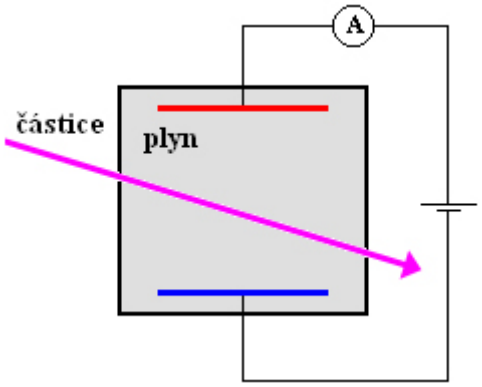
Plynový ionizační detektor

Jedním z nejjednodušších detektorů, kterými lze zjišťovat počet částic, je plynový ionizační detektor. Jeho zjednodušené schéma je zobrazeno na obr. 164. Je tvořen nádobou naplněnou vhodným plynem (většinou se používá argon), v níž jsou dvě elektrody připojené ke zdroji stejnosměrného napětí. Částice, která do detektoru vletí, může mít takovou energii, že dokáže atomy či molekuly plynu v detektoru excitovat nebo ionizovat.



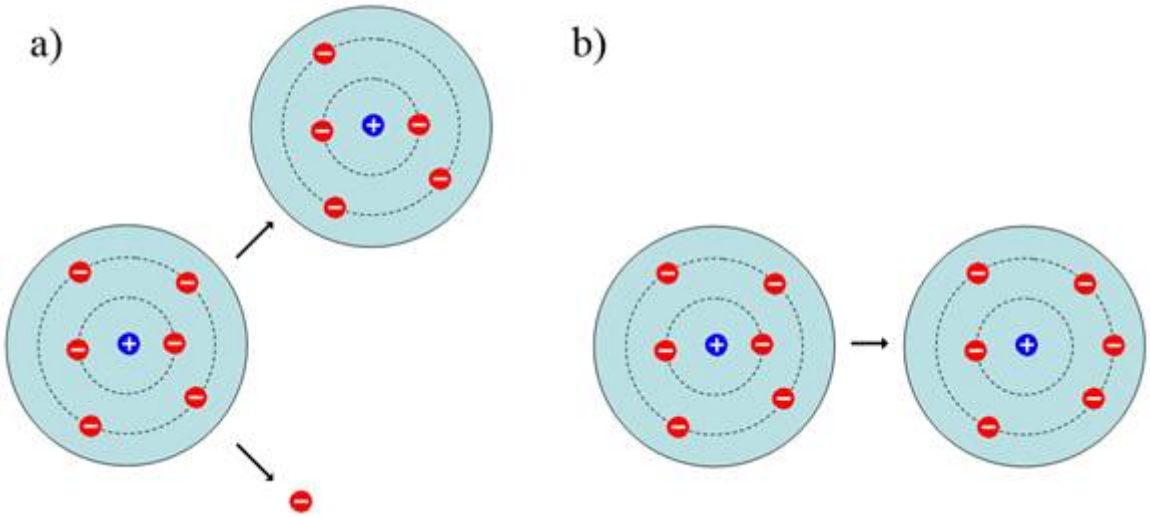
Obr. 164

Zda dojde k excitaci atomu či molekuly nebo k ionizaci, je dáno energií přilétávající částice. Není-li tato energie dostatečná k ionizaci atomu či molekuly, může být dostatečná k excitaci atomu či molekuly na vyšší energetickou hladinu. Tyto dva způsoby předání energie jsou schématicky zobrazeny na obr. 165.

Kromě toho může vzniknout brzdné záření, Čerenkovo záření nebo přechodové záření.

Brzdné záření je elektromagnetické záření, které vzniká interakcí nabitých částic s elektrostatickým polem jader v daném materiálu. **Čerenkovo záření** je elektromagnetické záření, které se šíří rychlostí s větší velikostí, než je velikost rychlosti šíření světla v daném materiálu. **Přechodové záření** je emitované při průchodu nabité částice rozhraním dvou prostředí s různými indexy lomu.

Elektrické napětí mezi elektrodami v nádobě s plynem vytvoří mezi elektrodami elektrostatické pole. Vlivem elektrostatické síly se kladné ionty a záporně nabité elektrony pohybují k opačně nabitým elektrodám. Je-li na elektrody přiloženo vhodné napětí, projde obvodem elektrický proud, který lze detekovat (např. ampérmetrem).



Obr. 165

Plynový ionizační detektor je v podstatě kondenzátor, který je připojena ke stálému zdroji napětí. Vlétne-li do plynové náplně detektoru částice, ionizuje molekuly plynu uvnitř detektoru a kondenzátorem začne procházet elektrický proud.

Přesná funkce detektoru závisí na hodnotě napětí přiloženého na elektrody. Podle toho se rozlišují:

1. ionizační detektor;
2. proporciální komora;
3. Geigerův - Müllerův počítač.

Energie potřebná k ionizaci plynu je zhruba 20 eV - 40 eV.

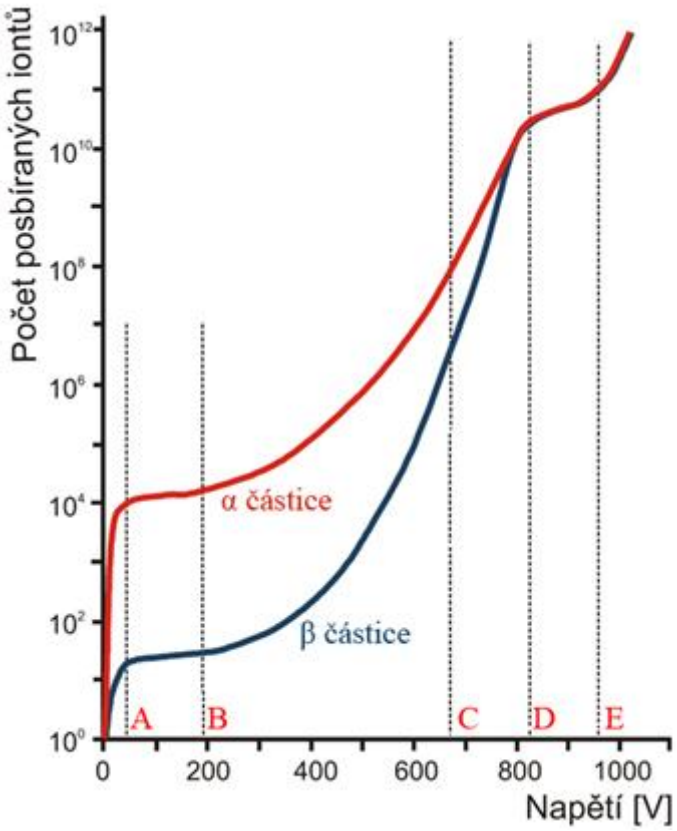
Dodáním této energie se vytvoří jeden pár iont - elektron.

Např. v argonu, který se v ionizačních detektorech používá nejčastěji, má tato ionizační energie hodnotu 26 eV. Minimální ionizační ztráty v argonu jsou 2,7 keV na centimetr uražené dráhy, tzn. na 1 cm dráhy letící částice vznikne přibližně 100 párů iont - elektron.

Aby se tedy částice vůbec „prodrala“ argonem a mohla ještě jeho molekuly ionizovat, musí mít energii alespoň 2,7 keV na každý centimetr vzdálenosti, kterou má urazit. Tedy např. při vzdálenosti 10 cm by potřebovala částice energii 27 keV.

Kladný náboj i záporný náboj částic vzniklých při popsané ionizaci (tj. náboj všech elektronů a náboj všech iontů) tedy je $100.1,6.10^{-19}\ \mathrm{C} = 1,6.10^{-17}\ \mathrm{C}$, což je není snadné naměřit. Proto je nutné počet iontů zvýšit a zesílit tak elektrický signál, který o počtu iontů nese informaci.

Závislost počtu „posbíraných“ iontů na elektrickém napětí na elektrodách detektoru je zobrazena na obr. 166. Na něm jsou zobrazeny dvě křivky - jedna pro α částici, která vlétá do detektoru, druhá pro β částici. Graf je rozdělen do několika částí, podle nichž lze určit vhodné napětí pro daný typ detektoru.



Obr. 166

Oblast grafu do bodu *A* je oblastí, v níž je na elektrody přiloženo malé napětí. To znamená, že mezi elektrodami vzniká slabé elektrostatické pole a ionizované částice se pohybují velmi pomalu k opačně nabitým elektrodám. Dříve než se dostanou na elektrodu, nekombinují mezi sebou zpět na neutrální atomy či molekuly. Na výstupu z detektoru lze tedy naměřit velmi slabý signál a proto se tato, tzv. **rekombinační oblast**, k detekci částic nepoužívá.

S rostoucím napětím mezi elektrodami (oblast grafu do bodu *B*) se dostává na elektrody stále více částic. Rekombinace je tedy překonána. Tato oblast se nazývá **oblast nasyceného proudu** a využívá se v ionizačních komorách. Signál na výstupu z detektoru je ale stále slabý.

S dalším nárůstem napětí (oblast do bodu *C*) jsou elektrony urychleny natolik, že mohou sami ionizovat okolní atomy. Vzniká tak elektronová lavina, která se projeví prudkým nárůstem počtu iontů a tedy i elektrického proudu, který lze měřit na výstupu z detektoru.

Urychlení elektronů je způsobeno větším napětím a tedy i větším nábojem na elektrodách. Elektrony jsou proto na anodu přitahovány velkou elektrostatickou silou, přitom získají velkou velikost rychlosti pohybu a mají tedy i velkou energii. Proto mohou ionizovat další neutrální atomy.

Neustále jsou zmiňovány elektrony, jejich pohyb k elektrodě a schopnost způsobit další ionizaci. Ionty, které mají výrazně vyšší klidovou hmotnost než elektrony, nemohou být urychleny na takové hodnoty rychlosti (resp. energie,), aby mohly výrazněji přispět k další ionizaci atomů.

Mohlo by se zdát, že neschopnost dosáhnout velkých velikostí rychlosti je kompenzována velkou hmotností iontů. Je nutno si ovšem uvědomit, že energie, kterou mohou ionty (i elektrony) využít k ionizaci, mají ve formě kinetické energie. A ta závisí na první mocnině hmotnosti a na druhé mocnině velikosti rychlosti. Proto těžké pomalé ionty nemohou ionizovat tak, jako rychlé elektrony s výrazně menší klidovou hmotností.

I v této oblasti (**oblast proporcionality**), kterou využívají proporcionální komory, je hodnota

elektrického proudu na výstupu z detektoru dána energií prolétávající částice.

V **oblasti omezené proporcionality** (oblast do bodu *D*) je napětí mezi elektrodami natolik velké, že dochází k mohutné elektronové lavině. Částic, které dopadají na elektrody, je tolik, že není možné určit, jaká částice ionizaci způsobila původně.

Za bodem *D* je elektrické pole mezi elektrodami detektoru už natolik silné, že vzniká elektrický výboj. Tuto oblast napětí využívá Geigerův - Müllerův počítač.

© 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.