

Referát z Fyziky

Detektory ionizujícího záření

Vypracoval: Valenčík Dušan

MVT-bak.

2 hlavní skupiny detektorů používaných v jaderné a subjaderné fyzice

1) **počítače** - interakce nabitých částic je převedena na el.pulzy, které jsou dále zpracovány pulzním elektronickým zářením.

2) **dráhové detektory** - ionizující částice zanechává stopy podél své dráhy.

Počítače: plynové (ioniz.komory,proponciální počítače,G-M poč.,jiskrové poč.

Scintilační (organické,anorganické)

Polovodičové (čisté s povrchovou bariérou,driftované)

Čerenkovův

Dráhové: mlžné komory

Bublinové komory

Jiskrové komory

Jaderné fotoemulze

Základní vlastnosti detektorů:

- účinnost detekce
- mrtvá doba detektoru
- pozadí,šum
- energetické rozlišení
- prostorové rozlišení

Dráhové detektory

Mlžná (Wilsonova) komora-1921

Kondenzace nasycených par a vytvoření malých viditelných kapiček na iontech podél dráhy částice.

Konstrukce: uzavřená komora z okny pro pozorování,zaplněná plynem s příměsí nasycených par kapaliny,např.methylalkoholu → rychlá adiabatická expanze → ochlazení plynu → přesycená pára → kondenzace na iontech.

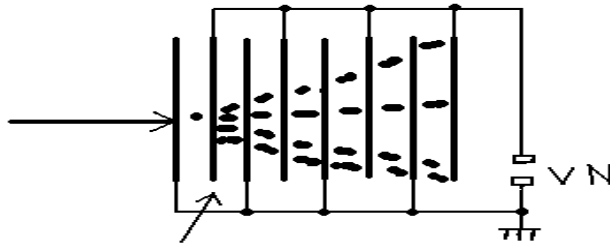
Nedostatek-pozorovat lze jen krátce po adiabatické expanzi.
Pomocí mlžné komory objevil r.1932 Anderson první antičástici-
pozitron.

Komory se dávají např. do mag.pole ⇒ náboj,hybnost částice.

Bublinová komora-1952

Místo plynu kapalina → hustější látka, efektivnější detekce.
Uzavřená nádoba s kapalinou zahř. těsně pod bod varu → rychlé snížení tlaku → přehřátý stav kapaliny → přidat nab.č. → vznik iontů → var kapaliny v okolí nehomogenit → tvorba bublinek.

Jiskrové komory



elektrody - jiskry

- tenké elektrody - každá druhá uzemněná - VN těsně pod hodnotou jiskrového výboje → vletí ionizující částice → podél dráhy výboj.
- konstrukce: viz. obrázek elektrody až několik m².
- Vláknové jiskrové komory
- Pomocí jiskrové komory dokázána existence dvou různých druhů neutrin.

Jaderné fotoemulze

- fotografické emulze s velkou koncentrací A_gB_r rozptýleného v želatině.
- průlet nab. částice → ionizace → uvolňování A_g , vznik latentního obrazu → vyvolání → zviditelnění dráhy (pozorování pod mikroskopem): počet vyvolaných zrn A_g ~ hustotě ionizace.
- lze měřit rozpady částic s velmi malou dobou života.
- pomocí jaderných fotoemulzí bylo r.1947 dokázáno, že miony jsou rozpadovými produkty pionů: $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$

Počítače

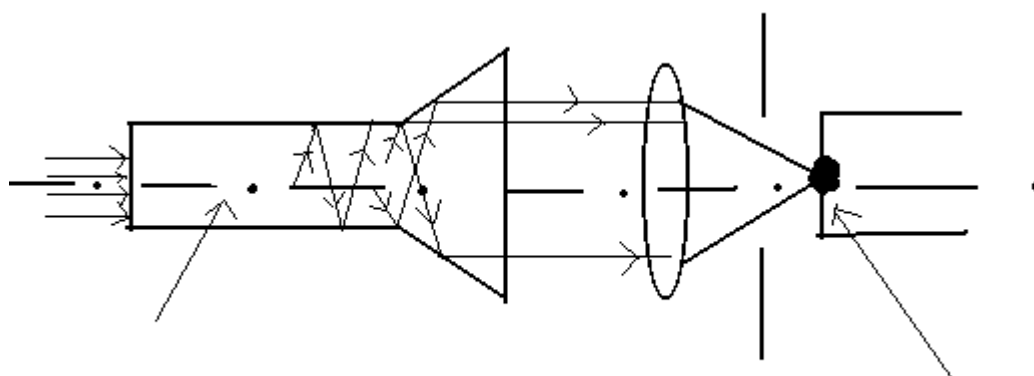
Geiger-Müllerovy

- Impulsy v G-M jsou stejně velké, nezávislé na energii částic
- Nutnost rychlého zhášení výboje (souvisí s mrtvou dobou):
- **NESAMOZHÁŠECÍ**- ionizace se přeruší po poklesu napětí pod určitou hodnotu (použ. velký odpor v zhášení elektronický obvod).
- **SAMOZHÁŠECÍ**- přidavek mnoho atomového plynu, organické páry (alkohol) - až 10%; při impulzu část par disociuje \Rightarrow doba života $\sim 10^9 - 10^{10}$ impulsů.
- **Použití**- nabitě částice - tenké slídkové okénko
Kosmické záření

Čerenkovovy počítače

Obdoba scintilačních počítačů - emise světla je způsobena průletem rychlé nabitě částice průhledným prostředím (dielektrikem) - atomy prostředí se na chvíli polarizují a při návratu do normálního stavu dojde k vyzáření elektromagnetického záření - podmínkou je:

$$V_{\text{částice}} > c' = c/n \quad , \quad c = \text{rychlost světla ve vakuu} \\ n = \text{index lomu}$$



dielektrikum

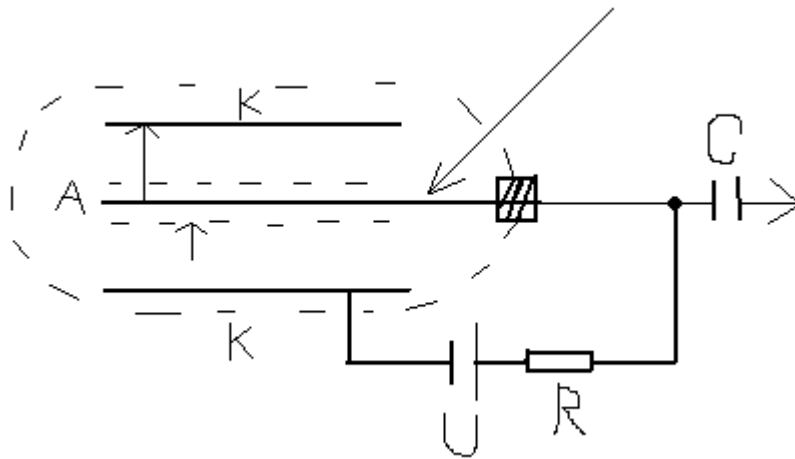
fotokatoda

$\cos \theta = c/v \Rightarrow$ umožňuje registrovat částice s určitými rychlostmi s velkou přesností (0,01%) fokuzací světla z určitého směru na fotokatodu.

- γ -nejdříve konvertujeme na elektrony (např. v olovu)
- téměř 100% účinnost.

Proponciální počítače

- oblast nárazové ionizace je těsně kolem drátu anody viz. obrázek.



- pracovní náplň: H_2, He, Ar, Xe , metan, směsi; příměs par alkoholu
- napěťový signál roste na odporu $R \Rightarrow$ menší nároky na elektroniku oproti ionizačním komorám (tam se měří přímo úbytek napětí).
- rozlišovací doba = časový interval od průletu částice do objevení se výstupního impulzu (kratší než u IK) $\sim (5-10) \cdot 10^{-8} s$.
- energetické rozlišení $\sim 15\%$
- účinnost registrace $\sim 100\%$ pro těžké nabitě částice, pro elektrony menší; $n, \gamma - (1 \div 0,1)\%$
- pro detekci neutronů: $^{10}_5 B + n \rightarrow ^7_3 Li + \alpha$ -ty způsobí primární ionizaci, bór se dává do náplně v stěn.
- průtokové PP bývají obvykle v geometrii 2π v 4π
- pro detekci rychlých n : -vodíková náplň \rightarrow detekce odražených p
- heliová náplň $\rightarrow ^3He(n,p)T$

\rightarrow použití : α, β, χ, n

Scintilátory

Můžeme rozdělit na: Organické
Anorganické

Organické scintilátory

- aromatické molekuly (→luminiscence): π -elektrony tvořící meziatomové vazby v aromatické molekule → excitací těchto π elektronů a následným návratem do základního energetického stavu dochází k luminiscenci:

- 1) fluorescence (10^{-8} - 10^{-9} s)
- 2) fosforescence (fotony snižují energii než u fluorescence, proces probíhá pomaleji $> \sim 10^{-4}$ s a to přes metastabilní stavy)
- 3) zpožděná fluorescence (energie fotonu stejná jako fluorescenční, ale děj probíhá pomaleji $\sim 10^{-6}$ s : z excitační hladiny na metastabilní, pak znovu na excitační a teprve pak do základní)

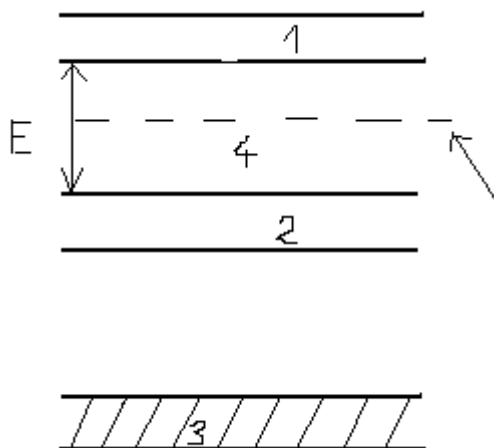
-3 skupiny org. Scintilátorů (skupina může excitovat v pevné či tekuté formě)

- 1) unitární - čisté krystaly (antracen); méně kapalné (xylen) v plastické (polystyren).
- 2) Binární - dvousložkové roztoky v kapalné v pevné formě (p-terphenyl v toluenu, v polystyrenu) - migrace excitační energie je zářivá pouze ve směru od primární složky k sekundární, tj. primární proces excitace nastává na 1. složce (primární) a emise scintilací je dána 2. složkou (sekundární) - dosáhneme tímto eliminace samoabsorpce, což umožňuje jejich použití ve větších objemech než u unitárních; objemově převládá primární složka.
- 3) Terciální - 3. složka zajišťuje, aby se scintilační spektrum krylo se spektrální citlivostí fotokatod; objemově převládá opět primární složka, zatímco sekundární složky jsou podstatně menších objemů.

Použití: detekce či spektrometrie β (s výhodou i nízkoenergetické).
detekce či spektrometrie n rychlých ($E_n > 0,1 \text{ Mev}$): reakce (n, p)
s vysokým účinným průřezem. Automaty atd.

Anorganické scintilátory

- obr. Jsou anorg.scin. aktivovány malou koncentrací příměsí (Tl, Na u alkalických kovů; Ag, Cu u sirníků).
- pásový model krystalu:



1-vodivostní pás, 2-valenční, 3-zaplněný, 4-zakázaný, →nečistoty,

Z excitovaných hladin nečistot může elektron-díra přejít do zákl. stavu:

- luminiscencí (radiačně)
 - neradiačně ve formě tepelné energie
 - zachycením v metastabilní (pasti) hladině, odkud se může při získání potřebné energie opět vrátit do vodivostní zóny nebo neradiačně do valenční zóny.
- 3 skupiny: **aktivované příměsí**-nejširší skupina (NaI(Tl), ZnS(Ag)).

Samoaktivované-hliníkové sirníky s přebytkem Zn v Cd (ZnS, CdS)

Čisté krystaly-vzácně (alkalické halogeny, uranové soli)

Použití: NaI(Tl) - hlavně pro detekci a spektrometrii X a γ

CsI(Tl) - hlavně pro detekci a spektrometrii těžkých nabitých částic.

${}^6\text{Li(En)}$ - detekce pomalých n

relativně nevhodné pro e, β (zpětný rozptyl, brzdné záření).

Použitá literatura: přednáška z fyziky - Ing. M. Švadlenková, CSc.
ČVUT-Fyzika II - Doc.Rndr.Josef Jelen,CSc.
Internet