

399  
-52

# ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

P-399

Н.М.Вирысов, А.С.Вовенко, Г.Г.Воробьев, А.Д.Кириллов,  
Ким Хи Ин, Б.А.Кулаков, А.Л.Любимов, Ю.А.Матуленко,  
И.А.Савин, Л.Струнов, И.В.Чувило, Е.В.Смирнов

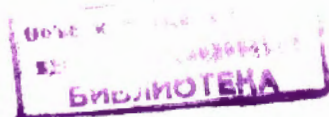
АНТИПРОТОННЫЙ КАНАЛ  
С ИМПУЛЬСОМ 2,8 БЭВ/С

*ж.ЭТФ, 1960, т 38, в 2, с. 445-448.*

Н.М.Вирысов, А.С.Вовенко, Г.Г.Воробьев, А.Д.Кириллов,  
Ким Хи Ин, Б.А.Кулаков, А.Л.Любимов, Ю.А.Матуленко,  
И.А.Савин, Л.Струнов, И.В.Чувило, Е.В.Смирнов

469/6

АНТИПРОТОННЫЙ КАНАЛ  
С ИМПУЛЬСОМ 2,8 ВЭВ/С



## А н н о т а ц и я

В работе описана система выделения антипротонов с импульсом 2,8 Бэв/с на синхрофазотроне Объединенного института ядерных исследований. Получены данные по относительной частоте генерации антипротонов и  $\pi$ -мезонов в Ве и Си.

Канал предназначен для изучения взаимодействий антипротонов в камере Вильсона, работающей в управляемом режиме. Антипротоны генерируются в мишени протонами, ускоренными до энергии 9 Бэв.

### 1. Схема канала

Схема канала изображена на рис. 1. Отрицательные частицы, рожденные в мишени, анализируются по импульсу магнитным полем синхрофазотрона и магнитом  $M_1$ . Квадрупольные линзы  $L_1$  и  $L_2$  осуществляют фокусировку пучка частиц. Градиенты в линзах подобраны по максимуму числа частиц, проходящих через сцинтилляционный телескоп  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ . Магнитная система выделяет импульс  $2,8 \pm 0,15$  Бэв/с.

### 2. Выделение антипротонов

В проанализированном по импульсу пучке антипротоны идентифицируются по скорости  $\beta = 0,95$  черенковскими счетчиками  $C_1, C_2, C_3$ , работающими на принципе полного внутреннего отражения<sup>х/</sup>. В качестве радиатора в них применяется смесь глицерина со спиртом  $n = 1,430$ . В каждом черенковском счетчике используются два фотоумножителя типа ФЭУ-33, которые могут включаться в независимые каналы схемы совпадений. Эффективность этих фотоумножителей к  $\bar{p} / \eta_{\bar{p}i}$  определялась косвенным путем по  $\pi^-$ -мезонам в этом же пучке, причем показатель преломления радиатора  $n = 1,390$  выбирался таким, чтобы имитировать идентичные условия количества и сбора света /см. табл. 1/. При включении в схему совпадений нескольких фотоумножителей  $\eta_{\bar{p}i}$  перемножаются /см. табл. 11/. Вообще говоря, при наличии неоднородности сбора света по объему радиатора факты регистрации одной частицы несколькими фотоумножителями не являются независимыми событиями. Особенно это проявляется в случае малых эффективностей черенковских счетчиков  $\eta_{\pi_i} / n = 1,430$  к  $\pi^-$ -мезонам / $\eta_{\pi_i}$  -эффективность к  $\pi^-$ -мезонам

<sup>х/</sup> Описание счетчика будет опубликовано в журнале "Приборы и техника эксперимента".

$i$  -ого фотоумножителя/. Из таблицы 11 видно, что перемножение имеет место только в случае ФЭУ, взятых из разных счетчиков /1+3; 2+4; 3+5/.

Блок-схема электронной аппаратуры изображена на рис. 2. Схема совпадений 1 считает все прошедшие через счетчики частицы /M/. В схему совпадений 11 и 111 включается  $m$  /от 1 до 6/ ФЭУ из черенковских счетчиков.

$N_m/M = \alpha_m$  - относительный счет схем,  $\alpha_m - \epsilon_{\pi m} = \beta_m$  - относительный счет антипротонов / $\epsilon_{\pi m}$  - эффективность к  $\pi$ -мезонам  $m$  фотоумножителей/, а  $\beta_m/\epsilon_{\bar{p}m} = \eta_{\bar{p}}$  относительное число антипротонов в пучке / $\epsilon_{\bar{p}m}$  - эффективность к антипротонам  $m$  фотоумножителей/.

Из таблицы 1У видно, что сначала  $\alpha_m$  падает пропорционально  $\epsilon_{\pi m}$  ( $m = 1, 2, 3$ ), а затем, по мере обогащения относительного счета антипротонами,  $\alpha_m$  изменяется пропорционально  $\epsilon_{\bar{p}m}$ . Отношения  $\beta_5/\beta_4 = 170 \pm 11\%$ ,  $\beta_6/\beta_5 = 166 \pm 18\%$  дают эффективность пятого и шестого фотоумножителя к антипротонам. В пределах ошибок эти эффективности совпадают с эффективностями, определенными по  $\pi$ -мезонам с  $n = 1,390$ .

Таким образом, эффективность данной системы к антипротонам 60-40%. Подавление  $\pi$ -мезонов  $2 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^6$  соответственно.

### 3. Контрольные опыты

1. Одним из доказательств того, что выделенные частицы - антипротоны, а не присчет обусловленный  $\pi$ -мезонами, является совпадение отношений  $\beta_5/\beta_4$  и  $\beta_6/\beta_5$  с эффективностью к антипротонам.

2. Увеличение показателя преломления радиатора таким образом, чтобы свет, излученный антипротоном, испытывал полное внутреннее отражение от границы раздела приводит к тому, что эффективности счетчика к  $\bar{p}$  и  $\pi$ -мезонам приблизительно сравниваются.

Постановка в один из черенковских счетчиков /  $C_3$  / радиатора с большим показателем /  $n = 1,54$  / уменьшала относительный счет  $\beta_5$  в  $\sim 12$  раз. Это говорит о том, что  $\eta_{\bar{p}5}$  стала равной  $\sim 7\%$ , т.е. примерно такой же, как  $\eta_{\pi i}$  для радиатора с  $n = 1,430$ .

3. При снижении энергии ускоренных протонов до 6,3 Бэв частицы с импульсом 2,8 Бэв попадают в канал, вылетая из мишени под углом  $\geq 12^\circ$ . Антипротонов среди них должно быть очень мало [1].

Относительное число антипротонов, полученное в этом опыте,  $n_{\bar{p}} \leq 3 \cdot 10^{-6}$ .

#### 4. Результаты

С помощью описанной системы было получено отношение числа  $\bar{p}$  с импульсом  $2,8 \pm 0,15$  Бэв/с ко всем остальным частицам /в основном  $\pi^-$ -мезонам/ из бериллиевой мишени /36 г/см<sup>2</sup>/ под углом  $0^\circ$  и  $7^\circ$ , и из медной / $\sim 180$  г/см<sup>2</sup>/ под углом  $7^\circ$  к пучку падающих протонов, ускоренных до энергии 8,1-8,9 Бэв /таб. У/. При интенсивности внутреннего пучка  $10^9$  p в импульсе аппаратура считала в среднем 1  $\bar{p}$  за 4 минуты.

#### 5. Обсуждение результатов

1. Число частиц в канале находится в соответствии с данными о взаимодействии протонов с энергией 9 Бэв, полученными в эмульсиях [4].

2. Увеличение  $n_{\bar{p}}$  при переходе от  $0^\circ$  к  $7^\circ$  лаб. системы находится в соответствии с предсказаниями из спектров частиц, рассчитанных по статистической теории [2], [3].

3. Учитывая поглощение  $\pi^-$ -мезонов / $\sigma_{\pi} \sim 30$  mb/ и антипротонов / $\sigma_{\bar{p}} \sim 60$  mb/ и ослабление пучка первичных протонов / $\sigma_{in} \sim 30$  mb/ получим отношение дифференциальных сечений рождения  $\bar{p}$  и  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 2,8 Бэв/с под углом  $0^\circ$  в лабораторной системе координат в Be :

$$\frac{d\sigma_{\bar{p}}}{d\Omega dp} : \frac{d\sigma_{\pi}}{d\Omega dp} \approx 1,5 \cdot 10^{-4}.$$

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность всему коллективу отдела синхрофазотрона за внимание и четкую работу.

Т а б л и ц а 1

№ ФЭУ	1	2	3	4	5	6
$\eta_{\pi^0} \times 10^2$	$89 \pm 0,5$	$88 \pm 0,5$	$91 \pm 0,5$	$94 \pm 0,5$	$86 \pm 0,7$	$72 \pm 1$
$\eta_{\pi^+} \times 10^2$	$5,7 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,2$	$8,5 \pm 0,4$	$11 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,2$	

Т а б л и ц а 11.

Номера ФЭУ в с.с.	Экспериментальная эффективность %	Произведение эффективностей %
1+2	$73 \pm 2$	$78 \pm 1$
3+4	$83 \pm 1$	$85 \pm 1$
1+2+4	$69 \pm 1$	$69 \pm 1,5$
1+2+3+4	$66 \pm 2$	$61 \pm 2$
1+2+3+5	-	$64 \pm 2$
1+2+3+4+5	-	$53 \pm 2,5$
1+2+3+4+5+6	-	$38 \pm 3$

Т а б л и ц а 111.

№ ФЭУ в с.с.	1+2	3+4	1+3	2+4	3+5
Экспериментальная эффективность 2-х ФЭУ к $\pi^-$ -мезонам $\times 10^3$	$5,5 \pm 0,3$	$12,5 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,4$	$4,5 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,5$
$\eta_{\pi^0} \cdot \eta_{\pi^+} \times 10^3$	$2,4 \pm 0,2$	$9,3 \pm 0,7$	$4,8 \pm 0,4$	$4,6 \pm 0,4$	$3,7 \pm 0,3$

Т а б л и ц а 1У.

$m$	$\epsilon_{pm}\%$	$\epsilon_{Tm} \times 10^4$	$\alpha_m \times 10^4$	$\beta_m \times 10^4$	$n_F \times 10^4$
1	90	600 $\pm$ 200	600 $\pm$ 200	-	-
2	80	80 $\pm$ 40	80 $\pm$ 40	-	-
3	70	5,3 $\pm$ 0,3	6,7 $\pm$ 1	-	-
4	64	0,51 $\pm$ 0,03	1,22 $\pm$ 0,04	0,71 $\pm$ 0,05	1,10 $\pm$ 0,08
5	53	0,03 $\pm$ 0,01	0,53 $\pm$ 0,04	0,50 $\pm$ 0,04	0,95 $\pm$ 0,1
6	38	0,002	0,35 $\pm$ 0,07	0,35 $\pm$ 0,07	0,92 $\pm$ 0,22

Т а б л и ц а У.

Угол	Интенсивность пучка протонов	Число частиц в канале за импульс	Относительное число антипротонов в пучке $n_{\bar{p}}$
$0^\circ \text{ Be}$	$10^9$	1000	(1,03 $\pm$ 0,13) $\cdot 10^{-4}$
$7^\circ \text{ Be}$	$10^9$	700	(1,37 $\pm$ 0,18) $\cdot 10^{-4}$
$7^\circ \text{ Cu}$	$10^9$	700	(2,42 $\pm$ 0,53) $\cdot 10^{-4}$



Л и т е р а т у р а

1. O. Chamberlain et al. Nuovo Cimento 3, 447 (1956)
2. В.С. Барашенков, В.А. Беляков, Э.Г. Бубелев, Ван Шу-фень, В.М. Мальцев, Тен Гин, К.Д. Толстов, препринт ОИЯИ Р-218 /1958/.
3. В.Н. Зубарев, С.В. Мухин, И.Н. Семенюшкин - препринт ОИЯИ Р-302 /1959/.
4. V. Beliaikov et al. Annual International Conference on High Energy Physics at CERN 1958, p. 309.

Рукопись поступила в издательский отдел 29 августа 1959 года.

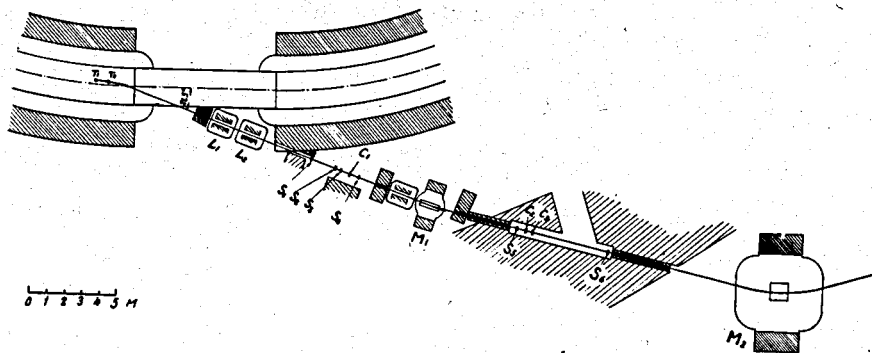


Рис. 1. Схема антипротонного канала.  $L_1, L_2$  - квадрупольные линзы;  $M_1$  - отклоняющий магнит,  $M_2$  - магнит, в котором находится камера Вильсона;  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  - сцинтилляционные счетчики  $\phi$  9 см, толщина 1 см.  $S_6$  -  $\phi$  14,6 см, толщина 1,5 см.  $C_1, C_2, C_3$  - черенковские счетчики  $\phi$  10 см, толщина 3 см.

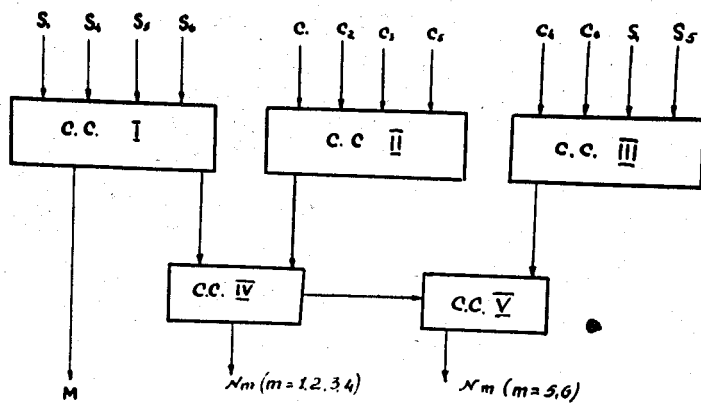


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры. с.с. I - III - 4-х кратные схемы совпадений с  $\tau = 1 \cdot 10^{-8}$  сек. с.с. IV, V - 2-х кратные схемы совпадений с  $\tau \approx 5 \cdot 10^{-7}$  сек.