

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАЗИМОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ПУЧКА ФОТОНОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ РЕАКЦИЙ

Р. О. АВАКЯН, А. А. АРМАГАНЯН, И. Х. КОСАКОВ,  
Ж. В. ПЕТРОСЯН, С. П. ТАРОЯН

В работе изучена возможность измерения энергетической зависимости различных параметров реакций фоторождения при использовании квазимонохроматического пучка фотонов. Показано, что для исключения большой ошибки, возникающей при нормировании на число эквивалентных  $\gamma$ -квантов, нормирование необходимо производить на число электронов.

Исследование реакций фоторождения, в особенности инклюзивных, как на водороде, так и на ядрах в зависимости от энергии фотонов представляет значительную трудность в силу того, что спектр фотонов высоких энергий, получаемых на электронных ускорителях в результате тормозного излучения ускоренных электронов, имеет непрерывный характер. Это обстоятельство делает невозможным непосредственное измерение различных параметров реакций в зависимости от энергии фотонов.

В этом случае измерения производятся методом вычитания на краю спектра [1] или методом «меченых фотонов» [2]. Метод вычитания на краю спектра неудобен тем, что требует большого времени для измерения с заданной статистической точностью. Кроме того, он не дает возможности производить измерения при энергии фотонов ниже некоторой граничной энергии, характерной для данного ускорителя. К примеру, эта граничная энергия для Ереванского ускорителя АРУС равна 2 Гэв. Метод же «меченых фотонов» не позволяет работать при интенсивности пучка более  $10^7$  экв. фотонов/сек, что на два с лишним порядка меньше обычно используемых интенсивностей. Перечисленные недостатки этих методов сильно ограничивают их применимость при изучении процессов с малыми сечениями.

Недавно в работе [3] было измерено сечение инклюзивного фотообразования протонов на ядрах в зависимости от энергии фотонов. В этой работе был применен метод измерения сечения реакции в зависимости от энергии фотонов при помощи квазимонохроматического пучка фотонов. Идея этого метода также заключается в вычитании. Однако здесь сечение извлекается из экспериментальных данных путем вычитания выходов реакции при поляризованном и неполяризованном пучках. Энергетическая зависимость сечения исследуется путем изменения пиковой энергии в спектре фотонов. Используемый метод свободен от недостатков, присущих указанным выше методам: он позволяет вести исследования до энергии фотонов  $\sim 0,5$  Гэв, он не требует перестройки режима ускорителя, связанной с изменением энергии электронов, и позволяет за короткое время измерять реакции с сечениями ( $10^{-30} \div 10^{-31}$ ) см<sup>2</sup>/(стер. Мэв/с).

Большим преимуществом этого метода является возможность одновременного измерения сечения реакции и асимметрии сечения в зависимости от направления поляризации фотонов. При вычитании выходов необходимо нормировать их на одно и то же значение некоторой величины. В качестве этой величины может быть выбрано число эквивалентных  $\gamma$ -квантов или число электронов, попавших на внутреннюю мишень ускорителя. Обработка данных в работе [3] производилась нормированием на число  $\gamma$ -квантов.

На рис. 1 приведены спектры поляризованных фотонов при трех пиковых энергиях и спектр неполяризованных фотонов, измеренные при на-

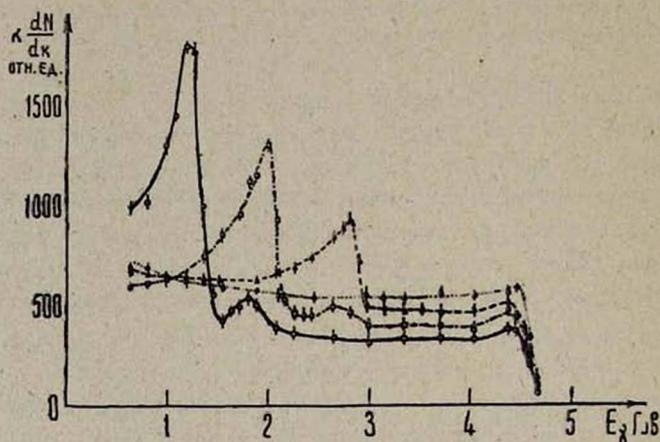


Рис. 1. Сплошная кривая — квазимонохроматический спектр с  $E_\gamma^{\text{пик}} = 1,2$  ГэВ, штрих-пунктирная кривая — то же самое с  $E_\gamma^{\text{пик}} = 2,0$  ГэВ, штриховая кривая — то же самое с  $E_\gamma^{\text{пик}} = 2,8$  ГэВ, пунктирная кривая — спектр от дезориентированного кристалла.

боре на одинаковое число эквивалентных  $\gamma$ -квантов. Как видно из рисунка, разница в ординатах между неполяризованным спектром и некогерентной частью квазимонохроматического спектра тем больше, чем меньше пиковая энергия. Этот результат есть следствие уменьшения сечения тормозного излучения электронов в кристалле с увеличением пиковой энергии фотонов. Указанная разница в спектрах является источником дополнительной систематической ошибки (которая достигает 35% при  $E_\gamma^{\text{пик}} = 2,8$  ГэВ), возникающей при пересчете выхода протонов на неполяризованном пучке к выходу протонов, обусловленному некогерентной частью поляризованного пучка. Исключить указанную ошибку можно при нормировании на число электронов, попадающих на внутреннюю мишень ускорителя.

Как известно [4], сечение тормозного излучения электронов в кристалле выражается соотношением

$$d\sigma_{\text{тор}} = d\sigma_{\text{ам}} + d\sigma_{\text{инт}}, \quad (1)$$

где  $d\sigma_{\text{ам}}$  — аморфная часть сечения, не зависящая от угла влета электро-

нов в кристалл или, что то же самое, от ориентации кристалла в пространстве,  $d\sigma_{\text{инт}}$  — интерференционная часть сечения, обусловленная эффектом когерентного тормозного излучения электронов в кристалле.

Из выражения (1) следует, что:

1) аморфная часть спектра когерентного тормозного излучения не зависит от ориентации кристалла, т. е. от пиковой энергии фотонов;

2) измеряя спектр фотонов в условиях отсутствия интерференционного члена (кристалл сильно дезориентирован), мы тем самым измеряем аморфную часть когерентных спектров. Сказанное справедливо, если измерения проводятся при наборе на одно и то же число электронов.

С целью проверки второго вывода было проведено измерение спектров фотонов как от ориентированного ( $E_{\gamma}^{\text{пик}} = 1,27 \text{ Гэв}$ ), так и от дезориентированного кристалла. В качестве кристалла использовался алмаз толщиной 0,5 мм, который устанавливался на внутреннем пучке электронов Ереванского ускорителя, ускоренных до энергии 4,67 Гэв. Изменение ориентации кристалла в пространстве производилось с помощью дистанционно-управляемой гониометрической системы. Измерение числа электронов, падающих на внутреннюю мишень, осуществлялось с помощью датчика [5], установленного вдоль траектории электронов в кольцевой камере ускорителя. Результаты измерений (спектры фотонов) приведены на рис. 2 (спектры на рис. 1 и 2 получены при такой ориентации кристалла,

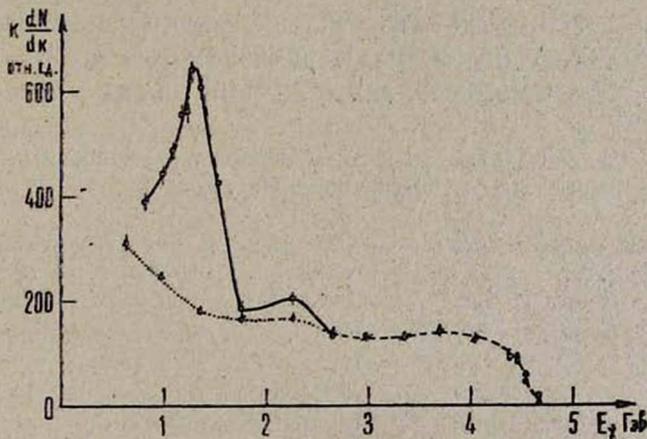


Рис. 2. Сплошная кривая — квазимонохроматический спектр с  $E_{\gamma}^{\text{пик}} = 1,27 \text{ Гэв}$ , пунктирная кривая — спектр от дезориентированного кристалла, штриховая кривая — совпадающие части спектров.

когда основной вклад в сечение дает узел  $[022]$ ). Ошибки на рисунке приведены статистические. Как видно из рисунка, полученный результат подтверждает сделанный вывод, что позволяет проводить измерение различных параметров реакций фоторождения при нормировании на число электронов и избежать при этом нежелательной процедуры пересчета выхода реакции при дезориентированном кристалле к выходу от аморфной части спектра фотонов при ориентированном кристалле и, тем самым, исключить связанную с этой процедурой большую ошибку.

Необходимо отметить, что усредненное по точкам спектра отношение числа электронов  $N_e$  к числу  $Q$  эквивалентных фотонов, измеренное для каждой точки, было постоянным в пределах 1,2% для когерентного спектра и 4% для спектра от дезориентированного кристалла. Указанные отклонения находятся в пределах точности измеряющей аппаратуры. Поэтому постоянство отношения  $N_e/Q$  говорит о неизменности условий в процессе измерения спектров, приведенных на рис. 2.

В заключение авторы выражают благодарность коллективу лаборатории И. П. Карабекова и Р. М. Мирзояну, обеспечивших работу с индукционным датчиком.

Ереванский физический  
институт

Поступила 12.I.1978

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. О. Абрамян и др. ЯФ, 23, 749 (1976).
2. Г. Л. Баятян и др. Научное сообщение ЕФИ—72/74.
3. Р. О. Авакян и др. Научное сообщение ЕФИ—225(17)—77.
4. М. Л. Тер-Микаелян. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях, Изд. АН АрмССР, 1969.
5. И. П. Карабеков и др. Научное сообщение ЕФИ—23 (73).

### ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ԿՎԱԶԻՄՈՆՈԽՐՈՄՄԱՏԻԿ ՓԵՋԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՌԵՍԿՑԻՍՅԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԿԱԽՎԱՄՈՒԹՅՈՒՆԸ ՉԱՓԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ

Ռ. Շ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ա. Ա. ԱՐՄԱԳԱՆՅԱՆ, Ի. Խ. ԿՈՍԱԿՈՎ,  
Ժ. Վ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ս. Պ. ԹԱՐՈՅԱՆ

Աշխատանքում ուսումնասիրված է տարրեր բնութագրեր ունեցող ֆոտոնման ռեակցիաների էներգետիկ կախվածության շահման հնարավորությունը ֆոտոնների կվազիմոնոխրոմատիկ փնջի օգտագործման դեպքում:  $\gamma$ -քվանտների համարժեք թվերի նշման ժամանակ առաջացող մեծ սխալներից խուսափելու համար պետք է նորմավորումը կատարել էլեկտրոնների թվով:

### ON THE POSSIBILITY OF USING THE QUASIMONOCROMATIC PHOTON BEAM TO MEASURE ENERGY DEPENDENCE OF REACTIONS

R. O. AVAKYAN, A. A. ARMAGANYAN, I. Kh. KOSAKOV,  
Zh. V. PETROSYAN, S. P. TAROYAN

The possibility to measure the energy dependence of different parameters of photoproduction reactions is studied in the present work when using the quasimonochromatic photon beam. It is shown, that to exclude large error arising at normalizing per the number of equivalent  $\gamma$ -quanta, it is necessary to normalize per electrons number.