

3. STUDIUM PRACOVNÍCH PODMÍNEK GM DETEKTORU

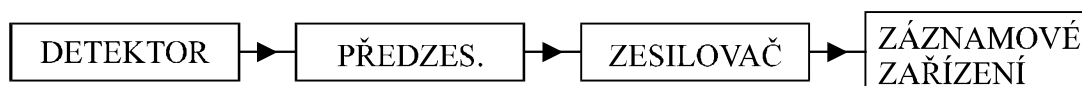
1. Zadání

- A) Změřte charakteristiku Geigerova-Müllerova (dále GM) detektoru, určete jeho pracovní napětí a mrtvou dobu detekčního zařízení.
- B) Změřte pozadí a naměřené četnosti každého zdroje korigujte vzhledem k mrtvé době. Rozhodněte o nutnosti opravy naměřených četností o pozadí a určete jejich střední kvadratickou odchylku od středních hodnot.

2. Přístroje a zařízení

Dva radionuklidové zdroje, elektronická detekční aparatura (zdroj VN, zesilovač, diskriminátor, čítač, stopky), sonda s GM detektorem, olověný stínící kryt (blokové schéma viz obr. 1).

Obr.1 Blokové schéma aparatury s GM



3. Definice veličin

- **Charakteristika GM detektoru** je závislost četnosti impulzů na napájecím napětí (při neměnné geometrii zdroj - zářič)

$$n = f(U).$$

- **Četnost dějů** (impulzů) n je podíl středního počtu dějů dN registrovaných v časovém intervalu dt a velikosti tohoto časového intervalu

$$n = \frac{dN}{dt} \quad [s^{-1}].$$

- **Mrtvá doba** τ detekčního zařízení je průměrná velikost časového intervalu po zaznamenání impulzu, v němž zařízení není schopno zaregistrovat další impulz.

- **Záření od pozadí** pochází od kosmického záření, přirozené radioaktivity materiálu z okolí, laboratorního zařízení atd. Jeho četností registrovanou detekční aparaturou korigujeme četnosti n měřené aparaturou tak, že od četnosti n_0 v níž je zahrnuto pozadí, odečteme četnost pozadí n_p .

4. Metoda měření

Záření při interakci s látkou vyvolává různé fyzikální jevy, z nichž některé lze využít k jeho detekci. GM detektor patří do skupiny ionizačních detektorů, u nichž je základem detekce záření ionizace plynové náplně zářením.

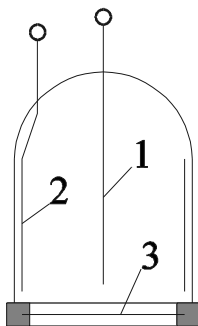
Detekované částice při pohybu v pracovní náplni detektoru (obvykle se užívá plyn) vytvářejí ionty, které jsou elektrickým polem mezi elektrodami urychlovány a po transportu dopadají na elektrody.

Je-li napětí mezi elektrodami detektoru vhodně zvoleno, primární ionty vytvořené detekovaným zářením se elektrickým polem natolik urychlí, že jejich interakcí s pracovní látkou detektoru vznikají další, tj. sekundární ionty. Při dostatečném napětí počet sekundárních iontů velmi výrazně převyšuje počet primárních iontů, a tím je vrcholová hodnota proudového impulsu nezávislá na počtu primárních iontů. Částice různého druhu a energie způsobují proudové impulsy stejné vrcholové hodnoty. V této oblasti pracují Geigerovy-Müllerovy detektory. Další zvýšení napětí vede ke vzniku **samostatného výboje, který by poškodil detektor.**

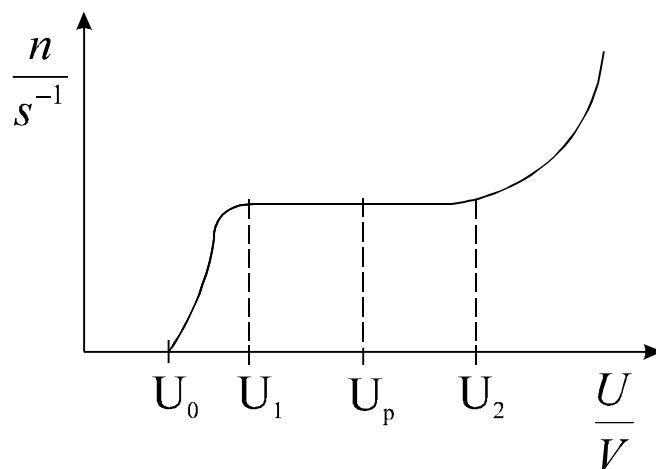
GM detektory mohou detekovat přímo ionizující nabitě částice i nepřímo ionizující záření gama případně neutrony. Na obr. 2 je GM detektor pro záření alfa nebo beta. Záření do trubice detektoru proniká tenkým slídivým okénkem 3. Baňka detektoru je obvykle skleněná, katodou je vodivý povlak na její stěně 2, anodou je tenký wolframový drát 1 v ose trubice. Plynovou náplň je směs netečného plynu a par organické látky.

Principiální schéma zapojení aparatury spojené s detektorem je na obr.1. Signál z detektoru je zesílen, tvarově upraven a čítačem impulzů registrován. Výstupní informace je obvykle dána počtem zaregistrovaných impulzů ve zvoleném časovém intervalu.

Obr.2 Schéma GM detektoru



Obr.3 Charakteristika GM detektoru



Typická **charakteristika GM detektoru** je na obr.3. Z jejího průběhu je patrné, že detektor začíná pracovat od napětí U_0 . Zvyšováním napětí četnost výrazně roste až do hodnoty napětí U_1 ; dalším zvyšováním napětí se četnost impulzů mění velmi zvolna (asi o 2 - 5 % na 100 V). Při dosažení napětí U_2 četnost impulzů opět výrazně vzrůstá. Oblast (U_1, U_2) se nazývá **plató**, jehož délka podle kvality detektoru dosahuje 100 - 300 V. **Pracovní napětí U_p** volíme přibližně ve třetině až polovině pláta. **Pozor! Při měření charakteristiky je nutno dbát na opatrnost při zvyšování napětí v okolí U_2 , aby se trubice nezničila samostatným výbojem** (kontrolujte neustále, ve které oblasti charakteristiky se už nacházíte např. průběžným vynášením zjištěných hodnot do grafu).

Mrtvá doba τ představuje v soulase s definicí systematickou chybu detekčního zařízení. Pokud systematická chyba převyšuje náhodné chyby, je ji třeba vyloučit. K určení mrtvé doby použijeme metodu dvou zářičů. Metoda je založena na měření četností impulzů vyvolaných dopadem částic na detektor od dvou nezávislých zdrojů záření s přibližně stejnou emisí částic. Je-li n naměřená četnost, τ mrtvá doba, n_0 správná četnost impulzů (tj. četnost, naměřená ideálním zařízením, které nevykazuje mrtvou dobu), platí

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0 \tau} \quad \text{a také} \quad n_0 = \frac{n}{1 - n \tau} \quad (1)$$

V případě měření se dvěma zdroji platí $n_1 + n_2 > n_{12}$ pro měřené četnosti a $n_{01} + n_{02} = n_{012}$ pro správné četnosti neovlivněné mrtvou dobou, kde n_{01} , n_{02} a n_{012} jsou správné četnosti jednoho, druhého a obou zářičů. Jsou-li n_1 , n_2 , n_{12} naměřené četnosti, pak

$$\frac{n_1}{1 - n_1 \tau} + \frac{n_2}{1 - n_2 \tau} = \frac{n_{12}}{1 - n_{12} \tau}$$

odkud pro mrtvou dobu dostaneme:

$$\tau = \frac{n_1 n_2 - [n_1 n_2 (n_{12} - n_1)(n_{12} - n_2)]^{\frac{1}{2}}}{n_1 n_2 n_{12}} \quad (2)$$

Pokud je $n_{12} \cdot \tau \ll 1$, dostaneme přibližný vztah pro výpočet mrtvé doby

$$\tau = \frac{n_1 + n_2 - n_{12}}{2 n_1 n_2} \quad (3)$$

5. Pokyny pro měření

a) Měření provedeme na zařízení, jehož blokové schéma je na obr.1. Sonda je umístěna v olověném krytu a připojena k elektronické aparatuře. Tato obsahuje mimo jiné regulovatelný zdroj vysokého napětí a čítač impulzů spojený s elektronickými stopkami nebo časovacím zařízením, umožňujícím předvolbu doby měření.

b) Zdroj záření vkládáme do olověného krytu pod detektor. Postupně měříte charakteristiku s jedním zářičem, mrtvou dobu měříme s každým zářičem zvlášť a pak s oběma dohromady (n_1 , n_2 , n_{12}). Dále změříme četnost od pozadí, tj. bez zářiče.

Při všech měřeních je nutno dodržovat stejnou vzdálenost mezi zdrojem záření a detektorem. Při měření charakteristiky je výhodné ihned naměřené četnosti vynášet do grafu. **Mrtvou dobu i pozadí měříme při pracovním napětí** U_p , zjištěném z charakteristiky.

c) Čas k měření volte s ohledem na celkovou dobu, kterou máte k měření, případně s ohledem na zadanou přesnost (viz také úloha č.1).

6. Pokyny pro zpracování

a) Výsledek měření charakteristiky $n = f(U)$ vyneseme do grafu, vyznačíme plató a pracovní napětí.

b) Mrtvou dobu vypočítáme podle (2) nebo (3).

c) Četnosti jednotlivých zdrojů opravíme dle vztahu (1) na mrtvou dobu a případně o pozadí, tzn. od naměřené a opravené četnosti n_o odečteme ještě četnost pozadí

$$n = n_o - n_p .$$

d) Přesnost měření (viz také úloha č.1). Střední kvadratická odchylka naměřeného počtu impulzů je $\sigma_e = \sqrt{N}$ a relativní odchylka

$$\delta N = \frac{\sqrt{N}}{N} . \quad (4)$$

Ze vztahu (4) je patrné, že pro dosažení zadané přesnosti N je třeba, aby počet impulzů splňoval podmínku

$$N \geq \frac{1}{(\delta N)^2} .$$

V případě, že chceme určit počet impulzů např. se statistickou chybou menší než 10 % (tj.0,1), je třeba zaregistrovat 10^2 impulzů; k dosažení přesností 0,1 % již musíme měřit tak dlouho, dokud počet registrovaných impulzů nebude větší než 10^6 .

Střední kvadratickou chybu četnosti vyhodnotíme podle vztahu (11) z úlohy č.1. Podle téhož vztahu také rozhodneme, zda je možno zanedbat opravu četnosti na pozadí, tj. liší-li se měřená četnost a četnost pozadí nejméně o jeden řád.

Je-li uloženo zpracovat chybu mrtvé doby odvodíme příslušný vztah ze zákona šíření chyb.

d) Naměřené a vypočítané veličiny uspořádáme do tabulky.