

1971, т. 104, в. 3, с. 413; Ерохин Н. С., Моисеев С. С., Вопросы теории линейной и неллинейной трансформации волн в неоднородных средах, «УФН», 1973, т. 109, в. 2, с. 225; Электродинамика плазмы, М., 1974; Жугжда Ю. Д., Джалидов Н. С., Линейная трансформация магнито-акустогравитационных волн в наклонном магнитном поле, «Физика плазмы», 1983, т. 9, в. 5, с. 1006.

Н. С. Ерохин, Ю. Д. Жугжда.

**ТРЕК** (от англ. track — след, путь) — след, оставаемый заряж. частицей в веществе, регистрируемый т. н. *трековыми детекторами частиц*.

**ТРЕКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ЧАСТИЦ** — детекторы заряж. частиц и ядерных фрагментов, регистрация к-рых сопровождается появлением наблюдаемых следов (треков), повторяющих траекторию частицы или фрагмента. По этой причине Т. д. ч. часто наз. визуальными. К Т. д. ч. относят конденсационные (Вильсона и диффузионная) камеры, пузырьковую, стримерную и искровую камеры, ядерные фотоэмульсии и твердотельные плёночные детекторы. Механизмы действия Т. д. ч. разнообразны. В *Вильсона камере* и диффузионной камере — это конденсация пересыщенного пара на ионах, образованных ионизирующей частицей в газе; в *пузырьковой камере* — вскипание перегретой жидкости в точках высокого локального энерговыделения ( $\geq 1$  кэВ) на траектории частицы; в *стримерной камере* — появление пространственно локализованных слабосветящихся электронных лавин (стримеров) размером  $\leq 1$  мм, к-рые вырастают в сильном импульсном электрич. поле на сгустках ионизации, созданных в газе заряж. частицей. В *искровой камере* вдоль колонки лавин (стримеров) происходит искровой пробой, так что след представляет собой яркий тонкий плазменный шнур. Треки в *ядерной фотографической эмульсии* возникают вследствие активации ионизирующей частицей микрокристаллов AgBr и образования на них при последующем проявлении зёрен металлич. серебра. В *диэлектрических детекторах* (стёкла, слюда, лексан и нек-рые др. органич. полимеры) трек образуется в результате локального разрушения структуры материала сильно ионизирующей частицей, что выявляется в процессе травления.

Регистрация следов в Т. д. ч. производится прямым фотографированием (в конденсационных, пузырьковых, искровых камерах), фотографированием с предварительным электронно-оптич. усилением изображения (в стримерных камерах); с помощью микроскопа (ядерные фотоэмульсии и плёночные детекторы).

Следы однократно заряж. релятивистских частиц в большинстве Т. д. ч. имеют характерную структуру, т. е. состоят из отд. элементов (капелек, пузырьков, светящихся лавин, или стримеров, зёрен) и их сгустков. В искровой камере всегда (а в др. детекторах при большой плотности ионизации вдоль следа) треки представляют собой сплошные, почти бесструктурные образования.

Малые размеры структурных элементов следа (ок. 1 мкм в ядерных фотоэмульсиях, 10—40 мкм в конденсационных и пу-

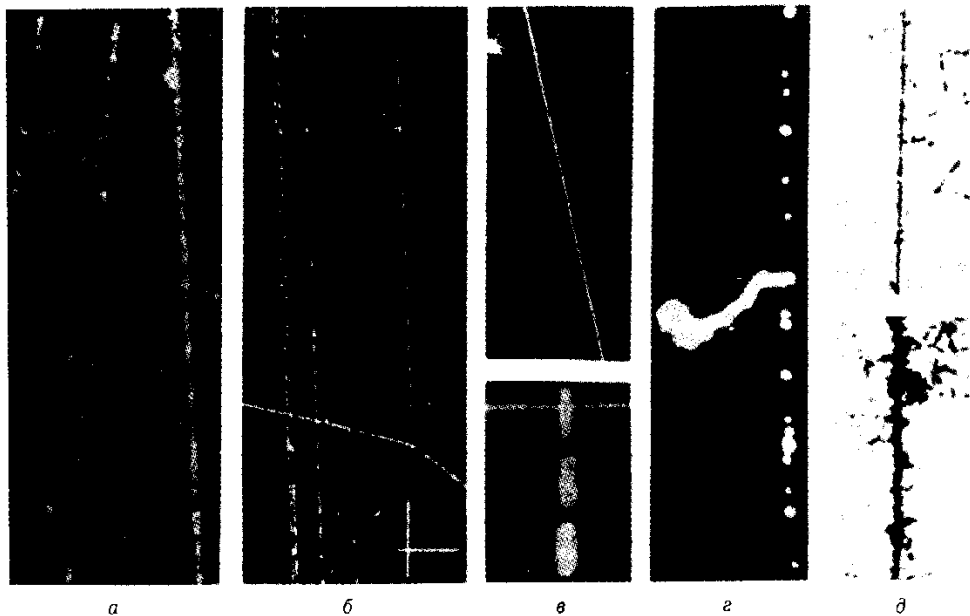
зырьковых камерах, 0,05—1,0 мм в стримерных и искровых камерах) позволяют применять Т. д. ч. в качестве *координатных детекторов* (позиционно-чувствительных) для измерения пространственно-угл. характеристик траекторий частиц, а также их импульсов (по отклонению в магн. поле). Изучение же многократного «расщепления» трека и его структуры, т. е. числа или др. характеристик распределения элементов следа или разрывов между ними, даёт возможность судить о скорости и заряде частицы. Однако осн. достоинством Т. д. ч. является наглядность и достоверность регистрации пространств. картины взаимодействия частиц в связи с чем Т. д. ч. нередко используют в качестве т. н. «всришинных» детекторов в крупномасштабных *комбинированных системах детекторов*.

К недостаткам Т. д. ч. относятся необходимость поиска событий и сложность анализа изображения следа. Автоматизация этих процессов сопряжена с трудностями, что сдерживает скорость просмотра и обработки больших массивов данных. Благодаря компьютеризации сбора и обработки информации различие между трековыми и др. детекторами заряж. частиц, обладающими мелкоячеистой структурой (многопроволочные *пропорциональные камеры* и *дрейфовые камеры*, *цифровые детекторы на волокнах* и *стриповые полупроводниковые детекторы*), стирается из-за возможности визуализации зарегистрированных ими координат следов на экране видеодисплея.

В развитии ядерной физики, физики элементарных частиц Т. д. ч. сыграли выдающуюся роль. С их помощью были обнаружены ядерные реакции и реакции взаимодействия и распада элементарных частиц, а также открыт ряд элементарных частиц — позитрон, мюон, заряж. пионы, странные и очарованные частицы. Т. д. ч. (за исключением конденсационных камер) широко используются и в совр. ядерно-физ. экспериментах.

*Лит.*: Беккерман И. М., Невидимое оставляет след, 2 изд., М., 1970; Fabian C., Fisher H., Particle detectors, «Repts Progr. Phys.», 1980, v. 43, p. 1003; Leo W. R., Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach, В.—[а. о.], 1987; Будагов Ю. А., Мерзон Г. И., Ситар Б., Чечин В. А., Ионизационные измерения в физике высоких энергий, М., 1988; Sitar B., Merson G. I., Chechin V. A., Budagov Yu. A., Ionization measurements in high-energy physics, В.—[а. о.], 1993, Г. И. Мерзон.

**ТРЕНИЕ ВНЕШНЕЕ** — механич. сопротивление, возникающее в плоскости касания двух соприкасающихся тел при их относит. перемещении. Сила сопротивления  $F$ , направленная противоположно относит. перемещению тел,



Фотографии следов быстрых заряженных частиц в трековых детекторах: а — камера Вильсона; б — пузырьковая камера; в — искровая камера; г — стримерная камера; д — ядерная фотоэмульсия.