

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P1-85-761

В.Б.Виноградов, А.С.Курилин,¹ В.Г.Одинцов,
А.И.Павлинов,² Л.А.Пермякова

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТА СП-129
ПУЧКОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
УСТАНОВКИ "Гиперон"

¹ Институт физики АН БССР, Минск

² Институт физики высоких энергий, Серпухов

ВВЕДЕНИЕ

Важное место в составе установки "Гиперон"^{1,2} занимает пучковый спектрометр /рис.1/. С его помощью идентифицируются пучковые частицы, определяются их импульсы и углы падения на мишень. В состав пучкового спектрометра входят электромагнит СП-129, пропорциональные камеры, черенковские и сцинтилляционные счетчики.

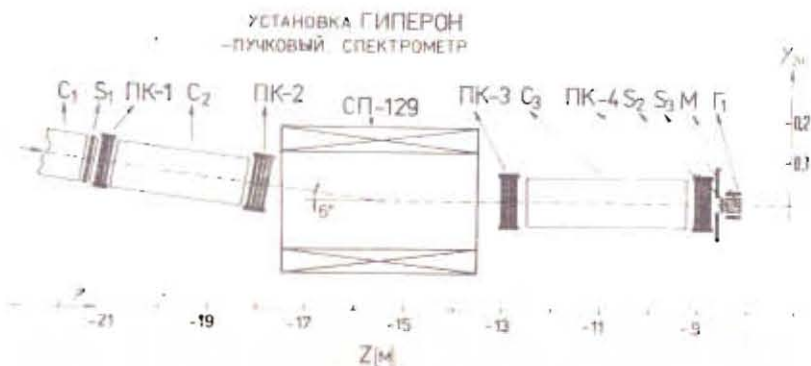


Рис.1. Схематическое изображение пучкового спектрометра. C_{1-3} - газовые пороговые черенковские счетчики, S_{1-3} - сцинтилляционные счетчики, ПК₁₋₄ - пропорциональные камеры, М - жидководородная мишень, Γ_1 - сцинтилляционный годоскоп вокруг мишени. Приведены Z - координаты элементов пучкового спектрометра в системе координат установки "Гиперон".

Для определения импульсов пучковых частиц необходимо знать магнитные характеристики электромагнита СП-129. В работе^{1,2} были выполнены измерения напряженности магнитного поля для ряда электромагнитов СП-129. Однако эти измерения были проведены только в медианной плоскости. При этом от образца к образцу величины напряженностей магнитного поля в центре магнитов при одинаковом питающем токе менялись до 1%.

Поэтому было необходимо проведение более детальных измерений напряженности магнитного поля с точностью $\Delta H/H = 0,1\%$ в рабочем объеме конкретного электромагнита СП-129, входящего в состав установки "Гиперон". Результаты этих измерений приведены в данной работе.

Исследовательский институт.

Секция Исследования

ИЗДАНИЕ ПЕРВОЕ

ЭЛЕКТРОМАГНИТ СП-129

Электромагнит СП-129 имеет два полюса длиной 400 см и шириной 33 см. Зазор электромагнита 10 см. На краях полюсов имеются стальные шиммы прямоугольного сечения 25x31 мм². Вес активной стали магнитопровода 30 т^{1/2}.

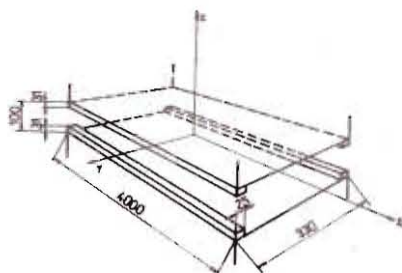


Рис.2. Схематическое изображение полюсов и шимм электромагнита СП-129.

На рис.2 схематично изображены полюса с шиммами и координатная система, в которой произведены измерения. Начало системы координат привязано к геометрическому центру магнита.

АППАРАТУРА

Для измерения напряженности магнитного поля использовались один ядерный и два холловских магнитометра. Ядерный магнитометр^{3/} применялся при измерении кривой намагничивания; с помощью холловских магнитометров выполнены основные измерения магнитного поля. Первый холловский магнитометр^{4/} имел термостатированный с точностью $\pm 0,1\%$ преобразователь Холла типа Х125 с чувствительностью 6,7 мкВ/Гс и питался током от источника со стабилизацией $\pm 10^{-4}$. Габаритные размеры преобразователя в термостате 32x65x52 мм³. Калибровка этого магнитометра была произведена с помощью ядерного магнитометра. Второй магнитометр МХП-3С с преобразователем Холла типа ПХ-602 имел габаритные размеры датчика в термостате 10x15x30 мм³ и давал показания в единицах магнитного поля^{5/}. Однако имевшаяся линейная калибровка этого магнитометра обеспечивала точность только $\pm 1\%$. Поэтому магнитометр был прокалиброван с помощью ядерного магнитометра. Эдс преобразователей Холла измерялись с помощью цифрового вольтметра ЦВЩ1513 с точностью $\leq 0,06\%$. Общая относительная точность измерений напряженности магнитного поля $\leq 0,1\%$.

Основные измерения были произведены с помощью первого холловского магнитометра. Второй холловский магнитометр, имевший значительно меньшие размеры датчика, чем первый, использовался для измерения напряженности на граничных плоскостях измерения магнитного поля /X = +38 и -32 мм и Y = ± 112 мм/.

Преобразователи Холла устанавливались на каретке, которая двигалась вдоль дюралюминиевой рамы, расположенной параллельно оси Z. X, Y, Z - координаты преобразователей Холла были известны с точностью не хуже ± 2 мм.

ИЗМЕРЕНИЯ

Величины напряженностей магнитного поля были измерены в объеме X · Y · Z = 70x224x5240 мм в 2745 точках /количество точек по осям X, Y, Z равно 5, 9, 61 соответственно/ с шагом $\Delta X = 15-25$ мм, $\Delta Y = 20-30$ мм, $\Delta Z = 40-400$ мм. Измеренные с помощью вольтметра ЦВЩ1513 показания эдс Холла U /мкВ/ были переведены в напряженности магнитного поля H /Гс/ по формуле

$$H = \sum_{k=0}^5 a_k U^k. \quad /1/$$

Коэффициенты полинома a_k определены по методу наименьших квадратов при аппроксимации по формуле /1/ измеренных ядерным и холловскими магнитометрами величин H и U. Среднеквадратичный разброс точек относительно аппроксимирующей функции /1/ составлял ± 4 Гс.

В основном измерялась вертикальная компонента поля H_x . Произведенные измерения компонент поля H_y и H_z показали, что они малы $< 0,1\%$ от H_x /. В дальнейшем под величиной напряженности магнитного поля H мы будем иметь в виду компоненту H_x .

На рис.3 представлена измеренная с помощью ядерного магнитометра^{3/} кривая намагничивания $H = f(I)$ /I - ток питания магнита/ в центре магнита (X=Y=Z=0). В области 7-15 кГс эта зависимость линейна с точностью $\pm 1\%$.

Основные измерения были произведены при напряженности магнитного поля в центре магнита $H = 10$ кГс, необходимой при проведении эксперимента по исследованию гиперзарядообменных процессов^{6/} для отклонения пучковых частиц с импульсами 10-13 ГэВ/с на мишень /угол отклонения ≈ 100 мрад/ и определения их импульсов с достаточной точностью. На рис.4

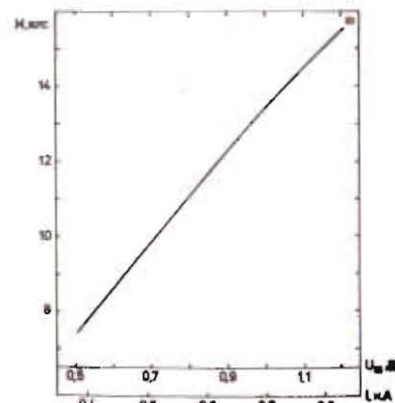


Рис.3. Кривая намагничивания электромагнита СП-129 $H=f(I)$. Приведена также шкала напряжений ($U_{ш}$) на шунте источника тока.

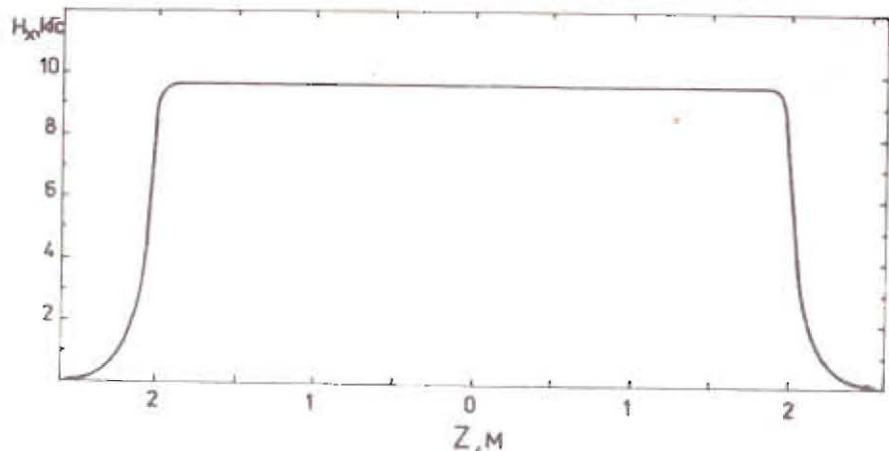


Рис. 4. Зависимость $H_x = f(Z)$ при $X = 0$, $Y = 0$.

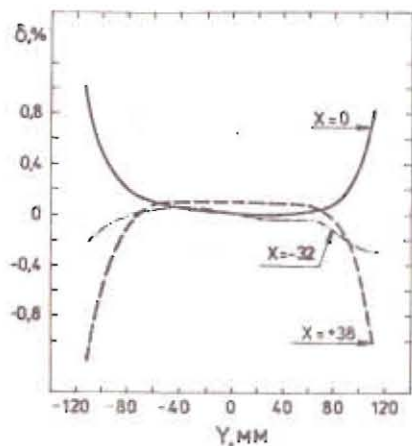


Рис. 5. Неоднородность магнитного поля в поперечном разрезе магнита при $Z = 0$.

показана зависимость напряженности магнитного поля $H = f(Z)$ при $X = Y = 0$. Величина напряженности постоянна в пределах полюсов на длине 3,5 м и резко падает за границами полюса до 0 на расстоянии 50 см. Интеграл магнитного поля $\int H dl = 40,24$ кГс·м, и эффективная длина магнита $l = \int H dl / H_{\text{мвкс}} = 4,15$ м. На рис. 5 представлено распределение по величине $\delta = (H(X, Y, 0) - H(0, 0, 0)) / H(0, 0, 0)$ в центре магнита ($Z = 0$). Как видно из этого рисунка, область, где поле достаточно однородно ($\Delta H / H \leq 0,1\%$), составляет 70 мм по вертикали и ± 60 мм по горизонтали.

В качестве иллюстрации применения измеренных магнитных характеристик электромагнита СП-129 для обработки событий, регистрируемых установкой "Гиперон", на рис. 6 показано распределение проходящих через установку без взаимодействия /мишень отсутст-

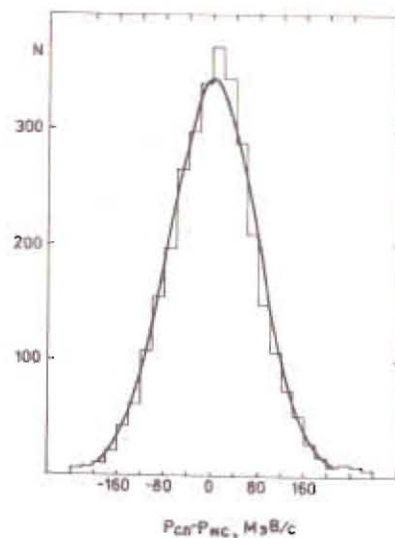


Рис. 6. Распределение треков пучковых частиц по величине $P_{\text{сп}} - P_{\text{мс}}$.

вует / пучковых частиц по разности импульсов $P_{\text{сп}} - P_{\text{мс}}$. Здесь $P_{\text{сп}}$ - импульс частицы, определенный с помощью пучкового спектрометра с электромагнитом СП-129, а $P_{\text{мс}}$ - импульс частицы, определенный с помощью спектрометра вторичных частиц с электромагнитом МС-12. Знание топографии магнитного поля /рис. 5/ позволило ориентировать магнит СП-129 таким образом, чтобы пучок проходил через однородную область, и применить для определения величины $P_{\text{сп}}$ простой

алгоритм

$$P_{\text{сп}} = 1/(A (\theta - \theta_0) + B),$$

/2/

где $A = 1/0,03 \int H dl$, $B = 1/P_0$, P_0 - средний импульс пучка, θ - угол отклонения частицы после прохождения магнита СП-129, θ_0 - угол отклонения частицы с импульсом P_0 .

Аппроксимация гистограммы на рис. 6 гауссовым распределением дала среднеквадратичное отклонение $\sigma = 74 \pm 1$ МэВ/с ($\sigma/P_0 = 0,62\%$). Эта величина согласуется с ее расчетным значением, определенным с помощью программы моделирования /7/ по методу Монте-Карло с учетом геометрического разрешения трековых детекторов и многократного рассеяния частиц. Для условий набора данных, приведенных на рис. 6, относительные погрешности определения импульсов составляют $\Delta P/P_{\text{сп}} = \pm 0,36\%$ и $\Delta P/P_{\text{мс}} = \pm 0,5\%$.

Таким образом, входящая в формулу /2/ величина интеграла магнитного поля позволяет корректно определять импульс частицы в пучковом спектрометре. В случае прохождения пучковых частиц через области магнита с неоднородным полем для определения их импульсов можно использовать измеренную карту магнитного поля.

Авторы благодарны Ю.А.Будагову, В.М.Кутьину, Ю.Ф.Ломакину, В.Б.Флягину за инициирование и помощь в работе, Ю.В.Куликову за предоставление холловского магнитометра, С.А.Долгому за помощь в проверке калибровочной кривой магнитометра, С.А.Ивашкевичу за предоставление ядерного магнитометра, В.И.Балбекову и К.Ф.Герцову за предоставление магнитометра МХП-3С, С.П.Жунину и П.В.Симонову за изготовление механических конструкций и помощь при измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, Р13-84-562, Дубна, 1984.
2. Алексеев В.А. и др. ИФВЭ, 68-62, Серпухов, 1968.
3. Ивашкевич С.А. ПТЭ, 1970, № 5, с.251.
4. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, 13-80-77, Дубна, 1980.
5. Лачинов В.М. и др. ОИЯИ, Р9-12517, Дубна, 1979.
6. Бицадзе Г.С. и др. ОИЯИ, Р1-84-657, Дубна, 1984.
7. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, 1-10997, Дубна, 1977.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Рукопись поступила в издательский отдел
23 октября 1985 года.