

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ СМЕЩЕНИЕ ЧАСТИЦ — смещение ξ частиц среды по отношению к среде в целом, обусловленное прохождением звуковой волны. К. с. ч. — одна из осн. величин, характеризующих звуковую волну. В гармонич. волне вида $p_1 = p_0(r) \exp(-i\omega t)$

$$\xi = -\frac{1}{i\omega\rho c} v = \frac{1}{\rho\omega^2} \text{grad } p_0(r) \exp(-i\omega t);$$

в плоской бегущей гармонич. волне $\xi = -p/i\omega\rho c$ (v — колебат. скорость частиц, $\omega = 2\pi f$, f — частота звука, p — звуковое давление, ρ — плотность среды, c — скорость звука, r — пространственная координата). Направление К. с. ч. может совпадать или не совпадать с направлением распространения волны в зависимости от типа волны (см. *Упругие волны*). При всех достижимых интенсивностях звука $\xi \ll \lambda$, где λ — длина звуковой волны.

Пределы изменения амплитуды К. с. ч. широки: в воздухе при звуковом давлении $2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц (порог слышимости человеческого уха) $\xi_0 \approx 10^{-11}$ м, при $p_0 = 300$ Па (порог болевого ощущения) $\xi_0 \approx 10^{-4}$ м.

Методы определения К. с. ч. в газах и жидкостях обычно основываются на измерении звукового давления. К. с. ч. твёрдых поверхностей измеряются с помощью разл. механич. и пьезоэлектрич. зондов, компенсируя ее возможное изменение, возникающее при их использовании. Для бесконтактного измерения К. с. ч. твёрдых тел применяется прямой оптич. метод: с помощью микроскопа определяется размытие освещённых точек на поверхности колеблющегося тела, при этом размеры размытой полосы равны удвоенной амплитуде. Используется также ёмкостный или индуктивный метод, когда колеблющаяся поверхность служит одной из обкладок конденсатора, включённого в колебат. контур радиогенератора, или входит в цепь магнитопровода катушки индуктивности контура; величина К. с. ч. вычисляется в этом случае по амплитуде модуляции частоты или напряжения этого генератора. Наиб. интерференц. методами с применением лазеров, а также ёмкостным методом.

В. А. Красильников.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЯДЕР — возбуждённые ядерные состояния, в к-рых нуклоны совершают согласованное коллективное движение, приводящее к периодич. зависимости ядерных свойств от времени. При энергии возбуждения \mathcal{E} ниже порога вылета нуклонов ($\mathcal{E} < 7$ МэВ) К. в. я. проявляются как серии дискретных уровней, сходные с вибрационными полосами в *молекулярных спектрах*. При более высоких энергиях К. в. я. наблюдаются в виде широких резонансных максимумов в сечениях разнообразных ядерных реакций (*гигантские резонансы*). Для К. в. я. характерны большие вероятности эл. магн. переходов в нижележащие состояния, усиленные по сравнению с типичными значениями для переходов нуклона с одной орбиты на другую (одн. частичные переходы). Это усиление свидетельствует о когерентном коллективном характере колебат. движения — при переходе синхронно меняется состояние мн. нуклонов.

Колебания формы ядра. Идея о существовании К. в. я. была сформулирована Н. Бором (N. Bohr) в 1936 в теории составного ядра по аналогии с макроскопич. телами, где взаимодействие между частицами создаёт упругие свойства и возможность распространения волн. Первым рассмотренным типом колебаний были колебания ядерной формы в *капельной модели ядра* [Н. Бор и Дж. Уилер (J. Wheeler), Я. Френкель, 1939]. Деформация ядра энергетически выгодна с точки зрения кулоновского отталкивания протонов, но увеличивает площадь поверхности. Ядерные силы, создающие поверхностное натяжение, возвращают форму ядра к равновесной, что приводит к колебаниям. Параметры формы являются здесь коллективными переменными, их изменение меняет энер-

гию всех нуклонов, движущихся в общем ядерном поле. Так возникает коллективная потенц. энергия, имеющая минимум при равновесной форме ядра. Около равновесия происходят малые колебания. При больших деформациях колебания неустойчивы и ядро делится (в самых тяжёлых ядрах уже сферич. форма неустойчива к спонтанному делению). Такое макроскопич. рассмотрение качественно правильно лишь в среднем, т. к. не учитывает квантовых оболочечных эффектов.

Феноменологич. теория колебаний формы ядра была создана О. Бором (A. Bohr) в 1952. Если в нормальном состоянии плотности ядерного вещества в точке с пространств. координатой r равна $\rho(r)$, то при К. в. я. возникает периодически зависящее от времени t отклонение $\delta\rho(r, t)$ плотности от равновесной. Любое колебание можно представить комбинацией нормальных колебат. мод. Для нормальных мод сферич. ядра $\delta\rho(r, t) = \delta\rho_L(r) Y_{LM}(\theta, \varphi) \cos \omega_L t$, где $\delta\rho_L$ описывает изменение плотности при колебаниях в зависимости от радиуса r , а *сферическая функция* $Y_{LM}(\theta, \varphi)$ — в зависимости от направления (θ и φ — полярный и азимутальный углы), индексы L, M соответствуют разл. типам колебаний. Переходя к квантовому описанию, вводят для каждой моды колебат. кванты — фононы. К. в. я. характеризуются числами n_{LM} фононов сорта (LM) , причём каждый фонон несёт угл. момент L (изменение орбитального момента ядра) и его проекцию M на ось колебания, энергию $\hbar\omega_L$, чётность $\pi = (-1)^L$.

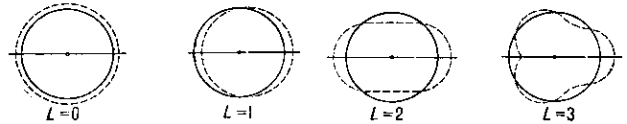
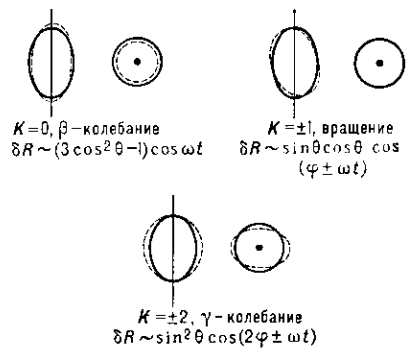


Рис. 1. Монопольная ($L=0$), дипольная ($L=1$), квадрупольная ($L=2$) и октаупольная ($L=3$) моды колебаний сферического ядра с проекцией углового момента L на ось движения $M=0$. Дипольная мода — «ложная» (смещение без изменения формы).

Типы колебаний сферич. ядра с $L=0, 1, 2, 3$ и $M=0$ (продольное движение) показаны на рис. 1. Монопольная мода ($L=0$) соответствует колебаниям плотности с сохранением сферич. симметрии. Дипольная мода ($L=1$) отвечает смещению центра масс ядра и не реализуется как колебание формы. В квадрупольной моде ($L=2$) форма колеблющегося ядра является сфероидальной, а в октаупольной ($L=3$) — грушевидной (назв. мод связаны с характером *гамма-излучения*, испускаемого при переходе из возбуждённого состояния, см. также *Мультипольное излучение*).

Рис. 2. Простейшие колебания формы ядра с аксиально симметричной квадрупольной деформацией (изображены проекции формы ядра в направлениях, перпендикулярном и параллельном оси симметрии); $\delta R(\theta, \varphi, t)$ — изменение радиуса поверхности в направлении (θ, φ) со временем. Мода с $K = \pm 1$ — «ложная» (вращение без изменения формы).



В деформированных ядрах равновесная форма обладает аксиальной симметрией. Поэтому фононы имеют определ. значение проекции K угл. момента на ось симметрии. Энергии фононов зависят от $|K|$, так что продольные и поперечные по отношению к оси симметрии моды имеют разные частоты (рис. 2).