

В однородной и изотропной среде групповая скорость $v_{гр}$ и волновой вектор k , определяющий перемещение фаз $\exp i(\omega t - kr)$, могут быть только параллельными (прямые волны) или антипараллельными (О. в.). Интересным примером О. в. являются плоские эл-

Рис. 2. Дисперсионная характеристика волны, распространяющейся в цепочке упругосвязанных маятников. Левая ветвь ($k < 0$) соответствует обратной пространственной гармонике.

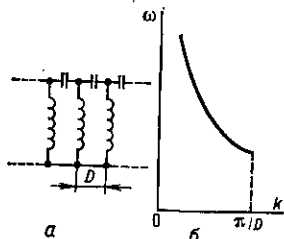
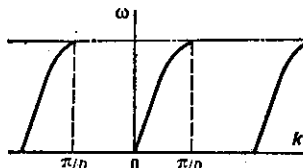


Рис. 3. Электрическая схема фильтра высоких частот (а) и дисперсионная характеристика распространяющейся в нём волны с отрицательной групповой скоростью $v_{гр} < 0$ (б).

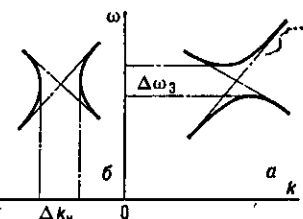


Рис. 4. Дисперсионные характеристики связанных прямой и обратной волн: обе волны с положительной энергией (а), одна из волн с положительной, а другая с отрицательной энергиями (б).

магн. волны в «экзотической» среде с электрич. и магн. проницаемостями $\epsilon < 0$ и $\mu < 0$, осуществимой в принципе с помощью искусств. рассеивателей. В анизотропной же среде понятия прямых и О. в. строго применимы лишь к вполне определённым направлениям, связанным с гл. осями тензоров восприимчивости или деформации.

Лит.: Бриллюэн Л., Пароди М., Распространение волн в периодических структурах, пер. с франц., М., 1959; Силин Р. А., Сазонов В. П., Замедляющие системы, М., 1966; Веселаго В. Г., Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ , «УФН», 1967, т. 92, с. 517.

ОБРАТНАЯ РЕШЕТКА — периодич. решётка в обратном пространстве, элементарные векторы трансляции k -рой b_i связаны с осн. векторами трансляции a_i исходной Браве решётки (прямой решётки) условиями

$$b_i a_j = \begin{cases} 2\pi, & i = j; \\ 0, & i \neq j. \end{cases} \quad (1)$$

Узлы О. р. задаются соотношениями $G = \sum_i L_i b_i$,

где L_i — произвольные целые числа, $i = 1, 2, 3$ для трёхмерной решётки, $i = 1, 2$ для двухмерной. Размерность О. р. совпадает с размерностью прямой решётки. Так, для трёхмерной прямой решётки О. р. является трёхмерной с элементарными векторами трансляции, равными в соответствии с (1):

$$b_1 = 2\pi[a_2 a_3]/V; \quad b_2 = 2\pi[a_3 a_1]/V; \quad b_3 = 2\pi[a_1 a_2]/V. \quad (2)$$

Здесь $V = (a_1[a_2 a_3])$ — объём элементарной ячейки прямой решётки; объём элементарной ячейки О. р. равен $(2\pi)^3/V$. Вектор О. р. $G_{hkl} = hb_1 + kb_2 + lb_3$ перпендикулярен плоскости с индексами кристаллографическими h, k, l .

Между прямыми и О. р. имеется взаимно однозначное соответствие, причём прямая решётка является обратной к обратной. Поэтому для каждого кристалла О. р. вводится однозначно, а симметрия О. р. полностью определяется симметрией решётки Браве кристалла. Напр., О. р. для простой кубич. решётки — простая кубическая, для гранецентрир. кубической — объёмноцентрир. кубическая (и наоборот) и т. д.

Понятие О. р. является одним из основных в физике твёрдого тела. О. р. определяет структуру пространств

ва квазимпульсов квазичастиц. Их волновые векторы определены с точностью до векторов трансляции О. р. G ; состояния квазичастицы, для которых квазимпульсы отличаются на величину $\hbar G$, а остальные квантовые числа одинаковы, тождественны. Поэтому область всех физически неэквивалентных значений волнового вектора квазичастицы образует элементарную ячейку О. р. Соответственно энергетич. спектр квазичастиц и др. ф-ции волнового вектора являются периодич. ф-циями векторов трансляции О. р. При этом мн. характеристики квазичастиц кристалла могут задаваться разложением в ряд Фурье по векторам трансляции О. р. Это позволяет перейти к квазимпульсному представлению для операторов и волновых ф-ций квазичастиц по аналогии с переходом к импульсному представлению для частиц в свободном пространстве (см. Импульсное представление в квантовой механике).

Экстремумы энергетич. спектра обычно соответствуют точкам высокой симметрии ячеек О. р. При столкновениях квазичастиц сумма их квазимпульсов сохраняется с точностью до G (см. Переброска процессов). Вигнера — Зейтца ячейка О. р. является первой Бриллюэна зоной для кристалла.

О. р. — важный матем. образ, находящий многочисл. применения в кристаллографии и физике твёрдого тела. Напр., понятие О. р. удобно использовать при описании дифракции частиц на кристаллич. решётке (см. Дифракция нейтронов, Нейтронография структурная, Рентгеновский структурный анализ, Электронография). Соответственно нейтроно- и рентгенограммы кристалла могут дать «изображение» О. р.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1976; Современная кристаллография, т. 1, М., 1979.

А. Э. Мейерович,

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ — воздействие результатов к.-л. процесса на его протекание; самовоздействие, взаимовлияние разл. степеней свободы динамической системы. Если нач. отклонение к.-л. характеристики процесса от её исходного значения приводит благодаря действию О. с. к дальнейшему росту этого отклонения, то О. с. наз. положительной, а в противоположном случае — отрицательной.

Термин «О. с.» первоначально появился в радиоэлектронике, где им обозначалось электр. воздействие анодной цепи лампового усилителя на цепь сетки усиливающей лампы (см. Генератор электромагнитных колебаний). Впоследствии этот термин использовался для обозначения воздействия управляемого процесса на орган управления автоматич. регулирования, а также для обозначения эффектов взаимовлияния хим. и тепловой степеней свободы системы в теории теплового взрыва. При разработке теории нелинейных колебаний понятие О. с. применялось Л. И. Мандельштамом, А. А. Андроновым и др. для общей характеристики особенностей нелинейного взаимодействия разл. степеней свободы динамич. систем. Термин «О. с.» широко использовался по отношению к любым эффектам самовоздействия в физ., хим., биол., социологич. и др. системах, осуществляемым либо с помощью внеш. цепи, либо в силу природы их внутр. устройства.

Простейшим примером системы с положительной О. с. является усилитель с громкоговорителем, звуковой сигнал к-рого воздействует на микрофон, подключённый к входу усилителя. Хорошо известный эффект самовозбуждения такой системы обусловлен О. с., реализуемой по акустич. каналу. Аналогично положительная О. с. по оптич. каналу осуществляется с помощью телекамеры, установленной против экрана телевизора, на вход к-рого через усилитель подаётся сигнал с телекамеры (рис. 1). Результатом самовозбуждения в такой системе являются спонтанно возникающие узоры на экране телевизора.

В качестве примера устройств с отрицательной О. с. можно привести разл. системы автоматич. регулирования. Так, механич. отрицательная О. с. имеется в цент-