

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԵՐՆԱԿԱՆ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՍԽԱՏԱԾ
НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

ЕФИ—26(73)

А.И.Алиханян, Г.Л.Баятян, Г.С.Вартанян,

С.Г.Князян, А.Т.Маргарян

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ
ФОТОРОЖДЕНИЯ ρ^0 -МЕЗОНА НА ЭЛЕКТРОННОМ
ПУЧКЕ ИФВЭ БЕЗ МАГНИТНОГО СПЕКТРОМЕТРА

АРУС

ԵՐԵՎԱՆ

1973

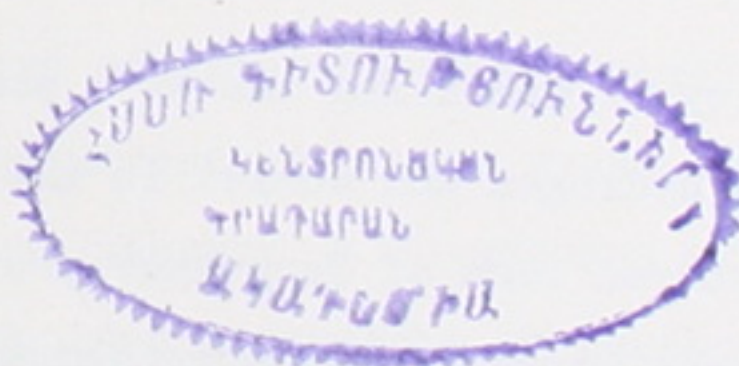


Научное сообщение ЕФИ-26(73)

А.И.АЛИХАНИЯН, Г.Л.БАЯТЯН, Г.С.ВАРТАНЯН,
С.Г.КНЯЗЯН, А.Т.МАРГАРЯН

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ ФОТОРСЕДЕНИЯ
 ρ^0 -МЕЗОНА НА ЭЛЕКТРОННОМ ПУЧКЕ ИВФЭ БЕЗ МАГНИТНОГО
СПЕКТРОМЕТРА

324163



Ереван 1973

А.И.АЛИХАНИЯН, Г.Л.БАЯТЯН, Г.С.ВАРТАНЯН

С.Г.КНЯЗЯН, А.Т.МАРГАРЯН

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ ФОТОРОЖДЕНИЯ ρ^0 -
МЕЗОНА НА ЭЛЕКТРОННОМ ПУЧКЕ ИФВЭ БЕЗ МАГНИТНОГО
СПЕКТРОМЕТРА

Рассматривается возможность измерения полного сечения фоторождения ρ^0 -мезона на водороде и ядрах в области энергий 10-40 ГэВ на электронном пучке Серпуховского протонного ускорителя.

Предлагается конкретная экспериментальная установка без применения магнитного спектрометра.

Ереванский физический институт

Ереван 1973

Scientific Report ЕФИ-26(73)

A.I.ALIKHANIAN, G.L.BAYATIAN, S.G.KNYAZIAN,

A.T.MARGARIAN, G.S.VARTANIAN

ON THE POSSIBILITY OF MEASURING ρ^0 - PHOTOPRODUCTION TOTAL CROSS
SECTION WITH THE ELECTRON BEAM IHEP WITHOUT MAGNETIC SPECTROMETER

The possibility of measuring the ρ^0 - photoproduction total cross section on hydrogen and nuclei in the energy region 10-40 GeV with the electron beam of Serpukhov proton synchrotron is considered. A concrete experimental arrangement without spectrometer is proposed.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1973

Недавние точные эксперименты по измерению фотообразования ρ^0 -мезонов показали независящее от энергии поведение сечения фотообразования ρ^0 -мезонов в области энергии 5-18 Гэв [1]. В рамках правильности модели векторной доминантности это означает, что полное сечение фотообразования адронов не должно зависеть от энергии. Экспериментальные данные [2] указывают на медленный спад этого сечения до энергии 18 Гэв. В связи с этим представляет определенный интерес непосредственная проверка соотношений, предсказываемых ВДМ, между сечениями полного поглощения γ -квантов и фотообразования векторных мезонов для интервала энергий выше 18 Гэв.

Возможности измерения сечения фоторождения ρ^0 -мезонов выше энергии 18 Гэв путем создания высокоэнергетичного пучка меченых γ -квантов на Серпуховском протонном ускорителе были обсуждены в работах [3], [4]. Характеристики полученного в ИФВЭ электронного пучка [5] совпали с рассчитанными в этих работах данными.

В настоящей заметке обсуждаются возможности измерения фоторождения ρ^0 -мезонов на меченом фотонном пучке в ИФВЭ до энергии 35 Гэв без определения энергии $\pi^\pm$ -мезонов от распада ρ^0 -мезона. Это делает возможным исключение из экспериментальной установки магнитного спектрометра, что, во-первых, упрощает эксперимент и, во-вторых, создает благоприятные условия для одновремен-

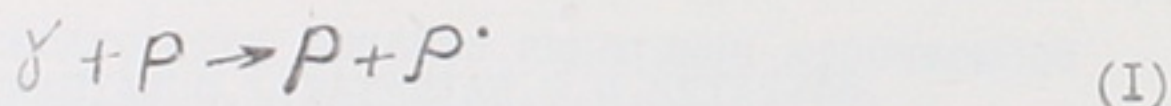
ного измерения полных сечений фотопоглощения адронов и фотосб-
 зования ρ^0 -мезонов.

Предлагается экспериментальная установка (рис. I) для изме-
 рения сечения фотообразования ρ^0 -мезонов на нуклонах и на ядрах.

Системой мечения (СМ) и фольговыми искровыми камерами (ИК_I),
 (ИК₂) определяются энергия и направление налетающих γ -квантов
 (направление γ -квантов совпадает с направлением первичных элект-
 ронов), а искровыми камерами (ИК₃), (ИК₄), которые запускаются триг-
 герными сцинтилляционными счетчиками S_1 и S_2 , определяются углы
 $\pi^\pm$ -мезонов от распада $\rho^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ по отношению к первоначаль-
 ному направлению γ -квантов.

Дожившие фотоны исключаются сцинтилляционными счетчиками A_1 ,
 A_2 , A_3 , которые включаются в антисовпадение, а ливневым детек-
 тором полного поглощения (ЛД), также включенным в антисовпадение,
 подавляются электромагнитные процессы.

Известно, что образовавшиеся в реакции



ρ^0 -мезоны в основном имеют направление и энергию γ -квантов.

На рис. 2 приведены экспериментальные данные [6] по измерению
 $\frac{d\sigma}{dt}$ для водорода, углерода и алюминия. Эти данные аппроксими-
 рованы формулой

$$\frac{d\sigma}{dt} = \left(\frac{d\sigma}{dt} \right)_{t=0} e^{-\alpha t}, \quad (2)$$

где t - четырехмерный передаваемый импульс;
 константа $\alpha \approx 8$ для водорода.

Из рисунка видно, что для водорода при $t \gg 0,3$ (Гэв)² се-
 чение сильно падает. В самом деле, сечение тех случаев взаимо-

действия, когда передаваемый импульс $t \geq -0,3 \text{ (Гэв)}^2$ будет

$$G_{t \geq -0,3} = \int_{-\infty}^0 \frac{dG}{dt} dt - \int_{-0,3}^0 \frac{dG}{dt} dt = \frac{0,091}{8} \left(\frac{dG}{dt} \right)_{t=0},$$

а полное сечение будет

$$G_{t.t} = \int_{-\infty}^0 \frac{dG}{dt} dt = \frac{1}{8} \left(\frac{dG}{dt} \right)_{t=0}.$$

Следовательно, случай с передачей импульса $t \geq -0,3 \text{ (Гэв)}^2$ составляет $\sim 9\%$ от полного сечения. Для реакции (I) можно написать

$$E_p = \frac{S+t-m_p^2}{2m_p}, \quad (3)$$

где E_p — полная энергия p^0 -мезона;

t — четырехмерный передаваемый импульс;

m_p — масса водорода;

$S = m_p^2 + 2E_{\gamma}m_p$ (полная энергия в системе ц.м.)

Таким образом получается

$$E_p = \frac{m_p^2 + 2E_{\gamma}m_p + t - m_p^2}{2m_p} = E_{\gamma} + \frac{t}{2m_p}. \quad (4)$$

В табл. I приводятся несколько значений второго члена формулы (4).

Таблица I

$t \text{ (Гэв)}^2$	-0,3	-0,25	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05
$\frac{t}{2m_p} \text{ (Гэв)}$	-0,159	-0,133	-0,106	-0,08	-0,053	-0,0265

Из таблицы видно, что $\frac{t}{2m_p}$ дает очень маленький вклад и с достаточно высокой точностью можно считать, что $E_p \approx E_\gamma$. Для других ядер A намного больше и $\frac{t}{2m_p}$ получается намного меньше чем для H_2 . В таком приближении становится возможным из кинематического анализа определить массу ρ^0 -мезона без предварительного определения энергии продуктов распада $\rho^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$. Из кинематики реакции

$$\gamma + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^- \quad (5)$$

известны следующие формулы для массы ρ^0 -мезона и энергии γ -кванта [4].

$$m_\rho^2 = 2m_\pi^2 + 2E_{\pi^+}E_{\pi^-} - 2P_{\pi^+}P_{\pi^-}\cos\theta_{12}$$

$$E_\gamma = \frac{2m_p(E_{\pi^+} + E_{\pi^-}) - m_\rho^2}{2[m_p - (E_{\pi^+} + E_{\pi^-}) + P_{\pi^+}\cos\theta_{\pi^+} + P_{\pi^-}\cos\theta_{\pi^-}]}, \quad (6)$$

где $m_\pi^\pm$ - масса покоя $\pi^\pm$ -мезонов

$E_{\pi^\pm}$ - полная энергия $\pi^\pm$ -мезонов

$P_{\pi^\pm}$ - трехмерный импульс $\pi^\pm$ -мезонов

θ_{12} - угол разлета $\pi^\pm$ -мезонов

$\theta_{\pi^\pm}$ - угол $\pi^\pm$ -мезонов по отношению к направлению

γ - квантов.

Так как в области энергии $E_\gamma = 10-30$ Гэв можно считать, что $E_{\pi^\pm} \approx P_{\pi^\pm}$, то уравнение (6) можно написать в виде

$$m_\rho^2 = 2m_\pi^2 + 4E_\pi^+E_\pi^- \sin^2 \frac{\theta_{12}}{2} \quad (7)$$

$$E_{\gamma} = \frac{2m_p E_{\gamma} - m_p^2}{2[m_p - E_{\gamma} + E_{\pi^+} \cos \theta_{\pi^+} + E_{\pi^-} \cos \theta_{\pi^-}]} \quad (8)$$

Если учесть, что $E_{\pi^+} \approx E_{\gamma} - E_{\pi^-}$ и $\theta_{\pi^+} \approx \theta_{\pi^-} - \theta_{\gamma}$, то будем иметь два уравнения с двумя неизвестными θ_{π^-} и E_{π^-} . Совместное решение этих уравнений дает формулу

$$E_{\gamma} = \frac{2m_p E_{\gamma} - m_p^2}{2[m_p - E_{\gamma} + \frac{1}{2}(E_{\gamma} \pm \sqrt{E_{\gamma}^2 - \frac{m_p^2 - 2m_{\pi}^2}{\sin^2 \frac{\theta_{12}}{2}} + E_{\gamma}) \cos(\theta_{12} - \theta_{\gamma}) + \frac{1}{2}(E_{\gamma} \pm \sqrt{E_{\gamma}^2 - \frac{m_p^2 - 2m_{\pi}^2}{\sin^2 \frac{\theta_{12}}{2}}) \cos \theta_{\gamma}]} \quad (9)$$

Отсюда видно, что для определения массы ρ^0 -мезона достаточно знать энергию γ -квантов E_{γ} , угол разлета $\pi^{\pm}$ -мезонов θ_{12} и направление одного из $\pi^{\pm}$ -мезонов.

Из уравнения (9) получается удобная для определения ошибок формула

$$E_{\gamma} = \left(\frac{B \pm (B^2 + 4Am_p^4)^{1/2}}{2A} \right)^{1/2}, \quad (10)$$

где $A = 4(\cos \theta_{\pi^-} - 1)(1 - \cos \theta_{\pi^+})$.

$$B = (\cos \theta_{\pi^-} - \cos \theta_{\pi^+})^2 \frac{m_p^2 - 2m_{\pi}^2}{\sin^2 \frac{\theta_{12}}{2}} - 2m_p^2(2 - \cos \theta_{\pi^+} - \cos \theta_{\pi^-}).$$

Ошибка определения энергии γ -квантов вычисляется по следующей формуле

$$\Delta E_{\gamma} = \frac{\partial E_{\gamma}}{\partial m_p} \Delta m_p + \frac{\partial E_{\gamma}}{\partial \theta_{\pi^+}} \Delta \theta + \frac{\partial E_{\gamma}}{\partial \theta_{\pi^-}} \Delta \theta \quad (11)$$

здесь Δm_ρ — ошибка определения массы ρ^0 — мезона;

$\Delta \theta$ — ошибка определения углов θ_{π^+} и θ_{π^-} .

В работе (7), где аналогичным методом было измерено сечение реакции перезарядки K^- — мезонов на протонах, углы были измерены с точностью $\Delta \theta \approx 0,7 \cdot 10^{-3}$ рад.

Для такого же значения $\Delta \theta$ в области энергии $E_\gamma = (10-30)$ Гэв в таблице 2 приведены точности определения энергии γ — квантов, обеспечивающие точности определения массы ρ^0 — мезона $\Delta m_\rho = 0,05$ Гэв и $\Delta m_\rho = 0,07$ Гэв.

В данной области энергии ρ^+ — мезонов максимальный угол разлета π^+ — мезонов 0,25 рад. Такое значение угла разлета обеспечивает получение геометрической эффективности установки порядка 100%. Для интенсивности электронного пучка с импульсом 35 Гэв получено значение $N_e = 5 \cdot 10^5$ электронов в цикле.

Если взять толщину мишени 0,05 радиационной длины, то число ожидаемых полезных событий для водорода получится примерно 2 случая в минуту.

Для обеспечения статистической точности 5% нужно ~ 30 , ~ 60 , ~ 100 часов ускорительного времени для водорода, углерода и алюминия, соответственно.

Предлагаемый эксперимент можно провести также совместно с экспериментом по определению $G_{t,t}(\gamma A)^{[4]}$, если в установку этого эксперимента добавить пару искровых камер (рис.3). В этом случае отпадает необходимость триггерных счетчиков S_1 и S_2 (рис.1), так как адронные детекторы (AD_1) и (AD_2) (остальные обозначения рис.3 соответствуют обозначениям рис.1), сделанные из слоев свинца и сцинтилляторов, одновременно можно использовать как триггер-

ные счетчики для запуска искровых камер. Ясно также, что в этом случае можно получить одновременно и информацию о множественности фоторождения адронов на ядрах. Задача упрощается тем, что все узлы установки налажены, кроме согласования систем мечения и искровых камер с остальной аппаратурой.

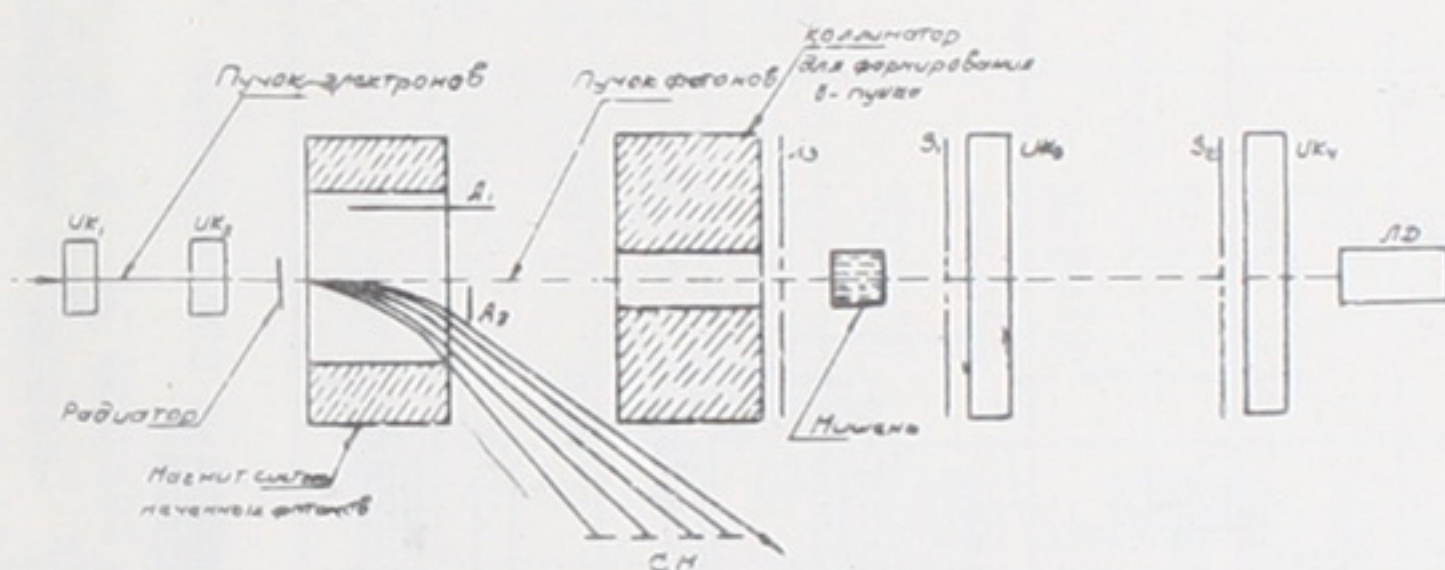


Рис. 1.
Установка эксперимента CERN (EP-FP)

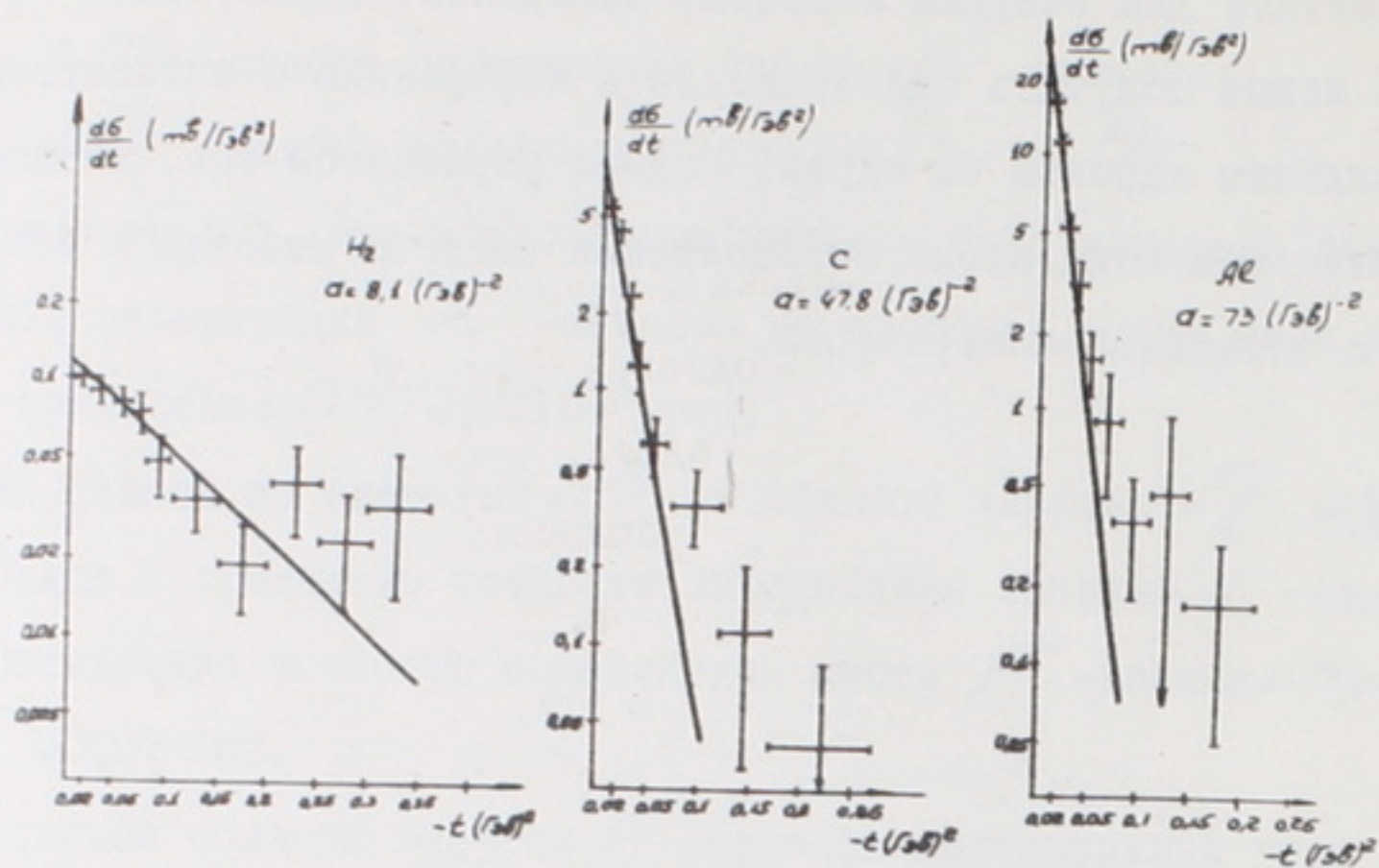


Рис. 2

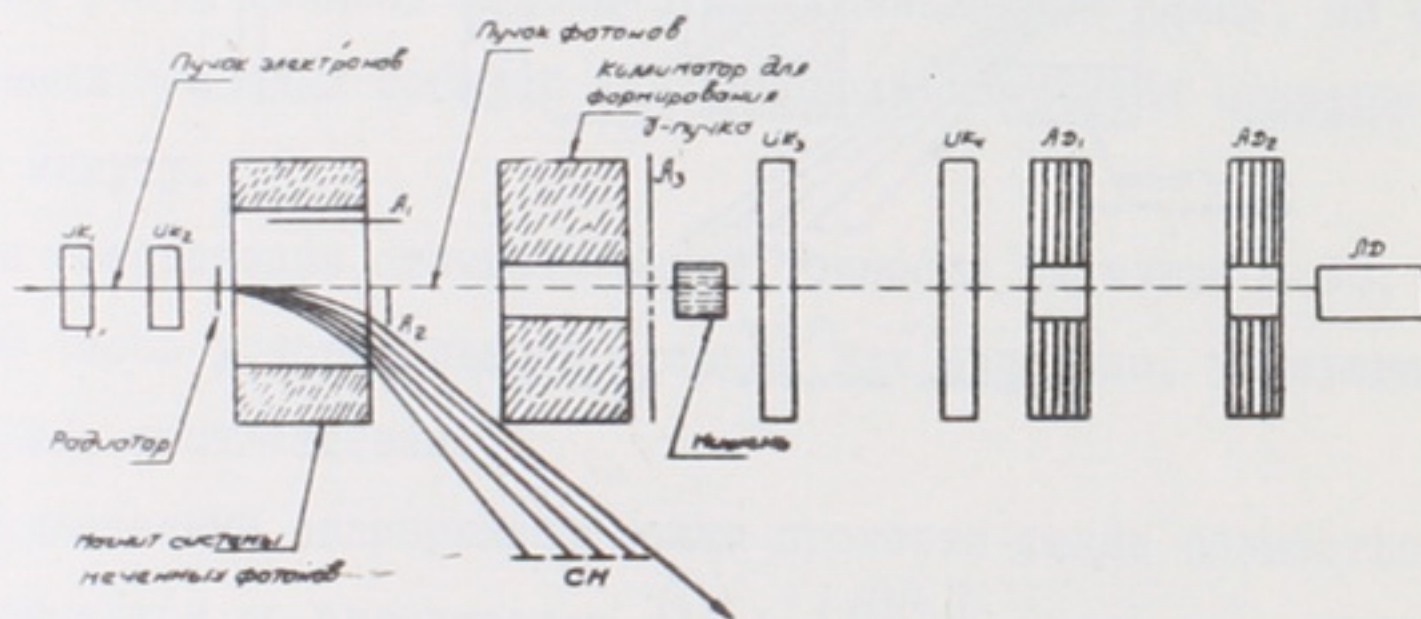


Рис. 3

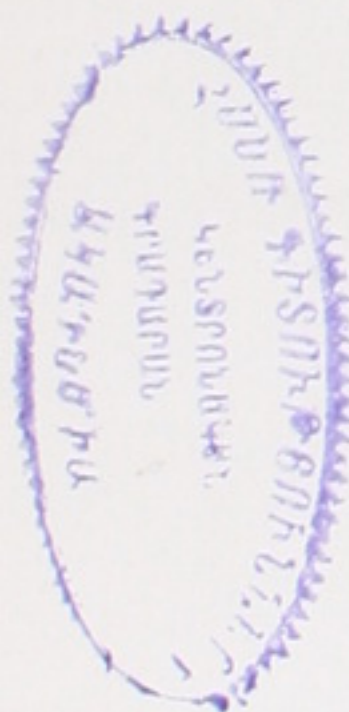
Установка для одновременного измерения σ_{tot} (SP) и σ_{tot} (SP+PS')

Р II
324163

Таблица 2

Точности определения массы ρ^0 -мезона в зависимости от точности определения энергии γ -квантов для разных углов разлета π^+ и π^- -мезонов (θ_{12}). Угол θ_{π^+} - это угол вылета π^+ -мезона по отношению к направлению γ -кванта.

$\Delta m_p = 0,07$ Гэв, $\Delta \theta = 0,7 \cdot 10^{-3}$ рад						$\Delta m_p = 0,05$ Гэв, $\Delta \theta = 0,7 \cdot 10^{-3}$ рад					
$E_\gamma = 30$ Бэв	θ_{12}	0,0804	0,0648	0,057	0,051	0,0494	0,0804	0,0648	0,057	0,051	0,0494
	θ_{π^+}	0,0657	0,0475	0,037	0,026	0,0247	0,0657	0,0475	0,037	0,026	0,0247
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma}$	3,29	3,38	3,445	3,59	3,76	2,65	2,688	2,7	2,85	2,94
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma} \%$	10,97	11,27	11,48	11,97	12,53	8,8	8,97	9	9,35	9,8
$E_\gamma = 20$ Бэв	θ_{12}	0,1222		0,0756		0,0724	0,1222	0,0756		0,0724	
	θ_{π^+}	0,1019		0,0388		0,0362	0,1019	0,0328		0,0362	
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma}$	2,16		2,925		2,4276	1,71	1,696		1,852	
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma} \%$	10,8		11,12		12,138	8,55	8,48		9,26	
$E_\gamma = 10$ Бэв	θ_{12}	0,2385		0,1571		0,1396	0,2385	0,1571		0,1396	
	θ_{π^+}	0,1907		0,08875		0,0698	0,1907	0,08875		0,0698	
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma}$	0,846		0,999		1,205	0,63	0,736		0,893	
	$\frac{\Delta E_\gamma}{E_\gamma} \%$	8,46		0,93		12,05	6,3	7,36		8,93	



ЛИТЕРАТУРА

1. J.Park et al. Nuclear physics B v.B36(1972)p.404.
2. D.O.Caldwell et al.Phys.Rev.Letters 25,609 (1970).
3. А.И.Алиханян, Г.Т.Киракосян. Препринт ЕрФИ (1969).
4. А.И.Алиханян и др. Препринт ЕрФИ-ЭЧ-1 (1970).
5. А.И.Алиханян и др. Препринт ИФВЭ ОП-СТФ 70-105.
6. H.Blechtschmidt .Препринт DESY 3214 (1968).
7. В.Н.Болотов и др. Препринт ИФВЭ (в печати)

Редактор Л.П.Мукаян

Заказ 0405

ВФ-0338I

Тираж 460

Подписано к печати 26/УП-73г. Формат издания 30 х 40

0,8 уч.изд.л. Ц.6 к.

Отпечатано на ротапринте

Ереванского физического института, Ереван 36, пер.Маркаряна 2

ԳՍՍ Հիմնարար Գիտ. Գրադ.



FL0251592

P II
324163