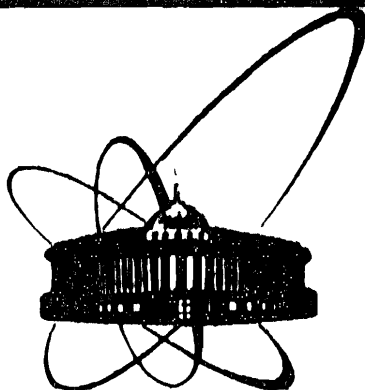


87-371



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Д 937

13-87-371

В.М.Дьяченко, И.И.Марвин, А.М.Сосульникова,
К.Д.Толстов

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
И КАЛИБРОВКА МОНИТОРНЫХ СИСТЕМ

1987

Точное измерение потоков заряженных частиц в широком интервале их масс, энергий и интенсивностей является сложной задачей, которая, как правило, неоднозначна в решении. Она еще осложняется при проведении абсолютных измерений, например, сечений взаимодействия. Для преодоления трудностей использовались различные детекторы, в том числе сцинтилляционные счетчики^{1/}, ионизационные камеры и их комбинация.

Необходимо было осуществить калибровку счетчиков при малой начальной интенсивности потока частиц, чтобы исключить просчеты, затем достигнуть точности при интенсивностях, обеспечивающих надежную работу ионизационной камеры в токовом режиме регистрации, т.е. при суммировании потока частиц за импульс. При этом важна линейность показаний¹ с увеличением загрузки и стабильность во времени с учетом температурных и других свойств газа в камере. Применяется также способ мониторингования по наведенной активности, например, ^{24}Na , образуемого в алюминиевой фольге. Это требует знания сечений в реакциях $X + ^{27}\text{Al} \rightarrow ^{24}\text{Na} + Y$, которые известны в ограниченной области энергий и масс частиц. Разработанный нами метод применим для непрерывных и импульсных пучков различной энергии и любой интенсивности. Метод основан на регистрации заряженных частиц с помощью узкого фотоэмульсионного слоя, пересекающего при вращении пучок частиц. Одновременно с этим производится регистрация нейтронов, возникающих от пучка и вторичных частиц в блоке конвертора, в качестве которого может служить любой материал. Размер конвертора должен обеспечить попадание на него первичного пучка и вторичных частиц, если конвертор установлен за аппаратурой данного эксперимента. Фотоэмульсия накапливает поток частиц за несколько сотен циклов при интенсивности $10^2 \div 10^5$ частиц в цикле. Суммарное число частиц, которые затем подсчитываются в фотоэмульсии, сопоставляется с суммой отсчетов регистратора нейтронов в конверторе, тем самым определяется коэффициент пересчета для последующих измерений при максимальных интенсивностях пучка. В наших опытах конвертором служил блок свинца, а нейтроны регистрировались стандартными камерами деления КНТ-8. /Подробно аппаратура описана в^{12/}/. Пучки частиц, как правило, имеют сложный профиль, а интенсивность переменна по радиусу и азимуту. Поэтому во избежание трудоемких

Объединенный институт
ядерных исследований
БНБ ИОТБМАН

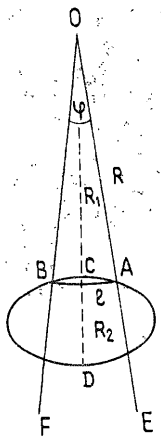


Рис. 1. Схема опыта с вращением слоя фотоэмульсии в пучке частиц. O – ось мотора, направлена вдоль пучка и по нормали к плоскости рисунка. $OC=R_1$ – минимальный радиус. $OD=R_2$ – максимальный радиус. ϕ – угловой интервал пересечения пучка при радиусе $R=OA$. l – длина дуги элемента площади слоя ΔS при R . $OE=OF$ – слой фотоэмульсии.

подсчетов частиц на всей фотоэмульсии, если она перекрывает пучок, использовалось ее вращение. Для этого слой длиной 20 см и шириной 3÷5 см укреплялся на оси расположенного вне пучка мотора с частотой оборотов ~10 Гц. При вращении слой фотоэмульсии пересекал пучок частиц, падавших на него по нормали. Таким образом, элемент площади слоя на расстоянии R от оси мотора /рис. 1/ захватывал частицы на азимутах безотносительно к профилю пучка. Поверхность слоя от минимального R_1 до максимального R_2 перекрывала весь пучок. Заметим, что все рассмотрение справедливо при любом профиле пучка и нестабильности его положения. Подсчет частиц было достаточно провести на узкой полосе слоя вдоль отрезка от R_1 до R_2 . Согласно рис. 1, элемент площади слоя ΔS пересекает пучок по дуге "l" между точками A и B . Очевидно, что при многократном пересечении пучка за цикл И/ИЛИ регистрации сотен циклов плотность частиц на элементе ΔS будет усреднена по дуге l . Следовательно, если число частиц на ΔS есть i/R , l , то суммарная интенсивность $J_1(R, \Delta S) = i(R, \Delta S) \cdot l = i(R, \Delta S) \cdot R \cdot \phi$. Но элемент площади ΔS находился в пучке не все время, а только его часть, равную $\phi/2\pi$, поэтому суммарная интенсивность пучка на радиусе R в $2\pi/\phi$ раз больше, т.е.

$$J(R, \Delta S) = 2\pi \cdot R \cdot i(R, \Delta S).$$

Если R измеряется в мм, то элементом площади должен быть 1 мм^2 . Однако при больших нагрузках можно провести подсчет частиц на меньшем элементе площади ΔS , умножив результат на $1 \text{ мм}^2/\Delta S$. Просуммировав по всем элементам ΔS от R_1 до R_2 , получим полный поток частиц

$$J_0 = \sum_{R_1}^{R_2} 2\pi R i(R) \cdot \frac{1}{\Delta S};$$

каждый элемент этой суммы дает распределение интенсивности по R .

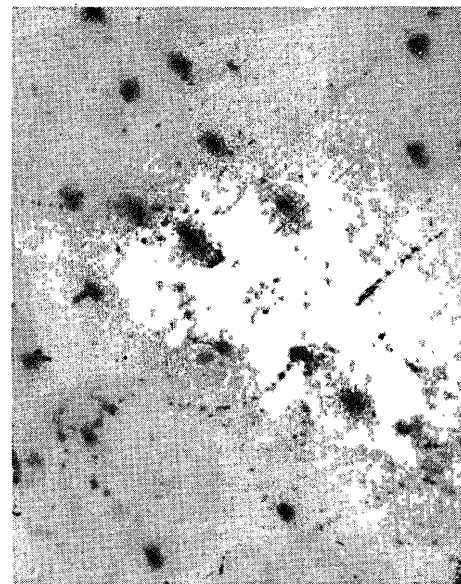


Рис. 2. Микрофотография пучка ядер ^{12}C .

На рис. 2 представлена микрофотография следов ядер ^{12}C , которые надежно отличаются от фоновых частиц, т.к. имеют строго одинаковые направления по нормали к слою и ионизационные характеристики.

На рис. 3 даны распределения интенсивности в опытах с протонами и ядрами ^{12}C , нормированные на площадь. Как видно из рисунка, пучок ^{12}C не был стабилен по положению. Полный поток протонов, подсчитанный двумя независимыми наблюдателями, дал значения $6,65 \cdot 10^8$ и

$6,67 \cdot 10^8$, что не превышает 1% статистической точности, т.к. каждым наблюдателем было зарегистрировано $\sim 10^4$ протонов. Средние значения интегрального потока $J = 6,66 \cdot 10^8 \pm 2\%$, и в погрешности учтена ошибка определения $R \sim 1 \text{ мм}$ при $\langle R \rangle = 150 \text{ мм}$. На рис. 4 дано распределение интенсивности J для двух экспериментов в пучке дейтронов, которые также нормированы на площадь. Отношение суммарных потоков дейтронов в этих опытах равно $1,76 \pm 0,05$. Регистрация нейтронов с помощью 21 камеры КНТ-8 в различных точках свинцового конвертора показала, что отношения отсчетов каждой из камер в двух опытах сравнимы, т.к. отличаются

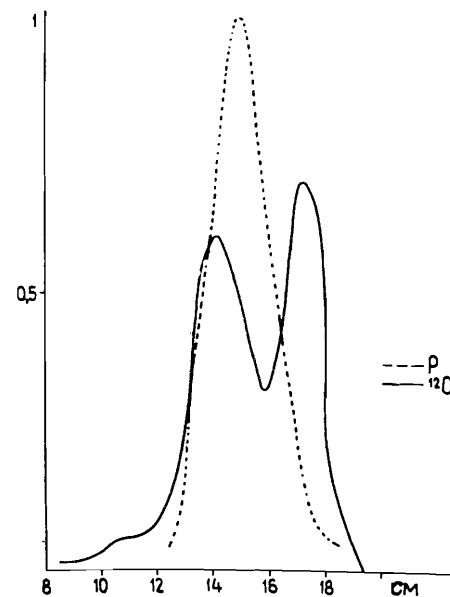


Рис. 3. Распределения интенсивности протонов и ядер ^{12}C , нормированные по площади.

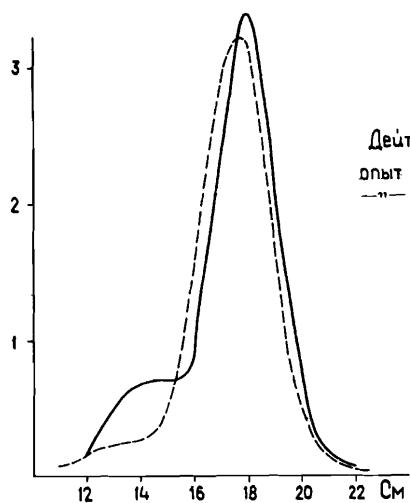


Рис. 4. Распределения интенсивности дейтронов в двух опытах.

Дейтроны
опыт 1а —
опыт 2а ---

менее чем на два стандарта от среднего значения $1,65 \pm 0,04$ /отсчеты 8 камер отличаются от среднего в пределах $0,02/$. Следовательно, оба метода регистрации потока дают результаты, которые согласуются в пределах одного стандарта от среднего значения $1,70 \pm 0,05$. На рис. 5 показана интенсивность пучка протонов как функция последовательного числа циклов ускорителя, полученная

с помощью трех камер КНТ-8, прокалиброванных с помощью фотоэмульсий, установленных в различных точках конвертора.

Таким образом, прокалибровав КНТ-8 на регистрацию абсолютного потока частиц, в последующих опытах мы имеем монитор первичного пучка любой интенсивности. Временная струк-

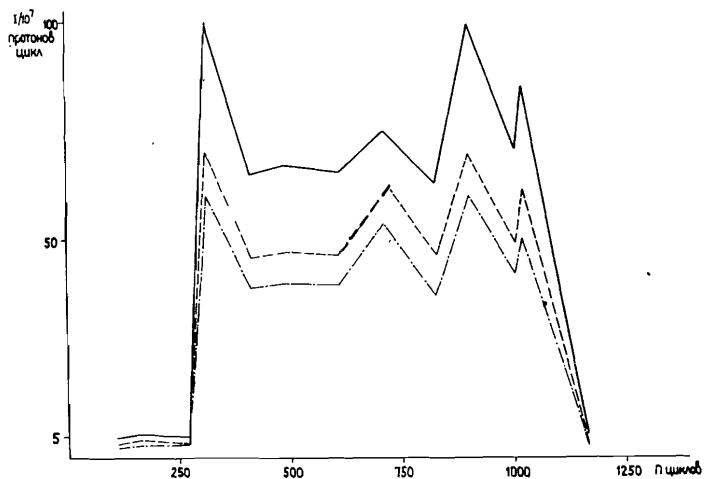


Рис. 5. Интенсивность пучка протонов как функция времени по отсчетам КНТ-8, прокалиброванных с помощью фотоэмульсии.

тура пучка не влияет на результаты регистрации, т.к. среднее время замедления нейтронов в конверторе до захвата в КНТ-8 сглаживает колебания интенсивности. КНТ-8 имеют очень стабильные эксплуатационные характеристики^{/3/}. Для их работы необходим зарядово-чувствительный усилитель, сигналы с которого поступают на запоминающий элемент.

Отметим, что метод не требует времени для наладки аппаратуры на пучке частиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод позволяет унифицировать измерение потоков частиц и ядер независимо от их типа и энергий в широком диапазоне интенсивностей от 10^2 част./с и выше /верхний предел не ограничен/.

Отличительные особенности данного метода:

1. Возможность его использования параллельно с проведением экспериментов, при размещении за экспериментальной установкой. При этом учитываются поправки на потери в интенсивности первичного пучка.
2. Отсутствие жестких требований как к параметрам усилительных трактов, так и к идентичности камер КНТ-8.
3. Возможность калибровки используемых мониторных систем.
4. Возможность получения "усредненного" профиля пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Waley W.R. et al.-NIM, 1980, vol.171, p.11.
2. Гусаков Ю.В. и др. Сообщения ОИЯИ 13-87-240, Дубна, 1987.
3. Дмитриев А.Б., Малышев Е.К. Нейтронные ионизационные камеры. М.: Атомиздат, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 мая 1987 года.