

Dozimetrie

Dozimetrie ionizujícího záření je založena na základní vlastnosti tohoto záření a sice vytvářet v látce, kterou prochází, záporné a kladné ionty (ionizovat) nebo vyvolávat v látce fyzikální jevy, které jsou měřitelné a nějakým způsobem závislé na množství záření, kterému byla daná látka vystavena (např. změna vodivosti, teploty, barvy, vznik termoluminiscence apod.).

Pomocí různých metod dozimetrie můžeme charakterizovat **vlastnosti zdroje záření**, pole záření nebo účinky záření na látku, kterou prochází – včetně tkání a živých organismů. Veličinou, která charakterizuje zdroj záření, je *aktivita* udávaná v **Bq** (becquerel). Pole záření lze popsat *fluencí částic* (počet částic dopadajících na jednotku plochy). Základní veličinou, pomocí které charakterizujeme účinek záření na látku, kterou prochází je *absorbovaná dávka*. Absorbovaná dávka je množství energie předané látce zářením, jednotkou dávky je 1 **gray** (Gy) s rozměrem J.kg^{-1} .

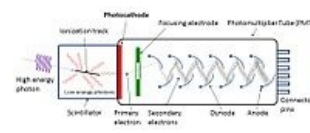
Existuje mnoho druhů dozimetrů, které lze rozdělit na dvě základní skupiny podle toho zda podávají informaci **kontinuálně** – zde patří zejména ionizační komory, Geiger-Müllerovy počítáče, polovodičové detektory, scintilační detektory, elektronické dozimetry – a nebo je v nich informace o množství sdělené energie nějakým způsobem kumulovaná a vyhodnocena až pomocí nějakého vhodného vyhodnocovacího zařízení – to jsou dozimetry **integrální** – zde patří zejména filmový, termoluminiscenční nebo fotoluminiscenční dozimetr. Tyto dozimetry jsou také nejčastěji používané v současné době v osobní dozimetrii. Rozšiřuje se také použití elektronické osobní dozimetrie.

Ionizační komora

Ionizační komora je tvořena dvěma elektrodami (anodou a katodou), umístěnými v plynném prostředí. Za normálních okolností (bez přítomnosti záření) systémem neprochází žádný proud – plyn mezi elektrodami je nevodivý, obvod není uzavřen. Vnikne-li však do prostoru mezi elektrodami ionizující záření, vyrazí z původně neutrálních atomů plynu elektrony a mění je na kladné ionty. Záporné elektrony putují v elektrickém poli okamžitě ke kladné anodě, kladné ionty se dají do pohybu k záporné katodě – obvodem začne protékat slabý elektrický proud způsobený iontovou vodivostí ionizovaného plynu mezi elektrodami. Proud je přímo úměrný intenzitě ionizujícího záření.

Scintilační detektory

Scintilační detektory převádějí absorbovanou energii ionizujícího záření na energii fotonů náležejících zpravidla do viditelné krátkovlnné nebo blízké ultrafialové oblasti spektra. Scintilační detektory patří mezi nejpoužívanější detektory ionizujícího záření. Jejich výhoda spočívá vedle dobrých spektrometrických vlastností také v tom, že detekční médium, scintilátor, může mít různé rozměry a téměř libovolný tvar. Přitom hmotnost scintilačních látek je dostatečně velká, takže lze dosáhnout poměrně velké detekční účinnosti, zejména pro záření gama. Scintilační detektor dává rovněž výstupní signál, jehož další zpracování obvykle nevyžaduje použití citlivých zesilovačů.



Scintilátor

Polovodičové detektory

Polovodičové detektory jsou založeny na **ionizačních účincích v pevných látkách**. Vnikne-li ionizující částice do vhodného polovodiče, vytváří v něm ionizační páry elektron – díra, přičemž většina primárních elektronů má tak velkou energii, že způsobuje další nárazovou ionizaci prostředí. Dochází k lavinovitému uvolňování elektronů do vodivostního pásu a tvorbě děr ve valenčním páse, počet uvolněných nosičů náboje tedy závisí na energii primární částice. Přiložíme-li na tento polovodič napětí, pak vlivem elektrického pole se volné nosiče nábojů (elektrony a díry) dají do pohybu v příslušném směru a v připojeném obvodu vznikne proudový impuls, jehož velikost závisí na energii dopadající částice ionizujícího záření. To umožňuje využít polovodičové detektory jak pro detekci ionizujícího záření, tak pro spektrometrická měření.



Ionizační komory v dozimetru

Filmové dozimetry

Filmové dozimetry jsou založeny na skutečnosti, že působením ionizujícího záření vzniká tzv. *latentní obraz*, který lze vyvolávacím procesem zviditelnit a vzniklé zčernání (optická hustota), které lze měřit, je závislé na míře ozáření filmu. Dozimetrický film je oboustranně překryt sadou filtrů a díky tomu lze určit i energii záření a směr ozáření. Pomocí filmového dozimetru lze měřit dávku od fotonů, elektronů i neutronů. Mezi výhody filmového dozimetru patří trvalý záznam údaje o ozáření s možností opětovné analýzy vyvolaného filmu. Nevýhodou je citlivost na světlo, vysokou vlhkost, teplotu a některé chemikálie.

Termoluminiscenční dozimetry

Termoluminiscenční dozimetry jsou **vhodné látky**, v nichž ionizující záření vyvolává excitace elektronů z valenčního do vodivostního pásu s následným zachytem v zachytných centrech. Zahřátím potom získají elektrony dostatečnou energii k opuštění zachytného centra a k rekombinaci při současném vyzařování ultrafialového záření

nebo viditelného světla, které je detekováno pomocí fotokatody a fotonásobičů. Celková vyzářená energie je úměrná energii ionizujícího záření pohlceného v látce. Pro výrobu termoluminiscenčních dozimetřů se používají různé druhy termoluminiscenčních materiálů např. LiF (lithium fluorid), CaF_2 , MgBeO_4 , $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$, aj. s rozdílnou energetickou závislostí a citlivostí pro různé druhy záření. Výhodou termoluminiscenčních dozimetřů je jejich vysoká citlivost, možnost přesného měření odezvy, poměrně široká oblast lineární závislosti mezi dávkou a odezvou dozimetru, možnost opakovaného použití dozimetru a také možnost použití látek s vlastnostmi blízkými lidské tkáni. Nevýhodou termoluminiscenčních dozimetřů je jejich citlivost na světlo a znečištění.

Radiofotoluminiscenční dozimetry

Podstatou radiofotoluminiscenčního dozimetru je **fotoluminiscence**, která je založena na principu tvorby luminiscenčních center indukovaných ionizujícím zářením v určitých látkách (př. fosfátová skla dopovaná stříbrem). Luminiscence je vybuzena osvětlením ozářeného detektoru ultrafialovým světlem. Stejně jako u termoluminiscenčního dozimetru je vyzářené světlo úměrné dávce ionizujícího záření absorbované v detektoru. Výhodou radiofotoluminiscenčního dozimetru je dlouhodobá stabilita odezvy, konstantní a vysoká citlivost a nízká energetická závislost. Nevýhodou je citlivost detektorů na světlo.

Elektronické osobní dozimetry

Elektronické osobní dozimetry nabývají na významu postupně s vývojem miniaturizace elektroniky a dostupnosti výpočetní techniky. Zpravidla pracují na bázi **Geiger-Müllerových detektorů nebo polovodičových** – Si-detektorů. Nevýhodou elektronických osobních dozimetřů je možné ovlivnění elektromagnetickým zářením. Elektronické osobní dozimetry je možné používat autonomně nebo ve spojení s vyhodnocovacím zařízením. Všechny uvedené dozimetry v podstatě fungují tak, že na základě kalibrace pomocí zdroje záření známých vlastností jsou kalibrovány tak, že velikost zkoumané odezvy (např. luminiscence) je vztažena k množství působícího záření.

Radiační ochrana pracovníků se zdroji ionizujícího záření

Při používání ionizujícího záření je nutné stanovit určitá pravidla tak, aby nedocházelo k nežádoucím účinkům záření na lidské zdraví. Tyto nežádoucí účinky jsou děleny na dvě základní skupiny – **deterministické** a **stochastické**. Deterministické účinky jsou účinky akutní a nastávají při překročení určité prahové hodnoty dávky (patří sem např. nemoc z ozáření, popáleniny, katarakta apod.), ochrana před nimi spočívá v tom, že zabráníme tomu, aby prahová dávka byla dosažena. Ochrana před stochastickými účinky je složitější, protože tam takovou prahovou hodnotu nemáme (patří sem různé druhy nádorů, genetické poškození).

Jsou stanoveny limitní hodnoty, které nesmí být překročeny při používání zdrojů záření. Stanovení absorbované dávky nám v případě živých tkání a organismů ještě nic neříká o možném účinku daného záření na tento organismus nebo tkáň. Je nutno vzít v úvahu o jaký **druh záření** se jedná (alfa, beta, fotony, neutrony atd.), protože jednotlivé druhy záření mají na tkáň **odlišné účinky** – liší se jejich tzv. *biologická účinnost*. Např. částice **alfa** jsou těžké nabitě částice a při průchodu hmotou předávají svou energii rychle na poměrně krátkém úseku své dráhy – říkáme, že hustě ionizují – jinak je tomu u fotonů, které procházejí hmotou snadno a ionizují řídce – proto je také vhodné je např. využívat v zobrazovacích metodách v medicíně – radiodiagnostice. Pokud aplikujeme na stanovenou absorbovanou dávku v dané tkáni koeficient, který zohledňuje tyto vlastnosti ionizujícího záření a kterému říkáme **radiační váhový faktor** dostaneme se k tzv. **ekvivalentní dávce**. Pokud chceme hodnotit možné účinky ozáření celého těla, musíme také vzít v úvahu citlivost jednotlivých orgánů a tkání na ozáření a pravděpodobnost vzniku výše uvedených stochastických účinků. Toto je zohledněno v tzv. **tkáňovém váhovém faktoru**. Pokud pro každou tkáň stanovíme ekvivalentní dávku a vážíme ji tímto faktorem a provedeme součet přes všechny tkáně pro které je faktor stanoven dostaneme se k tzv. **efektivní dávce**. Efektivní dávka v sobě tedy zahrnuje i informaci o závažnosti velikosti ozáření živého organismu. Limitní hodnoty pro ozáření pracovníků jsou potom stanoveny v ekvivalentní dávce pro vybrané orgány a tkáně (tím je omezen vznik deterministických účinků) nebo v efektivní dávce (snížení pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků na přijatelnou úroveň).

Limitní hodnota efektivní dávky pro pracovníky je daná legislativou (Atomový zákon) a je 100 mSv za 5 let a současně nesmí překročit 50 mSv za rok. Limitní hodnota pro např. oční čočku je 150 mSv za rok, pro končetiny 500 mSv za rok. Pracovníci se zdroji ionizujícího záření (radiační pracovníci) musí být vybaveni osobními dozimetry příp. je jejich dávka hodnocena na základě měření na pracovišti, aby mohlo být prokázáno, že stanovené limity nepřekračují.



Umístění
osobního
dozimetru

Odkazy

Související články

- Ochrana před ionizujícím zářením

Použitá literatura

- NAVRÁTIL LEOŠ, ROSINA JOSEF, ET AL., *Medicínská biofyzika*. 1 (dotisk 2010) vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2005. 524 s. ISBN ISBN 978-80-247-1152-2.