

СЗУУ, 1к

С-655

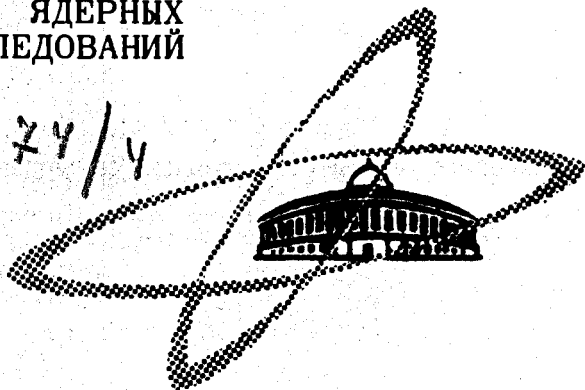
ЛЯП

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3974/4

P 13-6032



Л. М. Сороко

МУЛЬТИПЛЕКСНЫЙ
МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1971

P13-6032

Л. М. Сороко

**МУЛЬТИПЛЕКСНЫЙ
МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ**

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

§ 1.

Простейшим магнитным спектрометром заряженных частиц является спектрометр с полукруговой фокусировкой однородным магнитным полем (рис. 1). Образец, испускающий заряженные частицы, и его изображение, а также траектории заряженных частиц находятся в однородном магнитном поле. Фокусировку испытывают только те частицы, которые входят в измерительный отсек, расположенный справа, через отверстие ограничивающей диафрагмы. При электрическом методе регистрации используют одиночную выходную щель, за которой располагается счетчик частиц С. В этом случае магнитный спектрометр является одноканальным прибором. Для измерения спектра частиц изменяют магнитное поле, либо перемещают диафрагму с выходной щелью и счетчик. Рассмотрим вариант перемещения выходной диафрагмы и счетчика.

Ширина изображения точечного образца в таком спектрометре равна

$$\Delta x_0 = 2R(1 - \cos \alpha_0), \quad (1)$$

где R — радиус кривизны траектории, а α_0 — угол с вертикальной осью, который образуют крайние траектории частиц, свободно приходящие из формирующего отсека в измерительный отсек через ограничивающую диафрагму.

Обычно

$$x_0 = x_{\text{Щ}} = \Delta x_0, \quad (2)$$

где x_0 — ширина щели Щ над образцом Об, а $x_{\text{Щ}}$ — ширина щели над

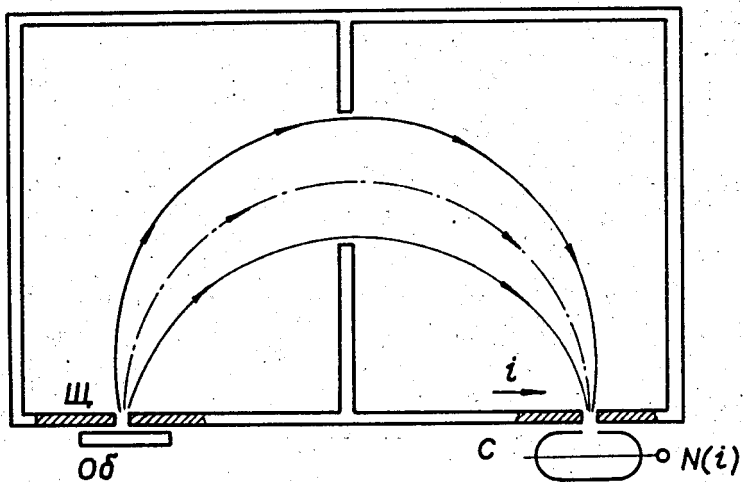


Рис. 1. Схематический разрез традиционного магнитного спектрометра с полукруговой фокусировкой однородным магнитным полем. Об - образец, Щ - входная щель, С - счетчик частиц.

счетчиком С. Спектрометры с однородным магнитным полем и полукруговой фокусировкой имеют энергетическое разрешение $\eta = \frac{\Delta x_0}{2R} \approx 10^{-3}$ и светосилу $L \approx 10^{-4}$. Длина щелей выбирается равной $\pi \sqrt{R x_0}$.

Основное требование, предъявляемое к образцу, состоит в том, чтобы заряженные частицы, испущенные ядрами образца на различной его глубине, теряли бы в нем лишь небольшую часть своей энергии. Это требование очень трудно выполнить при исследовании спектров тяжелых заряженных частиц. Так, например, источник альфа-частиц с энергией ≈ 5 Мэв и атомным весом свыше 100 должен иметь толщину не более 10 мкг/см², чтобы энергетическое разрешение составляло 10^{-3} . Поэтому заданное энергетическое разрешение спектрометра (x_0) и фиксированный размер спектрометра (R) дают жесткие ограничения на абсолютные размеры изучаемого образца: его ширину (x_0), длину ($\pi \sqrt{R x_0}$) и толщину, а, следовательно, и на объем, из которого выходят частицы. Между тем, при исследовании образцов со слабой парциальной активностью экспериментатору желательно захватить максимально большой объем образца. В противном случае эффект потонет в фоне, который создается остальными элементами спектрометра или самим счетчиком.

§ 2.

Эффекты шумов такой природы можно частично ослабить, если использовать мультиплексный принцип регистрации частиц. На рис. 2 приведена схема спектрометра с мультиплексной диафрагмой над образцом. Такой спектрометр эффективно ослабляет фон от постороннего излучения. Если же мультиплексную диафрагму расположить перед счетчиком частиц, то тогда ослабляется фон счетчика частиц.

Рассмотрим принцип работы спектрометра, в котором мультиплексная диафрагма расположена над образцом. Отличие от традиционного магнитного спектрометра с полукруговой фокусировкой однородным магнитным полем состоит в следующем. Диафрагма с узкой щелью над образцом превращена в диафрагму с широким окном, через которое пропускается излу-

чение от нескольких элементов разрешения спектрометра Δx . Пусть ширина окна равна $M \cdot \Delta x$, где M — показатель мультиплексности системы. В рассмотренном ниже частном случае M взято равным 7. Над мультиплексной диафрагмой МЩ расположен подвижной поглощающий экран. Структура его приведена на рис. 3. В поглощающем экране сделаны два ряда вырезов. Полная протяженность участка с вырезами в $(2M - 1)$ раза больше ширины одного элемента разрешения Δx . Картина вырезов в первом ряду дополняет картину вырезов во втором. Поглощающий экран с вырезами ИМ имеет две степени свободы. Продольное перемещение вдоль оси l производят скачками с шагом, равным элементу разрешения Δx . При поперечном перемещении подвижной диафрагмы ИМ она переходит из одного крайнего положения в другое так, что при этом картина вырезов в первом ряду сменяется картиной вырезов в другом ряду.

Соотношение между полезными и фоновыми событиями при измерении спектра в мультиплексном магнитном спектрометре удается улучшить благодаря тому, что эффект фона, не зависящего от положения счетчика и энергии исследуемых частиц, распределяется одновременно на несколько элементов разрешения. В традиционном же спектрометре фон попадает только в один элемент разрешения. Ошибка измерения фона в мультиплексном спектрометре оказывается меньше, чем в традиционном спектрометре.

Вырезы в подвижной поглощающей диафрагме расположены неравномерно. Поглощающие и пропускающие элементы чередуются по определенному закону. В первом ряду картина расположения вырезов описывается функцией $s_+(i)$, а во втором — функцией $s_-(i)$. Функцией $s_+(i)$ принимает значение +1 (пропускающий элемент) и 0 (поглощающий элемент). Функция $s_-(i)$ принимает значение -1 (пропускающий элемент) и 0 (поглощающий элемент). Сумма этих функций

$$g(i) = s_+(i) + s_-(i) \quad (3)$$

выбирается изоморфной строке усеченной матрицы Адамара с трансортгональными циклическими свойствами. Эти свойства выражаются соотношением

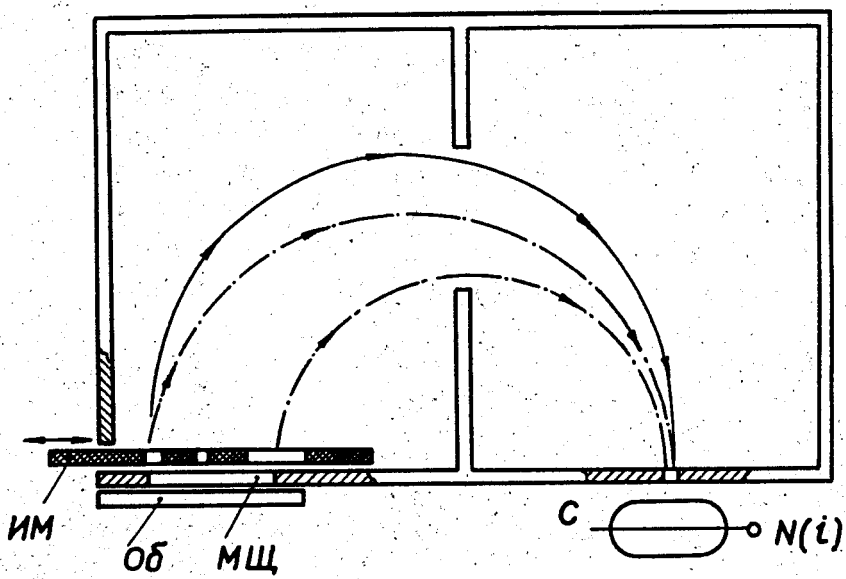


Рис. 2. Схематический разрез мультиплексного магнитного спектрометра, Об - образец, МШ - мультиплексная диафрагма с широким окном, ИМ - подвижная поглощающая диафрагма с двумя рядами вырезов (см. рис. 3), С - счетчик.

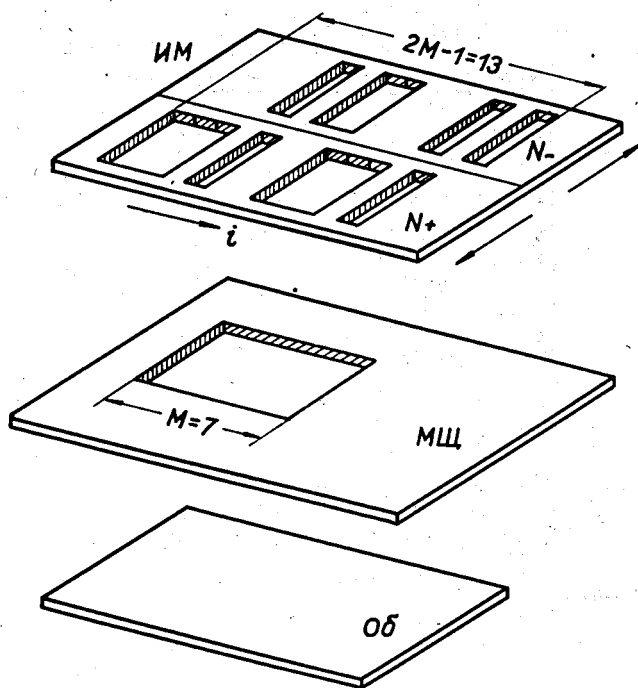


Рис. 3. Вид разнесенных по высоте подвижной поглощающей диафрагмы ИМ с двумя рядами вырезов, мультиплексной диафрагмы МЩ с широким окном и исследуемого образца Об.

$$g(i) * g(i+k) = (M+1) \delta(k) - 1, \quad (4)$$

где M — полное число элементов, умещающихся над широким окном мультиплексной диафрагмы МШ, а символ $*$ обозначает операцию корреляции

$$g(i) * g(i+k) \equiv \sum_l g(i) g(i+k). \quad (5)$$

Вместо привычной картины энергетического распределения частиц $f(i)$, получаемой непосредственно в традиционном спектрометре, в мультиплексном спектрометре наблюдается ее интегральный образ

$$N_1(i) = f(i) * s_+(i) + n_1(i), \quad (6)$$

когда над окном располагается первый ряд вырезов, и

$$N_2(i) = f(i) * s_-(i) + n_2(i), \quad (7)$$

когда над окном расположен второй ряд вырезов. Здесь $n_1(i)$ и $n_2(i)$ — фоновые отсчеты в каждой из этих двух серий измерений.

Предметом наблюдения в мультиплексном спектрометре является биполярная функция

$$\Delta N(i) = N_1(i) - N_2(i), \quad (8)$$

которая получается при вычитании результатов измерений второго опыта $N_2(i)$ из результатов измерения первого опыта $N_1(i)$ при каждом положении подвижной диафрагмы ИМ, задаваемой индексом i .

Полученную функцию $\Delta N(i)$ подвергают восстанавливающей обработке путем проведения операции корреляции функции $\Delta N(i)$ с функцией $g(i)$. Окончательный результат опыта получается по следующему алгоритму:

$$f(i) = \frac{l}{M+1} [\Delta N(i) * g(i) + \sum_l \Delta N(i) * g(i)] + \Delta v(i). \quad (9)$$

При этом фоновая компонента $\Delta\nu(i)$ ослабляется в \sqrt{M} раз по сравнению с тем фоном, который наблюдается в традиционном магнитном спектрометре в тех же условиях.

Если нужно ослабить шумы счетчика, то мультиплексную диафрагму МШ и подвижную диафрагму ИМ с мультиплексными вырезами располагают над счетчиком.

Л и т е р а т у р а

1. А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич. Основы экспериментальных методов ядерной физики. Атомиздат, 1970.
2. Л.М. Сороко. Псевдошумовые последовательности и применение их для мультиплексных систем регистрации частиц. Сообщение ОИЯИ, Р13-5722, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 сентября 1971 года.