

1. Fyzikální úvod do nukleární medicíny

Makroskopická tělesa se obvykle skládají z molekul, jako nejmenších částic chemických sloučenin. Molekuly se skládají z atomů, jako nejmenších částic chemických prvků. Některé látky se také mohou skládat přímo z atomů nebo z iontů.

Atom je složen z obalu a z jádra. Průměr atomu je řádově 10^{-8} cm. Průměr jádra je 100 000x menší, tedy 10^{-13} cm. V jádře je soustředěna téměř celá hmotnost atomu. V obalu atomu se nachází záporně nabitě částice – **elektrony**. Elektrony se kolem atomového jádra pohybují po energetických hladinách. Atomové jádro je tvořeno kladně nabitými **protony** a elektricky neutrálními **neutrony**. Obě tyto částice označujeme společným názvem **nukleony**. Počet protonů udává protonové číslo (Z), počet neutronů udává neutronové číslo (N). Počet nukleonů – tedy součet protonů a neutronů udává nukleonové číslo (A).

Pro další výklad je nutné rozlišit **chemický prvek** – tvořený atomy se stejným nábojem jádra bez ohledu na hmotnost jádra a **nuklid** – tvořený atomy pouze jednoho druhu, s jádry o stejném náboji a hmotnosti. Protože nuklidy téhož prvku patří na stejné místo v periodické soustavě, říká se jim **izotopy** daného prvku. Prvky vyskytující se v přírodě jsou zpravidla směsí více izotopů. Například vedle obvyčejného, lehkého vodíku, jehož jádro tvoří jediný proton, existuje tzv. těžký vodík, deuterium, jehož jádro je tvořeno jedním protonem a jedním neutronem. Dále existuje izotop vodíku, tritium, jehož jádro je tvořeno jedním protonem a dvěma neutrony.

V přírodě existují jednak **stabilní nuklidy**, jednak **radionuklidy**, které projevují přírodní radioaktivitu. (*Je ovšem možné, že i některé nuklidy považované za stabilní jsou ve skutečnosti velmi slabě radioaktivní a přeměňují se velmi pomalu.*)

Kromě přírodních radionuklidů se dnes průmyslově připravují v urychlovačích nebo v jaderných reaktorech **umělé radionuklidy**. Umělých radionuklidů bylo získáno již několik tisíc a nacházejí nejrozmanitější použití v mnoha oblastech vědy, techniky a medicíny. V nukleární medicíně se nejvíce využívá uměle připraveného radionuklidu ^{99m}Tc pro SPECT a ^{18}F pro PET.

Radioaktivitou rozumíme schopnost některých atomových jader vysílat záření. Při tom se takové jádro může změnit v jiné nebo alespoň ztratí část své energie.

Postupně bylo zjištěno, že existuje několik druhů radioaktivního záření, které se liší svou schopností pronikat látkou a chováním v elektrickém a magnetickém poli. Byly označeny jako **záření alfa, beta a gama**.

Záření alfa představuje svazek rychle letících jader atomu helia. Pohlcuje se již listem papíru, ve vzduchu se pohltí po uběhnutí několika cm. Zářič alfa může být nebezpečný při vdechnutí či požití, kdy bude působit uvnitř organismu.

Záření beta je tvořeno rychle letícími elektrony. Pohlcuje se již tenkým hliníkovým plechem.

Záření gama je elektromagnetické záření a je nejpronikavější.

Aktivita radionuklidu vyjadřuje počet radioaktivních přeměn za jednu sekundu. Měří se v jednotkách zvaných becquerel (Bq). 1Bq odpovídá jedné přeměně za sekundu.

Experimentálně bylo zjištěno, že aktivita vzorku radionuklidu klesá tak, že vždy po uplynutí charakteristické doby T klesne na polovinu. Tato doba se nazývá **poločas přeměny** daného radionuklidu. Poločasy radionuklidů mohou nabývat hodnot od zlomku sekundy až po miliardy roků.

Záření gama, stejně jako rentgenové záření, označujeme jako **ionizující záření**. Ionizující se nazývá proto, že při průchodu hmotou ionizuje okolní atomy. Podle typu záření (alfa, beta nebo gama) dochází k ionizaci přímo, jeli-záření tvořeno elektricky nabitými částicemi (alfa, beta), nebo nepřímo, jde o částice neutrální (gama, neutrony).

Člověk a s ním i celá živá příroda jsou vystaveny trvalému působení ionizujícího záření. Ionizující záření **přírodního původu**, jemuž je člověk vystaven, je zemského i mimozemského původu. Ozáření od kosmického záření, které dopadá na zemský povrch závisí na nadmořské výšce a zeměpisné šířce. S rostoucí nadmořskou výškou ozáření od kosmického záření vzrůstá. Nejrozšířenějším radioaktivním prvkem v přírodě je draslík, jehož aktivita v zemské kůře je větší než aktivita všech ostatních přirozeně radioaktivních prvků dohromady. Dalším zdrojem přírodní radioaktivity zemského povrchu je ionizující záření stavebního materiálu, který se z různých hornin vyrábí. Největší ozáření jsou uvnitř železobetonových staveb a nejmenší v dřevěných domech.

Až do počátku minulého století pocházelo ozáření člověka ionizujícím zářením pouze z přírodních zdrojů. S rozvojem znalostí a technologií se však na ozáření člověka začalo podílet ionizující záření i z umělých zdrojů.

K umělým zdrojům ionizujícího záření patří využívání jaderné energie k mírovým účelům tj. v jaderné energetice, v medicíně, v zemědělství, vodohospodářství a jiných technických oborech. Je nutné poznamenat, že příspěvek ozáření obyvatel vlivem provozu jaderných elektráren je vůči ostatním zdrojům ionizujícího záření velmi nízký. K umělým zdrojům patří i radioaktivní spad po zkouškách jaderných zbraní.

Obavy obyvatelstva z radioaktivity jsou dnes soustředěny zejména na umělé zdroje záření, zvláště na jaderná zařízení. Většina lidí ani netuší, že zdaleka největší ozáření obyvatelstva je způsobeno zdroji přírodními.

Přírodnímu ozáření byly organismy vystaveny odjakživa a do značné míry nevyhnutelně. Toto ozáření je přitom nerovnoměrné - některé skupiny osob na Zemi jsou ozářeny dávkami, které o jeden až dva řády převyšují světový průměr.

Ionizující záření se využívá v celé řadě oborů. Celá řada aplikací je založena na tom, že ionizující záření se při průchodu látkou oslabuje podle přesně definovaného exponenciálního zákona. Měřením zeslabení intenzity ionizujícího záření prošlého nějakou vrstvou materiálu, můžeme určit její tloušťkou. Tímto způsobem můžeme odhalovat skryté vady materiálu (defektoskopie), opotřebenění strojních částí, sledovat změny tloušťky válcovaných profilů.

Vlivem ionizujícího záření řada materiálů mění své vlastnosti, křehne, mění zbarvení apod. Ozářením byl získán nahnědlý odstín silikátového skla na budově Nové scény Národního divadla v Praze. Ionizujícím zářením se například sterilizují lékařské nástroje, vata a další předměty v uzavřených kontejnerech.

V archeologii umožňují radioanalytické metody stanovení prvků v obrazech, dále je možné měřením obsahu ^{14}C zjišťovat stáří hornin nebo předmětů. Ozařování vysokými dávkami se používá v ochraně památek k ničení plísní, hmyzu a v zemědělství k ničení mikrobů.

Radionuklidy jsou využity i u hlásičů požárů, kterými jsou vybaveny veřejné budovy.