

1 Princip

Bublinová komora je dráhový detektor, který umožňuje registraci částic v celém prostorovém úhlu (tzv. 4π detektor). K registraci částic komorou se využívají fotografie bublin, které vzniknou mikroskopickým ohřevem přehřáté kapaliny tvořící náplň komory. Velkou předností je velký interakční a detekční prostor. Nevýhodou je obtížná identifikace částic a velký objem nežádoucí informace. To je způsobeno tím, že při experimentu bývá obvykle obtížné napojení komory na další detekční systémy, které by řídily snímkování.

Trajektorii nabité částice v komoře rekonstruujeme z její projekce na stereoskopickém páru fotografií. K identifikaci nabitých částic, které zanechaly stopu v komoře, používáme:

- a) poloměr křivosti dráhy v magnetickém poli R
- b) délku dráhy v komoře L ; pokud se částice v komoře zastaví, dolet částice L
- c) lineární hustotu bublin (počet bublin na jednotce dráhy) I , případně počet vzniklých δ -elektronů na jednotce dráhy N_b
- d) střední úhel mnohonásobného rozptylu $\langle \Theta \rangle$

Pro nabitou částici o klidové hmotnosti m , rychlosti v , hybnosti p a náboji Z , platí následující vztahy:

$$L = \frac{m}{Z^2} f(v) \quad (1)$$

$$I = Z^2 \varphi(v) \quad (2)$$

$$N_b = \text{Konst} \frac{Z^2}{v^2} \quad (3)$$

$$\langle \Theta \rangle = \text{Konst} \frac{|Z|}{pv} \quad (4)$$

$$R = \frac{p}{BZ} \quad (5)$$

kde B je magnetická indukce (předpokládáme, že $\vec{B} \perp \vec{v}$).

Pro úplný popis částice je třeba z fotografického záznamu určit m , p , Z . Kombinací vztahů (1) - (5) můžeme v principu tyto informace získat.

Poloměr křivosti měříme pomocí přiložených šablon a pokud odhadneme z ionizace částice její náboj, získáme i její hybnost (5). Ze směru zakřivení dráhy určíme, zda jde o kladně či záporně nabitou částici. Elektrony a pozitrony se od mezonů π^\pm výrazně liší svou hmotností, e^- a e^+ ztrácejí ionizací mnoho energie a proto jejich poloměr křivosti R rychle klesá podle

dráhy. Protony a mezony π^+ je možno odlišit podle ionizace a doletu. To ovšem platí jen pro částice s malými hybnostmi ($p < 1 \text{ GeV}/c$). Pro vyšší hybnosti je možno tyto částice odlišit pouze statisticky podle N_b (3).

Neutrální částice registrujeme v komoře jen tehdy, když vyvolávají sekundární jev. Může to být :

- a) elektromagnetický rozpad částice, nejčastěji (obr.1b)

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

kde registrujeme alespoň jeden konverzní pár $e^+ e^-$

- b) rozpad hadronu, obvykle „ V^0 rozpad“ (obr.1c) na dvě částice kladně a záporně nabitě

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

- c) interakce neutrální částice-hadronu (n, Λ^0, K^0, \dots) s terčem v komoře (obr. 1d)

Pomocí jevů (a) - (c) můžeme neutrální částice identifikovat. Většina z nich však v komoře ani neinteraguje, ani se nestačí rozpadnout.

Tato úloha simuluje **fyzikální prohlížení**. Typický způsob zpracování informace z bublinové komory je zachycen na obr.2. V našem praktiku tedy budeme předběžně hodnotit a identifikovat interakce zvoleného typu a podle tabulek nebo grafů se s použitím vztahů (1) - (5) provede identifikace částic. Údaje získané ve fyzikálním prohlížení slouží k porovnání s výsledky geometrické rekonstrukce.

Jako experimentální materiál pro tuto úlohu používáme snímky pořízené ozářením dvoumetrové propanové komory svazkem mezonů π^- s hybností $p = 40 \text{ GeV}/c$ z urychlovače Ústavu fyziky vysokých energií AV SSSR v Serpuchově. Komora je naplněna propanem (C_3H_8) a umístěna v magnetickém poli s indukcí $B = 1.4 \text{ T}$.

2 Úkol

- 1) Formulujte pravidla pro identifikaci interakcí π^-p , π^-n , π^-C .
- 2) Poříd'te 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

3 Praktické pokyny

3.1 Identifikace částic

Identifikujte částice primárních interakcí a s nimi sekundárních jevů, které jsou zachyceny na přiložených fotografiích. Sekundární jev patří k primární interakci tehdy, směřuje-li jeho osa do vrcholu primární interakce (viz. obr.1). Při prohlížení to lze zjistit jen přibližně, konečné rozhodnutí se činí až po prostorové rekonstrukci. Pro všechny nabitě částice stanovte:

- a) Znaménko náboje. Využijte směru otáčení δ -elektronů, pro které je $Z_b = -1$

- b) Hybnost částice, pomocí šablon a převodní tabulky (Tab.2). Šablonu přikládejte na počátek dráhy, R se mění díky ztrátám energie.
- c) Délku dráhy v komoře. Pro dráhy označené "STOP" (částice se zastavila v komoře) je $l = L$, jinak je vždy $l < L$.
- d) Relativní ionizaci I/I_0 , kde I_0 je hustota bublin na dráze primární částice. I a I_0 stanovíme odhadem počtu bublin na jednotku dráhy.

3.1.1 Identifikace záporně nabitých částic

Záporně nabitě částice v tomto experimentu považujeme za mezony π^- . Vyjimku tvoří pomalé částice s výraznou změnou poloměru křivosti dráhy, které považujeme za elektrony.

3.1.2. Identifikace kladně nabitých částic

Pozitrony vydělíme stejně jako elektrony. Pozitron-elektronové páry se nejčastěji vyskytují v konverzi, kde je dalším poznávacím kritériem malý vrcholový úhel mezi dráhami částic. Mezi kladnými částicemi s $p < 1 \text{ GeV}/c$ se pokuste identifikovat protony a piony. Použijte relaci hybnost - dolet - ionizace. Všechny kladné částice s hybností větší než $1 \text{ GeV}/c$ můžeme v daném experimentu považovat za π^+ .

3.2 Identifikace interakcí

Mezon π^- z primárního svazku může interagovat se třemi různými terči:

1. volně proton (jádro H)
2. "slabě" vázaný nukleon v jádru uhlíku (proton nebo neutron)
3. jádro uhlíku jako celek nebo jeho blíže neurčená část

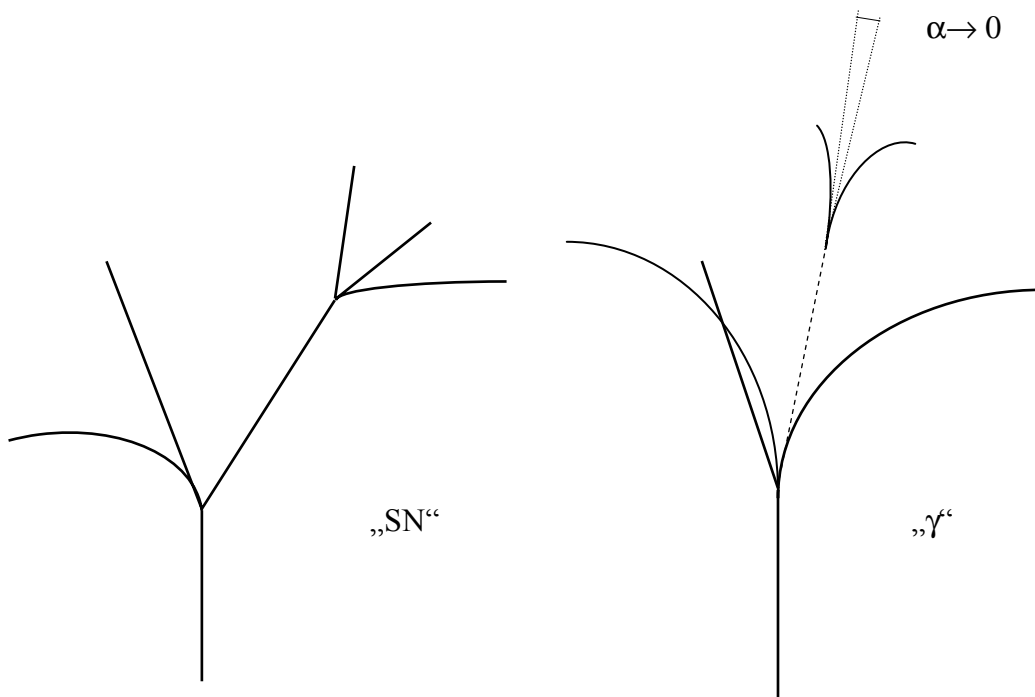
Odtud tedy dostáváme pouze tři možnosti interakce:

$$\pi^- + p \text{ (volný nebo slabě vázaný)} \rightarrow \text{nukleon} + \dots \quad (6)$$

$$\pi^- + n \text{ (slabě vázaný)} \rightarrow \text{nukleon} + \dots \quad (7)$$

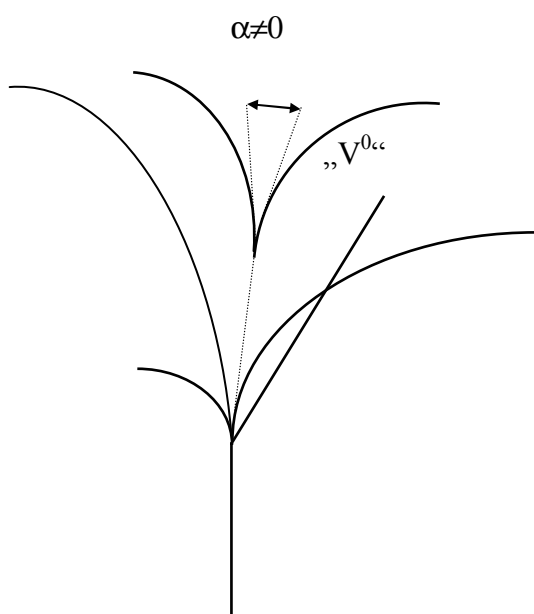
$$\pi^- + C \rightarrow \dots \quad (8)$$

Základním kritériem jsou zákony zachování náboje a baryonového čísla. Pro interakce (6) a (7) musejí platit přesně. Pro interakci (8) není znám přesně charakter terče a proto "nemusejí" tyto zákony platit. Obecně lze říci, že pokud se nejedná o interakci (6) nebo (7), musí se jednat o (8). Navíc z kinetických důvodů může pouze v poslední interakci vylétnout sekundární částice v laboratorním systému i dozadu.

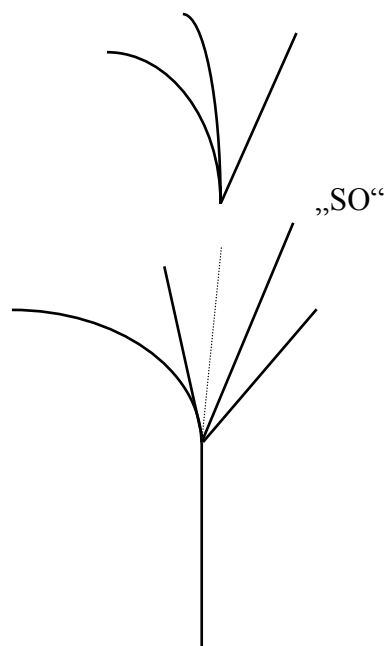


a) sekundární interakce nabité částice

b) konverze $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$

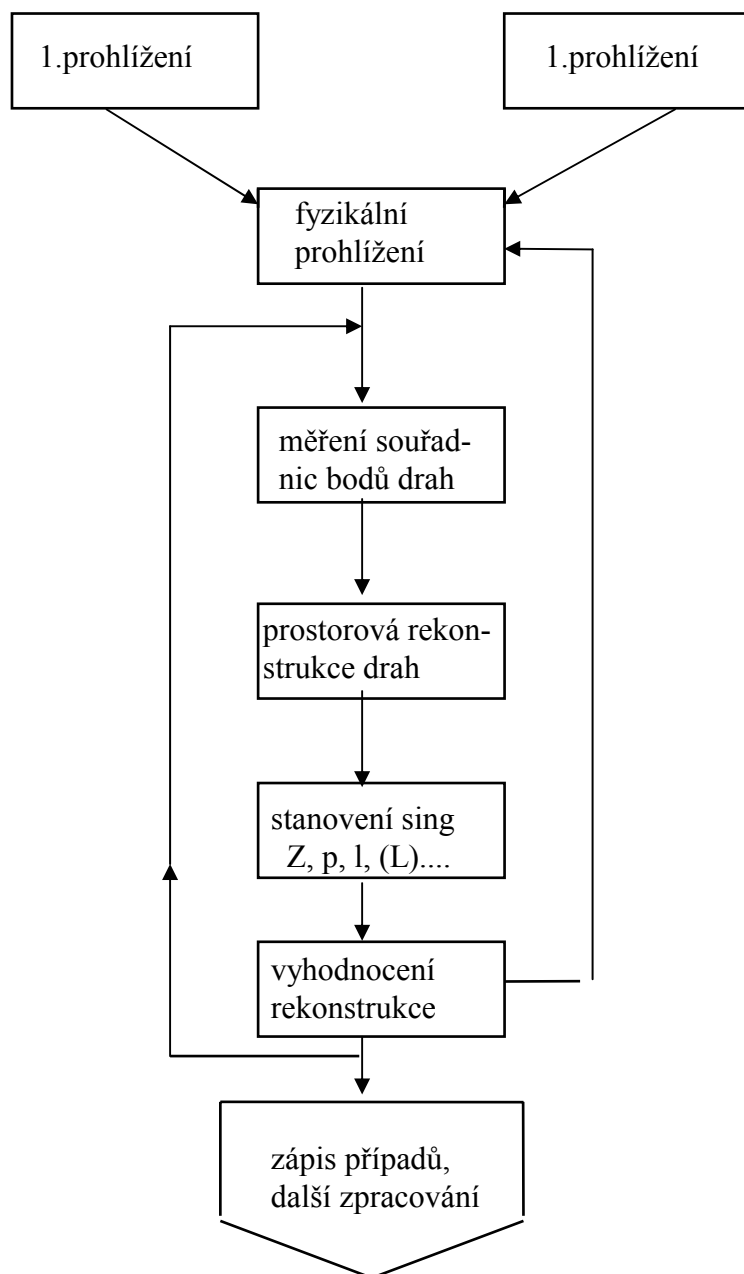


c) rozpad typu V^0



d) sekundární interakce neutrální částice

Obr.1. Klasifikace sekundárních jevů



Obr.2. Postup zpracování informace z bublinové komory