

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ВЕЩЕСТВА СЛОИСТОЙ СРЕДЫ В ДЕТЕКТОРАХ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

А. Л. АВАКЯН, Г. М. ГАРИБЯН, ЯН ШИ

Проведен сравнительный численный анализ выхода числа квантов рентгеновского переходного излучения из стопки пластин в зависимости от вещества пластин. Показано, что для частиц с лоренц-факторами в районе $2 \cdot 10^2 \div 10^4$ и квантов переходного излучения с энергиями больше 10 кэв наиболее выгодным веществом пластин является бериллий. В области энергий квантов 1—5 кэв более предпочтителен жидкий водород.

1. В последние годы в связи с необходимостью идентификации частиц высоких энергий в литературе все чаще обсуждаются вопросы создания детекторов частиц на основе переходного излучения [1, 2]. Основной задачей при создании указанных детекторов является получение в некотором интервале частот максимального числа фотонов с достаточно выраженной зависимостью этого числа от лоренц-фактора частицы.

Формулы для переходного излучения, образуемого в пластине [3, 4] и в стопке пластин [5, 6], были получены давно. Однако частотные спектры рентгеновского переходного излучения обычно рассчитывались при некоторых фиксированных значениях параметров стопки пластин.

В работе [7] впервые была исследована зависимость выхода числа квантов рентгеновского переходного излучения от толщины пластин слоистой среды a и расстояний между ними b . При этом расчет числа квантов производился для некоторых интервалов частот, а также для различных значений γ лоренц-фактора заряженной частицы. Результаты расчета показали, что при оптимальном выборе этих параметров можно значительно увеличить выход излучения.

В последнее время наряду с обычно используемыми материалами для слоистых сред (майлар, алюминий, пенопласт и т. п. [1, 2]) в ряде работ предлагались детекторы с использованием в качестве радиатора других веществ (жидкий дейтерий [8], литий [9]).

В настоящей работе проводится сравнительный численный анализ различных материалов для некоторых интервалов частот с точки зрения получения максимального выхода квантов переходного излучения из слоистой среды.

2. Как известно, с увеличением атомного номера Z увеличивается плазменная частота ω_p , что приводит к росту интенсивности излучения. В то же время, с ростом Z возрастает поглощение в слоистой среде, поэтому представляется необходимым найти такое вещество, которое оптимальным образом будет удовлетворять поставленной задаче получения максимального выхода переходных квантов.

Для расчета числа квантов рентгеновского переходного излучения, вышедшего из стопки пластин, использовалась блок-схема расчета, приведенная в [10]. Результаты вычислений представлены на рис. 1—5. Рас-

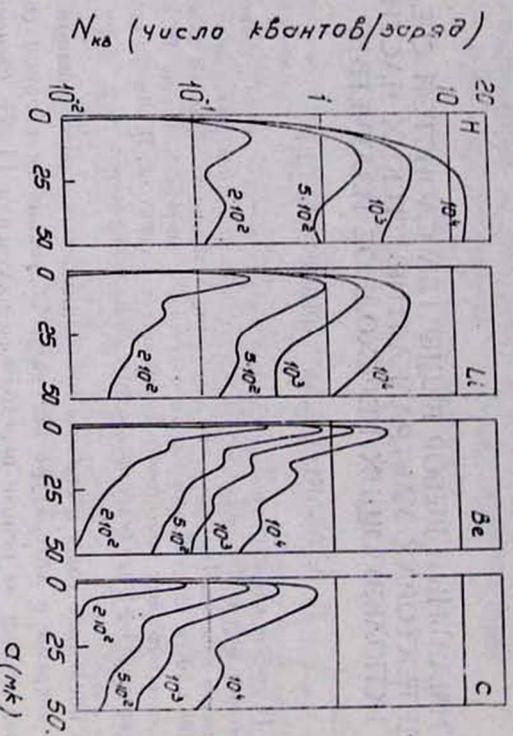


Рис. 1. Число квантов переходного излучения в интервале частот $1 \div 5$ кэв как функция толщины пластин a сплошной среды для различных веществ. Сплошная среда состоит из $5 \cdot 10^2$ пластин с расстояниями между ними 1 мк. Цифры у кривых указывают лоренц-фактор заряда.

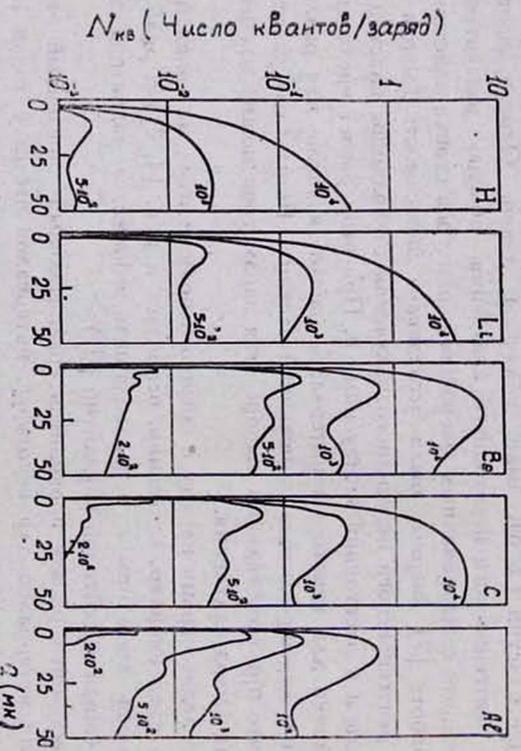


Рис. 2. То же самое, что и на рис. 1, в интервале частот $10 \div 20$ кэв.

стояние b между пластинами в радиаторах взято равным 1 мк, так как при этом выход числа квантов излучения $N_{кв}$ перестает зависеть от b (см. [7]). Значения толщины пластин a взяты в интервале от 0 до 50 мкм, так как при больших значениях a интенсивность излучения резко падает из-за поглощения (см. [7]).

Из рис. 1 видно, что кривые выхода излучения в интервале частот от 1 до 5 кэв из стопки, состоящей из $N=500$ пластин, в зависимости от толщины пластин имеют максимумы, ординаты которых для указанных на

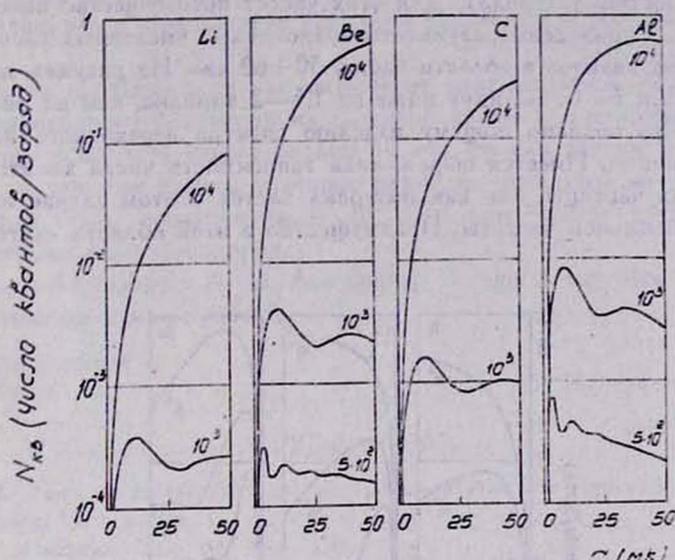
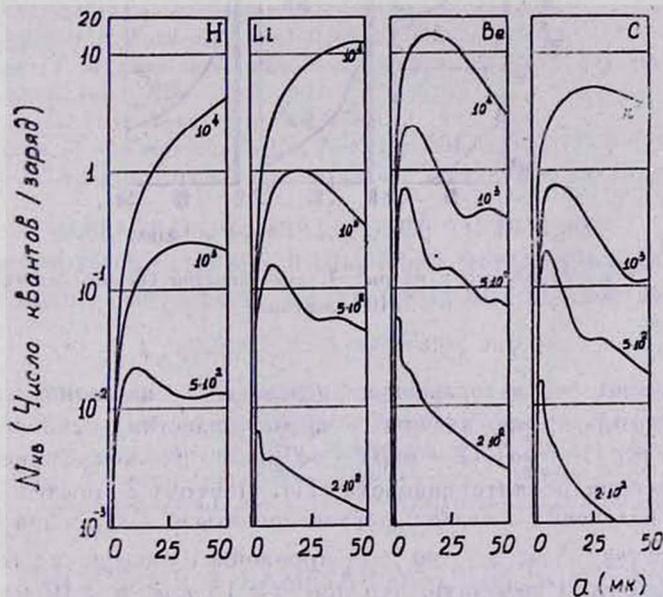

 Рис. 3. То же самое, что и на рис. 1, в интервале частот $50 \div 60$ кэв.

 Рис. 4. То же самое, что и на рис. 2, но для слоистой среды, состоящей из $5 \cdot 10^3$ пластин.

рис. 1 веществ разные. Видно, что наибольший выход дает водород, например, при толщине порядка 20 мкм для $\gamma = 10^3$.

Совершенно иначе обстоит дело в области частот $10 \div 20$ кэв, кривые для которых приведены на рис. 2. Из рисунка видно, что кривые для H и Li упали по сравнению с рис. 1, тогда как для Be , C , Al они поднялись (под символом C мы понимаем органические вещества типа майлара, бумаги с плотностью ~ 1 г/см³, плазменной частотой ~ 20 эв и поглощаю-

щей способностью углерода). Для этих частот преимущество имеет *Be*.

На рис. 3 приведены результаты аналогичных численных расчетов для рентгеновских квантов в области частот 50–60 кэв. Из рисунка видно, что кривые для *Li*, *Be*, *C*, *Al* идут ниже на 1,5–2 порядка, чем на рис. 2. Это обстоятельство обязано общему падению спектра переходного излучения с ростом частоты. Имеется выраженная зависимость числа квантов от лоренц-фактора частицы, так как интервал частот в этом случае находится в области граничной частоты. Преимущество в этой области частот имеют *Be* и *Al*.

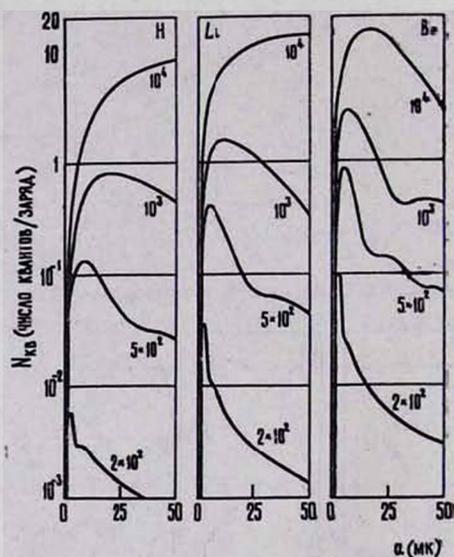


Рис. 5. То же самое, что и на рис. 4, для слоистой среды, состоящей из $5 \cdot 10^4$ пластин.

3. Известно, что в образовании переходного излучения принимает участие некоторое эффективное число пластин слоистой среды $N_{eff} = [1 - \exp(-N\mu\alpha)]/[1 - \exp(-\mu\alpha)]$, где μ — коэффициент поглощения излучения по интенсивности [11]. Поэтому с ростом N выход переходного излучения сначала будет увеличиваться, а затем при $N \sim N_{eff}^{max} = 1/\mu\alpha$ (в случае $N\mu\alpha \gg 1$, $\mu\alpha \ll 1$) произойдет насыщение выхода излучения. Нетрудно получить, что при $\omega = 15$ кэв, $a = 10$ мкм $N_{eff}^{max} = 4 \cdot 10^4$; $9 \cdot 10^3$; $2 \cdot 10^3$; $1,5 \cdot 10^3$ и 50 соответственно для *H*, *Li*, *Be*, *C* и *Al*. Поэтому на рис. 4 приведены те же кривые, рассчитанные для рентгеновских квантов в интервале частот 10–20 кэв, в том случае, когда слоистая среда состоит из $N = 5 \cdot 10^3$ пластин. Как и следовало ожидать, кривые для *Al* по сравнению с рис. 2 не изменились, поэтому на рис. 4 они не приведены. Из рис. 4 видно, что кривые для оставшихся материалов изменились в зависимости от соответствующих значений N_{eff}^{max} .

Если взять $N = 5 \cdot 10^4$, то из рис. 5 видно, что кривые для *Be* и *C* остаются неизменными, в то время как для *H* они возрастают примерно в 1,5

раза, тогда как для Li они возрастают совсем мало. Из последних двух рисунков видно, что в этих случаях бериллий является предпочтительным материалом.

4. Таким образом, если нас интересует максимальный выход числа квантов переходного излучения из слоистой среды в направлении движения частицы в области частот больше 10 кэВ , то для частиц с рассматриваемыми значениями лоренц-факторов наиболее выгодным материалом вещества пластины является бериллий. В области частот $1 \div 5 \text{ кэВ}$ более предпочтителен жидкий водород.

Авторы благодарны А. И. Алиханяну, беседы с которым стимулировали выполнение данной работы.

Ереванский физический
институт

Поступила 10.VIII.1975

ЛИТЕРАТУРА

1. L. C. L. Yuan. International Conf. on Instrumentation for High Energy Physics, Frascati, 1973, p. 334.
2. А. И. Алиханян. Там же, стр. 350.
3. В. Е. Пафолов. ЖЭТФ, 33, 1074 (1957).
4. Г. М. Гарибян, Г. А. Чаликян. ЖЭТФ, 35, 1282 (1958).
5. М. А. Тер-Микаелян, А. Д. Газаян. ЖЭТФ, 39, 1993 (1960).
6. Г. М. Гарибян, И. И. Гольдман. ДАН АрмССР, 31, 219 (1960).
7. А. А. Авакян, Г. М. Гарибян, Ян Ши. Nucl. Instr. Meth., 129, 303 (1975).
8. J. E. Bateman. Nucl. Instr. Meth., 103, 565 (1972).
9. J. Fisher et al. Phys. Lett., 49B, 393 (1974).
10. Г. М. Гарибян, А. А. Геворкян, Ян Ши. Nucl. Instr. Meth., 125, 133 (1975).
11. Э. Сторм, Х. Израэль. Сечение взаимодействия гамма-излучения, М., 1973.

ԱՆՅՈՒՄԱՅԻՆ ՀԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄԸ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՂ ՈՒԼՏՐԱՌԱՅԻՆ ՍՄԱՆԻԿՆԵՐԻ ԴԵՏԵԿՏՈՐՆԵՐՈՒՄ ՇԵՐՏԱՎՈՐ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՆՅՈՒԹԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Լ. ԱՎԱԿՅԱՆ, Գ. Մ. ԳԱՐԻԲՅԱՆ, ՅԱՆ ՇԻ

Աշխատանքում կատարված է շերտավոր միջավայրից դենտգենյան անցումային ճառագայթման քվանտների ելքի թվային վերլուծությունը կախված թիթեղի նյութից: Ցույց է տրված, որ $2 \cdot 10^2 \div 10^4$ լորենց-ֆակտորների ունեցող մասնիկների և 10 կէՎ-ից բարձր էներգիայով օժտված անցումային ճառագայթման քվանտների համար որպես թիթեղի նյութ առավել նպատակահարմար է օգտագործել բերիլիումը: $1 \div 5$ կէՎ էներգիաների տիրույթում ավելի նախընտրելի է հեղուկ ջրածինը:

OPTIMAL CHOICE OF A LAMINAR MEDIUM SUBSTANCE FOR ULTRARELATIVISTIC PARTICLE TRANSITION RADIATION DETECTORS

A. L. AVAKYAN, G. M. GARIBYAN, C. YANG

A comparative numerical analysis of the yield of X-ray transition radiation produced in a stack of plates is done depending on the plate substance. It is shown that for particles with Lorentz factor of the order of $2 \cdot 10^2 \div 10^4$ and for the transition radiation quanta with energies in excess of 10 Kev beryllium is the most optimal plate substance. For energies ranging from $1 \div 5 \text{ Kev}$ liquid hydrogen is more preferable.