

зация волн). Так, в В. на глубокой воде частицы описывают окружности в продольной вертик. плоскости, в к-рой лежит волновой вектор  $K$ . В случае поперечного вращения вектора поля (типичного, напр., для эл.-магн. В.) следует различать ещё направление вращения вектора  $\psi$  относительно  $K$ : существуют В. с правой (по часовой стрелке, если смотреть в направлении  $K$ ) и левой (против часовой стрелки) поляризацией. В изотропных средах право- и левополяризованные В. имеют одинаковые фазовые скорости. Однако существуют *гиротропные среды* (напр., ферриты или плазмы в пост. магн. поле), в к-рых эти В. имеют разные  $v_{\phi}$ .

Если действит. значениям  $k$  в (8) соответствуют действит. значения  $\omega$ , то среда считается прозрачной по отношению к данному типу В. Если значение  $\omega$  мнимое, или комплексное, то в зависимости от знака мнимой части  $\omega$  амплитуда В. экспоненциально убывает (В. затухает) или нарастает (В. усиливается). Соответствующая среда наз. диссипативной (поглощающей) или активной (усиливающей).

В тех случаях, когда распространение В. сопровождается переносом энергии и импульса, важными характеристиками В. служат плотности и потоки этих величин. В линейных динамич. системах они пропорциональны квадратам или смешанным произведениям соответствующих волновых переменных. Так, в гармонической бегущей линейно поляризованной эл.-магн. В. в вакууме поток энергии через единичную площадку, перпендикулярную  $K$ , равен:

$$P_z = E_y \times H_z = x_0 E_0 H_0 \sin^2(\omega t - kx - \phi_0).$$

Здесь  $x_0$  — единичный вектор,  $E_y$ ,  $H_z$  — поперечные по отношению к  $K$  компоненты векторов напряженностей эл.-магн. поля;  $E_0$  и  $H_0$  — их амплитуды; вектор  $P_z$  наз. в е к т о р о м П о й н т и н г а. Отсюда видно, что поток энергии пульсирует с удвоенной частотой  $2\omega$  около своего ср. значения  $E_0 H_0 / 2$ . Поток звуковой энергии в газе или жидкости описывается в е к т о р о м У м о в а  $P_a = pv/2$  (где  $p$  — звуковое давление,  $v$  — колебат. скорость частиц). Средние по времени значения потока энергии  $\langle P \rangle$  и плотности энергии  $\langle w \rangle$  связаны в линейной прозрачной среде простым соотношением  $\langle P \rangle = \langle w \rangle v_{gr}$ , где  $v_{gr}$  — скорость переноса энергии, совпадающая с *групповой скоростью*.

Во мн. типичных случаях энергия В. делится поровну между двумя её разл. видами (кинетич. и потенц., электрич. и магнитной). В этом смысле описание В. с помощью двух  $\phi$ -ций, даваемое, в частности, ур-ниями типа (4), оказывается адекватным физ. картине. Отношение  $\phi$ -ций  $\phi/\psi = Z_b$  для бегущей В. (напр., напряжения и тока в электрич. линии передачи, полей  $E_0/H_0$  в бегущей плоской эл.-магн. В. или  $p/v$  — в акустической), по аналогии с явлениями в электрич. цепях, наз. волновым сопротивлением (х а р а к т е р и с т и ч. и м п е д а н с о м). Эта величина определяет условия отражения и прохождения В. на границах раздела двух сред. В нек-рых неравновесных средах (электронные и плазменные потоки, сдвиговые течения жидкости) плотность энергии отд. В. может принимать отрицат. значения (В. с отрицат. энергией), т. е. появление В. уменьшает суммарную энергию всей системы, к-рая, однако, всегда остаётся положительной.

**Интерференция волн. Стоячие волны.** Волновые движения малой амплитуды (масштаб малости определяется конкретными физ. условиями) удовлетворяют с у п е р п о з и ц и и п р и н ц и п у: две или более В. создают поле, равное сумме их полей. Математически это означает, что такие поля описываются линейными ур-ниями [напр., ур-ниями (2) и (5)], и если им удовлетворяют поля отд. В., то будет удовлетворять и их сумма (суперпозиция); такие В. также наз. л и н е й н ы м и. Важный частный случай — суперпозиция гармонич. В. одинаковых частот (такие В. относятся к когерентным). В тех точках пространства, где поля этих В. колеб-

лются с противоположными фазами (отличающимися на нечётное число  $\pi$ ), амплитуда суммарного поля равна разности их амплитуд, а там, где фазы одинаковы (или отличаются на чётное число  $\pi$ ) — их сумме. Этот эффект взаимного ослабления или увеличения поля наз. и н т е р ф е р е н ц и е й. В общем случае интерференц. картины весьма разнообразны (рис. 5). Формирование разных волновых структур — волновых пучков, волновых пакетов, фокусов, каустик и др. может быть ин-

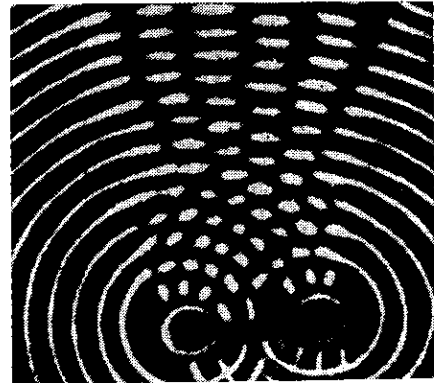


Рис. 5. Интерференция волн на поверхности воды от двух периодических источников.

терпретировано как интерференция более простых волновых движений, в частности гармонических плоских В. Так, в *голографии* изображение воссоздается путём интерференции В., отражённой объектом, и т. н. опорной В., идущей (или заранее зафиксированной) от первичного источника. Представление произвольного поля в виде сумм (или интегралов) гармонич. полей наз. ф у рь е - п р е д с т а в л е н и е м.

Один из простейших примеров интерференции — сложение двух плоских гармонич. В. с одинаковыми амплитудами и частотами, распространяющихся навстречу друг другу:

$$\psi(x, t) = A \sin(\omega t - kx) + A \sin(\omega t + kx) = 2A \cos kx \sin \omega t. \quad (14)$$

Результирующая В. наз. *стоячей волной*. В точках, где  $kx=0, \pi, \dots$  (в узлах), отстоящих друг от друга на  $1/2 \lambda$ , поле равно нулю, а посередине между ними, где  $kx=\pi/2, 3\pi/2, \dots$  (в пучностях), его амплитуда максимальна и равна  $2A$ .

В эл.-магн. стоячей В. фазы колебаний электрич. и магн. полей смещены во времени на  $\pi/2$ , поэтому поля обращаются в нуль «по очереди». Аналогичное смещение по фазе происходит и в пространстве: пучности  $E$  приходятся на узлы  $H$  и т. д. Поэтому поток энергии в таких В. в среднем за период колебаний равен нулю, но в каждой четвертьволновой ячейке происходит периодич. (с частотой  $2\omega$ ) перекачка электрич. энергии в магнитную и обратно. В случае звуковых В. аналогичным образом ведут себя звуковое давление  $p$  и колебат. скорость частиц  $v$ ; при этом кинетич. энергия переходит в потенциальную и обратно. Т. о., стоячая В. в любой физ. системе как бы распадается на совокупность независимых осцилляторов, колеблющихся в чередующихся фазах. Волновое поле внутри замкнутого объема с идеально отражающими стенками (резонатора) существует в виде стоячих В. Простейший пример — система, состоящая из двух параллельных, отражающих зеркал, между к-рыми оказывается «запертой» плоская эл.-магн. В. (*интерферометр Фабри—Перо*). Поскольку на поверхности идеально проводящего зеркала тангенциальная составляющая электрич. поля  $E_{\perp}$  равна нулю, границы  $x=0, x=L$  фиксируют узлы  $\phi$ -ции  $\phi=E_{\perp}$  и одновременно пучности  $\phi$ -ции  $\phi=H_{\perp}$  так, что внутри