

резонансных частиц, взаимодействующих с каждой из двух рассматриваемых волн в отдельности, мало, а в резонанс с биением попадает много частиц. Характерный пример — ленгмюровские колебания. Их частота определяется соотношением $\omega_{1,2} = \omega_p \left(1 + \frac{3}{2} k^2 r_D^2 \right)$, $k^2 r_D^2 \ll 1$, и фазовая скорость колебаний много больше тепловой скорости электронов. Из-за малой дисперсии частоты фазовая скорость биения $\frac{3}{2} \omega_p (k_1^2 - k_2^2) r_D^2 / |k_1 - k_2|$ очень мала и может быть даже порядка тепловой скорости ионов. Поэтому возможно индуцир. рассеяние ленгмюровских колебаний на ионах.

Если индуцир. рассеяние волн происходит на частицах с максвелловским распределением f по скоростям ($\frac{\partial f}{\partial v} < 0$), то оно сопровождается уменьшением частоты и волнового числа ленгмюровских колебаний, поскольку часть энергии и импульса исходного кванта забирается рассеивающей частицей. При индуцир. рассеянии на пучке (т. е. распределение по скоростям немасвелловское $\partial f / \partial v > 0$) имеет место обратная ситуация.

Лит.: Арцимович Л. А., Сагдеев Р. З., Физика плазмы для физиков, М., 1979.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ — представление квантовой теории, в к-ром зависимость от времени вектора состояния системы определяется взаимодействием (рассматриваемым часто как малое возмущение), а соответствующих физ. величин — гамильтонианом системы без учёта взаимодействия. В. п. является промежуточным между Шрёдингера представлением и Гейзенберга представлением. Предложено П. А. М. Дираком (P. A. M. Dirac) и используется в случаях, когда из гамильтониана (\hat{H}) системы оказывается целесообразным выделить невозмущённую часть \hat{H}_0 (в квантовой теории поля — гамильтониан свободного поля) и гамильтониан возмущения (взаимодействия) \hat{V} :

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{V}. \quad (1)$$

Вектор состояния во В. п. $|\Psi_I(t)\rangle$ связан с вектором состояния в представлении Шрёдингера $|\Psi_S(t)\rangle$ с помощью унитарного оператора $\hat{R}(t, t_0)$:

$$|\Psi_S(t)\rangle = \hat{R}(t, t_0) |\Psi_I(t)\rangle, \quad (2)$$

удовлетворяющего ур-нию

$$i\hbar \frac{\partial \hat{R}}{\partial t} = \hat{H}_0 \hat{R} \quad (3)$$

с граничным условием $\hat{R}(t_0, t_0) = 1$ и представляющего собой эволюцию вектора состояния под действием невозмущённого гамильтониана \hat{H}_0 . Символически:

$$\hat{R} = \exp \left[-i \int_{t_0}^t \hat{H}_0(t') dt' \right]. \quad (4)$$

Из ур-ния Шрёдингера для системы с гамильтонианом (1) следует, что вектор состояния $|\Psi_I(t)\rangle$ должен удовлетворять ур-нию

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\Psi_I(t)\rangle = \hat{V}_I(t) |\Psi_I(t)\rangle, \quad (5)$$

где оператор взаимодействия во В. п.

$$\hat{V}_I(t) = \hat{R}^+(t, t_0) \hat{V} \hat{R}(t, t_0) \quad (6)$$

(плюс означает эрмитово сопряжение). Т. о., во В. п. операторы физ. величин зависят от времени аналогично гейзенберговским операторам для невозмущённой системы с гамильтонианом \hat{H}_0 , а изменение со временем вектора состояния $|\Psi_I(t)\rangle$ обусловлено возмущением \hat{V}_I [см. (5)]. Поскольку векторы состояния во В. п. и представления Шрёдингера связаны унитарным оператором, оба представления полностью эквивалентны (см. Представлений теория). В частности, операторы F ,

отвечающие одной и той же физ. величине F , в разных представлениях имеют одинаковый спектр, аналогичные перестановочные соотношения и одинаковые ср. значения:

$$\langle \Psi_S | \hat{F}_S | \Psi_S \rangle = \langle \Psi_I | \hat{R}^+ \hat{F}_S \hat{R} | \Psi_I \rangle = \langle \Psi_I | \hat{F}_I | \Psi_I \rangle.$$

В. п. удобно для применения возмущенной теории, поэтому оно широко используется в квантовой теории поля.

Лит. см. при ст. Представлений теория. С. С. Герштейн.

ВЗВЁШЕННОЕ СРЕДНЕЕ — среднее значение n величин x_i с весами w_i ($i=1, \dots, n$), т. е. величина $\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$. В. с. используют при статистич. обработке результатов измерений с разными ошибками. Если x_i — результат измерения с ошибкой σ_i (среднее квадратичное отклонение), то считают $w_i = 1/\sigma_i^2$. Ошибка (среднее квадратичное отклонение) В. с. есть величина

$$S(\bar{x}_w) = \left[\sum_{i=1}^n (1/\sigma_i^2) \right]^{-1/2}.$$

А. А. Лебедев.

ВЗРЫВ — очень быстрое выделение энергии в ограниченном объёме, связанное с внезапным изменением состояния вещества и сопровождаемое обычно разбрасыванием и разрушением окружающей среды. Наиболее характерными являются В., при к-рых на нач. этапе внутр. хим. (или ядерная) энергия превращается в тепловую. Хим. взрывчатые вещества (ВВ) при хим. превращении (происходящем обычно без участия кислорода воздуха) по сравнению с обычным топливом выделяют небольшое кол-во теплоты ($\sim 4 \cdot 10^3$ кДж/кг, или 10^3 ккал/кг), но время хим. превращения мало ($\sim 10^{-5}$ с), поэтому вещество в процессе В. не успевает разлететься и образует газ с высокими темп-рой ($2 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3$ К) и давлением (до 10 ГПа). Расширение газа приводит в движение окружающую среду — возникает взрывная волна, скорость распространения к-рой вблизи очага В. достигает неск. км/с. Взрывная волна оказывает механич. действие на окружающие объекты.

В. могут быть вызваны резкими внеш. воздействиями — ударом, трением, ударной волной, порождённой др. зарядом, или возникнуть самопроизвольно (см. ниже). Причина В. при ударе, по-видимому, лежит в локальном разогреве вещества. Ударная волна — специфич. вид взрывного превращения, к-рое распространяется в пространстве с пост. скоростью (см. Детонация). В процессе В. может выделяться не только внутр. энергия вещества, но и механич. энергия тел, эл.-магн. энергия и др. виды энергий. Так, В. могут происходить при ударе тел, движущихся с большими скоростями (падение крупных метеоритов), испарении металлич. проволочки под действием сильного импульса электрич. напряжения, фокусировании мощного лазерного излучения в среде, при внезапном освобождении сжатого газа (разрушение стенок газовых баллонов) и т. п. Действие В. может быть усилено в к.-л. направлении (см. Кумулятивный эффект).

В., при к-рых выделяется внутр. энергия (при хим. или ядерной реакции), происходят в условиях прогрессивного самоускорения, в результате к-рого медленно протекающий в нач. момент процесс достигает очень больших скоростей. При определ. внеш. условиях конденсир. ВВ и взрывоопасные газовые смеси могут храниться длит. время (хим. реакции практически не идут). Однако при небольших изменениях темп-ры, давления, условий теплоотдачи или объёма ВВ может произойти резкий переход от крайне медленного протекания хим. реакции к её прогрессивному самоускорению, т. е. В. или самовоспламенению. Наличие таких критич. условий — характерная черта хим. ВВ. Автоускорение реакции возникает либо тепловым образом (тепловой