

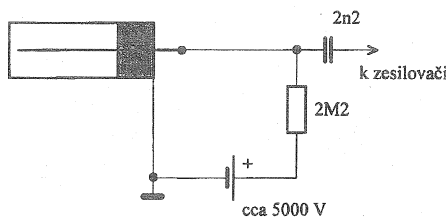
Rutherfordův rozptyl částic α

Karel Rauner

Obtížná detekce radioaktivního záření je příčinou toho, že výuku jaderné fyziky na středních školách obvykle nedoprovází tolik pokusů jako v jiných oblastech fyziky. V poslední době sice situaci značně zlepšila souprava kufříku GAMABETA, málokdo však ví, že si podobný detektor pro záření α může vyrobit amatérsky s minimálními náklady.

Hrotový Geiger-Müllerův detektor plněný vzduchem s atmosférickým tlakem jsem poprvé uviděl na semináři univerzity v Erlangenu. Na přednášce věnované experimentům z jaderné fyziky jej v praxi předváděl prof. Werner Schneider. Jeho konstrukce je tak jednoduchá, že si jej může pořídit doslova každý. Trochu náročnější je napájení a zpracování signálu.

Vlastním detektorem je válcová kovová trubice (např. mosazná) délky asi 6 cm a průměru 1,5 až 2 cm. Jeden konec trubice je uzavřen gumovou zátkou, kterou je prostrčena krejčovská jehla v ose válce tak, že hrot je asi 0,5 cm od otevřeného konce válce. Trubice a jehla se připojují přes rezistor s vysokým odporem k zdroji vysokého napětí (obr. 1).



obr. 1

Proletí-li vzduchem v blízkosti hrotu ionizující částice, sníží se dielektrická pevnost a dojde k jiskrovému výboji. Proud protékající přes rezistor sníží napětí mezi elektrodami detektoru a výboj zhasíná. Změna napětí na anodě detektoru (na jehle) se přivádí kondenzátorem na vysoké napětí na vstup běžného nízkofrekvenčního zesilovače s připojeným reproduktorem. Každá ionizující částice, která proletí v blízkosti hrotu je tak detekována prasknutím v reproduktoru.

Při určitém napětí je jediným druhem částic radioaktivního záření, který je schopen vyvolat zřetelný výboj, záření α . Částice β ani záření γ ani jiné částice kosmického záření nejsou detekovány. Tato vlastnost hrotového detektoru (nulové pozadí) mne inspirovala pro použití při detekci extrémně nízkého počtu částic α při školském experimentu, který může dokázat existenci atomového jádra.

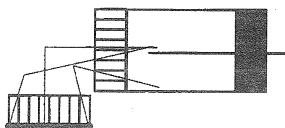
Historický experiment, který probíhal v roce 1910 (Geiger, Marsden) a který byl interpretován E. Rutherfordem v roce 1911 jako objev atomového jádra, probíhal v podstatně jiném uspořádání. Částice α se pružně rozptylovaly na tenké zlaté fólii, pokus probíhal ve vakuu a trval řadu měsíců. Částice α se detekovaly scintilacemi – spintariskopem.

Ve vzduchu, kde jsou rozptylujícími jádry jádra atomů dusíku a kyslíku jde při použití radioaktivního nuklidu Am 241 o anomální rozptyl (nepružné srážky). Nicméně typické pro interakci letlicí částice α a relativně klidného jádra je zalomení trajektorie částice α o úhel 0° až 180° . Toto zalomení svědčí o tom, že částice α interaguje s elektricky nabitým objektem velmi malých rozměrů a značné hmotnosti. Tímto objektem je atomové jádro.

Aby bylo možné zjišťovat popsaným detektorem pouze α částice, jejichž trajektorie se zalomila o úhel z jistého intervalu, byl zářič Am 241 páskového typu vybaven kolimátorem, který tvoří soustava spletených papírových trubiček průměru asi 2,5 mm (z lepicí pásky) do voštiny s výškou asi

Veletrh nápadů učitelů fyziky

5 mm. Rovněž detektor byl opatřen kolimátorem vyrobeným z nízkého novodurového válce (výška 5 mm) provrtaného hustou soustavou otvorů o průměru 2,5 mm. Na obr. 2 je náčrt možných trajektorií α částic, které jsou detekovány při natočení zářiče a detektoru o 90° .



obr. 2

Pravděpodobnost Rutherfordova rozptylu o úhel kolem 90° je samozřejmě velmi malá. Navíc je dolet částic α ve vzduchu (asi 5 cm) snížen tím, že většina částic nevyletuje z povrchu zářiče, ale z nižších vrstev. Takové částice ztratí část své energie při interakcích ve vlastní materiálu zářiče, vyletují s nižší energií, než je energie rozpadu (5,4 MeV) a mají proto menší dolet (samoabsorpce). Aby bylo možno pokus předvést jako demonstrační, musí být použito poměrně silného zářiče. I při aktivitě zářiče řádově 10^7 Bq čekáme na registraci rozptýlené částice průměrně kolem 30 s při úhlu mezi detektorem a zářičem 90° .

Při provedení pokusu je vhodné demonstrovat nejprve velmi vysokou aktivitu zářiče jeho přiblížením k detektoru (obě části bez kolimátorů). Výrazné snížení aktivity při nasazení kolimátorů se demonstrová v druhé části pokusu. Třetí částí je natočení zářiče a detektoru o zvolený úhel, který však musí být tak velký, aby zabránil přímému průletu částice do detektoru. V této části pokusu sledujeme částice, které výrazně interagovaly s některým jádrem. Čtvrtou částí pokusu je pak důkaz, že detektor má nulové pozadí: mezi detektorem a zářičem vložíme list kancelářského papíru, impulsy zcela ustanou.

Poznámka: při experimentech se zářiči je nutné splnit všechny podmínky povoleného pracoviště a schváleného pracovního řádu.