

Без учёта гравитации расходимости в ϵ_0 могут быть устранены соответствующим переопределением начала отсчёта энергии, однако в нек-рых случаях могут оставаться нетривиальные конечные части, как в случае т. н. эффекта Казимира (Н. Casimir, 1948), когда поле квантуется в пространстве с границей. В этом случае частота $\omega(k)$ зависит от параметров пространства. В результате и ϵ_0 начинает зависеть от этих параметров. В простейшем случае одно из измерений предполагается ограниченным (размером L), и параметром, от которого зависит вакуумная энергия, является длина L . Такая ситуация реализуется, напр., при квантовании эл.-магн. поля между бесконечными параллельными проводящими пластинами (в этом случае L — расстояние между пластинами). Теоретич. вычисление конечной части вакуумной энергии приводит к величине

$$\epsilon_k = -\frac{1}{30 \cdot 4!} \frac{\pi^2}{L^3}$$

к-рая блестяще совпадает с результатами эксперимента по измерению силы притяжения двух проводящих пластин в вакууме. Тем самым эффект Казимира делает Н. к. наблюдаемым.

Лит.: Вёркен Д. Ж., Дрелл С. Д., Релятивистская квантовая теория, пер. с англ., т. 2, М., 1978; Бирелл Н., Дэвис Р., Квантовые поля в искривлённом пространстве — времени, пер. с англ., М., 1984; Икинсон К., Зюбер Ж.-Б., Квантовая теория поля, пер. с англ., т. 1, М., 1984. Я. И. Козан.

НУЛЕВЫЕ КОЛЕБАНИЯ в твёрдом теле — квантовомеханич. движение частиц твёрдого тела при $T = 0$ К. При классич. описании динамики твёрдого тела в основном состоянии ($T = 0$ К) все частицы (атомы, ионы), из к-рых оно состоит, покоятся в точках, соответствующих устойчивому равновесию. В кристалле это точно локализованные атомы на узлах кристаллич. решётки (в минимумах потенциальной энергии). При квантовомеханич. описании финитного движению частицы в потенц. яме отвечают дискретные уровни энергии. Напр., при движении частицы в одномерной потенц. яме $U(x)$ это $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots$ (рис.), причём основное состояние определяется энергией ϵ_0 , расположенной выше 0. Частота Н. к. равна ϵ_0/\hbar , амплитуда определяется областью локализации — расстоянием $x = AB$.

В большинстве случаев движение атомов в кристалле можно рассматривать как совокупность независимых гармонич. колебаний (мод) с разными частотами ω_i . В квантовой теории каждой моде соответствует осциллятор, уровни энергии к-рого $\epsilon_i^k = \hbar\omega_i(n_i + 1/2)$. Здесь индекс i нумерует разл. моды, n_i — целые числа — номера возбуждённых состояний осцилляторов. При этом энергия Н. к. для каждой моды соответствует значениям $n_i = 0$, а суммарная энергия Н. к. системы $\epsilon = \sum \hbar\omega_i/2$.

Влияние Н. к. на свойства системы при низких темп-рах особенно существенно, когда амплитуда Н. к. велика. Так, для He амплитуда Н. к. сравнима с расстоянием между частицами, что определяет отсутствие кристаллизации (при нормальном давлении) даже при $T = 0$ К (см. Гелий жидкий, Квантовая жидкость) и особенности кристаллич. фазы при высоких давлениях (см. Гелий твёрдый, Квантовый кристалл). Для атомов поляризованного по спинам атомарного водорода большая амплитуда Н. к. приводит, по-видимому, к возможности существования газовой фазы при $T = 0$ К (см. Квантовый газ).

Н. к. влияют на значение параметра порядка системы в основном состоянии и иногда полностью опреде-

ляют структуру дальнего порядка в низкотемпературных фазах (см. Дальний и ближний порядок). Для низкоразмерных систем, особенно для одномерных, Н. к. могут вообще разрушить дальний порядок при низких темп-рах (см. Квазиодномерные соединения). При конечных темп-рах роль Н. к. определяется из сравнения амплитуды Н. к. с амплитудой тепловых колебаний в системе.

Лит. см. при ст. Динамика кристаллической решётки. А. Э. Мейерович.

НУЛЬ-ЗАРЯД в квантовой теории поля — принятое (жаргонное) название для свойства обращения в нуль фактора перенормировки константы связи $Z = g_0/g_\phi$, где g_0 — затравочная константа связи из лагранжиана взаимодействия, g_ϕ — физ. константа связи, «одетая» взаимодействием. Равенство $Z = 0$ формально приводит к тому, что при любом конечном значении g_0 физ. константа связи g_ϕ обращается в нуль. Если же (как это принято в совр. формулировке теории перенормировок) фиксировать g_ϕ и выражать через неё g_0 (функции), то оказывается, что эффективный заряд $\bar{g}(k^2, g_\phi)$ обладает нефиз. полюсом (наз. также полюсом Ландау) по переменной квадрата 4-импульса (k^2). Т. о., свойство Н.-з. свидетельствует о внутр. противоречии данной квантовополевой модели или о неприменимости теории возмущений вблизи этого полюса.

Лит.: Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Квантовые поля, 2 изд., М., 1990. Д. В. Ширков.

НУССЕЛЬТА ЧИСЛО — безразмерный коэф. стационарного теплообмена между поверхностью тела и потоком жидкости или газа в случае естественной или вынужденной конвекции. Предполагается, что передача теплоты осуществляется теплопроводностью в тонком пограничном слое жидкости или газа, образующемся на поверхности тела. Н. ч. $Nu = \alpha l/\lambda$, где α — коэф. теплоотдачи от поверхности тела к жидкости или газу (или наоборот), l — характерный размер тела, λ — коэф. теплопроводности жидкости или газа. Иногда вводят также местное Н. ч. $Nu_x = \alpha(x)x/\lambda$, где x — координата рассматриваемой точки тела. Назв. по имени В. Нуссельта (E. K. W. Nußelt).

В задачах теплообмена Н. ч. обычно является искомой величиной для тела заданной формы и выражается в общем случае в виде зависимости от подобия критериев: $Nu = f(Pr, Gr, Re, M, \gamma)$, где Pr — Прандтля число, Gr — Грасгофа число, Re — Рейнольдса число, M — Маха число, $\gamma = c_p/c_v$ — отношение уд. теплоёмкостей газа при постоянных давлении и объёме соответственно.

В случае естеств. конвекции обычно используются эмпирич. ф-лы вида $Nu = C_1 Gr^m Pr^n$, а в случае вынужденной конвекции вида $Nu = C_2 Re^m Pr^n$, где постоянные C_1 и C_2 и показатели степеней m_1, n_1, m_2, n_2 подбирают путём обобщения эксперим. данных, а числа M и γ — известные параметры для этих зависимостей. Зависимости указанного вида получены гл. обр. для тел простой формы (ламинарное и турбулентное обтекание пластины, сферы, течение в трубах и т. п.).

В случае массообмена в смеси разл. газов вводится диффузионное Н. ч. $Nu_D = \beta_c l/D$ или $Nu_D = \beta_p R T / D$, где β_c и β_p — коэф. массотдачи для данного компонента смеси, отнесённые соответственно к разности массовых долей (β_c) и разности парциальных давлений (β_p), R — газовая постоянная, D — коэф. диффузии для рассматриваемого компонента смеси, T — абс. темп-ра. Nu_D иногда наз. также числом Шервуда.

С. Л. Вишневецкий.

НУТАЦИЯ (от лат. nutatio — колебание) — движение твёрдого тела, имеющего неподвижную точку, к-рое происходит одновременно с собств. вращением и прецессией тела и определяется изменением угла нутации θ (см. Эйлера углы). У гироскопа (волчка), движущегося под действием силы тяжести P , Н. представляет собой колебания оси собств. вращения гироскопа, амплитуда и период к-рых тем меньше, чем больше угл. скорости