

их между электронами, то оно не может быть причиной релаксации импульса и избыточной энергии, к-рые электронный газ получает извне. Поэтому, в частности, М. р. не может обеспечить конечного электросопротивления ρ . Однако оно может изменить сопротивление, обусловленное рассеянием на решётке, напр. «перенос» импульса из области импульсного пространства, где он слабо релаксирует на дефектах решётки и фононах, в область, где релаксация сильнее. Именно так обстоит дело в случае рассеяния на оптич. фононах с энергией $\hbar\omega_0$ при низких темп-рах $kT \ll \hbar\omega_0$, когда рассеяние на решётке является слабым в области $\mathcal{E}_k < \hbar\omega_0$ и сильным при $\mathcal{E}_k > \hbar\omega_0$.

Если узким местом процесса релаксации является именно перенос импульса по k -пространству за счёт М. р., то

$$\rho^{-1} \sim \frac{ne^2}{m} \tau_{ee}$$

Из этой ф-лы рассеяние на решётке выпадает, но она справедлива, только если $\tau_{ee} \gg \tau$, и теряет смысл, если рассеяние на решётке полностью «выключить».

М. р. с перебором не сохраняет полный импульс и тем напоминает рассеяние на решётке. Поэтому оно может быть причиной электросопротивления металла. Оценивая τ_{ee} при $\mathcal{E} - \mathcal{E}_F \approx T$, получаем $\rho \sim T^2$.

К М. р. относят и столкновения носителей заряда разных типов, напр. электронов проводимости и дырок. Такие процессы приводят к выравниванию их темп-р и хим. потенциалов. М. р. проявляется также в процессах ударной ионизации и рекомбинации (см. *Оже-эффект*).

Лит.: Гантмахер В. Ф., Левинсон И. Б., Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках, М., 1984. И. Б. Левинсон.

МЕЗОАТОМЫ — атомы, в к-рых один из электронов оболочки замещён отрицательно заряж. частицей — мюоном (μ^-) или адроном (π^+ , K^- -мезонами, антипротоном и др.). Существование М. было предсказано Дж. А. Уилером (J. A. Wheeler) в 1949 и вскоре подтверждено экспериментально. Радиусы М. в невозбуждённом состоянии $r = 4,3 \cdot 10^{-9} mZ$ см, где Z — заряд ядра, m — приближённо равно отношению массы частицы к массе электрона. Более точно:

$$r = \frac{m_x}{m_e (1 + m_x/M)},$$

где m_e , m_x — массы электрона и мюона (или адрона), M — масса ядра. Наиб. изучены М., состоящие из ядра водорода и μ^- ($r = 2,8 \cdot 10^{-11}$ см, см. *Мюонный атом*), π^- ($r = 2,2 \cdot 10^{-11}$ см) или K^- ($r = 0,8 \cdot 10^{-11}$ см) (см. *Адронные атомы*).

Л. И. Пономарёв.

МЕЗОННАЯ ФАБРИКА — ускоритель, предназначенный для получения пучков π -мезонов и мюонов (π^\pm , π^0 , μ^\pm) высокой интенсивности в широком диапазоне энергий. Поскольку сечения рождения частиц малы (~ 1 мб), то для получения необходимых плотностей потоков π и μ требуются протонные пучки со ср. значениями токов от десятков мкА до 1 мА.

В настоящее время (1990-е гг.) в М. ф. используются протонные ускорители трёх типов: резонансные *линейные ускорители*, *изохронные циклотроны*, *фазотроны* с большой частотой повторения циклов. На М. ф. наряду с фундам. исследованиями проводится также большой спектр прикладных исследований в области физики твёрдого тела, химии, медицины, биологии и др., имеющих важное народнохозяйств. значение. Характеристики наиб. крупных М. ф. приведены в табл. 1.

В самой сильноточной из действующих Лос-Аламосской М. ф. генерируются потоки пионов низких (0—300 МэВ) энергий с интенсивностями $3 \cdot 10^9 \pi^+/с$ или $8 \cdot 10^8 \pi^-/с$ и потоки пионов высоких (100—600 МэВ) энергий — $10^{10} \pi^+/с$ или $10^9 \pi^-/с$. В изохронном циклотроне TRIUMF ускоряются ионы H^- , к-рые перезаряжаются на выходной мишени в протоны.

Табл. 1. — Крупнейшие мезонные фабрики

| Тип ускорителя | Месторасположение | Энергия, МэВ | Средний ток, мА | Вид частиц |
|---------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Линейный ускоритель LAME | Лос-Аламос, США | 800 | до 1 | π^-, H^- |
| Линейный ускоритель ММФ АН СССР | Москва, СССР | 600 | до 1 | π^-, H^- |
| Изохронный циклотрон SIN | Цюрих, Швейцария | 600 | 0,14 | π^+ |
| Изохронный циклотрон TRIUMF | Ванкувер, Канада | 500 | 0,07 | π^-, H^- |

В сер. 1980-х гг. в ряде центров по ядерной физике начались работы по проектированию т. н. каонных фабрик (К. ф.), представляющих собой ускорит. комплексы для получения высокоинтенсивных протонных пучков (ср. ток 100—150 мкА) с энергией порядка 30—60 ГэВ, к-рые при взаимодействии с мишенями могут рождают потоки вторичных частиц: каонов, антипротонов, гиперонов, нейтрино и др. Благодаря высокой интенсивности вторичных пучков возникают широкие возможности исследования редких распадов, получения экзотич. ядер и т. п. В нек-рых случаях К. ф. называют адронными фабриками (Hadron Facility).

Получение в К. ф. интенсивностей, превышающих более чем на порядок ср. интенсивность пучков действующих *синхротронов протонных*, предполагается достигнуть за счёт высокой частоты повторения ускоряющих циклов и применения сильноточных инжекторных комплексов повыш. энергии. Поэтому К. ф. строится по каскадной схеме: инжектор (выходная энергия 500—800 МэВ), быстроциклирующий протонный синхротрон — *бустер* (выходная энергия 2—7,5 ГэВ), осн. протонный синхротрон. В нек-рых проектах К. ф. для удобства физ. экспериментов предусматриваются также накопительные кольца (см. *Накопители*), напр. накопит. кольцо (Stretcher) для медленного вывода пучка на мишень.

Действующих К. ф. ещё нет, и разрабатываемые проекты, как правило, привязываются к существующим М. ф. При этом ускорители М. ф. используются как инжекторы в бустер: часть пучковых импульсов поступает в бустер, остальная часть — на физ. эксперимент. Характеристики проектов К. ф., создаваемых на базе М. ф., приведены в табл. 2.

Табл. 2. — Каонные фабрики

| Установка | Месторасположение | Тип инжектора | Характеристики основного протонного синхротрона | | | | |
|-------------|-------------------|-----------------------------|---|--------------|------------------------|---|----------------------|
| | | | энергия, ГэВ | ср. ток, мкА | частота повторения, Гц | число протонов в импульсе, в единицах 10^{13} | циркулирующий ток, А |
| TRIUMF KF | Канада | Изохронный циклотрон TRIUMF | 30 | 100 | 10 | 6 | 2,8 |
| LAMPE-II | США | Линейный ускоритель | 60 | 25 | 12 | 1,3 | 0,5 |
| МКФ АН СССР | СССР | Линейный ускоритель ММФ | 45 | 125 | 6,25 | 12 | 4,0 |

Рассматриваются и др. варианты построения К. ф. Напр., в Японии обсуждается проект адронной фабрики (Japanese Hadron Facility), к-рая должна работать совместно с действующим ускорит. комплексом КЕК (протоны, 12 ГэВ) — TRISTAN (встречные пучки e^+e^- , 25 ГэВ). Вновь разрабатываемый комплекс адронной фабрики включает линейный ускоритель протонов