта на Гајгер — Милеровиот бројач однадвор да се следи концентрацијата на јодот во жлездата, а со тоа и да се утврди дали е жлездата болна или не. Поред тоа со зрачењето што го испушта радиоактивниот јод се врши и лечење на штитната жлезда ако е таа болна. На овој начин е овозможено да се зрачи директно болниот орган односно место.

Но ова не е единствена примена на радиоактивниот јод во медицината. Тој се применува поред другото и за определување на местото на туморот во мозокот. За оваа цел радиоактивниот јод се внесува во вената со инекција во состав на некое соединење кое привилегирано се апсорбира од мозочниот тумор, како што е на пример флуоресцеинот и нему слични соединења. На овој начин од местото каде што е туморот преку коските излегуваат најинтензивните гама зраци што ги испушта радиоактивниот јод кој се концентрирал најмногу во туморот. Овие зраци можат да бидат регистрирани со помошта на бројачи, со што се овозможува да се определи местото на туморот во мозокот.

Радиоактивниот фосфор со масен број 32, кој се добива при зрачењето со неутрони на фосфорот — 31, се употребува за дијагноза на ракот. Се зема во вид на фосфат. Тој е бета радиоактивен со период на полураспаѓање 14,3 дена. Ткивата на ракот имаат особина да апсорбираат многу повеќе фосфор отколку здравите ткива. Ако е ракот на површината на телото, на пример на градите, тогаш со давање на радиоактивен фосфор може тоа место точно да се определи. На тоа место фосфорот најповеќе ќе се насобере и затоа зрачењето што излегува оттука ќе биде најинтензивно, што може да се измери со помошта на Гајгер — Милеров бројач или некој друг бројач. Ако туморот не е опасен, т. е. не е рак, тогаш интензитетот на зрачењето што излегува од местото на туморот скоро е ист како и интензитетот на зрачењето што излегува од околните здрави ткива.

Бета зраците што ги испушта радиоактивниот фосфор — 32 имаат продорност во ткивата околу 0,43 см. Затоа ако ваков фосфор се внесе во средината на туморот, на пример во средината на ракот, бета зраците што ги испушта тој практички ќе го зрачат само болното ткиво, бидејќи тие не се толку продорни да стигнат и до здравото ткиво што се најдува околу болното ткиво,

Радиоактивниот фосфор поред другото нашол примена и при лекувањето на леукемијата, т. е. претераното создавање на белите крвни зрнца, како и при лекувањето на полицитемија вера, т. е. болест што се карактеризира со претеран вишок на црвени крвни зрнца.

И белите и црвените крвни зрнца се создаваат во сржта на коските. Како пак фосфорот привилегирано се апсорбира во ткивата коишто брзо се множат, тоа радиоактивниот фосфор се концентрира многу повеќе во сржта на коските, каде станува при споменатите оболувања поголемо размножување на црвените и белите крвни зрнца. Овде тој се покажува ефикасен при спречување на претераното множење на црвените крвни зрнца, дури при спречивањето на претераното множење на белите крвни зрнца тој се покажува помалце ефикасен. Во секој случај досега не е постигнато излекување на овие болести со радиоактивен фосфор. Но нема сомнение дека тој ќе допринесе за подобро разбирање на природата на овие болести, специјално на леукемијата. Примената на радиоактивниот фосфор — 32 далеку е од тоа да е исцрпена со овие неколку примери на неговата примена во медицината.

Во последно време многу се експериментира и применува во медицината за лекување на ракот наместо скапиот радиум, радиоактивниот изотоп на кобалтот, кобалтот — $^{60}(\text{C}_{27}^{60})$. Тој е бета радиоактивен, но испушта и гама зраци со енергија околу 1 MeV . Неговиот период на полураспаѓање е $5,3$ години¹). Тој се добива во јадрените реактори со зрачење на кобалтот — 59 со неутрони спрема реакцијата $\text{C}_{27}^{59}(n, \gamma) \text{C}_{27}^{60}$.

Еден од начините на употребата на радиоактивниот кобалт е следниот. Во метални цевчиња се внесуваат игли направени од него. Овие цевчиња пак се внесуваат директно во ткивото на ракот. Сидовите на металните цевчиња ќе ги апсорбираат бета зраците испуштени од радиоактивниот кобалт. Гама зраците пак, кои минат из металните сидови на цевчињата, ги уништуваат ткивата на ракот.

Радиоактивниот натриум — $^{24}(\text{Na}_{11}^{24})$ се добива под дејството на неутрони на натриумот — 23 , спрема реакцијата $\text{Na}_{11}^{23}(n, \gamma) \text{Na}_{11}^{24}$. Тој има период на полураспаѓање $14,8$ саати, а испушта бета и гама зраци. Се употребува за дијагноза кај стеснети крвни садови, како и за утврдување на движењето на натриумот во човечкиот организам. За оваа цел се дава во вената на раката мало количество растворен натриум хлорид (обична готварска сол), кој во својот со-

¹) Постои и изомер на кобалот — со време на полураспаѓање $10,7$ минути.

став има и радиоактивни атоми на натриумот — 24. Ставувајќи после ова еден Гајгер — Милеров бројач на ногата се констатира, благодарение на радиоактивниот натриум, дека натриум хлоридот преку крвта стигнал и до ногата.

Ако е циркулацијата на крвта нормална, натриум хлоридот за многу кратко време ќе стигне до ногата и бројачот ќе констатира максимум радиоактивност на ногата за помалце од еден саат. Ако пак циркулацијата на крвта не е нормална, радиоактивноста на ногата побавно ќе расте.

Со движење на бројачот на разни места на телото може да се пронајде местото каде што се крвните садови стеснати. На овој начин радиоактивниот натриум — 24 не само што се употребува за дијагноза, туку може да ни послужи за испитување на движењето на натриум хлоридот во организмот, т. е. каде оди, со која брзина и колку се задржува во кој дел на телото. Ова е овозможено преку „сигналите“, т. е. зраците што ги испуштаат атомите на радиоактивниот натриум — 24. Така е на пример утврдено, дека натриумот кој е внесен со инекција во вената на едната рака се појавува во потта на другата рака после 75 секунди.

Радиоактивните изотопи можат да се внесуваат во човечкиот организам како низ уста, така и преку вените. Внесени во човечкиот организам тие преку крвта се разнесуваат по целото тело. Како е денеска пак можно да се направи радиоактивен секој елемент, тоа благодарение на особината на извесни елементи привилегирано да се апсорбираат од определени делови на човечкиот организам, може не само да се открие болното место, туку и да се изложи на зрачење, со цел за лекување, само болното ткиво, а не и здравото, што е редовен случај кога за лекување се употребуваат рентгенови зраци или зраците на радиумот.

На овој начин се избегнува штетното дејство на зрачењето на здравите ткива. Радиоактивните изотопи кога се употребуваат за лечење, тие не лекуваат со своите хемиски особини, туку со своето зрачење.

За проучување на многу важниот проблем кај растенијата, фотосинтезата, т. е. создавање на сложени соединења од прости соединења на водородот, кислородот и јагленородот во присуство на светлината, се употребува радиоактивниот јагленород — 14 (C_6^{14}). Јагленородниот радиоактивен изотоп 14 се добива со зрачење на азотот — 14 со неутрони спрема реакцијата $N_7^{14}(n, p)C_6^{14}$. Тој е бета радиоактивен со период на полураспаѓање околу 5570 години и затоа е практичен за вршење на експерименти што траат подолго време.

За испитување на процесите на фотосинтезата, се стапуваат растенијата во стаклена комора во која има јагле-

нороден двооксид (CO_2) во чиј што состав влегува во извесно обогатено количество радиоактивниот јагленороден изотоп — 14. Растенијата го земаат јагленородниот двооксид и по пат на фотосинтеза градат сложени соединења кои во својот состав содржат во извесно количество и радиоактивен јагленород — 14. Овие фотосинтетизирани соединења се разнесуваат по целото растение, а со тоа и радиоактивниот јагленород — 14. Испитувајќи ја радиоактивноста на разни делови на растението може да се следи како се движи земениот радиоактивен јагленород во растението, како и да се прават извесни заклучоци за патот на јагленородот низ сложните процеси на фотосинтезата.

Но во извесно количество радиоактивен јагленород — 14 се најдува и во атмосферата. Тој постанува од атмосферниот азот под дејството на неутроните од космичките зраци. Вака постанатиот радиоактивен јагленород брзо се претворува во јагленороден двооксид.

Овој радиоактивен јагленороден двооксид од атмосферата, како и нерадиоактивниот јагленороден двооксид, го земаат растенијата од атмосферата при фотосинтезата на јагленородните хидрати. Преку јагленородните хидрати на растенијата, кои на животните им служат како храна, радиоактивниот јагленород дојдува и во животните, откаде преку нивното дишење се враќа пак во атмосферата, а преку растенијата повторно во животните итн.

Како резултат на ова кружење на јагленородот меѓу животните и растенијата, во живата материја ќе има секогаш една определена концентрација на радиоактивниот јагленород — 14, која ќе зависи од концентрацијата на радиоактивниот јагленород — 14 во атмосферата. Како пак концентрацијата на радиоактивниот јагленород — 14 односно на радиоактивниот јагленороден двооксид во атмосферата може да се смета за константна, тоа ќе биде константна и концентрацијата на радиоактивниот јагленород — 14 во растенијата и животните. Атомите на радиоактивниот јагленород — 14 што се распаѓаат при растенијата непрестајно се надополнуваат со неговото земање од атмосферата во вид на радиоактивен јагленороден двооксид, а при животните ова пополнување станува преку растенијата со кои животните се хранат. И навистина испитуваните примероци на млади дрвца земени од разни места на земјината површина, покажале константна и еднаква радиоактивност пресметана на еден грам јагленород.

Кога едно животно односно растение умре, тогаш оваа рамнотежа меѓу концентрацијата на радиоактивниот јагленород — 14 во животните односно растенијата од една страна и во атмосферата од друга страна се расипува. Распаднатите атоми на радиоактивниот јагленород — 14 во мртвото животно односно растение нема повеќе да се пополнуваат и нивниот

број ќе се намалува спрема законот за радиоактивното распаѓање.

Во конкретниов случај, бидејќи периодот на полураспаѓање е окулу 5570 години, таа после 5570 години од умирањето на животното односно растението, ќе останат во нив од радиоактивните атоми на јагленородот — 14 само половина, после 11140 години четвртина итн. Паралелно со ова намалување на радиоактивниот јагленород — 14 во нив, ќе се намалува и интензитетот на зрачењето што може да се констатира со помошта на еден Гајгер-Милеров бројач или некој друг соодветен уред за испитување на радиоактивноста. На овој начин се дава можност да се определи пред колку години престанало да живее растението односно животното.

Ако се работи на пример да се определи пред колку години е одсечено некое дрво, тогаш се постапува по следниот начин. Се мери интензитетот на зрачењето на туку што одсечено дрво и се пресметува интензитетот на зрачењето на еден грам јагленород во него. После се мери интензитетот на зрачењето на некогаш отсеченото дрво, и се пресметува интензитетот на неговото зрачење на еден грам јагленород во него. Ако е интензитетот на зрачењето на некогаш отсеченото дрво, на пример, двапати помал од интензитетот на зрачењето на тукушто отсеченото дрво, тогаш е дрвото отсечено пред 5570 години, ако е пак четирипати помал, тогаш дрвото е отсечено пред 11140 години. На овој начин мерејќи го интензитетот на зрачењето може да се определи пред колку време некое дрво е отсечено односно животното умрено.

Оваа метода е проверена на парче дрво за кое се верувало дека е старо окулу 4600 години. Мерењата и пресметувањата извршени на опишаниот начин добро се сложувале со археолошките предвидувања. На овој начин радиоактивните изотопи и соодветните уреди за нивното откривање нашле примена и во архологијата.

Примената на радиоактивните изотопи е голема и во земјоделието. Со помошта нивна може точно да се определи кој вид вештачко ѓубре на дадено земјиште треба да се употреби и во кое време на развитокот на растението, за да истото биде најефикасно исползувано од определен вид растение. Покрај другото со помошта на радиоактивните изотопи се докажува дека растенијата можат своите хранителни продукти да ги земаат и преку лисјата, а не само преку коренот.

На еден пример ќе ја покажеме примената во земјоделието на радиоактивниот фосфор — (P^{32}_{15}). Тој е бета радиоактивен со период на полураспаѓање 14,3 дена. Употребувајќи радиоактивен фосфор може да се установи кој дел на фосфорот што го употребило едно растение е земен од земјата,

а кој од вештачкото ѓубре. Ова пак овозможува да се определи кој вид фосфорно ѓубре е најефикасно да се употреби на даденото земјиште, во која фаза на развитокот на растението и во кое количество, за да определено растение најарно се развива.

За оваа цел се употребува фосфорно ѓубре во кое има и радиоактивен фосфор — 32. Ова ѓубре се помешува со земјата на која растат растенијата. Во определени временски интервали се земаат поодделни примероци од растенијата и со хемиска анализа на нивната пепел, се утврдува целокупното количество фосфор што е земен од земјата и ѓубрего. Мерејки ја пак радиоактивноста на пепелот и фосфорното ѓубре, може лесно да се определи кој дел од целокупниот фосфор во растението е земен од земјата, а кој дел од фосфорното ѓубре.

Дека растенијата можат своите хранителни продркти да ги примаат и преку лисјата се уверуваме по следниот начин. Со раствор на фосфорно ѓубре кое има и радиоактивен фосфор, се попрскуваат на едно растение лисјата, а на друго растение од истиот вид, се полие со истиот раствор земјата околу коренот. После неколку дена се откинуваат двете растенија односно делови од нив и се поставуваат на фотографска плоча. Sprema промените на фотографската плоча под дејството на зрачењето што го испушта радиоактивниот фосфор — 32, се покажува дека растението што го примало фосфорното ѓубре преку лисјата, го примило во поголемо количество.

Со ова што го кажавме досега за радиоактивните изотопи ни од далеку не е исцрпена нивната примена. Тие имаат широка примена во индустријата за вршење на разни контроли на производите, на пример за испитување на хомогеноста на деловите излиени од разни метали, за контролирање на дебелината: на лимовите, плочите, хартијата, разните премачкувања итн., како и разни други примени во производството и науката, што не е можно сите да се набројат. Поред тоа нивната примена од ден на ден станува се поширока и пополезна, што е овозможено со нивното добивње во доволно количество во јадрените реактори.

Résumé

L'APPLICATION DES ISOTOPES

radio — actifs

Ordan Pečijare

Dans cette article sont exposés, dans les grandes lignes, les principes sur lesquels se base l'application des isotopes radio -- actifs dans la science et dans la pratique.

Sur quelques exemples l'auteur explique cette application dans la médecine, la biologie, l'archéologie et l'agriculture.