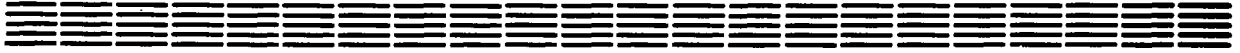


Препринт ЕФИ-1082(45)-88

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Р.О. АВАКЯН

СОЗДАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПУЧКОВ ФОТОНОВ  
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ  
ФОТОРОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ

ЦНИИатоминформ  
ЕРЕВАН—1988

Նախնատիպ ԵՖԻ-1082(45)-88

Ռ.Օ. ԱՎԱԳՅԱՆ

ԲՆԱԿԵՌԱՑՎԱԾ ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ՓՆՋԻ ԱՏԵՂԾՈՒՄԸ ԵՎ  
ՍԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՖՈՏՈԾՆՄԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄՅՑՈՒՆՆԵՐՈՒՄ\*<sup>\*</sup>

Հիմնավորված է ԵրՖԻ-ի սինթրոտրոնում բևեռացված Ֆոտոնների  
փնջի ստեղծման անհրաժեշտությունը և տրված է բևեռացված Ֆոտոնների  
փնջի օգտագործմամբ մեզոնների Ֆոտոծնման հիմնական փորձերի, այդ  
թվում կրկնակի բևեռացման փորձերի, ակնարկը:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1988

---

\* Զեկուցվել է ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Հ. Հ. Վարդապետյանի ծննդյան  
10-ամյակին նվիրված ԵրՖԻ-ի Գիտատվանիկական խորհրդի նիստում,  
1987 թ. մայիսի 26-ին:



Центральный научно-исследовательский институт информатики  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИАтоминформ) 198: г.

УДК 539.12.539.124.185

Р.О.АБАКЯН

СОЗДАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПУЧКОВ ФОТОНОВ И ИХ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ\*

Обоснована необходимость создания пучков поляризованных фотонов на электронном синхротроне ЕрФИ и дан обзор основных экспериментов по фоторождению мезонов с использованием пучка поляризованных фотонов, в том числе дважды поляризационных экспериментов.

Ереванский физический институт

Ереван 1988

---

\* Доклад прочитан на заседании Научно-технического совета Ереванского физического института 26.05.87г., посвященном 60-летию со дня рождения академика АН АрмССР Г.В.Вартапетяна

Preprint YERPHI-1082(45)-88

R.O. AVAKIAN

CREATION OF POLARIZED PHOTON BEAMS AND THEIR USE  
IN THE PARTICLES PHOTOPRODUCTION INVESTIGATION

*dedicated* *dedicated*  
The ~~creation~~ of polarized photon beams at the ~~YERPHI~~ syn-  
chrotron is reasoned and the main experiments (among them  
double-polarization ones) on the meson photoproduction using  
polarized photon beams are surveyed.

Yerevan Physics Institute  
Yerevan 1988

---

\* Reported at the Scientific Engineering Council of YERPHI  
in 26.05.1987 dedicated to the 60th birthday anniversary of  
H.H. Vartapetian, academician of Arm.SSR Ac. Sci.

УДК 539.12.539.124.185

Р.С.АВАКЯН

СОЗДАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПУЧКОВ ФОТОНОВ И ИХ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ \*

Обоснована необходимость создания пучков поляризованных фотонов на электронном синхротроне ЕФИ и дан обзор основных экспериментов по фоторождению мезонов с использованием пучка поляризованных фотонов, в том числе дважды поляризационных экспериментов.

Ереванский физический институт

Ереван 1988

---

\* Доклад прочитан на заседании Научно-технического совета Ереванского физического института 26.05.87г., посвященном 60-летию со дня рождения академика АН АрмССР Г.В.Вартапетяна

Preprint YERPHI-1082(45)-88

R.O. AVAKIAN

CREATION OF POLARIZED PHOTON BEAMS AND THEIR USE  
IN THE PARTICLES PHOTOPRODUCTION INVESTIGATION

The creation of polarized photon beams at the YERPHI synchrotron is reasoned and the main experiments, among them double-polarization ones, on the meson photoproduction using polarized photon beams are surveyed.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1988

---

\* Reported at the Scientific Engineering Council of YERPHI in 26.05.1987 dedicated to the 60th birthday anniversary of H.H. Vartapetian, academician of Arm.SSR Ac. Sci.

Большую информацию для изучения внутренней структуры и свойств взаимодействия элементарных частиц дают экспериментальные исследования реакций, вызываемых фотонами высоких энергий на нуклонах и ядрах. В отличие от реакций с адронами, в них содержатся сведения как об электромагнитных, так и о сильных взаимодействиях адронов. Экспериментальные исследования в этой области стимулировали развитие новых теоретических идей о внутренней структуре адронов и их взаимодействия. К таким исследованиям относится также фоторождение пионов на нуклонах в резонансной области, представляющее большой интерес для получения информации об электромагнитных характеристиках нуклонных резонансов, изучения структуры адронов, уточнения их классификации и изучения свойств электромагнитного тока адронов. Несмотря на то, что квантовые числа резонансов, определяющих фоторождение в резонансной области, известны из  $\pi N$  - рассеяния, для изучения структуры резонансов, их классификации и проверки предсказаний различных кварковых моделей, реакции фоторождения продолжают оставаться очень информативными. Это связано с тем, что в

модели кварков переходы  $N^* \rightarrow N\gamma$  определяются взаимодействием одного кварка с фотоном, в то время как переходы с испусканием мезонов  $N \rightarrow N\pi$  определяются многокварковыми взаимодействиями. В реакциях фоторождения, в отличие от  $\pi N \rightarrow \pi N$ , определяются не только величины амплитуд распадов резонансов, но и их относительные знаки. Информации о спиновой зависимости возбуждения резонансов также богаче в реакциях фоторождения вследствие того, что спин фотона равен единице.

Для получения однозначных выводов о соответствии теоретических предсказаний с экспериментом в резонансной области энергии необходимо выполнить сравнение на уровне амплитуд  $\pi N$  процессов, извлекаемых из экспериментальных данных в рамках полного опыта по фоторождению пионов. Полный опыт процесса фоторождения пионов включает измерение в каждой реакции ( $\gamma N \rightarrow \pi N$ ) девяти независимых экспериментальных наблюдаемых. Экспериментальное исследование этих наблюдаемых становится возможным в экспериментах на поляризованных пучках фотонов с поляризованными нуклонными мишенями и с возможностью измерения поляризации нуклонов отдачи. К началу исследований процессов фоторождения в ЕРФИ экспериментальная информация в III и IV резонансной областях включала только данные по дифференциальным сечениям, практически отсутствовали экспериментальные результаты по асимметрии сечения при поляризованных фотонах ( $\Sigma$ ), поляризованной мишени ( $T$ ) и данные по поляризации нуклонов отдачи ( $P$ ). В этой связи возникла необходимость в создании пучка линейно поляризованных фотонов и в методике исследования реакции фоторождения пионов на водороде. Для развертывания этих исследований

в ЕРФИ была поставлена задача создания квазимонохроматического поляризованного пучка фотонов на Ереванском электронном синхротроне с энергией 5 ГэВ. Угловые и энергетические характеристики внутреннего электронного пучка Ереванского синхротрона и требования к степени поляризации и интенсивности фотонного пучка, необходимого для исследования реакций фоторождения на установках с методикой совпадения продуктов реакции, предопределили методику когерентного тормозного излучения как наиболее перспективную.

Практическая возможность получения пучков поляризованных и квазимонохроматических фотонов высоких энергий определила целесообразность исследования проблемы взаимодействия релятивистских электронов с кристаллами для физики высоких энергий. В последние годы наблюдался большой интерес к чисто электромагнитным явлениям, возникающим при прохождении заряженных частиц высоких энергий через кристаллические среды.

Обычно при рассмотрении явлений, происходящих при высоких энергиях, когда длины волн  $\lambda$ , участвующих в процессе частиц, много меньше  $d$  — расстояния между атомами, отвлекаются от взаимного влияния соседних атомов и представляют поперечник взаимодействия со всей средой в виде суммы поперечников для отдельно взятых атомов. Однако, как было показано Тер-Микаеляном, в некоторых случаях несмотря на то, что длины волн пренебрежимо малы по сравнению с атомными расстояниями, учет периодичности кристаллической среды приводит к существенным изменениям поперечника взаимодействия.

Интересным является тот факт, что чем выше энергия начальной частицы и чем больше направленность процесса, тем сущест-

веннее влияние среды. Критерием перехода к независимым друг от друга актам взаимодействия является не малость длин волн по сравнению с расстоянием между атомами, а условие  $q_i \gg \frac{\hbar}{d_i}$ , где  $q_i$  - переданный среде импульс в данном направлении,  $d_i$  - проекция на то же направление вектора  $d$ , определяющего расстояние между атомами. При высоких энергиях частиц, когда направленность процесса велика, импульс, переданный в продольном направлении, оказывается очень малым, и учет влияния среды приводит к существенно новым результатам. Процессом подобного рода является когерентное тормозное излучение (КТИ) электронов высоких энергий в кристаллах. С ростом энергии электронов растет эффективность их взаимодействия с кристаллической решеткой. Электроны высоких энергий когерентно взаимодействуют со всеми атомами, которые находятся в зоне формирования излучения в продольном направлении, называемом длиной когерентности, определяемой величиной

$$l = \delta^{-1}, \quad \text{где} \quad \delta = \omega m^2 c^3 / 2 E_0 (E_0 - \hbar \omega).$$

$E_0$  - энергия частицы,  $m$  - масса частицы,  $\omega$  - частота излученного кванта. Понятие длины когерентности впервые введено Тер-Микаеляном.

Если в эту длину попадают  $N$  - атомов, то эффективной константой взаимодействия будет величина  $Nze^2/\hbar v$ . Критерием применимости теории возмущения будет условие  $\frac{Nze^2}{\hbar v} < 1$ . В условиях, при которых когерентные эффекты максимальны, мы имеем  $Nze^2/\hbar v > 1$ . Однако сравнение измеренных спектров и ориентационных зависимостей с теорией когерентного тормозного из-

лучения показывает хорошее согласие. Это значит, что поправки, связанные с неприменимостью теории возмущения, малы.

К началу 60-х годов трудами Феррети, Тер-Микаеляна и Кле-  
раля были созданы теоретические основы для получения на элек-  
тронных ускорителях высоких энергий квазимонохроматических и  
поляризованных фотонов.

Однако на существующих ускорителях СССР полностью отсутст-  
вовала экспериментальная база для изучения взаимодействия вы-  
сокоэнергетических электронов с монокристаллами и получения  
пучков линейно-поляризованных фотонов методом КТИ.

Комплексной работой ереванских, харьковских и томских физи-  
ков были выполнены многочисленные теоретические и эксперимен-  
тальные исследования, специально направленные на поиски возмож-  
ностей решения этой сложной научно-технической задачи.

В результате на ускорителях ЕрФИ, ХФТИ, НИИЯФ ТПИ и ИФВЭ  
был создан комплекс экспериментальных установок и получены пуч-  
ки поляризованных фотонов. Пучок поляризованных фотонов ЕрФИ  
ввиду специальной структуры электромагнита синхротрона и при-  
менения тонких алмазных радиаторов по своим основным парамет-  
рам (когерентному эффекту, высокой степени поляризации) ока-  
зался рекордным.

Разработка и создание квазимонохроматических поляризован-  
ных пучков фотонов высокой энергии, методика их использования  
в экспериментах по изучению процессов фоторождения частиц на  
нуклонах и ядрах позволили выполнить в СССР на новом уровне  
большую программу исследований в области электромагнитных взаи-  
модействий адронов.

На пучке линейно-поляризованных фотонов в течение 1970-1980 гг. впервые проведены систематические измерения асимметрии сечения в реакциях  $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$   $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$   $\gamma n \rightarrow \pi^- p$   $\gamma p \rightarrow n p$  в области I, II, III, IV  $\pi N$ -резонансов.

Полученные экспериментальные данные представляют уникальный материал по объему и точности полученных результатов, составляют основной набор мировой статистики и явились основой для проведения ряда новых мультипольных анализов в СССР и зарубежом.

Впервые в мировой практике в СССР разработана методика и осуществлен дважды поляризационный эксперимент типа "поляризованный пучок-поляризация нуклона отдачи". В рамках полного опыта в фоторождении мезонов проведены экспериментальные исследования поляризации протонов отдачи в реакции  $\gamma p \rightarrow \pi^0 p$  на пучке линейно-поляризованных фотонов в районе I-III-резонансов.

В связи с проблемой обнаружения и исследования дибарионных резонансов на пучке линейно-поляризованных фотонов в СССР впервые проведены систематические измерения асимметрии сечения в реакции фоторасщепления дейтрона в широкой энергетической области (70-700) МэВ, которые значительно дополнили мировой экспериментальный материал по этой проблеме.

Созданная на ускорителях СССР экспериментальная база по исследованию КТИ и получению квазимонохроматических и поляризованных фотонов позволила успешно выполнить комплекс работ по обнаружению и исследованию излучения при каналировании электронов и позитронов высоких энергий в кристаллах и определили развитие в СССР новой области научно-прикладных задач по взаи-

модействию заряженных частиц с кристаллами.

В заключение отметим, что значительная часть указанной программы работ выполнялась в ЕрФИ под руководством и при личном участии академика АН Арм ССР Г.А.Вартапетяна.

Рукопись поступила 12 октября 1987 г.

Р. О. АВАКЯН

СОЗДАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПУЧКОВ ФОТОНОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ИССЛЕДОВАНИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

---

Подписано в печать 21/УП-88г.

ВФ-03166 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,5

Тираж 299 экз. Ц. 7 к.

Зак. тип. № 360

Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, Маркаряна 2

**The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Markaryan St., 2  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR**

**индекс 3624**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**