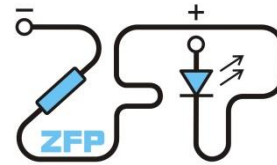


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

## Fyzikální praktikum IV



Úloha č. 1

Název úlohy: Studium relativistických jaderných interakcí. Identifikace částic a určování typu interakce na snímcích z bublinové komory.

Jméno: Ondřej Skácel

Obor: FOF

Datum měření: 1.11.2016

Datum odevzdání: .....

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
<b>Celkem</b>	max. 20	

Posuzoval:.....

dne: .....

## 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.

## Teoretická část

Bublinová komora je dráhový detektor, který funguje tak, že je naplněn přehřátou kapalinou, která při průletu ionizující částice začne vřít, přičemž vzniklé bubliny jsou vyfoceny.

K identifikaci nabitých částic podle stopy, kterou v komoře zanechaly lze použít následující parametry dráhy[1]:

- 1) Poloměr křivosti dráhy  $R$  (v magnetickém poli  $B$ ), pro který platí vztah

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

kde  $Z$  je náboj částice,  $p$  její hybnost a předpokládá se, že dráha je kolmá na magnetické pole.

- 2) Délku dráhy v komoře  $l$ , případně dolet  $L$ , pokud se částice zastaví, pro který platí vztah

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

kde  $m$  je hmotnost částice a  $v$  její rychlost.

- 3) Lineární hustotu bublin  $I$ , nebo počet vzniklých  $\delta$ -elektronů na jednotce dráhy  $N_b$ , pro něž platí vztahy

$$I = Z^2 g(v) \quad (3)$$

$$N_b = \text{const} \cdot \frac{Z^2}{v^2} \quad (4)$$

- 4) Střední úhel mnohonásobného rozptylu  $\langle \theta \rangle$ , pro něž platí vztah

$$\langle \theta \rangle = \text{const} \cdot \frac{|Z|}{pv} \quad (5)$$

Kombinací uvedených vztahů lze z dráhy určit hybnost, hmotnost a náboj částice.

V praxi byl poloměr křivosti dráhy (a potažmo i hybnost částice) určena pomocí přiložených šablon, znaménko náboje bylo určeno podle směru zakřivení dráhy (záporně nabitě částice mají stejný směr zakřivení jako  $\delta$ -elektrony), délka dráhy pravítkem (tj. byl měřen spodní odhad, skutečná délka je díky zakřivení dráhy větší) a lineární hustota bublin byla odhadnuta porovnáním s hustotou bublin pro primární částice  $\pi^-$ .

Neutrální částice lze registrovat pouze podle sekundárních jevů. Těmi jsou:

**a)** elektromagnetický rozpad částice, nejčastěji ([1], obr. 1b)

$$\pi^0 \rightarrow \gamma_{\rightarrow e^+e^-} + \gamma_{\rightarrow e^+e^-}$$

pokud pozorujeme alespoň jeden pár  $e^+e^-$ .

**b)** rozpad hadronu ( $V^0$  rozpad) ([1], obr. 1c)

$$(\Lambda^0, K^0, \tilde{\Lambda}^0, \tilde{K}^0) \rightarrow (+) + (-)$$

kde (+) je kladně nabitá částice (a naopak).

**c)** interakce neutrální částice s terčem v komoře ([1], obr. 1d)

### Pravidla pro identifikaci interakcí $\pi^-$

$\pi^-$  může interagovat s protonem (jádro  $H$ , nebo slabě vázaný v jádře  $C$ ), neutronem (slabě vázaný v jádře  $C$ ), nebo s jádrem uhlíku (případně jeho částí).

**1)**  $\pi^- p$  lze poznat ze zachování náboje a baryonového čísla a tím, že žádná ze vzniklých částic nevyletí směrem dozadu.

**2)**  $\pi^- n$  lze poznat ze zachování náboje a baryonového čísla a tím, že žádná ze vzniklých částic nevyletí směrem dozadu.

**3)**  $\pi^- C$  zdánlivě (protože nevíme, jaká část jádra se interakce účastnila) se nezachovává náboj a baryonové číslo a částice mohou vyletět směrem dozadu.

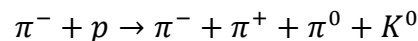
## Výsledky měření

Zpracovávané snímky byly pořízeny ozářením propanové komory svazkem  $\pi^-$  mezonů s hybností  $40\text{GeV}/c$  na AV SSSR v Serpuchově. V komoře bylo magnetické pole o síle  $B = 1.4T$ .

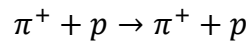
V pracovních listech byla zaznamenána hybnost částice, délka dráhy a relativní ionizace  $I/I_0$ , kde  $I_0$  je hustota bublin na dráze primárních částic  $\pi^-$ .

### Snímek 762

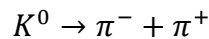
Primární interakce



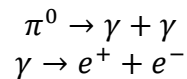
Sekundární interakce nabitě částice



Sekundární interakce (rozpad hadronu)

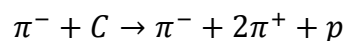


Sekundární interakce (elektromagnetický rozpad)



### Snímek 627

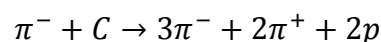
Primární interakce



### Snímek 708

Snímek 708 je na pracovním listu zaznamenán špatně (více viz diskuzi), ve skutečnosti jde o interakci  $\pi^- C$  z důvodu zachování náboje a protože částice 7 vyletěla směrem dozadu.

Primární interakce



### Snímek 329

Snímek 329 byl z časových důvodů zakreslen pouze schematicky, důvodem jeho zařazení je "rozpad" neutrální částice na pět nabitých (11 – 15), tudíž došlo k interakci neutrální částice s terčem v komoře (a ne k rozpadu).

## **Diskuze výsledků**

Určování hybností je zatíženo velkou chybou, protože obzvláště pro částice s velkou hybností (tj. přibližně rovné dráhy), nebo částice které hybnost rychle ztratí (poloměr křivosti není konstantní) je použití šablon obtížné. Určování délky dráhy pravítkem je pro dráhy s malou hybností poměrně nepřesné, určování relativní ionizace je jenom odhad.

Na snímku 762 byla neutrální částice určena jako  $K^0$ , protože je pro něj rozpad na  $\pi^- + \pi^+$  typičtější než pro  $\Lambda^0$ . V primární interakci bylo vytvořeno ještě neurčené množství neutrálních částic, v interakci pouze tak, jak je uvedená by se nezachovávalo baryonové číslo.

Snímek 708 byl určen špatně, protože jsem původně neurčil dobře znaménko náboje jedné z částic a zapomněl na to že při  $\pi^-n$  interakci nevyletují částice dozadu. Tudíž není ve výsledcích oproti zadání zpracována žádná interakce  $\pi^-n$ . Částice 1 a 4 se díky jejich vysokým energiím špatně identifikují, označeny byly jako  $\pi^+$  protože to odpovídá nejjednodušší situaci.

Kvůli celkové časové náročnosti úlohy nebyl snímek 329 zpracován podrobně, ale interakce neutrální částice na terči v komoře je i tak dobře identifikována.

## **Závěr**

Byla zformulována pravidla pro identifikaci interakcí pionů s protony, neutrony a jádry uhlíku.

Byly pořízeny záznamy o zpracovávaných interakcích podle přiloženého vzoru, ale z důvodu chybného určení snímku 708 nebyl z každé skupiny zpracován jeden zástupce.

Byly určeny druhy částic v primárních interakcích.

Byly klasifikovány sekundární jevy a od každého nalezen jeden zástupce.

## **Použitá literatura**

[1] studijní text dostupný dne 06.11.2016 na [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/\\_media/zadani/texty/txt\\_401.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_401.pdf)