

Член-корреспондент АН СССР А. АЛИХАНЯН, В. КИРИЛЛОВ-УГРЮМОВ,
Н. ШОСТАКОВИЧ и В. ФЕДОРОВ

МАГНИТНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР В СОЧЕТАНИИ С КАМЕРОЙ ВИЛЬСОНА

Магнитный спектрометр, впервые примененный нами в 1946 г. (1,2), является весьма эффективным методом исследования состава и спектров частиц космического излучения. Основное преимущество этого метода заключается в возможности весьма точного измерения импульса быстрой заряженной частицы и достаточно точного определения пробега частицы в конденсированном веществе. Благодаря этому оказалось возможным использовать магнитный спектрометр для целей прецизионного измерения масс быстрых заряженных космических частиц. Значительная светосила прибора позволяет за сравнительно короткий промежуток времени производить измерения импульсов и масс большого числа частиц. С помощью магнитного масс-спектрометра впервые были обнаружены в космических лучах нестабильные заряженные частицы, более тяжелые, чем μ -мезоны (варитроны), а также непосредственные данные о наличии быстрых протонов в космических лучах, определены энергетические спектры протонов, мезонов, электронов и т. п.

За последние годы метод магнитного спектрометра был значительно развит и усовершенствован (2). В работе (3) использовался масс-спектрометр, с помощью которого можно было определить импульс, пробег и одновременно ионизирующую способность частиц.

Недавно нами была построена система, состоящая из магнитного спектрометра и большой камеры Вильсона, расположенной вне магнитного поля и содержащей ряд медных пластин, предназначенных для торможения и остановки частиц. В настоящей статье мы приводим описание такой системы, собранной и использованной на высоте 3200 м над уровнем моря (гора Алагез) в 1952 г.

Описание установки. На рис. 1 приведена схема прибора в двух проекциях. В зазоре электромагнита M с длиной полюсов 100 см, шириной 30 см и междуполюсным расстоянием 12 см размещались ряды счетчиков 1—5, в каждом из которых содержалось по 49 тонкостенных счетчиков диаметром 4,6 мм, снабженных индивидуальными усилителями с неоновой лампочкой. Траектория частицы, проходящей через телескоп, определялась по сработавшим счетчикам. Ряды I—VI содержали счетчики диаметром 8 мм и позволяли определить прямолинейную траекторию частицы в плоскости, параллельной магнитному полю. Вспышки неоновых лампочек фотографировались с помощью специального фотоаппарата.

Для уменьшения многократного рассеяния частиц стенки счетчики рядов 2, 3, 4 и II, III, IV были сделаны из алюминиевых трубочек с толщиной стенок $\sim 100 \mu$.

Прямоугольная камера Вильсона размером $40 \times 25 \times 12$ см содержала внутри 8 медных пластинок толщиной 3 мм и одну свинцовую пластинку толщиной 13 мм. Камера помещалась непосредственно у выхода частицы из магнитного зазора, несколько несимметрично относительно

оси прибора, как это показано на рис. 1 (проекция б). Камера наполнялась парами смеси 70% спирта и 30% воды и аргоном до давления 3,4 атм. Расширение осуществлялось с помощью клапанов, приводящих в действие одновременно два расширительных устройства (резиновые диафрагмы), расположенных в торцовых частях камеры*.

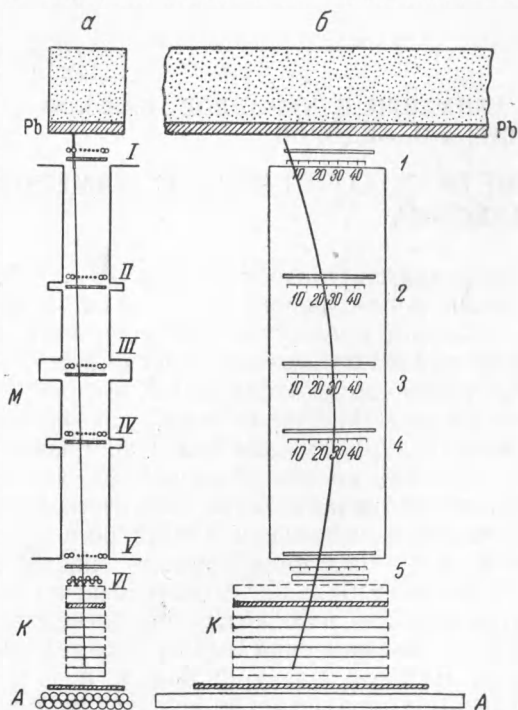


Рис. 1

изучении остановок частиц в камере управляющим импульсом служило указанное 4-кратное совпадение при отсутствии срабатывания ряда А. Такие антисовпадения соответствовали остановке частицы внутри камеры либо в фильтре, расположенном между камерой и рядом А. Для наблюдения сравнительно коротко-живущих частиц над всей установкой помещался блок свинца толщиной 6 см и слой парафина ~30 см.

Время, нужное частице, обладающей скоростью c , для пролета всей системы (магнитного спектрометра и части камеры Вильсона) составляет $5 \cdot 10^{-9}$ сек. Отсюда следует, что описанная система способна эффективно регистрировать частицы, время жизни которых больше, чем $5 \cdot 10^{-9}$ сек.

Специальное радиотехническое устройство содержало сигнальные лампочки, расположенные как в поле зрения фотоаппарата камеры, так и фотоаппарата, регистрирующего вспышки неоновых лампочек телескопа. По загоранию сигнальных лампочек можно было однозначно сопоставить снимки в камере и в телескопе, соответствующие одной частице. С помощью стереоскопического компаратора производилось сопоставление участков траекторий частицы в телескопе со следом в камере. Такое сопоставление позволяло исключать следы посторонних частиц, проходящих через камеру за время чувствительности

* Двухстороннее расширение связано с меньшими перемещениями диафрагмы чем при одностороннем, и благоприятно сказывается на работе камеры. Подробное описание большой прямоугольной камеры Вильсона будет дано в отдельной статье.

камеры производилось через заднее стекло с помощью двух импульсных ламп ИП-К 400.

Следы частиц в камере фотографировались через переднее стекло с помощью стереоскопического фотоаппарата так, что направление светового пучка составляло с оптической осью объективов угол $\sim 50^\circ$. Такое расположение системы освещения позволяло в несколько раз увеличить интенсивность света, рассеянного от капель, по сравнению с общепринятым способом освещения под прямым углом.

Под днищем камеры помещалась пластинка свинца толщиной 1 см, а затем два слоя счетчиков А, включаемых в схему антисовпадений. Срабатывание камеры происходило в результате 4-кратного совпадения 1, 3, 5, VI или 2, 4, 5, VI, вызванного прохождением заряженной частицы через телескоп масс-спектрометра. При

К статье А. Амиханяна, В. Кириллова-Угрюмова, Н. Шостакович и В. Федорова, стр. 255



Рис. 2

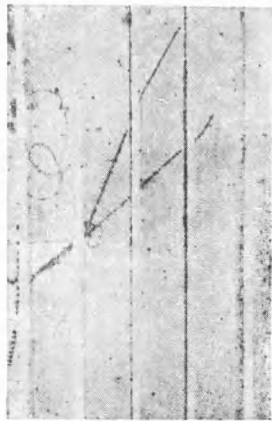


Рис. 3

■ статье А. И. Стеханова, стр. 281

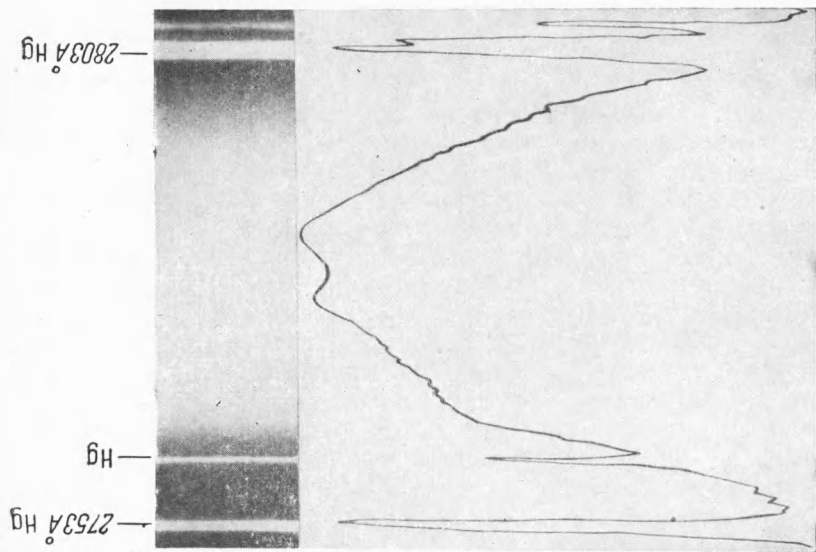


Рис. 1
Спектр и микрофотограмма спектра комбинационного рассеяния гипса при $i = 20^\circ$

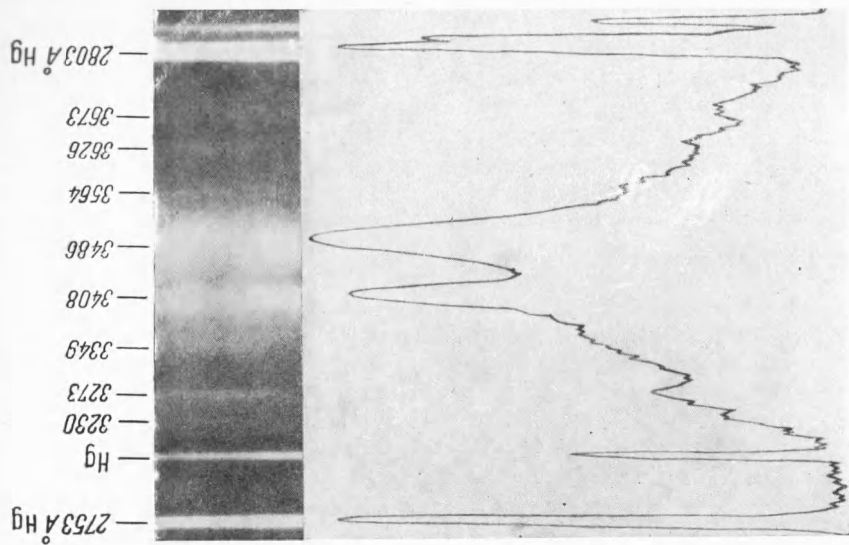


Рис. 2
Спектр и микрофотограмма спектра комбинационного рассеяния гипса при $i = -200^\circ$

камеры, и давало возможность судить о рассеянии частицы, испытываемом ею в фильтрах.

Об измерении массы и точности. Значение массы частицы, испытывавшей остановку в фильтрах, определялось по величине импульса и пробега частицы. Определение массы по импульсу и пробегу возможно только в случае ионизационного механизма потерь энергии, испытываемой частицей при прохождении вещества. Наблюдая остановки частицы в видимой области камеры можно было установить постепенное изменение плотности следа по мере прохождения пластин, обусловленное замедлением частицы. Если направление частицы сохранялось или частица испытывала слабое рассеяние, не выходящее за пределы вероятного угла многократного рассеяния в веществе фильтров, то можно было с уверенностью считать, что торможение обусловлено практически только ионизационным механизмом. На рис. 2 приведен пример такой остановки. Положительная частица с импульсом $p = 6,0 \cdot 10^8$ эв/с останавливается в 7-й пластинке. По мере прохождения пластин плотность следа возрастает и в конце пробега достигает максимального значения. Частица практически не испытывает рассеяния. Масса ее, определенная по начальному импульсу и пробегу, оказалась равной $1900 \pm 150 m_e$ (протон).

На рис. 3 приведен случай внезапной неионизационной остановки быстрой положительной частицы с импульсом $p = 1,5 \cdot 10^9$ эв/с. Тонкий след, доходящий до 3-й пластинки, представляет собой след протона или π^+ -мезона, вызывающего в ней трехлучевую звезду из сильно ионизирующих частиц.

Для частиц, испытывавших остановку вследствие ионизационных потерь энергии, точность измерения массы обусловлена в основном точностью измерения импульса и отчасти пробега частицы. Вероятное значение ошибки для частиц с массой $\sim 1000 m_e$ составляет в поле 6500 гаусс около 7—8% для траекторий, задевших 1, 3 и 5-й ряды счетчиков. Для траекторий, не имеющих отметки в 1-м ряду, точность измерения массы меньше примерно в 1,5—2 раза.

В масс-спектрометре, работающем в сочетании с камерой Вильсона, имеется возможность грубой оценки величины массы по ионизации (или градиенту ионизации) и остаточному пробегу. Хотя точность такого определения массы значительно уступает точности измерения по импульсу и пробегу, все же оно в некоторых случаях использовалось нами для вспомогательных или контрольных целей. В основном, ошибки в определении массы таким методом обусловлены большой неточностью измерений ионизирующей способности частиц.

Наряду с измерением массы частиц в ряде случаев удавалось наблюдать вторичные следы частиц, являющихся продуктами распада или взаимодействия остановившихся первичных частиц. В специальных статьях приводятся фотографии остановок μ - и π -мезонов, а также частиц с массами 500—600, 900—1200 m_e , полученные с помощью описанного здесь прибора.

В заключение приносим благодарность Б. Н. Дерягину и М. М. Веремею за участие в разработке ряда узлов установки, а также Л. Багдасаряну, Г. Бадалян и Д. Шкарлету за помощь в монтаже и запуске установки.

Физический институт им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР
Физический институт Академии наук Арм.ССР

Поступило
21 VII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Алиханян А. Алиханов и др., ДАН, 58, 1321 (1947). ² А. Алиханян, А. Дадаян и др., ДАН, 80, 37 (1951). ³ В. Харитонов, Г. Марикян, А. Алиханян, ДАН, 80, 201 (1951).