

1 Pracovní úkoly

1. Formulujte pravidla pro identifikaci interakcí pionů s protony, neutrony a jádry uhlíku.
2. Pořídte záznamy o zpracovávaných interakcích podle přiloženého vzoru a nalezněte z každé skupiny jednoho zástupce.
3. Určete druh částic v primárních interakcích.
4. Klasifikujte sekundární jevy podle obr.1. a nalezněte z každé skupiny alespoň jednoho zástupce.

2 Teoretický úvod

2.1 Princip detektoru

Bublinová komora je 4π dráhový detektor částic. Funguje na principu mikroskopického ohřevu přehřáté kapaliny obsažené v komoře detektoru vyvolaném ionizací prolétávajících nabitých částic. Tímto ohřevem v kapalině vzniknou bubliny, a ty jsou pak zaznamenány na fotografiích. Na základě několika charakteristik drah pak můžeme určovat, která dráha patří které částici. Nejdůležitějšími charakteristikami jsou

- Poloměr křivosti dráhy v magnetickém poli R , pro nějž platí

$$R = \frac{p}{BZ}, \quad (1)$$

kde B je indukce magnetického pole (s předpokladem, že je kolmá na rychlost částice ν), p je hybnost částice a Z je její náboj.

- Délka dráhy v komoře l , případně, pokud se částice v komoře zastaví, dolet částice L , pro který platí

$$L = \frac{m}{Z^2} f(\nu), \quad (2)$$

kde m je hmotnost částice a $f(\nu)$ je funkce rychlosti.

- Lineární hustotu bublin I , pro kterou platí

$$I = Z^2 \varphi(\nu), \quad (3)$$

kde $\varphi(\nu)$ je funkce rychlosti částice.

Podle směru zakřivení dráhy v magnetickém poli můžeme určit, jestli je náboj částice kladný, nebo záporný (směr zatáčení záporných částic je stejný jako δ -elektronů). Energii částice lze určit pomocí šablon. Elektrony a pozitrony lze odlišit tím, že mají výrazně nižší hmotnost než mezony π^- a π^+ a ztrácejí ionizaci mnoho energie. Protony a mezony π^+ lze odlišit podle ionizace a doletu, i když spolehlivě pouze pro nižší energie než 1 GeV/c.

Ze samotného principu detektoru je zřejmé, že nemůžeme detekovat přímo neutrální částice. Ty ale můžeme určit z některých sekundárních jevů. To může být:

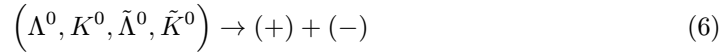
„ γ “ Elektromagnetický rozpad částice - nejčastěji

$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma, \quad (4)$$

kdy pak můžeme registrovat v detektoru konverzní pár elektronů, pokud dojde ke reakci

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-. \quad (5)$$

„V⁰“ Rozpad hadronu - obvykle „V⁰ rozpad“



„SO“ Interakce neutrální částice (hadronu) s terčem v komoře

Sekundárně může také samozřejmě reagovat nabitá částice - typ interakce „SN“.

2.2 Pravidla identifikace interakcí π^-

Pion π^- může v propanu interagovat buď s protonem (volným (jádro vodíku), nebo „slabě“ vázaný v jádru uhlíku), neutronem („slabě“ vázaný v jádru C), nebo může dojít k srážce s jádrem uhlíku (celým nebo jeho částí).

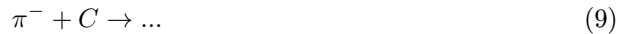
$\pi^- p$ Platí zákon zachování náboje a zákon zachování baryonového čísla. Žádná částice nemůže vyletět dozadu.



$\pi^- n$ Platí zákon zachování náboje a zákon zachování baryonového čísla. Žádná částice nemůže vyletět dozadu.



$\pi^- + C$ Jediná interakce, při které může vyletět částice dozadu. Neznáme přesný charakter terče a proto nemusí zdánlivě platit zákony zachování náboje a baryonového čísla.



3 Měření

Pro vyhodnocení měření byly použity snímky z urychlovače Ústavu fyziky vysokých energií AV SSSR v Serpuchově, kde používali dvoumetrovanou propanovou komoru a ozařovali ji svazkem mezonů π^- s hybností $p = 40 \text{ GeV}/c$.

Do pracovního listu jsem zaznamenával energie částic odečtené pomocí šablon (na záznamových arších jsem použil konvenci $c = 1$), dolet částice l (v případě, že se částice zastavila jsem k ní do archu poznamenal „STOP“, pokud byla spirální, tak jsem ji označil „spiral“ a pokud se vytratila, pak jsem to též poznamenal) a relativní ionizaci $\frac{I}{I_0}$, kde I_0 je hustota bublin na dráze primární částice.

3.1 Snímek 831

Primární interakce (typ $\pi^- p$)

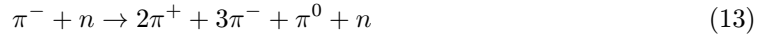


Sekundární interakce (typ „ γ “)



3.2 Snímek 314

Primární interakce (typ $\pi^- n$)



Sekundární interakce (typ „ γ “)



Sekundární interakce (typ „SN“)



3.3 Snímek 708

Primární interakce (typ $\pi^- C$)



3.4 Snímek 762

Zde jsem se měl zaměřit pouze na sekundární interakce

Sekundární interakce (typ „ V^0 “)



Sekundární interakce (typ „ γ “)



3.5 Snímek 329

Zde jsem se měl opět zaměřit pouze na sekundární interakci

Sekundární interakce (typ „SN“)



4 Diskuse

Určování energií bylo závislé na mé schopnosti rozpoznat, kterému zakřivení dráha odpovídá nejlépe. V případě částic s vysokou energií se ovšem často hodilo více šablon na jednu dráhu. A v případě částic s nižšími energiemi jsem určoval energii podle zakřivení dráhy na počátku trajektorie částice, čímž jsem se snažil omezit chybu tohoto určení.

Určení relativní ionizace je nejvíce subjektivně určenou hodnotou a je spíše orientační.

Dolet částice na snímku je určen většinou s chybou cca 1 cm, kromě velmi krátkých a rovných drah, protože jsem vzdálenosti určoval podle dostupného pravítka. A navíc vzhledem k tomu, že pro určování délky drah byl používán pouze jeden snímek - průmět do roviny - pak jsou naměřené délky spodními odhady skutečných délek.

Prostou kontrolou součtu energií částic po interakcích jsem došel k tomu, že určená energie je ve všech případech nižší než 40 GeV/c, kromě snímku 314, kde mi vyšlo zhruba 42 GeV/c, ale i to řádově sedí a je to nejspíše způsobeno tím, že jsem u několika částic vybral spíše tu vyšší hodnotu energie, pokud na ni sedělo více křivek na šabloně a těmito „zaokrouhleními“ pak nakonec vyšla o něco málo vyšší energie, než měla původní částice.

V případě snímku 329 jsem částici 11 vzniklou v interakci určil jako deutron a ne proton + neutron, protože tomu nasvědčovaly všechny tři parametry - její energie byla příliš vysoká na proton, její dráha tomu odpovídala a relativní ionizace byla také vyšší než by měl proton.

5 Závěr

Formuloval jsem pravidla pro identifikaci interakcí π^- . Pořídil jsem záznamy o jednotlivých primárních i sekundárních interakcích a identifikoval jsem z každé skupiny alespoň jednoho zástupce typu interakce a určil jsem částice vystupující v interakcích.

6 Literatura

- [1] **Studijní text k fyzikálnímu praktiku**
Studium relativistických jaderných interakcí
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_401.pdf