

41. Interakcia β - častíc s látkou, dolet a maximálna energia spektra

Nabité častice sa pri prechode cez látku spomaľujú a rozptyľujú. V oblasti nie príliš veľkých energií (\sim MeV) sú hlavným mechanizmom spomaľovania nepružné zrážky nabitých častíc s elektrónmi atómového obalu, pri ktorých dochádza k vzbudeniu a ionizácii atómov.

Pre ťažké nabité častice (p, α, d, \dots) prevládajú ionizačné straty. Pri brzdení nabitých častíc v elektrickom poli atómových jadier vzniká brzdné žiarenie. Straty energie brzdným žiarením sa nazývajú radiačné. Radiačné straty sú úmerné kvadrátu zrýchlenia (spomalenia) častice a ten je pri rovnakom silovom pôsobení podstatne väčší u ľahkých nabitých častíc ($a=F/m$). Radiačné straty pre ťažké častice sú malé. Radiačné straty u β častice sú už dosť veľké a spolu s ionizačnými stratami určujú celkovú stratu energie týchto častíc v látke. Pre merné radiačné a ionizačné straty β - častíc (straty na jednotke dráhy častíc v látke) platí nasledovný vzťah:

$$\frac{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{rad}}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ion}} \cong \frac{EZ}{800}$$

kde E - kinetická energia β - častíc v MeV

Z - atómové číslo prostredia

Pri $E = 100$ MeV radiačné a ionizačné straty sú rovnaké pre prostredie so $Z = 8$ (napríklad vo vode). Pre olovo tieto straty sú rovnaké už pri $E = 10$ MeV. Energiu, pri ktorej straty na ionizáciu a brzdenie sú rovnaké, nazývame kritickou energiou. Pri energiách väčších ako kritická, hlavným mechanizmom strát sú radiačné straty. Vzďialenosť x_0 , na ktorej sa energia v dôsledku radiačných strát β - častice zmenší e -krát, nazývame radiačnou dĺžkou. Pre vodu je $x_0 = 36$ g/cm², pre Al 24 g/cm² a pre olovo je 6 g/cm².

Dráha ťažkých nabitých častíc v látke je prakticky priamočiara. Dráha β - častíc v látke predstavuje lomenú čiaru, pretože pri každej zrážke s atómovými elektrónmi dochádza k rozptylu, t.j. k zmene smeru. Z tohto dôvodu nemôžeme hovoriť o dosahu β - častíc v látke v tom zmysle, ako v prípade ťažkých nabitých častíc. Celková dĺžka dráhy monoenergetických elektrónov v látke pri počiatočnej energii ~ 1 MeV je asi 100-krát väčšia, ako dĺžka dráhy ťažkých nabitých častíc s tou istou energiou.

Intenzívny rozptyl vedie k tomu, že rôzne β - častice s rovnakou počiatočnou energiou vykonajú v látke rovnakú dráhu, ale dosahujú rôznu hĺbku. Vplyv rozptylu na prenikavosť β - častíc zvlášť výrazne sa prejavuje v látkach s veľkým atómovým číslom. V tomto prípade intenzita monoenergetického zväzku klesá takmer exponenciálne so zväčšovaním hrúbky látky, cez ktorú prechádza.

Schopnosť elektrónov prenikať cez látku sa charakterizuje praktickým dosahom. Praktický dosah sa rovná vrstve látky, ktorá zadrží všetky elektróny.

Pre energie elektrónov väčšie ako 0,6 MeV závislosť dosahu od energie môže byť vyjadrená vzťahom

$$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,526 \cdot E[\text{MeV}] - 0,094$$

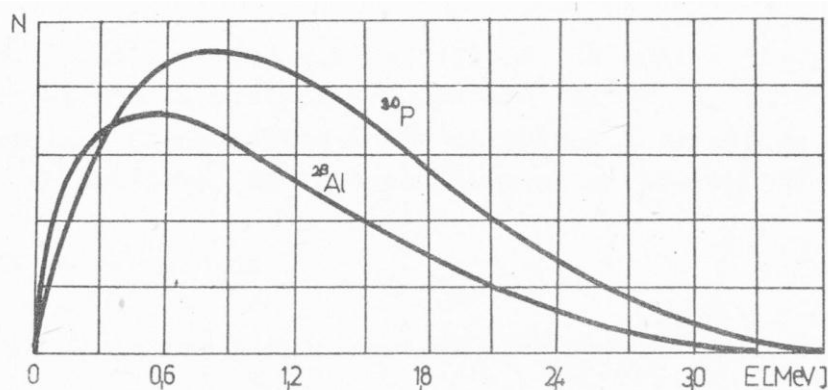
Pre spojité spektrum energie, ktoré majú rádionuklidové zdroje žiarenia môžeme dosah odpovedajúci maximálnej energii spektra E_{max} určiť pomocou týchto empirických vzťahov:

$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,007 \cdot E^{5/3}$	$E < 0,2 \text{ MeV}$
$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,15 \cdot E - 0,0028$	$0,03 < E < 0,15 \text{ MeV}$
$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,407 \cdot E^{1,38}$	$0,15 < E < 0,8 \text{ MeV}$
$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,542 \cdot E - 0,133$	$E > 0,8 \text{ MeV}$
$x[\text{g}/\text{cm}^2] = 0,571 \cdot E - 0,161$	$E > 1 \text{ MeV}$

alebo

$E[\text{MeV}] = 1,275 \cdot x^{0,6}$	$x[\text{g}/\text{cm}^2] < 0,03$
$E[\text{MeV}] = 6,67 \cdot x - 0,019$	$0,02 > x[\text{g}/\text{cm}^2] > 0,002$
$E[\text{MeV}] = 1,92 \cdot x^{0,725}$	$0,3 > x[\text{g}/\text{cm}^2] > 0,02$
$E[\text{MeV}] = 1,85 \cdot x - 0,245$	$x[\text{g}/\text{cm}^2] > 0,3$
$E[\text{MeV}] = 1,75 \cdot x - 0,281$	$x[\text{g}/\text{cm}^2] > 0,4$

Príklady spojitého spektra energie β častíc sú uvedené na obr.



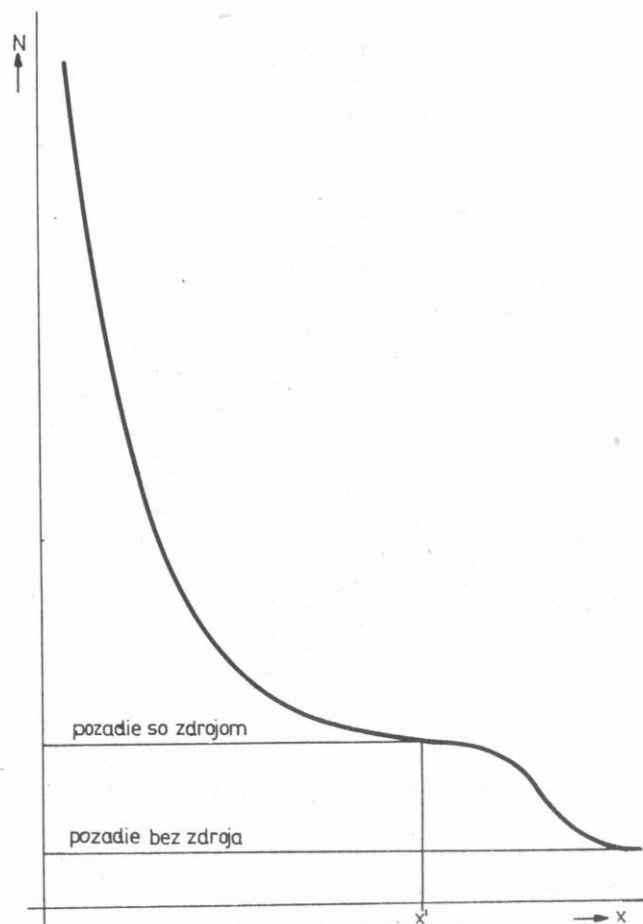
URČENIE MAXIMÁLNEJ ENERGIE β SPEKTRA POMOCOU ABSORPCIE

Maximálna energia β - spektra môže byť presne určená len pomocou β spektrometrov. V tejto úlohe sa približná hodnota ($\pm 10\%$) maximálnej energie β spektra určí pomocou absorpcie. Meraním absorpcie β častíc zistíme ich maximálny dosah, t.j. vrstvu absorpčnej látky, ktorá pohltí všetky β častice. Pomocou známej hodnoty dosahu a empirických vzťahov uvedených vyššie vypočítame maximálnu energiu. Meranie

absorpčnej závislosti $N = f(x)$ robíme tak dlho, kým sa intenzita žiarenia prestane znižovať. Hrúbka absorbátora, pri ktorej intenzita žiarenia sa už neznižuje, bude odpovedať dosahu. Aby sme túto hrúbku určili čo najpresnejšie, urobíme v tejto oblasti viac meraní, pričom každé meranie trvá niekoľko minút. Body rovnakej intenzity spojíme vodorovnou priamkou, ktorá určuje pozadie merania. Bod, v ktorom závislosť $N = f(x)$ sa prvýkrát dotkne tejto priamky, odpovedá dosahu.

Po určení dosahu odporúčame urobiť ešte dve merania:

1. pri hrúbke absorbátora prevyšujúcej dosah o 2 - 3 mm,
2. odložiť zdroj žiarenia a znova zmerať pozadie.



Druhé meranie nás presvedčí o tom, že pozadie určené bez prítomnosti zdroja je podstatne menšie v porovnaní s pozadím pri meraní absorpčnej závislosti so zdrojom. Je to preto, že pri absorpcii β častíc na hliníku pri energii nad 1 MeV už začína vznikáť brzdné žiarenie, ktoré má väčšiu prenikavú schopnosť. Okrem toho absorpcia β^+ častíc je zdrojom anihilačného žiarenia.

Tieto druhy žiarenia prispievajú k pozadiu pri meraní absorpčnej krivky.