

но на рис. 3, либо излучение другого — гетеродинного лазера, привязанного по частоте к зондирующему.

Разрешение гетеродинных спектрометров определяется рядом факторов, приводящих к уширению частотных компонент в спектре выходного сигнала. Это — конечность телесного угла сбора рассеянного излучения $\Delta\theta$, определяемого апертурами диафрагм, конечность полосы радиотехн. обрабатывающего устройства, неточность привязки по частоте зондирующего и гетеродинного лазеров и т. д. Из перечисленных факторов основным является первый, т. к. уширение спектральных компонент за счёт остальных факторов может быть сделано < 1 Гц. Для малых углов рассеяния уширение, вызванное неопределённостью в угле сбора рассеянного света, составляет величину $\Delta f \approx f \frac{\Delta\theta}{\theta}$, где f — частотное смещение линии рассеянного света, θ — угол рассеяния. Напр., в случае рассеяния Мандельштама — Бриллюэна на ультразвуке $f_1 \approx (1 \div 2) \cdot 10^7$ Гц, в случае рассеяния на органидах протоплазмы, движущейся в живой клетке, $f_2 = 10^4 \div 10^2$ Гц. При характерных значениях $\theta \approx 10^{-2}$ рад ($\sim 30'$) и $\Delta\theta \approx 10^{-3}$ рад ($3'$) соответствующие уширения равны $\Delta f_1 = 1 \div 2$ МГц и $\Delta f_2 = 1 \div 10$ Гц. Они и определяют абс. значения разрешения. Относит. разрешение соответственно равно 10^8 и 10^{14} , что недостижимо никакими средствами спектрального анализа на оптич. частотах.

В гетеродинных системах лазерной связи и в гетеродинных интерферометрах (см. *Интерферометр интенсивности*), применяющихся для астр. наблюдений, обычно используют ИК-излучение с длиной волны 10 мкм. В этом диапазоне по сравнению с видимым уменьшаются искажения, вносимые турбулентной атмосферой, облегчается выполнение условий пространственного согласования волн, и в этой области в атмосфере имеется окно прозрачности. Абс. разрешение в данном случае составляет 0,2 Гц.

Лит.: Росс М., Лазерные приёмники, пер. с англ., М., 1969; Бенедек Дж., Спектроскопия оптического смещения и её приложения к задачам физики, химии, биологии и техники, «УФН», 1972, т. 106, с. 481; Гальярди Р. М., Карп Ш., Оптическая связь, пер. с англ., М., 1978; Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов, под ред. Г. Камминса и Э. Пайка, пер. с англ., М., 1978; Ахманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С., Введение в статистическую радиофизику и оптику, М., 1981; Устинов Н. Д., Матвеев И. Н., Протопопов В. В., Методы обработки оптических полей в лазерной локации, М., 1983. **ДЕТЕКТОРЫ** ч а с т и ц (лат. detector — тот, кто раскрывает, обнаруживает) — приборы для регистрации частиц (протонов, нейтронов, α -частиц, мезонов, электронов, γ -квантов и т. д.). Д. применяются в эксперим. исследованиях на ускорителях заряженных частиц, на ядерных реакторах, при исследовании космических лучей, а также в дозиметрии и радиометрии и т. д.

Действие Д. основано на разл. процессах взаимодействия частиц с веществом. Осн. процессами, к-рые вызываются заряж. частицами, являются ионизация и возбуждение атомов и молекул, а также (для релятивистских частиц) возбуждение черенковского и переходного излучений. Нейтральные частицы (напр., нейтроны, γ -кванты) регистрируются по вторичным заряж. частицам, появляющимся в результате их взаимодействия с веществом. В случае γ -квантов это электроны, возникающие в результате фотоэффекта, комптон-эффекта и рождения электрон-позитронных пар (см. *Гамма-излучение*). Быстрые нейтроны регистрируются по заряж. продуктам взаимодействия (ядрам, протонам, мезонам и др.), медленные нейтроны — по излучению, сопровождающему их захват ядрами вещества (см. *Нейтронные детекторы*).

Д. делятся на два класса. В трековых Д. прохождение заряж. частицы фиксируется в виде пространственной картины следа (трека) этой частицы; картина может быть сфотографирована или зарегистрирована электронными устройствами. В электронных Д. прохождение частицы вызывает появление электрич. импульса, к-рый используется для

регистрации и управления разл. процессами. Методы и аппаратура для усиления, преобразования и регистрации электрич. импульсов от электронных Д. составляют предмет ядерной электроники. Прогресс в области электронных Д. и в ядерной электронике приводит к тому, что всё б. ч. электронных Д. позволяет получить помимо электрич. импульсов и пространственную картину следа заряж. частиц. В эксперименте используются ЭВМ, к-рые не только запоминают и обрабатывают информацию, получаемую с электронных Д., но и управляют условиями опыта (см. *Автоматизация эксперимента*).

Основные характеристики детекторов: эффективность — вероятность регистрации частицы при попадании в рабочий объём Д.; пространственное разрешение — точность локализации места прохождения частицы; временное разрешение — мин. интервал времени между прохождением двух частиц, к-рые регистрируются как отд. события; мёртвое время (время восстановления) — интервал времени после регистрации частицы, в течение к-рого Д. остаётся нечувствительным (табл.).

Сравнительные характеристики некоторых детекторов

Детектор	Пространственное разрешение, см	Временное разрешение, с	Время восстановления, с
Ионизационная камера . . .	1	10^{-6}	10^{-4}
Пропорциональный счётчик . . .	1	10^{-7}	10^{-4}
Счётчик Гейгера	1	10^{-6}	10^{-4}
Сцинтилляционный счётчик . . .	1	10^{-9}	10^{-8}
Плупроводниковый детектор	1	10^{-9}	10^{-9}
Фотоядерные эмульсии	10^{-4}	—	—
Камера Вильсона	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}
Диффузионная камера	10^{-1}	1	—
Пузырьковая камера	10^{-2}	10^{-3}	1
Искровая камера	10^{-2}	10^{-6}	10^{-3}
Пропорциональная камера	10^{-2}	10^{-7}	10^{-6}

Трековые детекторы. Среди наиб. распространённых трековых Д. — ядерные фотографич. эмульсии, пузырьковая камера, искровая камера, пропорциональная и дрейфовая камеры. *Вильсона камера* и диффузионная камера играли важную роль на ранних этапах развития ядерной физики, но в дальнейшем вытеснены др. трековыми Д.

В *ядерной фотографической эмульсии* проходящая заряж. частица вызывает ионизацию и тем самым создаёт центры скрытого изображения. После проявления трек частицы предстаёт в виде цепочки зёрен металлич. серебра. Благодаря малому размеру зёрен (1 мкм) пространственное разрешение чрезвычайно высокое, временное разрешение практически отсутствует, т. к. совпадает со временем облучения эмульсии. Это один из осн. недостатков метода. Др. недостатком является сложность поиска и обмера событий.

Пузырьковая камера применяется в экспериментах на ускорителях. Она наполняется жидкостью, к-рая в определённый момент времени вводится (сбросом давления) в перегретое состояние. Жидкость нек-рое время не вскипает, т. к. отсутствуют центры, на к-рых начинается кипение. Роль этих центров играют ионы, образующиеся вдоль трека заряж. частицы, на к-рых начинают расти пузырьки пара. Пока пузырьки имеют ещё размер ≤ 1 мм, их освещают импульсным источником света и фотографируют. Пузырьковые камеры помещают в магн. поле для измерения знака и импульса заряж. частиц. Камеры обладают высоким пространственным разрешением, к-рое ограничивается возможностями фотографии. Использование голографич. методов позволит, по-видимому, примерно в 10 раз улучшить пространственное разрешение (см. *Голография*).

Большую роль в эксперим. физике элементарных частиц сыграла *искровая камера*. В простейшем случае