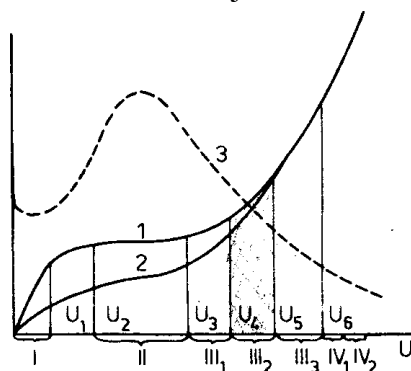


# Koronové a jiskrové detektory

## Charakteristika elektrického výboje v plynech

Jestliže chceme použít ionizační účinky na detekci jaderného záření, je třeba poznat jednotlivé fáze ionizace plynu a zjistit závislost ionizačního proudu  $I$  na napětí  $U$  mezi elektrodami. Abychom pochopili závislosti jednotlivých fází ionizace plynu radioaktivním zářením, je třeba hovořit o procesech v plynu tj. o vytváření a zániku iontů v elektrickém poli mezi elektrodami. Když zvyšujeme napětí  $U$  na elektrodách a na osu  $y$  vynášíme změnu proudu, dostaneme závislost, kterou nám zobrazuje obrázek.



obr. 1

Křivka 1 odpovídá změně proudu při ionizaci zářičem  $\alpha$ , křivka 2 zářičem  $\beta$  a křivka 3 vyjadřuje podíl  $dU/dI$ , tj. změnu směrnice ke křivce 1 v závislosti na napětí  $U$ .

Z fyzikálního hlediska znamená podíl  $dU/dI$  elektrický odpor zkoumaného systému. Charakterizuje ionizační procesy v příslušném pracovním úseku. Mezi hodnotami napětí  $U=0$  a  $U=U_6$  je oblast ionizace, která se nazývá oblastí nesamostatného výboje v plynu. Překročením  $U_6$  přecházíme do oblasti, kde nastává samostatný elektrický výboj, který nezávisí na vnějším zdroji záření. Na indikaci jaderného záření se používá vyjma koronových a jiskrových detektorů, nesamostatný výboj v plynech.

Jednotlivé fáze ionizačních účinků jaderného záření v plynech můžeme rozdělit na čtyři úseky.

- I.** úsek Ohmova zákona – vzniká jen ionizace
- II.** úsek nasyceného proudu – vzniká ionizace vyvolaná vnějším zdrojem záření
- III.** v tomto úseku přibývá ionizace způsobená nárazem iontů na atomy a molekuly v elektrickém poli
  - III<sub>1</sub> úsek úplné proporcionality
  - III<sub>2</sub> úsek částečné proporcionality
  - III<sub>3</sub> Geigerova oblast
- IV.** oblast samostatného výboje v plynech
  - IV<sub>1</sub> úsek koronového výboje
  - IV<sub>2</sub> úsek jiskrového výboje

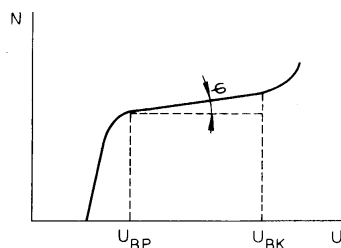
## Princip činnosti koronových detektorů

Koronový výboj vzniká mezi Geigerovou-Müllerovou oblastí a jiskrovým výbojem. Ačkoli je koronový výboj znám už velmi dlouho, na detekci jaderného záření se začal používat až na začátku padesátých let.

Registrace nabitých částic v koronovém detektoru je založena na podobném principu jako registrace jaderného záření v libovolném plynovém detektoru. Podstatný rozdíl je v tom, že koronový detektor principiálně nemůže registrovat záření s malou ionizační schopností, jako je například záření  $\beta$  nebo  $\gamma$ . Je to způsobené tím, že při normálním pracovním režimu koronového detektoru je v koronové vrstvě samotného detektoru stále ionizující plyn. Tato ionizace plynu v detektoru vytváří koronový proud, který způsobuje na výstupním odporu detektoru několika milivoltové impulsy. Jestliže je detektor plněný například argonem, dosahuje výška výstupních impulsů korony 30 mV. Při přeletu slabě ionizující částice výbojovým prostorem koronového detektoru vzniká dodatečná ionizace způsobená touto částicí. Ta, jestliže je porovnatelná s ionizací korony, se na pozadí impulsů z korony nedá zaznamenat. Jiná je situace, když výbojovým prostorem proletí silně ionizující částice, například částice  $\alpha$  nebo proton. Dodatečná ionizace, vytvořená touto částicí ve vnější části koronového výboje, je o řád větší než ionizace korony. Tento příspěvek k ionizaci v detektoru je značný, a tak se projeví na výstupu detektoru jako impuls s amplitudou několik stovek milivoltů. Například pro částici  $\alpha$  v argonu je to až 300 mV. Koronový detektor má však i tu vlastnost, že zachovává úměrnost mezi energií dopadající částice a amplitudou impulsu od této částice. Detektor pracuje až do určitých napětí  $V_z$  na elektrodách jako proporcionální detektor. V této oblasti napětí, sekundární procesy na katodě a v plynu podstatně nepřispívají k mechanismu výboje. Se zvyšováním napětí vzrůstá koeficient plynového zesílení a také vzrůstá úloha sekundárních procesů. Při napětí  $V_z$  jsou sekundární procesy už tak velké, že jsou schopné udržet výboj jakkoli dlouho a splní se podmínka stacionárnosti samostatného výboje. V okamžiku dopadu silně ionizující částice do výbojového prostoru detektoru vznikají elektrony ve vnější části koronového výboje, které se rozmnožují  $K$ -krát a na výstupním odporu detektoru se objeví impuls úměrný energii částice, jehož amplituda převyšuje amplitudy impulsů z korony. Impulsy z korony v tomto případě můžeme oddělit diskriminátorem. Tato závislost se až do nedávna experimentálně pozorovala jen v argonu, ale podobné vlastnosti mají i jiné plyny jako neon, dusík a kyslík.

## Pracovní charakteristika koronového detektoru, jeho pozadí a elektronické vybavení

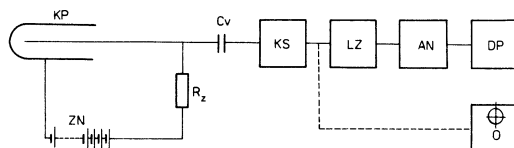
Kvalita plynového detektoru se určuje závislostí registrované četnosti  $N$  na napětí  $U$  na detektoru tzv. pracovní charakteristikou detektoru. Čím je delší lineární část pracovní charakteristiky a čím je menší její sklon tím je detektor lepší. Za dobré detektory se považují takové, které mají délku lineární části více než 100 V a sklon je menší než 5 % /100 V. Část pracovní charakteristiky detektoru mezi hodnotami  $U_{BP}$  a  $U_{BK}$  se nazývá lineární část pracovní charakteristiky detektoru.



obr. 2

Pro koronové detektory je charakteristická velká délka lineární části pracovní charakteristiky, která dosahuje několika kV s malým, skoro nulovým sklonem. Vzhledem k tomu, že koronový detektor diskriminuje slabě ionizující záření, jeho pozadí je velmi malé. Pozadí koronového detektoru může ovlivňovat vlastní aktivita  $\alpha$  materiálu, z kterého je detektor zhotovený. Při vhodném výběru materiálů elektrod je možné dosáhnout skoro nulového pozadí.

Vzhledem k tomu, že amplituda výstupních impulsů z koronových detektorů pro záření  $\alpha$  je řádově 0,1 V, zařízení není náročné na další zpracování impulsů.



obr. 3

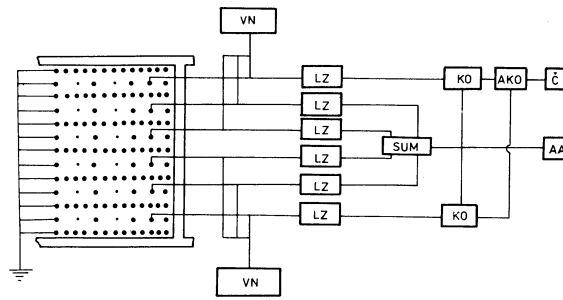
KP – koronový počítač (detektor), ZN – zdroj napětí, KS – katodový sledovač, LZ – lineární zesilovač, AN – amplitudový analyzátor, DP – počítačící zařízení, O - osciloskop

Impuls z koronového detektoru postupuje na katodový sledovač a odtud na lineární zesilovač. Dále postupuje na amplitudový analyzátor. V případě snímání energetických spekter se používá mnohokanálový amplitudový analyzátor. Osciloskop se používá na vizuální určení oblasti koronového výboje a amplitudy výstupních impulsů. Počet impulsů se zaznamenává počítačím zařízením. Pracovní napětí koronových detektorů závisí na druhu náplně a jejím tlaku. Dosahují hodnoty několika kV.

## Koronové komory

Na měření velmi nízkých aktivit  $\alpha$ , na studium reakcí ( $n, \alpha$ ) a i na detekci úlomků štěpení je výhodné používat koronové komory. Princip práce koronových komor odpovídá principu koronových detektorů.

Koronová komora je vlastně systém malých koronových detektorů. Jako první použil na detekci úlomků štěpení koronovou komoru W. F. Stubviens se spolupracovníky. Jeho komora měla rozměry 12 x 8,5 x 1,3 cm, což stačí na studium úlomků štěpení. Pro případy měření záření  $\alpha$  zkonstruovali na Katedře jaderné fyziky MFF UK v Bratislavě komoru s rozměry 100 x 50 x 12 cm. Tato komora má velký citlivý objem a dobré detekční charakteristiky. Komora je rozčleněna systémem vláken na 300 detektorů, proto se zařazuje mezi bezstěnové detektory. Vnitřní detektory tvoří 6 stejných vrstev a v rámci těchto vrstev jsou vzájemně elektronicky propojené.



obr. 4

VN – zdroje vysokého napětí, LZ – lineární zesilovač, SUM – sumační obvod, KO – koincidence, AKO – antikoincidence, Č – čítač, AA – amplitudový analyzátor

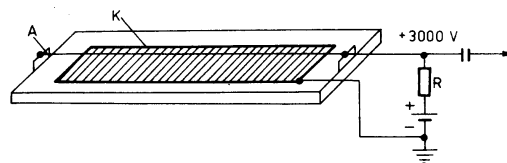
Katody jsou tvořeny  $70 \mu\text{m}$  a anody  $30 \mu\text{m}$  silnými molybdenovými vlákny. Vlákna jsou napnutá silou  $0,65 \text{ N}$ , což je dostatečné na to, aby při délce vláken  $41 \text{ cm}$  nevznikaly nežádoucí falešné impulsy při změně geometrie rozechvěním vláken (mikrofonový efekt). Pracovní napětí při normálním tlaku argonu náplně je  $2 \text{ kV}$ . Celá komora je sestavená z  $2000$  vláken.

V případě měření aktivity  $\alpha$  pevného vzorku se nanese vzorek na podložku, která se upevní zevnitř na stěnu komory. Při měření se využívá antikoincidenční stínění, které je vzhledem k tomu, že jde o bezstěnový systém, velmi účinné. Částice, která přeletí všemi detektory, se nezaregistruje. Tím se vyloučí vliv stálé složky kosmického záření.

Koronová komora se využívá na měření koncentrace izotopů U, Th, Ra a jiných  $\alpha$ -aktivních izotopů. Při určování koncentrace Ra v přírodních vodách se využívá měření aktivity radonu, vzniklého rozpadem Ra. Radon se dá v detektoru použít jako pracovní plyn.

## Jiskrové detektory a jiskrové komory

V posledních desetiletích se využívá na registraci ionizujících částic i jiskrový výboj, tzn. oblast nad napětím  $U_6$ , za úsekem III<sub>3</sub> (obr. 1). Nejjednodušší zařízení, které se používá na tento účel je na obr.



obr. 5

Zařízení pracuje ve vzduchu za normálního tlaku. Mezi katodou a anodou je stejnosměrné napětí několik kV. Hodnota napětí se volí tak, aby byla právě o něco nižší než hodnota, při které nastane jiskrový výboj mezi vláknem a destičkou. Když vletí ionizující částice do prostoru mezi destičkou a vláknem, vznikne v její stopě jiskrový výboj, který se dá na rezistoru registrovat jako impuls napětí, nebo zaznamenat fotograficky jako jiskra mezi drátkem a destičkou.

Jiskrové detektory se v poslední době zdokonalily tak, že vyleštěné rovinné elektrody jsou umísťované rovnoběžně v baňce naplněné argonem s příměsí alkoholu při tlaku řádově  $10^5 \text{ Pa}$ .

Jiskrové detektory mají velmi krátký impuls. Při vzdálenosti elektrod  $2,5 \text{ mm}$  trvá vytvoření vodivého kanálu a jiskrového výboje jen  $10^{-9} \text{ s}$ . Tato vlastnost jiskrových detektorů

je předností oproti Geiger-Müllerových detektorům, jejichž impulsy trvají  $10^{-7}$  až  $10^{-6}$  s. Lineární část pracovní charakteristiky jiskrových detektorů je několik stovek voltů.

Časovou rozlišovací schopností detektorů rozumíme čas, který musí uplynout mezi přechodem dvou částic detektorem, aby pravděpodobnost registrace stopy dřívější částice poklesla na danou hodnotu. Za tuto hodnotu si můžeme zvolit například 1%. Časová rozlišovací schopnost jiskrových detektorů je určena statistickým rozptylem opoždění jiskrového výboje s délkou náběhové hrany napěťového impulsu vytvořeného jiskrovým výbojem a je až o tři řády lepší než u GM detektorů. Tento markantní rozdíl v rozlišovací schopnosti uvedených plynových detektorů je daný především tvarem elektrického pole mezi elektrodami. U jiskrových detektorů s rovinnými elektrodami je pole všude homogenní a umožňuje rozvoj jiskrového výboje bez driftu primárních elektronů do oblasti silnějšího pole, než je nutné při jiném geometrickém uspořádání elektrod.

Počet párů iontů vytvořených mezi elektrodami ionizující částicí, která prošla skrz jiskrovou komoru, klesá úměrně s časem, který uplyne od okamžiku jejich vytvoření. Úměrně s tímto časem klesá i pravděpodobnost vytvoření jiskrového výboje na místě průchodu částice skrz jiskrovou komoru po přivedení vysokonapěťového impulsu na jiskrovou komoru.

Úměrně s časem se pokles pravděpodobnosti vzniku jiskrového výboje zmírňuje zásluhou záporných iontů a metastabilních atomů vytvořených při průchodu ionizující částice skrz plynovou náplň jiskrové komory.

V literatuře je poměrně velká různorodost při definování rozlišovací schopnosti jiskrových komor. Například doba zapamatování se označuje jako časový interval, který uplyne mezi okamžikem průchodu ionizující částice skrz jiskrovou komoru a okamžikem vysokonapěťového impulsu, během kterého pravděpodobnost vzniku jiskrového výboje klesne ke zvolené hodnotě. Za tuto hodnotu se obvykle volí poločas zapomenutí. Je to čas, za který pravděpodobnost vzniku jiskrového výboje klesne na polovinu.

Mrtvou dobou u jiskrových detektorů nazýváme takový časový interval, po jehož uplynutí po opakovaném přivedení vysokého napětí na jiskrový detektor, nebo vysokonapěťového impulsu na jiskrovou komoru, pravděpodobnost znovuoživení se předcházejícího jiskrového výboje klesne na zvolenou hodnotu. Za tuto hodnotu si můžeme zvolit například 1%.

V případě jiskrové komory mrtvá doba úzce souvisí s časovou rozlišovací schopností, a tak i s dobou zapamatování si stopy částice, ale tyto veličiny nejsou stejné. Mrtvá doba je vlastně doba zapamatování, ale ne pro udržení stopy ionizující částice, ale pro udržení stopy jiskrového výboje. Délka mrtvé doby se pohybuje obvykle mezi  $10^{-2}$  až  $10^{-3}$  s. Poměrně dlouhá mrtvá doba u jiskrových detektorů je způsobena převážně stejnými příčinami jako dlouhá doba zapamatování. Je to především vytváření metastabilních atomů v plynové náplni.

Aby počet znovuzapálených jiskrových výbojů na starší stopě byl například jen 1% z celkového počtu impulsů, je třeba, aby v okamžiku přivedení vysokého napětí anebo vysokonapěťového impulsu byla v místě průchodu nové částice relativně o hodně větší koncentrace elektronů a kladných iontů než na místě předcházejícího jiskrového výboje. Tato podmínka se splní jen tehdy, když při novém přivedení vysokého napětí podstatná část metastabilních atomů už přešla do původního stavu. Když se napětí přivede předčasně, může se znovu zapálit stará jiskra.

Z používaných inertních plynů nejvíce metastabilních atomů vzniká v argonu. V případě argonu se může znovu zapálit stará jiskra, i když s malou pravděpodobností, i po více než jedné sekundě. Počet vytvořených metastabilních atomů zřejmě závisí na délce použitého vysokonapěťového impulsu, od množství náboje, který projde skrz výboj, jakož i od celkového napětí. Vliv metastabilních atomů se zmenší použitím organických příměsí v plynové náplni.

Pidd a Madanský zjistili značnou závislost mrtvé doby na materiálu katody u jiskrových detektorů. Opožděná emise elektronů z povrchu katody značně prodlužuje mrtvou dobu.

Jiskrové komory můžou v současnosti pracovat vzhledem na nevyhnutelnou mrtvou dobu s maximální frekvencí 200 až 250-krát za sekundu.

Účinností  $\eta$  detektorů s trvalým napětím na elektrodách je poměr počtu zaregistrovaných částic  $N_1$  k počtu částic  $N_0$ , které prošly skrz pracovní prostor detektoru za stejnou dobu. Pro účinnost vyjádřenou v procentech platí

$$\eta = \frac{N_1}{N_0} \cdot 100\%$$

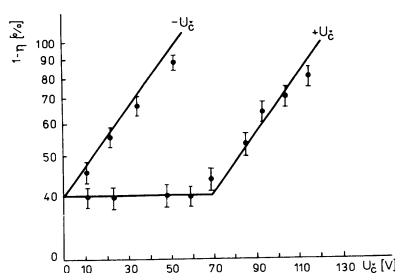
U dobrých jiskrových detektorů se může účinnost velmi blížit ke 100 %. Pracovní oblast jiskrového detektoru začíná tam, kde je napětí mezi elektrodami dostatečné na to, aby se některé laviny, zapříčiněné ionizující částicí, která prošla skrz jiskrový detektor, mohli rozvinout. Dalším zvyšováním předpětí účinnost detektoru zpočátku rychle stoupá, až dosáhne lineární části pracovní charakteristiky detektoru, která má v případě jiskrových detektorů délku několika tisíců voltů. Sklon lineární části pracovní charakteristiky detektoru bývá několik procent a mírně závisí na mrtvé době. Mrtvá doba ovlivňuje i délku lineární části pracovní charakteristiky detektoru. Se zkracováním mrtvé doby se lineární část pracovní charakteristiky detektoru zlepšuje. Konec pracovní oblasti jiskrových detektorů je při takovém napětí, při kterém počet jisker, nevyvolaných registrovanými částicemi (falešné průrazy), začne prudce narůstat.

U dobrých jiskrových detektorů se dosahuje až 99 % účinnosti při ne příliš vysokém předpětí, což naznačuje, že sklon lineární části pracovní charakteristiky detektoru je pravděpodobně zapříčiněný okrajovými a povrchovými nehomogenitami, nedostatečnou rovnoběžností elektrod a i působením metastabilních atomů.

O vlivu amplitudy vysokonapěťového impulsu na účinnost jiskrového detektoru platí to, co platí o velikosti použitého předpětí. Délka vysokonapěťového impulsu nemá za normálních okolností vliv na účinnost jiskrových komor. Při příliš velké délce se zvýší absolutní počet nepravých průrazů, což je ale způsobené prodloužením doby citlivosti jiskrové komory. V případě, že je impuls kratší než zpoždění jiskrového výboje, účinnost rychle klesá.

Strmost náběhové hrany vysokonapěťového impulsu má vliv na účinnost detektoru. Čistící účinek impulsu se projevuje až do doby, do kdy jeho amplituda nedosáhne takovou hodnotu, při které se vytváří elektronové laviny. Strmost náběhové hrany závisí na velikosti rezistoru zapojeného do série s jiskrovou komorou, tj. na rezistoru vybíjecího obvodu a na parazitní kapacitě tohoto obvodu.

Zjistilo se, že na čištění pracovního prostoru od nežádoucích iontů se dá využít napětí jakékoliv polarity (čistící napětí). Experimentálně zjištěná závislost účinnosti a čistícího napětí a jeho polarity je uvedena na obrázku.



obr. 6

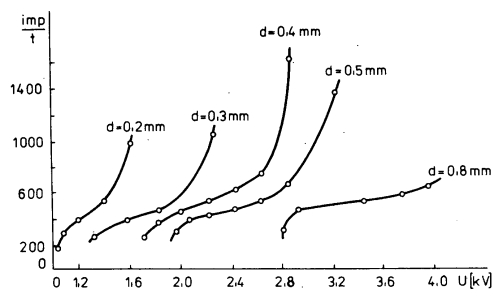
Teoreticky získané výsledky, které jsou znázorněné přímkou na obrázku, se poměrně dobře shodují s naměřenými hodnotami.

U vzduchem plněných jiskrových detektorů a jiskrových komor závisí jejich účinnost na koncentraci záporných iontů. Je to zřejmé i z následujících úvah.

Vazbová energie elektronu v kyslíkové molekule je 0,34 eV, a když má poměr intenzity elektrického pole  $E$  na jednotku délky k tlaku náplně  $p$  hodnotu  $E/p=675$  mV/(Pa cm), může se elektron oddělit a získat energii, která je potřebná pro vznik elektronové laviny. Masivnější kladné ionty mohou získat mezi dvěma srážkami energii, která je potřebná na ionizaci. Proto například příměs vodních par ve vzduchu při vzduchem plněných jiskrových detektorech a jiskrových komorách zlepšuje jejich účinnost.

Účinek organických příměsí má podstatný význam. Při parciálním tlaku alkoholu  $8 \cdot 10^3$  Pa má detektor velký sklon lineární části pracovní charakteristiky. Zřejmě jde o zvýšení počtu nepravých impulsů vyvolaných ultrafialovým zářením, které organické páry velmi slabě absorbují. Avšak při zvýšeném parciálním tlaku alkoholu, například na  $5 \cdot 10^4$  Pa, se charakteristika podstatně zlepší. Zmenší se sklon lineární části pracovní charakteristiky detektoru a ta se prodlouží směrem k vyšším napětím.

Aby se neměnila účinnost detektoru, je třeba se vyhnout při jeho konstrukci použití organických materiálů. Použití gumového těsnění a obalu z organického skla způsobuje po několika stovkách impulsů velké snížení účinnosti. Jestliže v pracovní náplni jiskrového počítače nejsou organické příměsi, účinnost detektoru se nemění. Zvětšením vzdálenosti rovinných elektrod jiskrových detektorů se podstatně zmenší sklon lineární části pracovní charakteristiky detektoru a jeho délka se zvětší. Současně se posune pracovní oblast směrem k vyšším napětím.

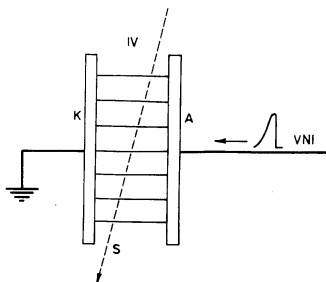


obr. 7

V případě, že celkový tlak plynové náplně je dostatečně velký, a nebo se zvýší o potřebnou hodnotu, změnou vzdálenosti elektrod nenastává změna účinnosti.

Materiál katody nemá pozorovatelný vliv na účinnost jiskrového detektoru. V případě, že některé z elektrod jsou oddělené od výbojového prostoru izolátorem, např. tenkou skleněnou deskou, prahové napětí se posune směrem k vyšším hodnotám, neboť izolátor působí jako kapacitní dělič napětí.

Fukui a Miyamoto zajímavým způsobem použili jiskrový detektor s rovinnými elektrodami. Ionizující částice nechali procházet mezi elektrodami rovnoběžně s rovinou elektrod



obr. 8

Zjistili, že i v tomto případě nastávají jiskrové výboje. Výboj sleduje stopu částice ve formě příčných jiskrových výbojů, které jsou od sebe vzdálené několik milimetrů.

Zdá se, že u jiskrových výbojových komor závisí charakter jiskrových výbojů na ionizačních schopnostech částic. Jestliže by další experimenty ukázaly reprodukovatelnou závislost počtu jiskrových výbojů na ionizační schopnosti sledovaných částic, bylo by možné rozšířit počet sledovaných vlastností částic jiskrovým výbojem o jejich ionizační schopnost.

Jiskrové výbojové komory na rozdíl od jiskrových komor umožňují sledovat i dráhy částic s malou energií. Nevýhodou jiskrových výbojových komor je velká neurčitost v poloze stopy částice ve směru normály k elektrodám, která je daná vzdáleností elektrod. Kombinací s jiskrovou komorou by se však tento nedostatek dal odstranit.

### Použití jiskrových detektorů a jiskrových komor

Jiskrová komora je jedním z důležitých detekčních přístrojů ve fyzice vysokých energií. Oproti jiným druhům detektorů značně ulehčuje práci s intenzivním svazkem částic. Mezi její velké výhody patří i to, že za určitých podmínek se dá sledovat stopa více částic současně. Měnitelnost rozlišovací schopnosti umožňuje podle potřeby experimentu vyloučit, a nebo sledovat opožděné částice.

Rozměry elektrod jiskrových komor mohou dosáhnout plochou až několik  $m^2$  a objemem několika  $m^3$ , což proti jiným detektorům neobyčejně zvyšuje efektivnost registrace pronikajících částic. To má mimořádný význam při velmi vzácných dějích, například při pokusech s neutrinovými paprsky. Jiskrová komora se použila například při experimentálním důkazu existence dvou různých druhů neutrinů ( $\nu_e$  a  $\nu_\mu$ ).

Pontecorvo a Schwarz ukázali, že neutrinu musí za 24 hodin vyvolat několik interakcí s látkou, jestliže bude mít jiskrová komora hmotnost  $10^4$  kg. V experimentu, který se uskutečnil u brookhavenského urychlovače, se získal svazek neutronů rozpadem mezonů  $\pi$ , získaných bombardováním beryliového terčíku protony s energií 15 GeV. Částice dopadaly na 13,5 m úzkou železnou stěnu ve vzdálenosti 21 m od terčíku. Případy interakce neutronů se sledovaly v jiskrové komoře s hliníkovými elektrodami. Během experimentu zaregistrovali 113 případů interakce neutrinů s atomy elektrod.

Podle povahy experimentu můžeme libovolně zvolit tvar elektrod za předpokladu, že homogenita pole mezi elektrodami se naruší v přípustných mezích. Například při zkoumání rozptylu mezonů<sup>1</sup>  $K^-$  na protonech měli elektrody jiskrové komory tvar koncentrických válců.

Velmi dobrá rozlišovací schopnost jiskrových komor dovoluje použití při různých měřeních rozptylů. Jiskrové komory dosahují o mnoho lepší úhlové rozlišení než jiné druhy detektorů. Mezi nejjednodušší experimenty s jiskrovou komorou patří pružný rozptyl vysokoenergetických nabitých částic a polarizovaných protonů.

Použitím jiskrové komory v magnetickém poli se podařilo naměřit hybnosti částic až do 100 GeV/c. Použitím absorbátorů můžeme jiskrové komory výhodně použít na měření nabitých částic. Na tyto účely jsou vhodné komory s malými vzdálenostmi elektrod. Jiskrové



komory se dají výhodně použít při zkoumání rozsáhlejších spršek kosmického záření. Jiskrové počítače se úspěšně použily na sledování spektra mezonů  $\mu$  z kosmického záření.

Když se elektrody jiskrových komor vyrobí z tenkých fólií, můžou se použít i při experimentech ve fyzice nízkých energií. Takovéto použití klade nároky na konstrukci, neboť i při poměrně malém výkonu vysokonapěťového impulsu se při přeskoku jiskry fólie poškozují. Fólie deformuje už expanze plynu při jiskrovém výboji.

<sup>1)</sup> Mezony- Elementární částice složené z kvarku a antikvarku. Patří do skupiny hadronů, částic, podléhajících silné interakci. Podle spinu dělíme *mezony* na skalární ( $s=0$ ) a vektorové ( $s=1$ ). Nejznámější *mezony* jsou tvořeny kvarky první generace (d, u). Skalární se nazývají pí *mezony* (piony) a vektorové *mezony* (roony). *Mezony* obsahující s kvark nazýváme K *mezony* (kaony). Vznikají interakcí kosmického záření s horními vrstvami atmosféry a sehrály důležitou roli v 50. letech při objevu narušení levopřevné symetrie v přírodě. V roce 2000 byla produkce kaonů jedním z hlavních argumentů při objevu kvark gluonového plazmatu v komplexu laboratoří CERN.

#### Seznam použité literatury :

[1] Zdeněk Horák, František Krupka : Fyzika – Příručka pro vysoké školy technického směru  
SNTL Praha 1976

[2] Sergej Usačev, Ján Charapan, Martin Chudý, Ján Vanovič : Experimentálna jadrová fyzika  
ALFA Bratislava 1982

[3] Internet

Referát vypracoval : Karel Šoukal, II. Ročník MVT bak. – kombinované studium.