Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 19, вып. 6, 319—322 (1984)

УДК 539.122.13

КОНВЕРСИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ γ-КВАНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА ВЛЕТА В КОНВЕРТЕР И ТОЛЩИНЫ КОНВЕРТЕРА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ $E_\gamma = 100—600$ МэВ

Г. Л. БАЯТЯН, С. Г. КНЯЗЯН, А. Т. МАРГАРЯН

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 20 июня 1983 г.)

Приводятся вычисленные методом моделирования электромагнитного ливня значения конверсионной эффективности γ-квантов для толщины свинцового конвертера 0,5—2,5 рад. длины для углов влета γ-квантов в конвертер 15—85° относительно перпендикуляра к конвертеру в интервале энергий γ-квантов 100—600 МэВ. Такие вычисления проведены для различной пороговой энергии регистрации с учетом обратно рассеянных частиц.

Для регистрации γ-квантов в большом телесном угле часто используется телескопическая система счетчиков. Типичное ее устройство показано на рисунке. γ-кванты в конвертере образуют заряженные частицы, которые регистрируются в счетчиках S_2 и S_3. В случае совпадения сигналов от счетчиков S_2 и S_3 при отсутствии сигнала от S_1 проводится регистрация γ-кванта.

В качестве конвертера обычно используется свинцовая пластина. При абсолютных измерениях необходимо значение эффективности телескопической системы. Эффективность телескопа в зависимости от энергии γ-квантов и толщины конвертеров определяется как экспериментально [1—3], так и путем расчета [4].

В настоящей работе эффективность γ-телескопа определялась расчетным путем в зависимости от толщины конвертера, энергии, а также угла влета γ-квантов в конвертер. При моделировании электромагнитного ливня учитывались: рождение пар электронов и позитронов и комптоновское рассеяние для фотонов, тормозное излучение, многократное рассеяние, ионизационные потери энергии для электронов и позитронов. Для энергии обрезания заряженных частиц было выбрано значение 1,5 МэВ, а для фотонов — 0,25 МэВ. Для проверки программы расчета ливня было вычислено среднее число заряженных частиц с энергиями не менее 2 МэВ, образованных электронами с энергией 1 ГэВ в свинце на разных глубинах. Результаты наших расчетов хорошо согласуются с результатами Нагеля [5] и Стейнметца [6].

Очевидно, что конверсионная эффективность регистрации γ-квантов зависит от способа регистрации образовавшихся в конвертере заряженных частиц. В работе [3] конверсионная эффективность определялась как вероятность выделения в сцинтилляторе, расположенном непосредственно

Таблица

Значения вероятностей выхода из конвертера разных толщин (0,5—2,5) X_0 одного или более электронов с энергией выше $E_1 = 1{,}5$ и 15 МэВ при отсутствии обратно рассеянных электронов с энергией $E_1 = E_2$ в случае падения на конвертер под углом $\theta = 15$—$85°$ относительно перпендикуляра к конвертеру γ-квантов с энергиями в интервале 100—600 МэВ.

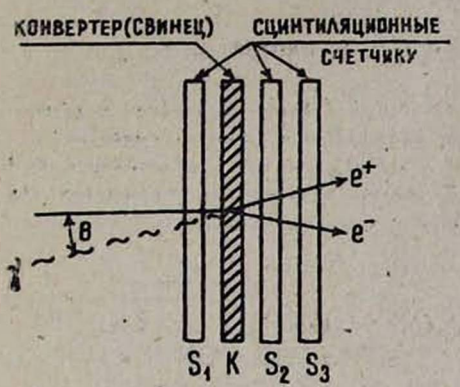
θ	15°	30°	45°	60°	75°	85°
Z	$E_1=E_2=1{,}5$ МэВ			$E_\gamma=100$ МэВ		
0,5	0,27	0,31	0,39	0,37	0,35	0,28
1,0	0,48	0,49	0,57	0,55	0,42	0,07
1,5	0,59	0,61	0,64	0,50	0,29	0,05
2,0	0,62	0,63	0,54	0,43	0,10	0,02
2,5	0,55	0,50	0,40	0,30	0,06	0,00
Z	$E_1=E_2=1{,}5$ МэВ			$E_\gamma=200$ МэВ		
0,5	0,30	0,30	0,38	0,40	0,54	0,22
1,0	0,54	0,58	0,63	0,61	0,57	0,14
1,5	0,66	0,70	0,70	0,69	0,47	0,06
2,0	0,74	0,74	0,80	0,71	0,32	0,04
2,5	0,75	0,79	0,75	0,54	0,23	0,02
Z	$E_1=E_2=1{,}5$ МэВ			$E_\gamma=600$ МэВ		
0,5	0,36	0,36	0,37	0,49	0,50	0,08
1,0	0,55	0,54	0,67	0,74	0,51	0,05
1,5	0,66	0,63	0,76	0,85	0,59	0,03
2,0	0,77	0,82	0,86	0,91	0,56	0,02
2,5	0,85	0,84	0,92	0,85	0,41	0,01
Z	$E_1=E_2=15$ МэВ			$E_\gamma=100$ МэВ		

0,5	0,21	0,27	0,34	0,42	0,39	0,16
1,0	0,40	0,41	0,51	0,42	0,26	0,04
1,5	0,43	0,43	0,40	0,23	0,10	0,01
2,0	0,37	0,38	0,28	0,10	0,08	0,00
2,5	0,26	0,27	0,19	0,10	0,01	0,00

Z	$E_1=E_2=15$ МэВ			$E_\gamma=200$ МэВ		
0,5	0,26	0,32	0,34	0,50	0,57	0,24
1,0	0,46	0,45	0,61	0,65	0,40	0,06
1,5	0,57	0,56	0,63	0,50	0,22	0,02
2,0	0,62	0,61	0,52	0,38	0,07	0,00
2,5	0,52	0,51	0,45	0,30	0,04	0,00

Z	$E_1=E_2=15$ МэВ			$E_\gamma=600$ МэВ		
0,5	0,32	0,35	0,43	0,50	0,64	0,29
1,0	0,55	0,56	0,62	0,70	0,74	0,11
1,5	0,69	0,65	0,79	0,84	0,57	0,05
2,0	0,73	0,79	0,85	0,80	0,44	0,01
2,5	0,84	0,77	0,80	0,72	0,17	0,01

за конвертером, энергии не менее 60 кэВ, что равносильно вероятности проникновения из конвертера в сцинтиллятор одного или более электронов (позитронов) с энергией не менее 1,5 МэВ [4]. Вероятности выхода из конвертера одной или более заряженных частиц с энергиями не менее 1,5 МэВ, т. е. конверсионные эффективности, в случае перпендикулярного падения на конвертер разных толщин γ-квантов с энергией 44 и 177 МэВ, вычисленные с помощью нашей программы, находятся в хорошем согласии с результатами эксперимента [3] и расчета Форда и Нельсона [4]. При регистрации γ-квантов телескопической системой, приведенной на рисунке, минимальный порог регистрации заряженных частиц обусловлен общей толщиной сцинтилляторов S_1, S_2 и S_3. Кроме того, счетчиком S_1, включенным на антисовпадение со счетчиками S_2 и S_3, отбрасываются случаи обратно рассеянных в конвертере заряженных частиц.



Общий вид γ-телескопа.

Нами проведены вычисления вероятности выхода из конвертера толщиной Z одной или более заряженных частиц с энергией не менее E_1 в случае попадания γ-квантов с энергиями E_γ на конвертер под углом θ. Результаты расчетов для энергий $E_1 = 1{,}5$, 5,0, 10 и 15 МэВ, толщины $Z = (0{,}5—7{,}5)\ X_0$ (X_0 — рад. длина, для свинца равная 6,37 г/см^2), $E_\gamma = 30—1000$ МэВ и $\theta = 0—85°$ приведены в работе [7]. Были проведены вычисления также при отсутствии обратно рассеянных частиц с энергией не менее E_2. Результаты для случая $E_1 = E_2 = 1{,}5$ и 15 МэВ и для $E_\gamma = 100—600$ МэВ приведены в таблице. Как показывают расчеты, учет обратно рассеянных частиц оказывает существенное влияние при значениях $\theta > 60°$. Энергия обратно рассеянных частиц лежит в интервале нескольких МэВ и уже при значениях $E_2 > 15$ МэВ учет обратно рассеянных частиц мало влияет на значение конверсионных эффективностей даже при больших углах θ. Из-за пространственного развития ливня частицы, образованные при больших значениях Z, влияют на значения конверсионных эффективностей при малых значениях Z, особенно при больших углах θ и малых значениях E_1 и E_2. Поэтому вычисления для каждого значения Z выполнены отдельно. Данные получены в результате усреднения 200—1000 ливней в зависимости от начальных условий. Полученные результаты использованы нами для определения эффективности 4π-детектора при регистрации π^0-мезонов в экспериментах по измерению полного сечения фотообразования π^0-мезонов и адронов на ядрах в резонансной области энергий [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агафонов В. П.* и др. ПТЭ, 5, 47 (1962).
2. *Fitzgerald D. H. et al.* Nucl. Inst. and Meth., 192, 193 (1982).
3. *Darrtulat P. et al.* Nucl. Inst. and Meth., 129, 105 (1975).
4. *Ford R. L., Nelson W. R.* Preprint SLAC—210, Stanford, 1978.
5. *Nagel H. H.* Z. Phys., *Bd* 186, 319 (1965).
6. *Steinmetz L.* Preprint CRN/HE 74—16, Strasburg, 1974.
7. *Bayatyan G. L. et al.* Preprint ЕФИ—599 (86)—82, Yerevan, 1982.
8. *Баятян Г. Л.* и др. Препринт ЕФИ—658 (48)—83, Ереван, 1983.

E_γ = 100—600 ՄէՎ ԷՆԵՐԳԻԱՆԵՐԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ γ-ՔՎԱՆՏՆԵՐԻ ԿՈՆՎԵՐՍԻՈՆ ԷՖԵԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ԿԱԽՎԱԾ ԿՈՆՎԵՐՏԵՐԻ ՀԱՍՏՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ԵՎ ՆՐԱ ՄԵՋ ՄՏՆԵԼՈՒ ԱՆԿՅՈՒՆԻՑ

Հ. Լ. ԲԱՅԱԹՅԱՆ, Ս. Գ. ԿՆՅԱԶՅԱՆ, Ա. Թ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

Բերված են էլեկտրամագնիսական հեղեղի մոդելավորման մեթոդով հաշվարկված γ-քվանտների կոնվերսիոն էֆեկտիվությունները 0,5 –2,5 ռադ. երկարությամբ կապարային կոնվերտորների համար, 100—600 ՄէՎ էներգիաների տիրույթում և այն դեպքում, երբ γ-քվանտները մտնում են կոնվերտորի մեջ նրա ուղղահայացի նկատմամբ 15—85° անկյան տակ։ Հաշվարկները անց են կացվել տարբեր գրանցման շեմային էներգիաների համար, երբ հաշվի են առնված նաև ետցրված մասնիկները։

THE CONVERSION EFFICIENCY OF γ-QUANTA DEPENDING ON THE ANGLE OF INCIDENCE AND THE CONVERTER THICKNESS FOR ENERGIES E_γ = (100—600) MeV

G. L. BAYATYAN, S. G. KNYAZYAN, A. T. MARGARYAN

The conversion efficiency for γ-quanta with energies ranged from 100 to 600 MeV has been calculated by simulation of electromagnetic showers rn lead converters having (0,5—2,5) rad. length, when the angle of γ-quanta incidence with respect to the normal was (15—85)°. The calculations were made for different detection thresholds with due regard for backscattered particles.