

ХАРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

ВРЕМЯ-ПРОЛЕТНАЯ ТЕХНИКА
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Харьков
1980

УДК 539.1.03

Горбенко В.Г., Жебровский Ю.В., Колесников Л.Я., Рубашкин А.Л.
ВРЕМЯ-ПРОЛЕТНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ
ЧАСТИЦ.

Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 80-7, Харьков, 1980, 12 с.

Описана экспериментальная установка для идентификации заряженных частиц по времени пролета, смонтированная на базе магнитного спектрометра СП-02 на линейном ускорителе электронов ХФТИ на 2 ГэВ. База пролета частиц между спинтилляционными детекторами составляла 3,3 м. Использовалась стандартная электронная аппаратура, работающая в линию с ЭВМ М-6000.

Приведены временные спектры при регистрации протонов и дейтронов в диапазоне импульсов 400-700 МэВ/с. Временное разрешение не превышало 5 нс. (9 ил., 2 табл., список лит. - 6 назв.)

© Харьковский физико-технический институт (ХФТИ), 1980

В В Е Д Е Н И Е

Настоящая работа была выполнена в связи с изучением реакции когерентного фоторождения нейтральных пионов на дейтроне на пучке линейно-поляризованных γ -квантов линейного ускорителя электронов 2 ГэВ ХФТИ АН УССР [1]. Вследствие большой (10^4) скважности пучка линейного ускорителя использование методики совпадений для выделения канала исследуемой реакции затруднено из-за больших мгновенных нагрузок спинтилляционных счетчиков и высокого уровня фона случайных совпадений. Поэтому была использована методика эксперимента одного плеча с регистрацией только дейтрона отдачи. В этом случае, однако, выход протонов из дейтериевой мишени более чем на порядок превышал выход дейтронов и при регистрации частиц методикой dE/dx фон протонов под дейтронным пиком в амплитудном спектре превышал 20% для импульса $P_d > 400$ МэВ/с. Для учета этой поправки проводились дополнительные измерения на жидко-водородной мишени, что примерно вдвое увеличивало время эксперимента.

Ввод в эксплуатацию стойки "Аналог" с вычислительным комплексом М-6000 дал возможность эффективно использовать на линейном ускорителе электронов 2 ГэВ ХФТИ АН УССР время-пролетную технику для идентификации заряженных частиц в широком диапазоне импульсов. Применение данной методики в совокупности с традиционными методами регистрации dE/dx и E позволило повысить надежность разделения частиц по массам, более эффективно использовать пучковое время ускорителя, а также заметно понизить фон при исследовании реакций фоторождения.

В настоящей работе описана экспериментальная установка для идентификации заряженных частиц по времени пролета, приведены временные спектры в широком диапазоне импульсов частиц и собран необходимый справочный материал.

ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальная установка для регистрации заряженных частиц по времени пролета смонтирована на базе магнитного спектрометра СИ-02 [2]. Для увеличения пролетной базы в задней стенке защиты спектрометра было сделано окно размером 220х660 мм. Схема расположения детектирующей аппаратуры представлена на рис. 1. Сцинтилляционные счетчики S_1 и S_2 , фиксирующие начало отсчета времени пролета частиц (в дальнейшем — "стартовые" счетчики), помещались непосредственно за камерой магнитного спектрометра. Толщины пластических сцинтилляторов были выбраны соответственно 1 и 2 мм при регистрации частиц с импульсами до 500 МэВ/с; 6 и 10 мм — для импульсов выше 500 МэВ/с. Ширины счетчиков варьировались от 50 до 150 мм в зависимости от требуемой величины энергетического разрешения при исследовании реакций фоторождения.

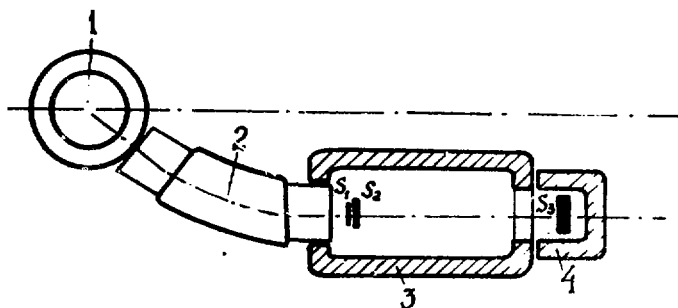


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 — камера рассеяния с мишенями, 2 — магнитный спектрометр СИ-02, 3, 4 — защита

На расстоянии $L = 3,3$ м от "стартовых" счетчиков был расположен "стоповый" счетчик S_3 толщиной 20 мм и размером в вертикальной плоскости 350 х 200 мм. Счетчик вместе с защитой от

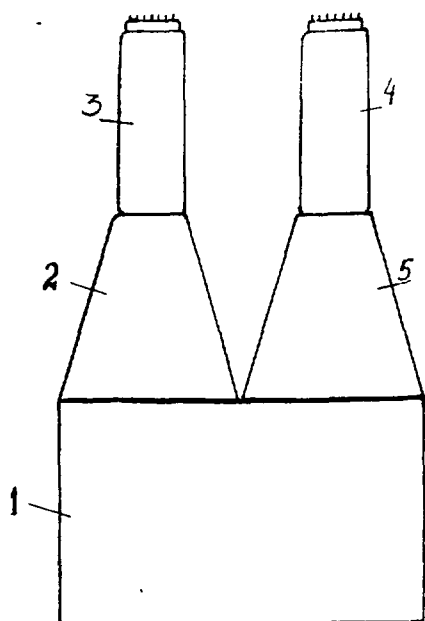


Рис. 2. Конструкция "стопового" счетчика S_3 : 1 - пластический скintиллятор, 2,5 - световоды из оргстекла, 3,4 - фотоумножители ФЭУ-30

радиационного фона ускорителя помещался на подставке, жестко связанной с основной защитой спектрометра.

Конструкция "стопового" счетчика приведена на рис.2. Пластический скintиллятор через два световода просматривался двумя фотоумножителями типа ФЭУ-30. Питание ФЭУ осуществлялось от одного высоковольтного источника; сигналы снимались на общую нагрузку, выполняющую роль сумматора импульсов. Подбор режима работы счетчиков S_1 , S_2 и S_3 производился с помощью светодиодов по методике, описанной в работе [3]. При регистрации высокоэнергетичных частиц с импульсами 600-700 МэВ/с защита спектрометра

откатывалась и база пролета частиц L между "стартовыми" и "стоповым" счетчиками увеличивалась до 4,5 м. В этом случае для счетчиков S_1 и S_2 строилась дополнительная защита от радиационного фона в экспериментальном зале.

Улучшение временного разделения быстрых частиц достигалось также использованием медных поглотителей, расположенных за "стартовыми" счетчиками S_1 и S_2 .

СХЕМА ЭЛЕКТРОНИКИ

В работе использовался комплекс электронной аппаратуры, разработанный в ХФТИ АН УССР с учетом особенностей линейного ускорителя электронов ЛУЭ-2000 [4-6] и работающий в линию с ЭВМ М-6000. Блок-схема электроники приведена на рис. 3. Импуль-

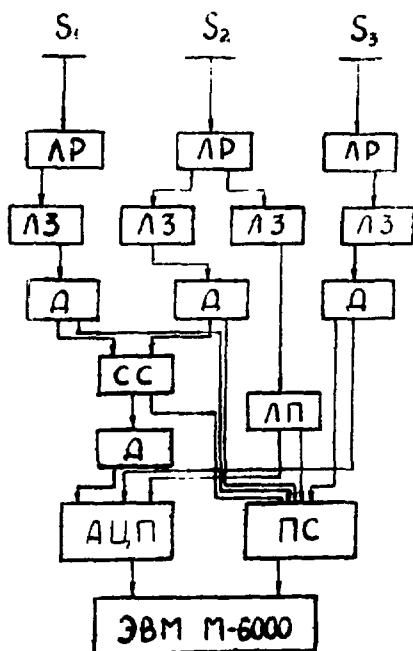


Рис. 3. Схема электронной логики

анализ спектров импульсов с одного из "стартовых" счетчиков (на схеме показан вариант записи амплитудного спектра со счетчика S_2). Такой выбор схемы электронной логики давал возможность в случае необходимости проводить двумерный анализ по времени пролета и по ионизационным потерям энергии в пластическом сцинтиляторе.

Настройка аппаратуры, выбор уровней дискриминации и подбор задержек в каналах осуществлялся с помощью устройства визуального представления графических данных "Сигда", позволяющего также контролировать в процессе эксперимента набор физической информации.

Вся счетная информация накапливалась на пересчетной системе ПС и выводилась на ЭВМ М-6000.

сы отрицательной полярности со сцинтилляционных счетчиков по коаксиальному кабелю длиной 70 м подавались на стойку электроники "Логика", включающую линейные разветвители ЛР, регулируемые линии задержки ЛЗ, быстрые дискриминаторы Д, схемы совпадений СС, линейный пропускатель ("ворота") ЛП.

Логические импульсы со схемы совпадений, регистрирующей акты совпадений в счетчиках S_1 и S_2 , а также сигналы со счетчика S_3 , подавались на аналого-цифровой преобразователь АЦП, расположенный в стойке "Аналог". Каждому каналу преобразователя время - амплитуда соответствовал временной интервал, равный 2 нс. Одновременно проводился амплитудный

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ С ИМПУЛЬСОМ $P \leq 500$ МэВ/с

Выходная фольга вакуумной камеры магнитного спектрометра (медь; 0,15 мм) и в еще большей степени толщины пластических сцинтилляторов ограничивают величину минимального импульса регистрируемых частиц. Как видно из рис. 4, где представлены пробоги частиц в меди и пластике, при толщинах "стартовых" счетчиков S_1 и S_2 1 и 2 мм соответственно минимальный импульс протонов должен быть $P_p = 190$ МэВ/с, а для дейтронов $P_d = 320$ МэВ/с.

Примеры временных спектров, измеренных указанным телескопом сцинтилляционных счетчиков, иллюстрируются на рис. 5. Экспериментальные результаты получены на пучке электронов с начальной энергией $E_0 = 0,75$ ГэВ. В качестве мишеней использовались ядро ${}^7\text{Li}$, а также жидкие водород и дейтерий. Угол спектрометра — 40° . Другие кинематические параметры для каждого из спектров приведены в табл. I, где P, E и P', E' — импульс и энергия дейтрона до и после прохождения медной фольги толщиной 0,15 мм и пластических сцинтилляторов "стартовых" счетчиков суммарной толщины 3 мм, а $\Delta \tau_p$ — расчетная величина разности времен пролета протонов и дейтронов на базе $L = 3,3$ м.

В связи с тем, что выход протонов более чем на порядок превышал выход дейтронов, уровни дискриминации импульсов сцинтилляционных счетчиков были подобраны таким образом, чтобы выходы частиц были соизмеримы. С изменением импульса происходит перераспределение соотношения числа частиц под протонным и дейтронным пиками, что обусловлено изменением сечения выхода частиц в реакциях электрородения. В настоящей работе этот вопрос, однако, не анализировался. Высокий уровень фона случайных совпадений был связан с большими нагрузками в каналах и радиационным фоном в районе расположения "стопового" счетчика S_3 .

При работе с фотонным пучком фоновые условия в экспериментальном зале намного улучшались. На рис. 6 приведены временные спектры частиц с импульсом $P = 473$ МэВ/с от дейтерия, водорода и в случае пустой мишени при верхней энергии фотонного спектра $E_0 = 1,2$ ГэВ. Случайные совпадения в отличие от случая электронного пучка практически отсутствуют. Из спектров от водорода и дейтерия вычтен фон от пустой мишени.

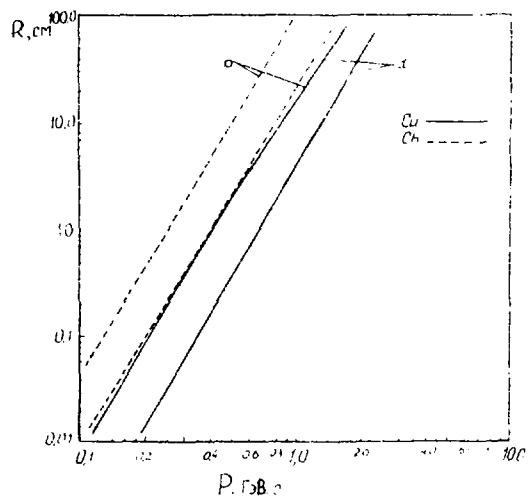


Рис. 4. Кривые пробега протонов и дейтронов в меди и пластике

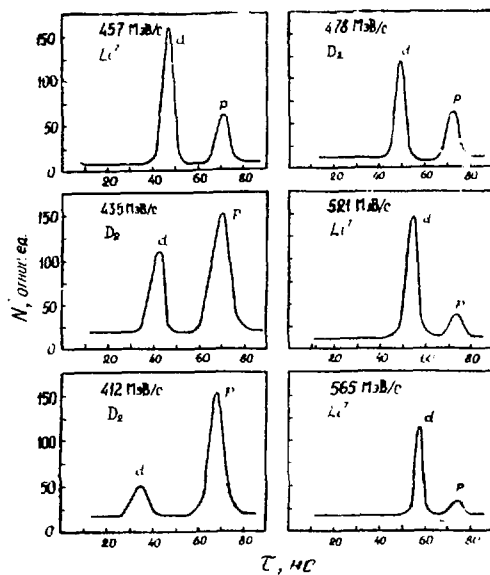


Рис. 5. Временные спектры при детектировании частиц в варианте тонкого телескопа сцинтилляционных счетчиков на электронном пучке

Т а б л и ц а I

Кинематические параметры эксперимента при детектировании частиц
в варианте тонкого телескопа счетчиков

$P, \text{ МэВ/с}$	$E_d, \text{ МэВ}$	$P'_d, \text{ МэВ/с}$	$E'_d, \text{ МэВ}$	$\Delta\tau_p, \text{ нс}$
412	45	380	37,6	28,2
435	49	400	42,1	25,7
457	54	428	47,5	23,8
478	60	456	54,0	22,6
521	70	500	64,9	20,6
565	83	550	78,6	19,0

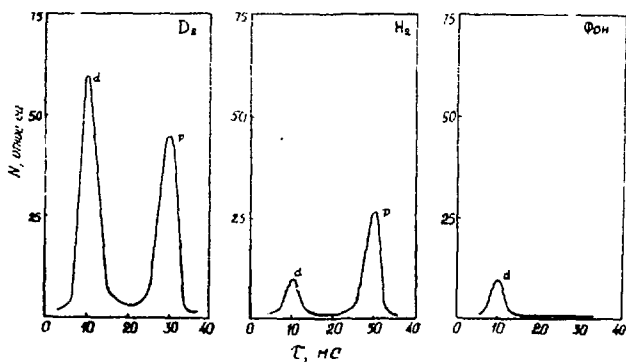


Рис. 6. То же, что на рис. 5, для фотонного пучка

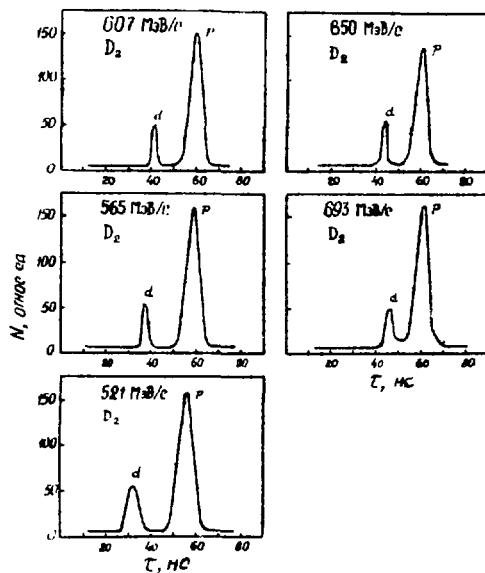


Рис. 7. То же, что на рис. 5, в варианте толстого телескопа счетчиков

Т а б л и ц а 2

Кинематические параметры эксперимента при детектировании частиц в варианте толстого телескопа счетчиков

$P, \text{ МэВ/с}$	$E_p, \text{ МэВ}$	$E_d, \text{ МэВ}$	$P_p', \text{ МэВ/с}$	$E_p', \text{ МэВ}$	$E_d', \text{ МэВ}$	$\Delta \tau_p, \text{ нс}$
521	136	70	495	121	40	20,6
565	258	82	546	149	57	19,0
607	180	95	600	176	74	18,1
650	201	110	648	200	89	17,0
693	228	124	692	227	104	16,2

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ С ИМПУЛЬСОМ $P > 500$ МэВ/с

"Стартовые" счетчики S_1 и S_2 при регистрации частиц с импульсом $P > 500$ МэВ/с имели толшины 6 и 10 мм соответственно. Пластические сцинтилляторы в таком варианте телескопа служили одновременно поглотителем для дейтронов.

Экспериментальные результаты, представленные на рис. 7, получены на фотонном пучке 1 ГэВ. Параметры эксперимента приведены в табл. 2. Измерения выполнены на жидко-дейтериевой мишени. Как и в предыдущем разделе, уровнем дискриминации сцинтилляционных счетчиков были выбраны соизмеримые скорости счета под протонным и дейтронным пиками.

Временное разрешение при регистрации частиц на фотонном пучке не превышало 5 нс (на электронном — 10 нс).

С использованием приведенной на рис. 8 расчетной зависимости времени пролета частиц от величины импульса было проведено сравнение экспериментальных значений разности времен пролета протонов и дейтронов с теоретическими. Результаты, полученные с учетом потерь энергии частиц в медной фольге и пластических сцинтилляторах, приведены на рис. 9. Согласие эксперимента с расчетом удовлетворительное.

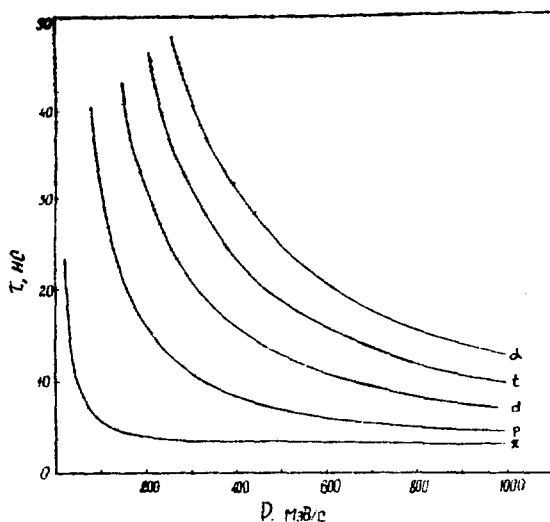


Рис. 8. Зависимости времен пролета базы в 1 м различными частицами от величины импульса

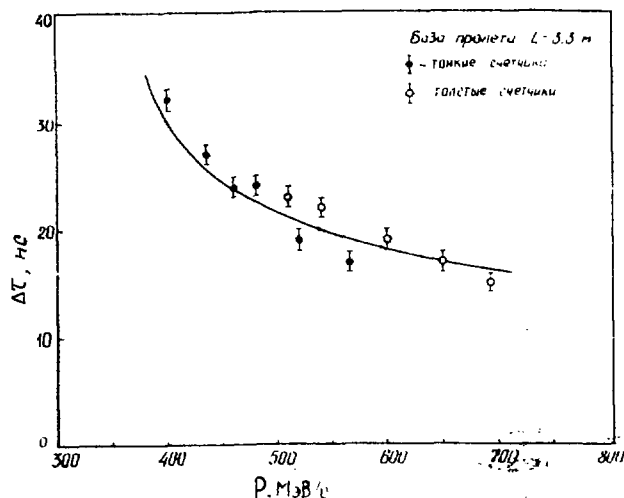


Рис. 9. Сравнение экспериментальных значений разности времени пролета протонов и дейтронов с теоретической зависимостью

Таким образом, исследования показали возможность использования время-пролетной техники в сочетании с магнитным анализом по импульсам для надежной идентификации частиц в экспериментах, проводимых на линейном ускорителе электронов ХФИ АН УССР.

В заключение авторы выражают благодарность П.В.Сорокину за интерес к работе и полезные замечания, а также Л.С.Слютенко за изготовление счетчиков и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганенко В.Б., Горбенко В.Г., Жебровский Ю.В. и др. Измерение асимметрии сечений реакции $\gamma d \rightarrow \pi^0 d$ на пучке линейно-поляризованных фотонов. - Ядерная физика, 1976, т.24, вып.2, с.329-335.
2. Афанасьев Н.Г., Гольдштейн В.А., Дементий С.В. и др. Установка для исследования взаимодействия электронов и фотонов с энергией до 2 ГэВ с ядрами и нуклонами. - ПТЭ, 1968, №3, с.30-32.

3. Гольдштейн В.А., Старцев В.И., Евланов О.В. и др. Система экспресс-проверки телескопов сцинтилляционных счетчиков. - Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 76-3, Харьков, 1976, 7с.
4. Антуфьев Ю.П., Сорокин П.В., Чечетенко В.Ф. Система модулей наносекундной электроники с быстродействием 100 МГц. - ПТЭ, 1970, №6, с.217-218.
5. Агарков Н.А., Попов В.Ф., Чечетенко В.Ф. Многопараметровая система регистрации на основе ЭВМ М-6000. - В кн.: Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика высоких энергий и атомного ядра. Вып. 2(14), Харьков, ХФТИ АН УССР, 1975, с.63.
6. Агарков Н.А., Ананийчук В.М., Бедин В.С. и др. Система сбора и обработки данных физического эксперимента на ускорителе ЛУЭ-2000. - I Всесоюзное Совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. (Киев, 12-14 октября 1976). Тезисы докладов. Киев, 1976, с.118-120.



10 коп.

Индекс 3624

Препринт ХФТИ 80-7, Харьков, 1980, 1-12.
