***Radioaktivní záření v organismu a veličiny s tím související

Jakmile radioaktivní záření začne interagovat s (lidským) organismem, ovlivňuje buňky tohoto organismu. Záření ale neničí buňky jako takové, ovlivňuje „pouze“ jejich funkci. Např. α záření díky tomu, že je schopno ztratit v látkovém prostředí svoji energii na relativně malé vzdálenosti, v malém objemu poškodí velký počet buněk. Jinými slovy: hustota poškozených buněk v malé vzdálenosti od místa vstupu záření do organismu je velká. Pro zdravý organismus by nemělo být malé poškození vážným problémem, neboť neustále dochází k regeneraci buněk. Problém nastává, bude-li v určité oblasti organismu poškozených buněk velké množství. V tom případě bude regenerace spíše kontraproduktivní.

Vzhledem k tomu, že organismus regeneruje buňky tak, že kopíruje buňky, které se nalézají v okolí regenerovaného místa, bude organismus „vyrábět“ poškozené buňky. Těch je totiž v okolí zasaženého místa velký počet, takže pro proces regenerace to budou ty správné buňky, které mají být regenerovány, zkopírovány.

Na rozdíl od záření α má záření β menší zpomalovací schopnost, tudíž se dostane do organismu do větší vzdálenosti od místa vniku do organismu a hustota poškozených buněk nebude tak velká (za předpokladu, že se do organismu dostalo stejné množství záření jako u záření α). Je tedy nutné zavést veličinu, která by popisovala:

1. „množství“ záření vniknuvšího do organismu;
2. „škody“ způsobené zářením v organismu.

Zavádí se proto veličina (absorbovaná) **dávka**, která je definována pouze pro ionizující záření:

(ABSORBOVANÁ) DÁVKA D JE DEFINOVÁNA JAKO PODÍL ENERGIE W_D IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ ABSORBOVANÉHO NĚJAKÝM OBJEMOVÝM ELEMENTEM A HMOTNOSTI m LÁTKY OBSAŽENÉ V TOMTO ELEMENTU: $D = \frac{W_D}{m}$; $[D] = \mathrm{J.kg^{-1}} = \mathrm{Gy}$ **(GRAY).**

Jedná se tedy o střední hodnotu veškeré energie, kterou záření předalo jednomu kilogramu látky. Není podstatné kolik částic na látku dopadne, ale co jsou tyto částice schopné způsobit. A to určujeme právě pomocí energie.

Tato jednotka je fyzikálně měřitelná.

Pro nepřímo ionizující záření (tj. záření, které po dopadu na určitou látku nejdříve vytvoří sekundární částice a teprve ty způsobí v látce ionizaci) se zavádí veličina **KERMA** (*Kinetic Energy Released in Material*), která popisuje vliv vzniklých sekundárních částic na danou látku.

KERMA JE SOUČET POČÁTEČNÍCH ENERGIÍ KINETICKÝCH ENERGIÍ SEKUNDÁRNÍCH ČÁSTIC VZNIKLÝCH V JEDNOM KILOGRAMU LÁTKY; $[KERMA] = [D] = \mathrm{J.kg^{-1}} = \mathrm{Gy}$.

Předávání energie látce sekundární částicemi může být zpožděné a může v látce v jiném místě, než do kterého dopadá primární záření.

Každé záření ale poškozuje organismus jiným způsobem. Proto je třeba zavést veličinu, která by všechny typy záření sjednotila. Touto veličinou byl **dávkový ekvivalent** (ekvivalentní dávka) D_{ekv}.

DÁVKOVÝ EKVIVALENT D_{ekv} JE DEFINOVÁN JAKO SOUČIN (ABSORBOVANÉ) DÁVKY D A KOEFICIENTU RELATIVNÍ BIOLOGICKÉ ÚČINNOSTI k PŘÍSLUŠNÉHO BIOLOGICKÉHO OBJEKTU: $D_{ekv} = D.k$, $[D_{ekv}] = \mathrm{J.kg^{-1}} = \mathrm{Sv}$ **(SIEVERT).**

Součinitel biologické účinnosti *k* přitom souvisí s faktorem tkáňové citlivosti (viz obr. 157).

Ač má dávkový ekvivalent stejnou fyzikální jednotku jako dávka, používá se pro její označení Sv, na počest švédského fyzika Rolfa Sieverta (1896 - 1966), aby nedošlo k záměně právě s dávkou. V koeficientu *k* jsou zahrnuty nejen biologické vlastnosti daného organismu, ale také účinky jednotlivých druhů záření (nejhorší je záření γ, pak neutronové záření a nakonec záření α a záření β).

V současné době se ovšem míto dávkového ekvivalentu užívají dvě jiné veličiny: **ekvivalentní dávka** a **efektivní dávka**.

EKVIVALENTNÍ DÁVKA H_T JE DÁNA SOUČTEM EKVIVALENTNÍCH DÁVEK H_{TR} JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ZÁŘENÍ, KTERÝM JE ORGANISMUS VYSTAVEN. EKVIVALENTNÍ DÁVKA DANÉHO TYPU ZÁŘENÍ H_{TR} JE SOUČIN RADIAČNÍHO VÁHOVÉHO FAKTORU w_R A DÁVKY D_R DANÉHO TYPU ZÁŘENÍ ABSORBOVANOU V ORGANISMU NEBO V JEHO ČÁSTI. TEDY: $H_T = \sum H_{TR} = \sum w_R D_R$; $[H_T] = \mathrm{J.kg^{-1}} = \mathrm{Sv}$.

Radiační váhový faktor w_R míru poškození organismu, kterou dané záření v organismu nebo jeho části způsobí. Nejmenší radiační výhový faktor mají fotony, elektrony a miony ($w_R = 1$), největší mají α částice, těžká jádra a štěpné trosky.

Od dříve používaného dávkového ekvivalentu se liší hlavně jinou metodikou určování hodnot faktorů vyjadřujících vliv různých typů záření na organismus. To vede k jiným číselným hodnotám ve srovnání s dávkovým ekvivalentem.

EFEKTIVNÍ DÁVKA E JE SOUČTEM VÁŽENÝCH STŘEDNÍCH HODNOT EKVIVALENTNÍCH DÁVEK V RŮZNÝCH TKÁNÍCH LIDSKÉHO TĚLA, TEDY $E = \sum w_T H_T$, KDE H_T JE EKVIVALENTNÍ DÁVKA V DANÉ TKÁNÍ A w_T JE TKÁŇOVÝ VÁHOVÝ FAKTOR VYJADŘUJÍCÍ RELATIVNÍ PŘÍSPĚVEK DANÉ TKÁNĚ K CELKOVÉ ZDRAVOTNÍ ÚJMĚ ZPŮSOBENÉ PŘI ROVNOMĚRNÉM OZÁŘENÍ CELÉHO TĚLA. PRO JEDNOTKU TÉTO FYZIKÁLNÍ VELIČINY PLATÍ: $[E] = [H_T] = \mathrm{J.kg^{-1}} = \mathrm{Sv}$.

Výhodou efektivní dávky je, že umožňuje vyjádřit radiační zátěž organismu jedinou číselnou hodnotou i při nerovnoměrném ozáření organismu (resp. jeho části). To umožňuje porovnávat různé způsoby ozáření organismu.

Z výše uvedených definic je zřejmé, že $[w_R] = [w_T] = 1$.

Zkoumáním účinků jaderného záření a měřením jeho dávek se zabývá **dozimetrie**.

Některé typické hodnoty dávkového ekvivalentu jsou uvedeny v tab. 4.

Činnost	$\frac{D_{ekv}}{\mathrm{mSv}}$
3 hodiny v letadle ve výšce 10 km nad zemí	0,01
průměrné místo na bydlení (průměrná radiace)	1,5 (za rok)
personál u rentgenu	2 (za rok)

tab. 4

Smrtelná dávka je 7000 mSv a je jedno za jak dlouho, 4000 mSv může, ale nemusí, být smrtelné, ale každopádně vyvolává vážné poškození organismu. Limit, který nesmí být překročen u nás je 50 mSv za rok, ale doporučuje se, aby nebyl překročen limit 20 mSv za rok. Každopádně neprofesionál (tj. pacient na rentgenu, soused jaderné elektrárny, ...) by neměl dostat více než maximálně 1 mSv za rok z civilizačních zdrojů. Zhruba stejné množství připadá na radioaktivní pozadí. Za přípustnou dávku se považuje 5 mSv ročně. Vzhledem k tomu, že účinek záření se během života sčítá, přijme člověk za celý život asi 150 mSv. Zvláště významné je přitom vdechování radonu obsaženého ve vzduchu obytných budov. Radon se do nich dostává transportem půdního a venkovního vzduchu do místnosti, difúzí ze stavebních materiálů a vyčeřením z tekoucí vody z vodovodu. Proto je důležité časté větrání obytných prostor.

Při práci s radionuklidy a styku s jaderným zářením je třeba dodržovat přísné bezpečnostní předpisy. **Ochrana před zářením** je možná v podstatě třemi způsoby:

1. vzdáleností;

2. omezením doby ozařování;
3. stíněním.

Záření ubývá se vzdáleností od zdroje a čím kratší dobu jsme záření vystaveni, tím menší dávkový ekvivalent obdržíme.Prostory, kde je nebezpečí záření, musí být označeny varovnou značkou (viz obr. 158). Osoby zde se pohybující musí být vybaveny osobními dozimetry, které měří získanou dávku, platí zde zákaz kouření a požívání jídla.

V celosvětovém měřítku je bezpečnost jaderné energetiky a využívání radionuklidů sledována a kontrolována na základě mezinárodních dohod, a to Mezinárodní organizací pro atomovou energii ve Vídni, která je jednou z odborných organizací přidružených k OSN.



Obr. 158

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.