

СИГМА ХИПЕРОНИ У ЗВЕЗДАМА ЗАХВАТА К⁻ МЕЗОНА У НУКЛЕАРНИМ ЕМУЛЗИЈАМА

*Мира Јурић и Јелена Косић — Симоновић**

Сигма хиперони** (Σ^+ , Σ^0 , Σ^-) спадају у ред новијих елементарних честица. Први доказ о њиховој егзистенцији добијен је у експериментима са нуклеарним емулзијама 1953 године⁽¹⁾, а нешто касније и у межурастим коморама⁽²⁾. Главне карактеристичне величине сигма хиперона и типови њиховог распада дате су у Табели 1

Табела 1

ознака	m_e	s	T	I_3	S	N	средњи живот (sec)	тип распада	Q (MeV)	принос %
Σ^+	2328	1/2	1	+1	-1	1	$0,8 \times 10^{-10}$	$p + \pi^0$ $n + \pi^+$ $p + \gamma$	116,2 110,3 251,2	50 50 10^{-4}
Σ^0	2330	1/2	1	0	-1	1	10^{-19}	$\lambda^0 + \gamma$	76	
Σ^-	2341	1/2	1	-1	-1	1	$1,6 \times 10^{-10}$	$n + \pi^-$	116,9	

где s означава спин, T изотопски спин, I_3 трећу компоненту изотопског спина, S страност и N нуклеонски број.

Међутим, сигма хиперони су још увек недовољно познати, а специјално се мало зна о њиховој интеракцији са нуклеонима. У том циљу испитиван је стак нуклеарних емулзија са успореним К⁻ мезонима и тражене су такве интеракције у којима су створени ови хиперони.

* Реферисано на IV Конгресу математичара, физичара и астронома Југославије у Сарајеву, октобра 1965 године.

** Хиперони су нестабилне елементарне честице, позитивно или негативно наелектрисане или неутралне, чије се масе налазе између маса протона и деутерона.

Због врло кратког средњег живота није могуће добити посебан, издвојен сноп сигма хиперона. Једна од могућности за њихово добијање јесу интеракције негативног K мезона са једним нуклеоном. При тим реакцијама могући процеси су приказани у Табели 2:

Табела 2

$$K^- + p \rightarrow \pi^+ + \Sigma^- + 96 \text{ MeV} \quad (1)$$

$$\rightarrow \pi^- + \Sigma^+ + 103 \text{ MeV} \quad (2)$$

$$\rightarrow \pi^0 + \Sigma^0 + 110 \text{ MeV} \quad (3)$$

$$\rightarrow \pi^0 + \lambda^0 + 182 \text{ MeV} \quad (4)$$

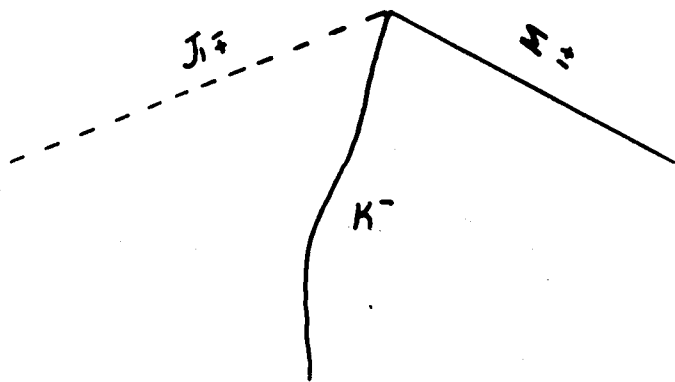
$$K^- + n \rightarrow \pi^0 + \Sigma^- + 101 \text{ MeV} \quad (5)$$

$$\rightarrow \pi^- + \Sigma^0 + 106 \text{ MeV} \quad (6)$$

$$\rightarrow \pi^- + \lambda^0 + 197 \text{ MeV} \quad (7)$$

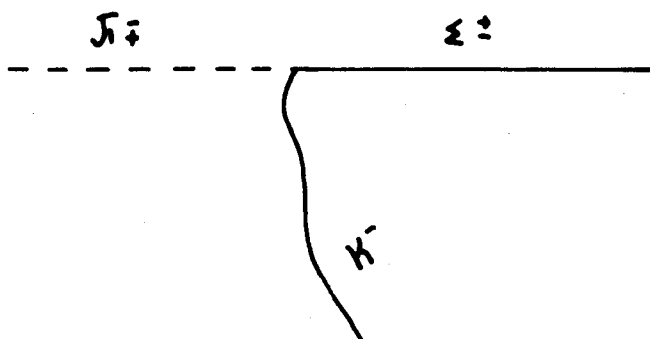
За детекцију сигма хиперона, при раду са емулзијама, практично су од интереса само такве интеракције, када су продукти интеракције наелектрисане честице, (неутралне честице, као на пример Σ^0 хиперон, запажају се врло тешко).

У стаку емулзија (Ilford K5) озраченом спорим K^- мезонима на протонсинхротрону у CERN-у тражене су интеракције K^- мезона са језгрима емулзије. Од свих могућих реакција које настају у стаку од заустављених K^- мезона сакупљене су искључиво звезде са два крака (слика 1a) Кракови ових двокраких звезда изабрани су тако да мора потичу од једне лагане честице π -мезона и једне тешке честице, сигма хиперона, сходно горњим интеракцијама.



Слика 1a

Интеракција на слици 1а потиче од интеракције K мезона са протоном из неког језгра у емулзији, а слика 1б претставља интеракцију K мезона са слободним протоном (језгра водениковог атома у емулзији). У тој интеракцији настали продукти су због закона одржања импулса колинеарни.



Слика 1б

Сви кракови тешких честица ових двокраких звезда прослеђени су кроз емулзију до свог заустављања или до тачке где се распадају, или интерагују у лету, или напуштају стак. Наелектрисани сигма хиперони се или распадају на своје компоненте (у лету или у миру) или интерагују са језгрима емулзије. Распади се изводе на следеће начине:

$$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0 + 116 \text{ MeV} \quad (8)$$

$$\rightarrow n + \pi^+ + 110 \text{ MeV} \quad (9)$$

$$\rightarrow p + \gamma + 251 \text{ MeV} \quad (10)$$

$$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^- + 117 \text{ MeV} \quad (11)$$

Као што је показано, негативни хиперон се распада на једини могући начин (11), али ова честица са негативним наелектрисањем пре бива захваћена од неког позитивног језгра, него што стигне да се распадне према шеми. У том случају настају т. зв. Σ^- захвати или Σ^- звезде. Ове звезде настају од интеракција сигма хиперона и нуклеона и секундарних дезинтеграција њихових продуката.

Постоји експериментална тешкоћа раздвојити распад (11) од распада (9) јер се и у једном и у другом случају ствара по један пион (π^\pm мезон) и по један неутрон, а честица која се распада је или Σ^+ или Σ^- , и разлике у њиховим масама су незнатне, око 7 MeV-а.

Код чисто колинеарних догађаја лако је одвојити негативне сигма хипероне од позитивних. Њихови домети се разликују за око 120 микрона.

У нашем стаку добијена статистика догађаја и распада представљена је Табелом 3.

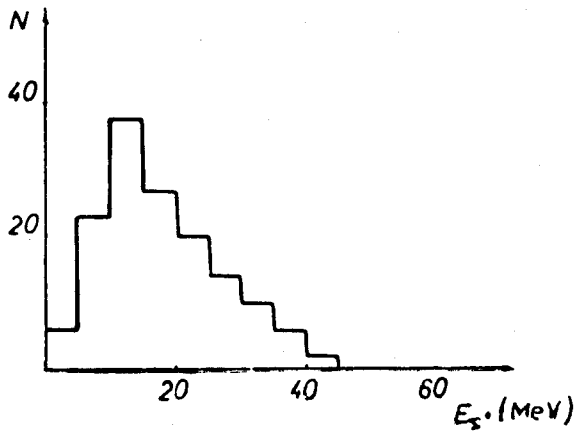
Табела 3

Прегледана површина у 12 плоча	308,6 sm ²
број примарних (двокраких) звезда	5193
број колинеарних догађаја	128 (2,4%)
број распада $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (у миру)	405 (7,8%)
број распада $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (у лету)	158 (3%)
број распада $\Sigma^\pm \rightarrow \pi^\pm + n$ (у миру).....	338 (6,3%)
број распада $\Sigma^\pm \rightarrow \pi^\pm + n$ (у леку).....	432 (8,3%)
Σ^- захвата (у миру)	304 (5,8%)
Σ^- захвата (у лету)	87 (1,6%)
остали неидентификовани бариони	3469 (65%)

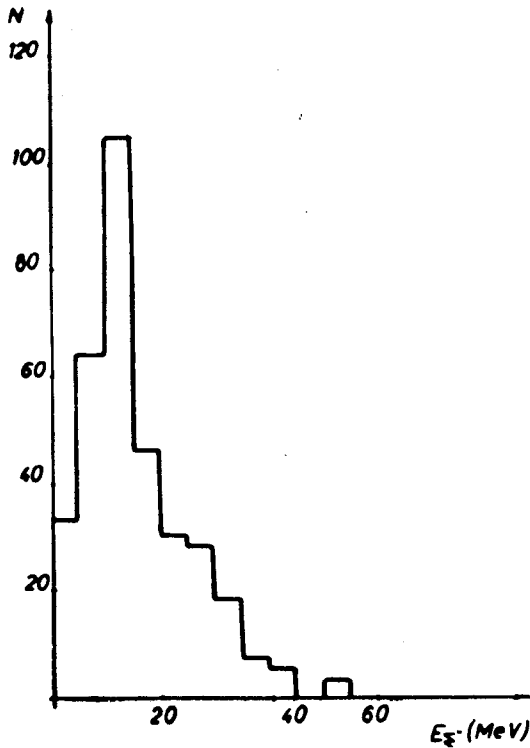
Распади позитивног сигма хиперона према шеми (8) и (9) су познати као слабе интеракције и показани су у многим примерима. За распаде (8) у миру настали протони су мсноенергетски, са енергијом од 18,8 MeV-а, односно са дометом од 1670 микрона. Ова величина домета протона служи углавном за калибрацију стакова дебелих емулзија, односно за стандардизацију домета уопште. За наш стак ова вредност износи $1678 \pm 12,5$ микрона, што значи да је корекциони фактор домета 1,003 за Баркасове таблице домета са стандардном емулзијом⁽⁹⁾. Поменути распад Σ^+ хиперона према начину (10) чини електромагнетну интеракцију (вероватноћа његовог настајања је реда 10^{-4}) која је врло ретка и у нуклеарним емулзијама није још показана. (1963. године такав распад је регистрован у водониковој мехурастој комори). Према кинематици овог распада у миру, енергија насталог протона би требала да буде 26,5 MeV-а, односно домет 3000 микрона. Ниједан протон у нашем случају, од 405 распада није пронађен са тим дометом.

За распаде у лету, када се сигма не зауставља у емулзији, идентификација је знатно тежа, зато што се тада догађаји распада могу мешати са расејањем протона или са једнокраким звездама Σ^- захвата. Стога се за наелектрисане хипероне нижих енергија, чији су домети мањи од 200 микрона, не може поуздано рећи да ли су у миру или у лету. Ако се Σ^- заустави у емулзији, најчешће бива захваћен од неког језгра и интерагује са њим.

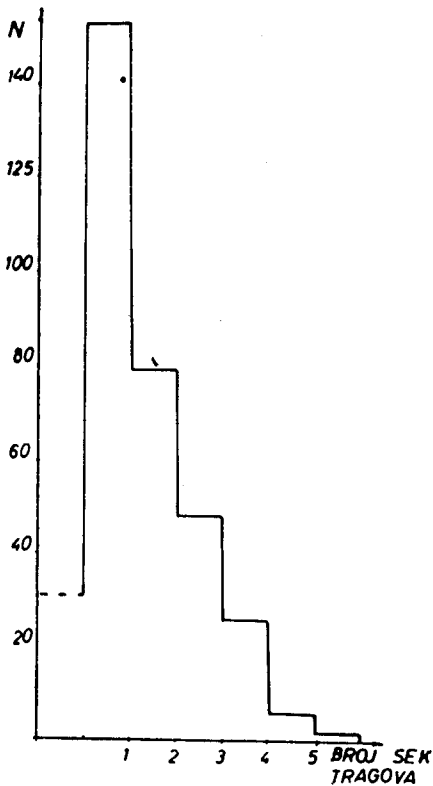
Сигма хиперони су праћени на дужини преко 100 см. Хистограм 1 приказује енергетски спектар позитивних сигма хиперона из распада (8). Енергетски спектар негативних сигма хиперона из Σ^- захвата претстављен



Хистограм 1



Хистограм 2



Хистограм 3

је хистограмом 2. Може се закључити да енергије Σ не прелазе вредност од 60 MeV-а. То је горња граница за енергију сигма, када је у питању захват K^- мезона са једним нуклеоном. Ако би настала интеракција K^- са два или више нуклеона, наелектрисани сигма би могао да понесе собом енергију и већу од 60 MeV-а. (За наш критеријум двокраких звезда ови догађаји не долазе у обзир, пошто се при таквим интеракцијама никада не ствара по један лаки и по један тешки наелектрисани продукт.

Од посебног интереса је проучавање захвата Σ^- хиперона. У нашем стаку између пронађених сигма хиперона извршена је класификација према начину њиховог окончавања. Пронађено је 391 случај захвата. Захваћени сигма хиперони стварају у интеракцији са језгрима секундарне звезде. Дистрибуција броја кракова секундарних звезда дата је у хистограму 3. Показује се да се ове секундарне звезде не одликују великим бројем кракова, јер је средњи број $n = 1,72$.

Видимо да се је у стаку емулзија озраченом K^- мезонима од 5193 интеракције K^- мезона са језгрима емулзије (звезде са два видљива крака) могло идентификовати 1724 Σ^\pm хиперона, а од тога 391 случај сигма захвата. Ови случајеви омогућиће нам да детаљно испитамо интеракције сигма хиперона са језгрима емулзије.

L I T E R A T U R A

1. Bonetti, Levi Setti, Panetti
Nuovo Cimento 10, 345. 1736 (1953)
2. York, Leighton, Bjornezud
Phys. Rev. 90, 167 (1953)
3. a) W. Barkas, UCRL 2579 Berkele (1954)
b) W. Barkas, UCRL 3769 Berkele (1958)

**SIGMA HYPERONS IN THE K^- CAPTURE STARS
IN NUCLEAR EMULSIONS***Jurić Mira and Simonović Jelena***S u m m a r y**

Sigma hyperons are rather new elementary particles, due to which fact their characteristics and interactions with nucleons are not well known. To this end, a stack of nuclear emulsions irradiated by K^- mesons in piece was investigated. Only those events were chosen in which sigma hyperons were formed. The hyperons were followed at a length of about 100 sm in 5193 selected primary interactions. The quantity of positive and negative hyperons, their energy distributions and the types of decay were obtained. A prong-distribution is presented for the events of sigma captures, which will be of use in explaining the nature of the interaction of hyperons with nucleons.