

ультрарелятивистского ферми-газа и фотонного газа А. описывается ур-нием Пуассона, где  $\gamma = 4/3$ .

Д. Н. Зубарев.

**АДИАБАТИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА** — предположение, лежащее в основе представления о механизме рассеяния в *квантовой теории поля* (КТП). Процесс рассеяния, согласно А. г., происходит след. образом. В нач. состоянии, к-рому приписывается время  $t = -\infty$ , частицы находятся далеко друг от друга и взаимодействии между ними полностью отсутствует. По мере сближения частиц взаимодействие постепенно «включается», достигает наиб. силы при макс. сближении и постепенно «выключается», когда частицы разлетаются после рассеяния. Конечному состоянию приписывается время  $t = +\infty$ . В начальном и конечном состояниях частицы описываются свободным *лагранжианом*, т. е. лагранжианом без взаимодействия. Строго говоря, А. г. не применима к КТП, поскольку лагранжианы со взаимодействием, обычно рассматриваемые в КТП, приводят к тому, что частицы постоянно взаимодействуют с вакуумом как своего рода физ. средой, в к-рой они движутся, и поэтому не могут описываться свободным лагранжианом (см. Хаага теорема). Трудности, возникающие при введении А. г. в КТП, устраняются с помощью процедуры *перенормировок* при построении *матрицы рассеяния*.

Г. В. Ефимов.

**АДИАБАТИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ** — возмущения состояний квантовой системы под воздействием медленно (адиабатически) меняющихся внеш. условий. Медленность означает, что характерное время изменения внеш. условий значительно превышает характерные времена движения системы. Метод А. в. противопоставляется *внезапных возмущений методу* (встряхиванию), при к-ром упомянутые времена удовлетворяют противоположному неравенству. А. в. могут приводить к значит. изменению структуры самих состояний, но при этом переходы между разными состояниями происходят с малой вероятностью. Исключение из этого правила составляют случаи, когда в процессе эволюции два или неск. уровней энергии системы становятся близкими или пересекаются (см. *Пересечение уровней*). При этом переходы между пересекающимися состояниями могут происходить с заметной вероятностью и наз. неадиабатическими. Теорию А. в. применяют для описания столкновений атомов и молекул, взаимодействия атомов и молекул с эл.-магн. полями, взаимодействия разл. возбуждений в твёрдом теле и т. д.

Лит.: Мотт М., Мессис Г., Теория атомных столкновений, пер. с англ., 3 изд., М., 1969; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Квантовая механика. Нерелятивистская теория, 3 изд., М., 1974; Шифф Л., Квантовая механика, пер. с англ., 2 изд., М., 1959.

А. М. Дыхне.

**АДИАБАТИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ** — физ. величины, остающиеся практически неизменными при медленном (адиабатическом), но не обязательно малом изменении внеш. условий, в к-рых находится система, либо самих характеристик системы (внутр. состояние, масса, электрический заряд и пр.). Отмеченное изменение должно происходить за времена ( $\tau$ ), значительно превышающие характерные периоды движения системы ( $T$ ).

В классич. механике А. и. являются переменные действия  $I_k = \oint p_k dq_k$ , где  $p_k$  — обобщённый импульс,  $q_k$  — обобщённая координата, интегрирование проводится по периоду (или квазипериоду).

Для гармонич. осциллятора А. и. является отношение его энергии к частоте. Характерно, что при адиабатич. изменении условий становятся связанными между собой физ. величины, к-рые вообще независимы, напр. амплитуда колебаний маятника и его длина.

Физически важным примером А. и. служит магн. момент, создаваемый током заряж. частицы при её движении в медленно меняющемся (в пространстве

или во времени) магн. поле:  $p_{\perp}^2/H = \text{const}$ , где  $p_{\perp}$  — проекция импульса заряж. частицы на плоскость, перпендикулярную направлению магн. поля ( $H$ ) в данной точке пространства.

На сохранении А. и. основано т. н. дрейфовое приближение, широко используемое в физике плазмы, а также действие «магн. пробок» и основанных на них адиабатич. ловушек — пробкоуловителей (см. *Открытые ловушки*), применяемых в исследованиях по удержанию горячей плазмы для целей управляемого термоядерного синтеза и осуществляющихся, напр., в магн. поле Земли (см. *Радиационный пояс*).

Кол-во А. и. не превышает числа степеней свободы, по к-рым движение системы finitoно (ограничено в пространстве). Так, в магн. ловушках, кроме магн. момента, может сохраняться продольный А. и., соответствующий движению вдоль магн. силовых линий:  $\int_a^b p_{\parallel} dl$ , где  $p_{\parallel}$  — проекция импульса частицы на направление  $H$ , а интеграл берётся вдоль траектории между точками поворота частицы.

Расчёты, проводимые в небесной механике, а также исследования длительности удержания заряж. частиц в адиабатич. ловушках вызвали вопрос о точности, с к-рой сохраняются А. и. Строго говоря, А. и. может изменяться в значит. пределах, если во временной зависимости внеш. условий присутствуют частоты, кратные частотам самой системы (*параметрический резонанс*). Если не рассматривать такие ситуации, то А. и. сохраняется с точностью большей, чем любая степень малого параметра  $T/\tau$ .

Интерес к А. и. сильно возрос в годы установления понятий квантовой механики. В квантовой механике А. и. являются те из квантовых чисел ( $n$ ), для к-рых частоты  $\omega = (\mathcal{E}_{n+1} - \mathcal{E}_n)/\hbar$  (где  $\mathcal{E}$  — энергия) удовлетворяют условию адиабатичности ( $\omega T \gg 1$ ). Иными словами, квантовая система, находящаяся под адиабатич. воздействием, остаётся в одном и том же состоянии (хотя само состояние меняется, адиабатически следуя за изменением внеш. воздействия). Все переходы такой системы из одного состояния в другое наз. *неадиабатическими переходами* и связаны с пересечением соответствующих уровней энергии ( $\omega = 0$ ) (см. *Пересечение уровней*).

Лит.: Шифф Л., Квантовая механика, пер. с англ., 2 изд., М., 1959; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теоретическая физика, т. 1 — Механика, 3 изд., М., 1973; Нортроп Т., Адиабатическая теория движения заряженных частиц, пер. с англ., М., 1967; Арнольд В. И., Математические методы классической механики, 2 изд., М., 1979.

А. М. Дыхне.

**АДИАБАТИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ** в космологии — один из возможных типов малых нарушений однородности Вселенной, привлекаемых для объяснения происхождения её наблюдаемой структуры: галактик, а также групп, скоплений и сверхскоплений галактик. А. ф. присутствуют, вероятно, уже на самых ранних стадиях эволюции Вселенной — вблизи космологич. сингулярности (см. *Сингулярность космологическая*). Они представляют собой неоднородности плотности и потенц. возмущения скорости в-ва, к-рые нарушают однородное и изотропное расширение Вселенной и, нарастая под действием сил тяготения, приводят к образованию гравитационно обособленных космич. тел. А. ф. сохраняют уд. энтропию строго неизменной по пространству — отсюда их название (см. *Адиабатический процесс*). Постоянство уд. энтропии является, согласно совр. теориям (см. *Баррионная асимметрия Вселенной*), одним из важнейших свойств ранней Вселенной.

В ходе эволюции Вселенной мелкомасштабные А. ф. испытывают сильное затухание. В *космологических моделях*, в к-рых предполагается, что в настоящее время осн. вклад в плотность вещества дают *барионы*, это затухание происходит на стадии ионизованного водорода и вызвано диссипативным взаимодействием водородно-гелиевой плазмы с фотонами, заполняю-