

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

Б.В.Болонкин, В.Б.Виноградов

Б1-1-3719

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЭФФЕКТИВНЫХ МАСС

Λγ -КОМБИНАЦИЯ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
В ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

с.ф. 2123

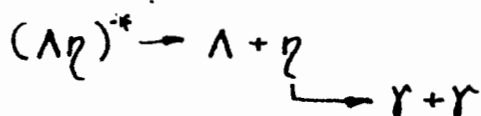
Рукопись поступила
в КОЛЛЕКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ
20.04.1978

г. Дубна, 1968 г.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В В Е Д Е Н И Е

При исследовании спектров эффективных масс $\Lambda\gamma$ -комбинаций в работах /1,2/ был обнаружен пик в области (1300+1400) Мэв, который авторами работ /1,2,3/ объясняется отражением распада предполагаемого $(\Lambda\eta)^*$ резонанса с массой ~ 1680 Мэв по схеме:



Ими было показано, что наблюдаемый пик не является кинематическим эффектом ни одного из ранее известных резонансов.

Аналогичные эксперименты проводятся на метровой пропановой камере /4/.

Целью данной работы являлось моделирование спектров эффективных масс $\Lambda\gamma$ -комбинаций с учетом эффективности регистрации для выяснения возможности появления "ложного" пика в области (1300+1400) Мэв, обусловленного конечными размерами и формой камеры /4/.

Для резонансов со спином $\frac{3}{2}$ (например, $Y_1^* 1385$), кроме того, учитывалась и угловая асимметрия продуктов их распада:

$$\frac{d.N}{d(\cos \theta_2)} \sim \cos^2 \theta_2 ,$$

для чего угол распада θ_2 в системе покоя резонанса относительно направления его движения разыгрывался по формуле:

$$\cos \theta_2 = \sqrt{a_2} \cdot \text{sign}(1 - 2a_3) .$$

$\alpha_{1,2,3}$ - случайные числа, равномерно распределенные в интервале $(0 \div 1)$.

МЕТОДИКА УЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ $\Lambda\gamma$ - ПАР

Учет эффективности регистрации производился двумя способами:

I. Для построения различных распределений отбирались лишь те $\Lambda\gamma$ - комбинации, которые оказывались "зарегистрированными", т.е. распад Λ -гиперона и конверсия γ - кванта происходили внутри эффективного объема камеры.

Для этого к программе "ФОРС" был подсоединен специальный блок, в котором разыгрывались точки рождения и случайные пролетные длины Λ -гиперонов и γ -квантов. Пара $\Lambda\gamma$ считалась, "зарегистрированной" при одновременном выполнении условий:

$$L_{\min} < L_{\Lambda, \gamma} < L_{\text{pot } \Lambda, \gamma} , \quad \rho_{\gamma} > \rho_{\gamma \min} ,$$

где L_{min} - минимальная пролетная длина для Λ -гиперона и γ -кванта,

$L_{pot, \Lambda, \gamma}$ - соответствующие потенциальные длины,

$p_{\gamma min}$ - некоторое граничное значение для импульса γ -кванта.

2. Для построения гистограммы использовались все сгенерированные $\Lambda\gamma$ -пары, но каждая с "весом" $W_{\Lambda\gamma}$. $W_{\Lambda\gamma}$ - вероятность регистрации $\Lambda\gamma$ пары - вычисляется в блоке учета эффективности регистрации.

Оба способа давали результаты, совпадающие в пределах их ошибок.

Координаты точек рождения Λ -гиперонов и γ -квантов (точек взаимодействия π^- -мезонов пучка с рабочим веществом камеры) разыгрываются в соответствии с распределением плотности частиц в первичном пучке. По осям X и Y в плоскости, перпендикулярной пучку, эти распределения имеют (приблизительно) ^{форму} Гауссовых кривых. Они моделируются суммированием m случайных величин, распределенных равномерно внутри интервалов ($b_n + b_b$), границы которых определяются из соотношения /12/

$$b_{b,n} = \frac{\bar{X}}{m} \pm \sqrt{\frac{3}{m}} \cdot b_x$$
 для X и аналогично для Y , где \bar{X} , b_x , \bar{Y} , b_y - средние значения и средне-квадратичные отклонения в распределениях по X и Y . Выбывание частиц из пучка при взаимодействии их с рабочим веществом учитывается при моделировании Z координат точек рождения Λ -гиперонов и γ - квантов по формуле:

$$Z = -\frac{1}{6n} \ln v_z,$$

где σ - сечение взаимодействия первичных частиц с рабочим веществом, отнесенное к 1 молекуле,

$n = \frac{N_A \rho}{M}$ - число молекул рабочего вещества в 1 см³,

ρ, M - плотность и граммоллекула рабочего вещества,

N_A - число Авогадро,

v_z - случайные величины, равномерно распределенные в интервале $(v_n + v_v)$, границы которого определяются из соотношений:

$$Z_{1,2} = -\frac{1}{6n} \ln v_{v,n} *).$$

Случайные пролетные длины Λ -гиперонов и квантов разыгрываются по формулам /9,10/: $Z_{\Lambda,\gamma} = -L_{\Lambda,\gamma} \ln a_{\Lambda,\gamma}$,

где $a_{\Lambda,\gamma}$ - случайные величины, равномерно распределенные в интервале $(0 + 1)$,

*) Мы пренебрегали искривлением траекторий первичных частиц в магнитном поле.

$$L_{\gamma} = \frac{\chi_0}{\mu(p_{\gamma})} - \text{конверсионная длина,}$$

χ_0 - радиационная длина,

$\mu(p_{\gamma})$ - вероятность конверсии γ -кванта с импульсом p_{γ} на радиационной длине,

$$L_{\Lambda} = \alpha_{\Lambda} \rho_{\Lambda} - \text{средняя пролетная длина } \Lambda \text{ -гиперона,}$$
$$\alpha_{\Lambda} = \frac{\tau_{0\Lambda} c}{M_{\Lambda}}; \rho_{\Lambda}, \tau_{0\Lambda}, M_{\Lambda} - \text{импульс, среднее время жизни и масса } \Lambda \text{ -гиперона,}$$

c - скорость света.

Вероятность регистрации пары $\Lambda\gamma$ вычисляется по формуле

(II):

$$W_{\Lambda\gamma} = W_{\Lambda} \cdot W_{\gamma},$$

где
$$W_{\Lambda, \gamma} = e^{-\frac{\chi_{\min}}{L_{\Lambda, \gamma}}} - e^{-\frac{\chi_{\text{pot}, \Lambda, \gamma}}{L_{\Lambda, \gamma}}}, \quad W_{\gamma} = 0$$

для $p_{\gamma} < p_{\gamma \min}$ - вероятности регистрации Λ -гиперона и γ - кванта.

Для прямоугольных камер /4, 13/

$$\chi_{\text{pot}} = \min \{ P, Q, R \},$$

где

$$P = \begin{cases} \frac{\chi_2 - \chi}{l}, & l > 0, \\ \frac{\chi_1 - \chi}{l}, & l < 0, \end{cases} \quad Q = \begin{cases} \frac{Y_2 - Y}{m}, & m > 0, \\ \frac{Y_1 - Y}{m}, & m < 0, \end{cases} \quad R = \begin{cases} \frac{Z_2 - Z}{n}, & n > 0, \\ \frac{Z_1 - Z}{n}, & n < 0, \end{cases}$$

а также распределения координат X, Y, Z точек первичных взаимодействий и случайных прллетных длин $\mathcal{L}_{\Lambda, \gamma}$ Λ -гиперонов и γ -квантов, моделируемые в блоке учета эффективности регистрации для камеры /4/.

На рис.2 - распределения вычисляемых в этом блоке потенциальных длин $\mathcal{L}_{pot \gamma}, \mathcal{L}_{pot \Lambda}$, вероятностей регистрации Λ -гиперонов - W_{Λ} , γ -квантов - W_{γ} , $\Lambda\gamma$ -пар - $W_{\Lambda\gamma}$ и соответствующих весов $V = \frac{1}{W}$.

Для сравнения пунктиром нанесены гистограммы, полученные без учета эффективности регистрации (если они заметно не совпадают).

Статистика соответствует ~ 1000 "зарегистрированных" событий с Λ -гипероном и по крайней мере одним γ -квантом (фиксированным, не любым из двух!).

из рисунков 1,2 видно:

1. Импульсный спектр γ -квантов согласуется со спектром от распада $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$.

2. Распределения по X, Y, Z отвечают параметрам, указанным в приложении 2.

3. Зарегистрированные события имеют по сравнению со всеми сгенерированными в среднем большие импульсы γ -квантов и несколько меньшие - Λ -гиперонов, меньшие углы θ_{γ} лаб, более крутой спад в распределении Z координат точек первичных взаимодействий, меньшие пролетные длины, большие потенциальные длины и вероятности регистрации.

Это свидетельствует о правильности применяемой методики учета эффективности регистрации $\Lambda\gamma$ -пар.

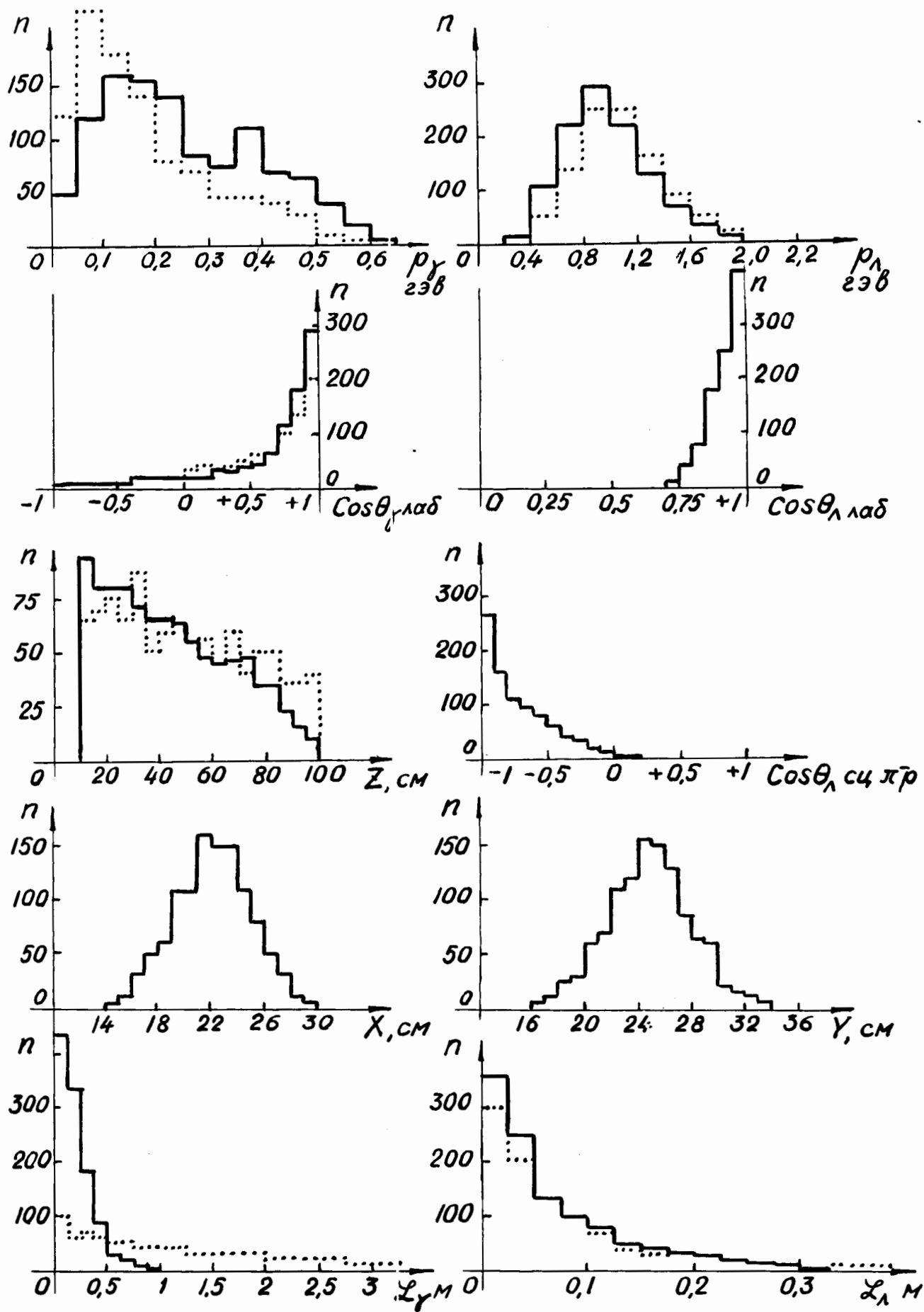


Рис. 1

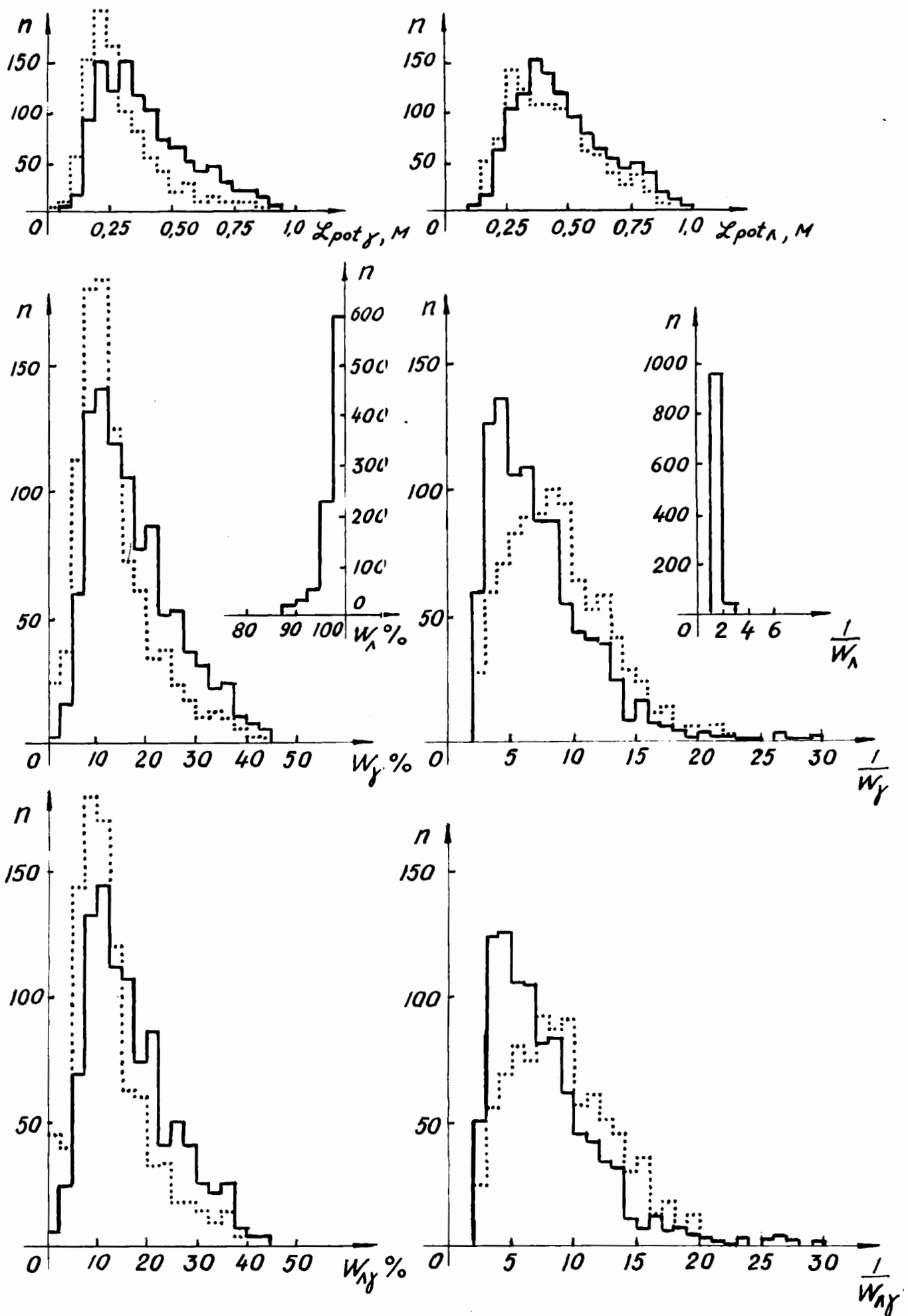


Рис. 2

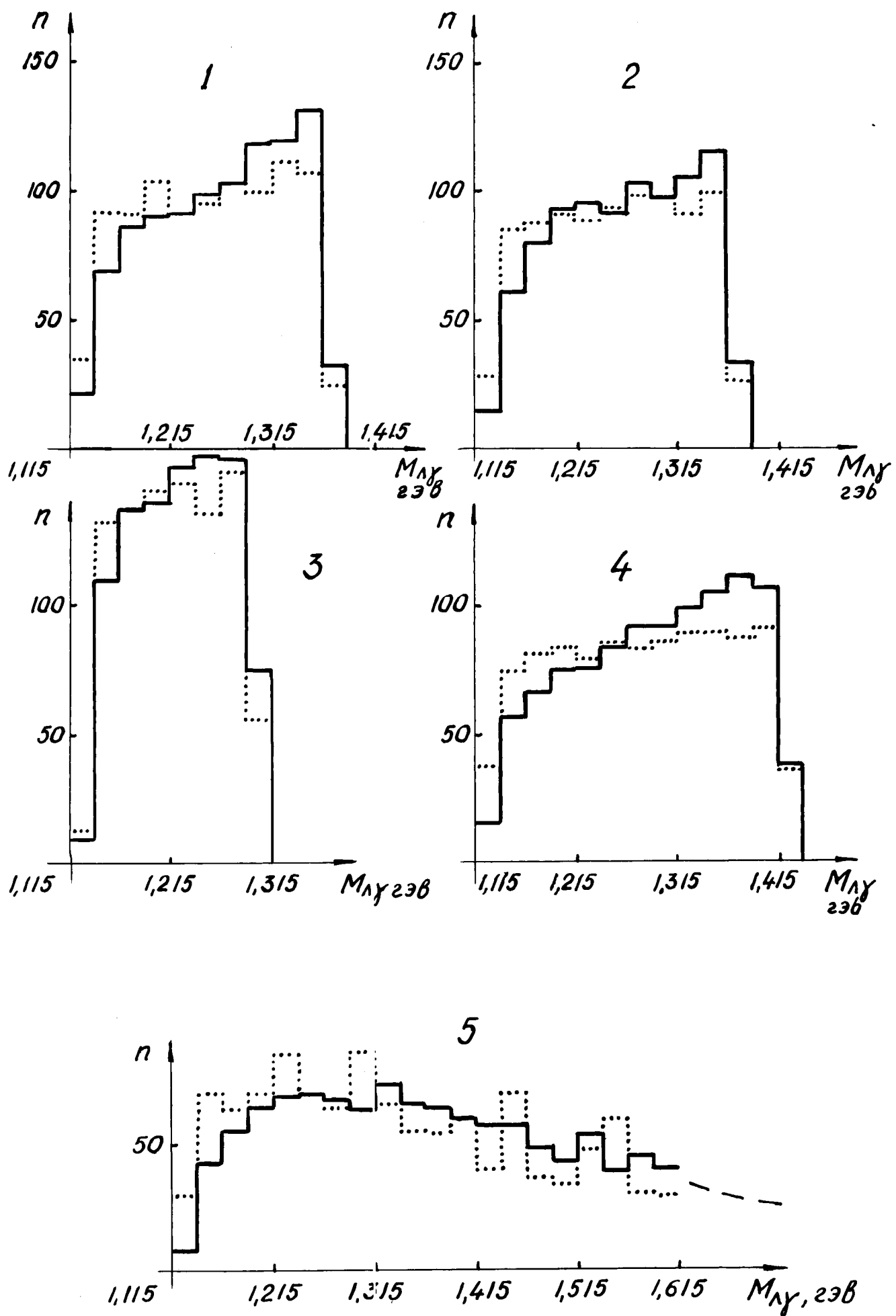


Рис. 3

Статистика соответствует примерно 1000 "зарегистрированных" событий в каждом случае.

Полученные гистограммы $M_{\Lambda\gamma}$ приведены на рис.3. Пунктиром нанесены гистограммы без учета эффективности регистрации $\Lambda\gamma$ пар.

Во всех случаях, кроме 5, наблюдается более крутой подъем в сторону верхней границы $M_{\Lambda\gamma}$

Связанное с этим превышение числа событий в интервале $M_{\Lambda\gamma} = (1300+1400)$ Мэв по сравнению с гистограммами без учета эффективности регистрации, которое составляет в случаях 1,2,3,4 соответственно 14%, 11%, 12%, 16%.

Было проверено, что эффект не является следствием только лишь учета угловых асимметрий в рождении и распаде резонансов. Для этого были промоделированы спектры $M_{\Lambda\gamma}$ в реакции I без учета эффективности регистрации и без угловой асимметрии в рождении и распаде (рис.4 а), с асимметрией в рождении (рис.4б), с асимметрией в рождении и распаде (рис.4в). Аналогичные спектры с учетом эффективности регистрации в камере^{/4/} приведены на рис.5а,б,в.

Для проверки зависимости отмеченного эффекта от эффективности регистрации реакция I была промоделирована в условиях камер /13/ и /14/ соответственно с меньшей и большей, чем в камере /4/, эффективностью регистрации.

Соответствующие гистограммы эффективных масс $\Lambda\gamma$ приведены на рис.6 для /13/ и 7 для /14/.

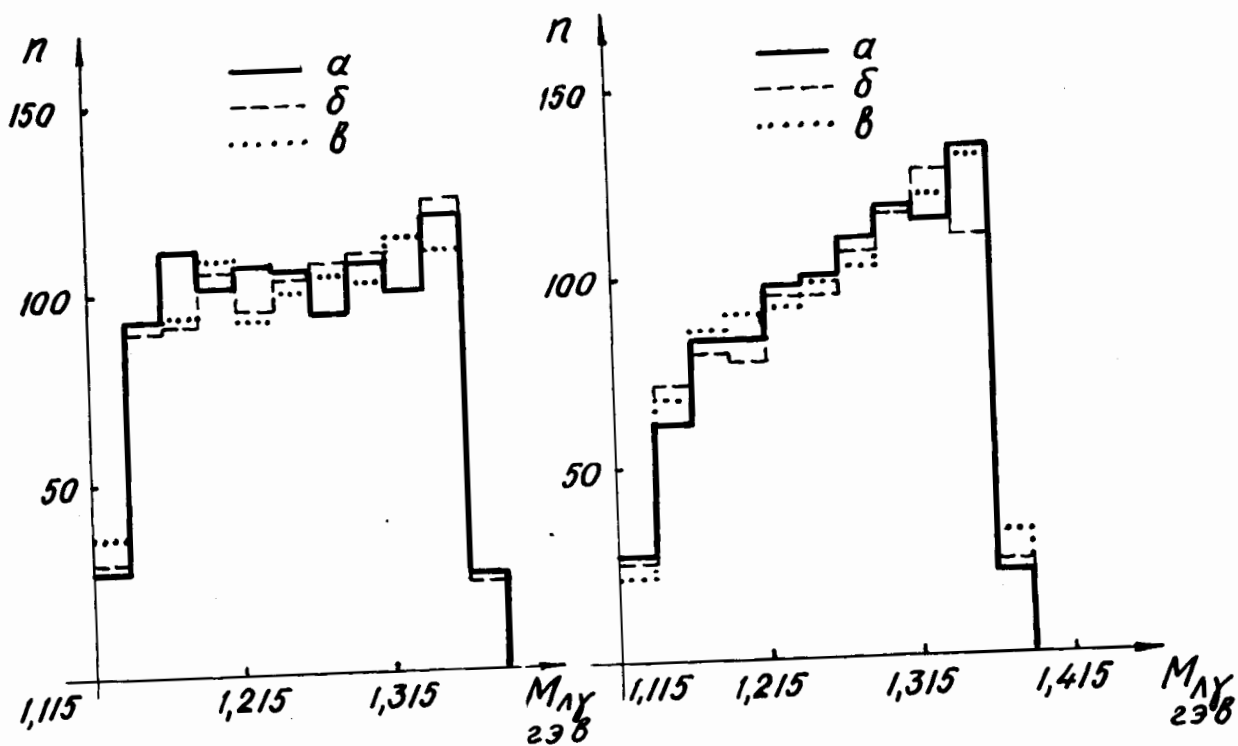


Рис. 4

Рис. 5

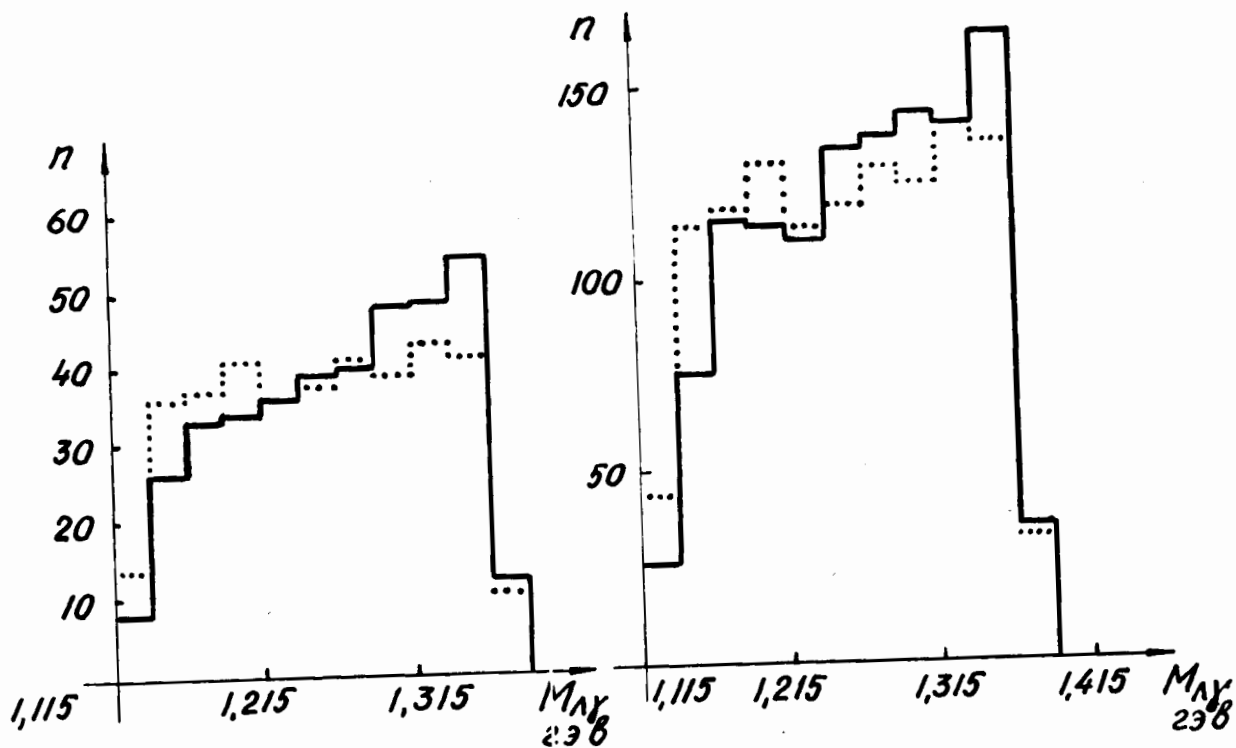


Рис. 6

Рис. 7

Зависимость отмеченного эффекта в области

$M_{\lambda\gamma} = (I300 + I400)$ Мэв от эффективности регистрации для реакции I представлена табл. I.

Камера	/I3/	/4/	/I4/
Эффективность регистрации	5%	I2%	40%
Эффект	I9%	I4%	IO%

Таблица I.

Эффект убывает с увеличением эффективности регистрации $\lambda\gamma$ - пар, что и следовало ожидать.

Отсутствие эффекта в реакциях типа 5 и малость его в случаях I-4 по сравнению с наблюдающимся в экспериментах пиком в области $M_{\lambda\gamma} = (I300 + I400)$ Мэв, превышающим фон в $(I,5 + 2)$ раза /I,2/, позволяет сделать вывод о невозможности появления "ложного" пика в указанной области $M_{\lambda\gamma}$, обусловленного конечными размерами и формой камеры /4/.

Авторы благодарны В.Б.Флягину за инициирование и постоянный интерес к данной работе, В.Е.Комоловой за многочисленные консультации по работе с программой "ФОРС", А.Г.Володько и Ю.Ф.Ломакину за полезные советы на различных этапах работы.

Флягин
Комолова

Литература

1. Ван Юн Чан и др. Поиски радиационных распадов резонансов с участием Λ -гиперонов. Препринт ОИЯИ, Р-1615, Дубна, 1964.
2. B. P. Vannik et al. Observation of the $\Lambda\eta^0$ resonance in π^-p interactions at 4.0 gev/c.
Препринт ОИЯИ, Е-2858, Дубна, 1966.
3. Г.И.Копылов. Пары $\Lambda\eta$ и резонанс $\Lambda\eta$.
Препринт ОИЯИ, Р1-3048, Дубна, 1966.
4. А.В.Богомолов и др. Метровая пузырьковая камера в магнитном поле. ПТЭ, I, 61, 1954.
5. В.Е.Комолова, Г.И.Копылов. Моделирование рождения и распада резонансов. Препринт ОИЯИ, Р-2027, Дубна, 1965.
6. D. J. Crennel et al. Observation of a Backward peak in the reaction $\pi^- + p \rightarrow \eta^0 + K^0$ at 6 gev/c.
PRL, 18, 86, 1967.
7. J. Bertke et al. Hyperon and Kaon Production by 16 gev/c negative pions on protons.
Nuovo Cimento, 24, 876, 1962.
8. L. Bertanze et al. Strange particle Production by 4,65 bev/c π^- mesons.
PR. 130. 786. 1963.
9. В.Ф.Вишневский и др. Метод вычисления геометрической эффективности регистрации событий в пузырьковой камере.
Препринт ОИЯИ, Р-1489, Дубна, 1964 г.
10. Д.К.Копылова, М.Сныркез. К среднему числу π^0 -мезонов в неупругих π^-p -взаимодействиях.
Препринт ОИЯИ, 2604, Дубна, 1966.

11. В.Б.Виноградов и др. Программа идентификации V^0 -частиц и γ -квантов.
Препринт ОИЯИ, 2613, Дубна, 1966.
12. Н.П.Бусленко и др. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Москва, 1962 г. *Физматгиз*
13. Ван-Ган-чан, М.И.Ссловьев, Ю.Н.Шкобин. ПТЭ, 1, 41, 1959.
14. М.Ф. Ломанов и др. 200-литровая пузырьковая камера.
ПТЭ, 2, 37, 1963.

I	2	3	4	5	6	7
				0		
				0		
				0		
		52				
		04	4763	4762	4752	$l_{\gamma} = p_{x\gamma} / p_{\gamma}$
50		04	4764	4762	4753	$m_{\gamma} = p_{y\gamma} / p_{\gamma}$
I		04	4765	4762	4754	$n_{\gamma} = p_{z\gamma} / p_{\gamma}$
4352	2	01		4752		$l, m, n, > 0$? нет, га
		36	0000	4656		↓
	7	02	4732	4745	4755	$x_2 - x, y_2 - y, z_2 - z$
		56		4657		обход
	7	02	4727	4745	4755	$x_1 - x, y_1 - y, z_1 - z$
	7	04	4755	4752	4755	$P = \frac{x_{1,2} - x}{e}, Q, R$
60	I	I2	0002	4652	0001	ЦИКЛ для P, Q, R
I		52				РА
	4		4755		4760	} $Z_{pot} = \min\{P, Q, R\} = \langle 4760 \rangle$
	4	02	4756	4760		
	I	II	0002	4662	0001	
	I	I2	0003	4663		
		52				
					4761	} $\mu(p_{\gamma}) = \langle 4761 \rangle$
70		05	4761	4762	4761	
I	2	01	4761	4736	4761	
	I	I2	0003	4670	0001	
		52				} $L_{\gamma} = \frac{x_0}{\mu(p_{\gamma})} = \langle 4761 \rangle$ $\ln a_{\gamma, \lambda} = \langle 4750, 4751 \rangle$
		04	4735	4761	4761	
		16	4676	7501	7610	
	5	75	4750	0004	4750	
	2	05	4761	4750	4761	
4700		02		4761	4761	- $Z_{\gamma, \lambda} = L_{\gamma, \lambda} \ln a_{\gamma, \lambda}$ $Z_{\gamma, \lambda} = \langle 4761 \rangle$
	I	02	4761	4742		$Z_{\gamma, \lambda} > Z_{min}$? нет, га
		3I		4716		(РА) ↓
		02	4760	4761		$Z_{pot, \gamma, \lambda} > Z_{\gamma, \lambda}$ нет, га ↓

I	2	3	4	5	6	7
4		3I		47I6		
5		I6	47I5	4706	4705	Изменение последоват для Λ
6		04	4757	4766	4752	$\ell_{\Lambda} = \rho_{x\Lambda} / \rho_{\Lambda}$
7		04	47 70	4766	4753	$m_{\Lambda} = \rho_{y\Lambda} / \rho_{\Lambda}$
10		04	477I	4766	4754	$n_{\Lambda} = \rho_{z\Lambda} / \rho_{\Lambda}$
I		I6	47I2	4652	4666	уход на $\mathcal{L}_{\rho\alpha\Lambda}$
2		52			4666	восстановление < 4666 > , PA
3		05	4743	4766	476I	$L_{\Lambda} = \alpha_{\Lambda} \rho_{\Lambda} = \langle 476I \rangle$
47I4		32		4675	000I	уход на \mathcal{L}_{Λ} , изменение PA
4			776I		2544	$I \rightarrow$ вместо \bar{K} в ФОРС
47I6		56	47I7	I470	4705	возвр. в ФОРС, восст. < 4705 >
7		I6	47I5	4706	4705	зап. код для восст. < 4705 >
20	-	0I	3			$\rho_{\gamma \min}$, Гэв, 10-числ
I			7I4			} v_n для X, Y, Z, см
2			4I2			
3			503			
4		0I	346			} $v_v - v_n$ для X, Y, Z, см
5		0I	450	7		
6			43I			
7		0I	5			} X_1 Y_1 нижние грани ЦВ1 (см) Z_1 эффект. объема
30		0I	5			
I		02	I			
2		02	35			} X_2 Y_2 верхние грани Z_2 эффект. объема, см.
3		02	45			
4		03	I			
5		03	IC9			X_0 радиац. длина, см
6			22I			} α_1 $\mu(\rho_{\gamma}) =$ α_2 $\alpha_3 = \alpha_1 \rho^3 + \alpha_2 \rho^2 + \alpha_3 \rho + \alpha_4$ $[\rho] = \text{гэв/с}$
7			8I			
40			896			

I	2	3	4	5	6	7	
I			43I			} α_4	
2			I			$Z_{min}, \text{см}$	
3		0I	704	225		$\alpha_\lambda = \frac{\tau_{0\lambda} \cdot C}{\delta \cdot n}, \text{гэб, см, сек}$	
4744	-	02	686	5		$\delta \cdot n, \text{см}^{-1}$	
			5052			КА	
5052		I6	5053	5764	5770	обр.за сл.числом α	
3		05	5772	4726	4747	$\alpha(v_B - v_H)$	
4		0I	4747	4723	4747	$v_z = v_H + \alpha(v_B - v_H)$	
5		I6	5056	750I	76I0	} $\ln v_z$	
6		75	4747	0004	4747		
7		04	4747	4744	4747	$\frac{1}{\delta n} \ln v_z$	
60		02		4747	4747	$Z = -\frac{1}{\delta n} \ln v_z = \langle 4747 \rangle$	
506I					4745	подготовка	
2					4746	сумматоров для X;Y	
3	4	52			5072	перес.РА	
4		I6	5065	5764	5770	сл.число α	
5			5772		5075	в 5075	
6	2	05	5075	4724	5075	$\alpha(v_B - v_H)$	
7	2	0I	5075	472I	5075	$v = v_H + \alpha(v_B - v_H)$	
70	3	0I	5075	4745	4745	$X = \sum v_x, Y = \sum v_y$	
I	I	I2	000I	5064	000I	цикл для X и Y	
2		00				запом.РА	
3	I	I2	00I0	5063	000I	цикл $\sum_{i=1}^m$, $m = 9_{10}$	
			4633			КА, пересылка из ФОРСа	
		I6	4634	4772	5003		
			4772			КА	
4772				0060	4762	} ρ	
3					4763		ρ_x
4					4764		ρ_y
5					4765	ρ_z	
6			ФОРС		4766	} λ	
7			см.		4767		ρ
5000					4770		ρ_x
I					477I		ρ_y
2		52				ρ_z	

Для 2 способа к предыдущей программе необходимо
добавить следующие изменения:

	4675				уход из ЭВ на
I6	4705	5350	5372		вычисление W с возв
	5360				КА
04	4742	476I	5374		Z_{min}/L
02		5374	5374		$- Z_{min}/L$
I6	5363	750I	76I0	}	$- Z_{min}/L$
75	5374	0003	5374		e
04	4760	476I	5375		Z_{pot}/L
02	5	5375	5375		$- Z_{pot}/L$
I6	5367	750I	76I0	}	$- Z_{pot}/L$
75	5375	0003	5375		e
I 02	5374	5375	5376		$W_{\gamma, \bar{\lambda}} \langle 5376, 5377 \rangle$
52					РА
	47I5				КА
05	5376	5377	2544		$W_{\lambda \bar{\lambda}} = W_{\lambda} \cdot W_{\bar{\lambda}} \rightarrow$ вместо \bar{K}

Изменения для вычисления Z_{pot} в цилиндрической камере:

		4652			KA
	I6	4666	5402	5443	
		5402			KA
5402	0I		4752		$l > 0?$ нет, qa
3	36		5406		
4	02	4732	4745	4755	$X_2 - X$
5	56		5407		
6	02	4727	4745	4755	$X_1 - X$
7	04	4755	4752	4755	$\rho = \frac{X_2 - X}{l} = \langle 4755 \rangle$
5410	02	4747	4733	5444	$Z = Z - Z_u$
I	05	4753	4753	5445	m^2
2	05	4754	4754	5446	n^2
3	0I	5445	5446	5447	$m^2 + n^2$
4	05	4753	5444	5445	Zm
5	05	4754	4746	5446	Yn
6	02	5445	5446	5450	$Zm - Yn$
7	05	4753	5450	5445	$(Zm - Yn)m$
5420	05	4754	5450	5446	$(Zm - Yn)n$
I	05	5446	5446	5446	$[(Zm - Yn)n]^2$
2	05	4734	4754	5450	Rn
3	05	5450	5450	5450	$(Rn)^2$
4	05	5450	5447	5450	$(Rn)^2 (m^2 + n^2)$
5	02	5450	5446	5446	$\sqrt{\quad}$
6	44	5446		5446	
7	0I		4754		$n > 0?$ нет, qa

I	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

5430		36		5433		
I		0I	5445	5446	5450	
2		56		5434		
3		02	5445	5446	5450	
4		04	5450	5447	5450	
5		02	5450	5444	5450	
6		04	5450	4754	4756	
7	4	4	4755		4760	
5440	4	02	4756	4760		
I	I	II	000I	5437	000I	
2	I	I2	0002	5440		

$$Q = \frac{Z_B - Z}{n} = \langle 4756 \rangle$$

$$Z_{pot} = \min \{P, Q\} = \langle 4760 \rangle.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Константы, использованные в программе учета эффективности регистрации $\Lambda\gamma$ - пар

$$M_{\Lambda} = 1,1154 \text{ ГэВ}, \tau_{\text{о.л}} = 2,51 \cdot 10^{-10} \text{ сек},$$

$$\mu(p_{\gamma}) = 0,221 p_{\gamma}^3 - 0,810 p_{\gamma}^2 + 0,896 p + 0,431 \text{ /11/}, [p_{\gamma}] = \frac{\text{гэВ}}{c}$$

Камера	/4/	/13/	/14/
$p_{\gamma \text{ min}}, \text{ гэВ/с}$	0,03	0,03	0,03
$L_{\text{ min}}, \text{ см}$	0,1	0,1	0,15
$X_0, \text{ см}$	109	109	24
$X_1, \text{ см}$	5	2	-10
$X_2, \text{ см}$	35	12	20
$Y_1, \text{ см}$	5	3	
$Y_2, \text{ см}$	45	25	
$Z_1, \text{ см}$	10	5	
$Z_2, \text{ см}$	100	50	
$\bar{X}, \text{ см}$	2,2	6	0
$\sigma_x, \text{ см}$	3	1	2
$\bar{Y}, \text{ см}$	2,4	16	0
$\sigma_y, \text{ см}$	4	2	2
$\sigma, \text{ тбарн}$	1180	1180	380
$\rho, \text{ г/см}^3$	0,455	0,455	1,11
$M, \text{ г}$	44	44	22
$p_{\pi-}, \text{ гэВ/с}$	5,1	4	2,8

$R = 35 \text{ см}$
 $Z_y = 40 \text{ см}$