

Лит.: Тамм И. Е., Основы теории электричества, 9 изд., М., 1976; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, 2 изд., М., 1982.

**МАГНИТНЫЙ ПРОБОЙ** — квантовое туннелирование электронов проводимости в магн. поле между классич. электронными орбитами, соответствующими разным энергетич. зонам (подробнее см. *Пробой магнитный*).

**МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС** — избират. поглощение веществом эл.-магн. волн определённой частоты  $\omega$ , обусловленное изменением ориентации магн. моментов частиц вещества (электронов, ат. ядер). Энергетич. уровни частицы, обладающей магн. моментом  $\mu$ , во внеш. магн. поле  $H$  расщепляются на магн. подуровни, каждому из к-рых соответствует определ. ориентация магн. момента относительно поля  $H$  (см. *Зеемана эффект*). Эл.-магн. поле резонансной частоты  $\omega$  вызывает квантовые переходы между магн. подуровнями. Условие резонанса:  $\Delta \varepsilon = \hbar \omega$ , где  $\Delta \varepsilon$  — разность энергий между магн. подуровнями. Если поглощение энергии осуществляется ядрами, то М. р. наз. *ядерным магнитным резонансом* (ЯМР). М. р., обусловленный магн. моментами неспаренных электронов в парамагнетиках, наз. *электронным парамагнитным резонансом* (ЭПР). В магнитоупорядоченных веществах электронный М. р. наз. соответственно ферромагнитным, антиферромагнитным и ферримагнитным (см. *Ферромагнитный резонанс*, *Антиферромагнитный резонанс*, *Ферримагнитный резонанс*).

В обычно применяемых магн. полях  $\sim 10^3 - 10^4$  Э частоты ЯМР попадают в диапазон коротких радиоволн ( $10^6 - 10^7$  Гц), а ЭПР — в диапазон СВЧ ( $10^9 - 10^{10}$  Гц). М. р. можно наблюдать методом *двойного резонанса*. Спектры М. р. чувствительны к различным внутр. полям, действующим в веществе, поэтому М. р. применяется для исследования структуры твёрдых тел и жидкостей, атомной и молекулярной динамики и т. п.

**МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР** — прибор для измерения импульсов заряд. частиц по кривизне их траекторий в магн. поле. Осн. характеристиками М. с. являются его разрешающая способность (т. е. точность измерения импульса частицы) и апертура, определяющая телесный угол, в к-ром производится регистрация частиц. Простейшие М. с. — одноканальные приборы с небольшой апертурой и фиксированной траекторией частиц в магн. поле. Энергетич. спектр частиц измеряется при последоват. изменениях магн. поля  $H$ . Такие М. с. применяются, как правило, в области малых и средних энергий частиц для изучения процессов, происходящих со сравнительно высокой вероятностью и характеризующихся малым кол-вом вторичных частиц. Если измеряется не только импульс, но и скорость частицы  $v$  (напр., по времени пролёта), то можно определить её массу, т. е. идентифицировать частицу (напр., протон, дейтрон, ядро He).

Для увеличения апертуры и снижения уровня фона применяются М. с. с фокусировкой, напр. для исследования  $\beta$ -распада ядер (см. *Бета-спектрометр*). Это позволяет регистрировать частицы с определёнными импульсами, вылетающие в широком интервале углов. Фокусировка достигается с помощью спец. конфигурации магн. поля.

М. с. применяются и для определения энергии жёстких  $\gamma$ -квантов, образующих электрон-позитронную пару  $e^-e^+$  в веществе (конверторе). При этом измеряются импульсы электрона и позитрона (см. *Гамма-спектрометр*). Такой М. с. характеризуется хорошим энергетич. разрешением, однако его светосила невелика, т. к. для получения высокого разрешения необходимо максимально уменьшить потери энергии частиц в конверторе. Конвертор должен быть тонким и вероятность образования  $e^+e^-$ -пары мала ( $\sim 5 - 10\%$ ).

**Широкоапертурные гибридные М. с.** служат для изучения процессов, сопровождающихся рождением большого числа частиц в каждом акте взаимодействия (см.

*Множественные процессы*). Эти процессы обычно характеризуются малой вероятностью, что требует М. с. с большой светосилой. Часто необходимо одновременно измерять траектории и импульсы неск. заряд. частиц разл. типов, идентифицировать и определять эффективную массу системы частиц (или т. н. недостающую массу, см. ниже), выделять редкие явления (напр., распады короткоживущих частиц на фоне большого кол-ва др. процессов).

Особый интерес представляют *комбинированные системы детекторов*, в состав к-рых помимо М. с. входят многоканальные системы для регистрации  $\gamma$ -квантов и измерения энергии частиц калориметрич. методами. Это позволяет полностью определять кинематику многочастичных событий (рис. 1). Для увеличения магн. поля используются сверхпроводящие магниты или системы из неск. М. с. Для идентификации

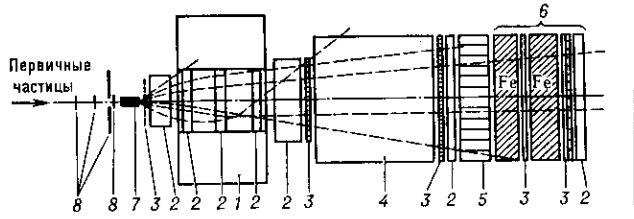


Рис. 1. Схема магнитного спектрометра, используемого в экспериментах на ускорителях: 1 — магнит; 2 — трековые детекторы, регистрирующие траектории (треки) частиц в магнитном поле (пропорциональные и дрейфовые камеры, искровые проволоочные камеры); 3 — готоскопы сцинтилляционных счётчиков; 4 — многоканальный черенковский газовый детектор для идентификации вторичных частиц; 5 — спектрометр для регистрации электронов и  $\gamma$ -квантов; 6 — мюонный детектор (система сцинтилляционных  $\beta$  и трековых  $\alpha$  детекторов, прослоенных Fe); 7 — мишень; 8 — детекторы, включённые в схему совпадения, регистрирующую первичные частицы.

вторичных заряд. частиц служат черенковские счётчики (газовые), *переходного излучения детекторы*, эл.-магн. и адронные калориметры (см. *Ионизационный калориметр*), мюонные детекторы. Общее число каналов информации в таких установках достигает  $10^6 - 10^7$ . Обработка информации происходит с помощью (в линию) ЭВМ.

**Двухплечевые М. с.** применяются при исследовании двухчастичных процессов (упругое рассеяние, двухчастичные распады короткоживущих частиц и т. д.,

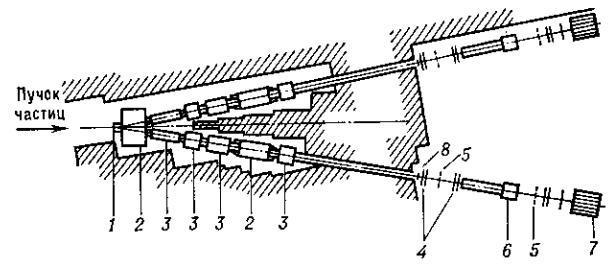


Рис. 2. Схема двухплечевого магнитного спектрометра: 1 — мишень; 2 — магниты; 3 — магнитные линзы; 4 — трековые детекторы; 5, 8 — сцинтилляционные детекторы; 6 — газовые черенковские счётчики; 7 — ливневые спектрометры для идентификации электронов.

рис. 2). Измеряя импульсы частиц в каждом из плеч М. с. и угол между ними, можно восстановить эффективную массу первичной частицы. Двухплечевые М. с. могут работать в интенсивных пучках ( $\sim 10^{12}$  частиц за цикл работы ускорителя), что важно при исследовании редких процессов. Именно с помощью таких М. с. открыты  $J/\psi$ -частица и *ипсилон-частица*. Оба они выделены по двухлептонным распадам:  $J/\psi \rightarrow e^+e^-$