

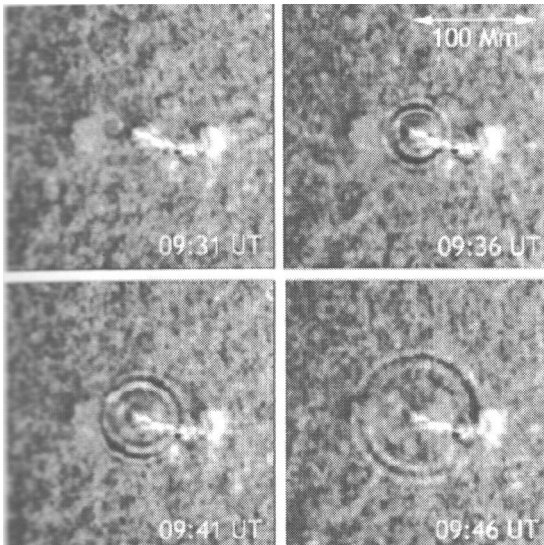
Московский государственный технический университет
им. Н.Э.Баумана

Ю.И. Беззубов, Ю.М. Шавруков

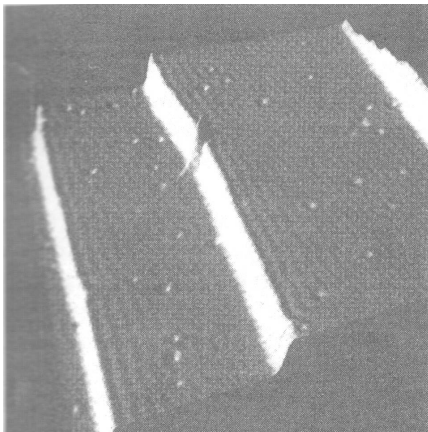
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И ДИФРАКЦИЯ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ

Методические указания к лабораторной работе М-40
по курсу общей физики.

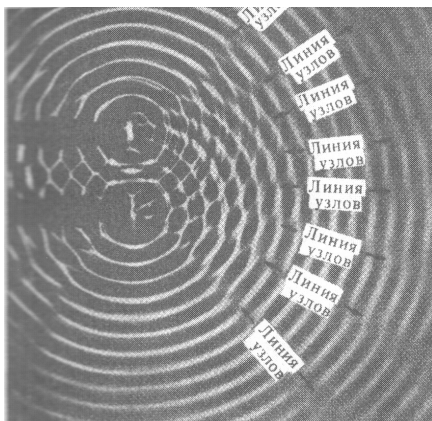
Различные примеры волнового движения.



Волны на поверхности фотосферы Солнца при возникновении протуберанца. Масштаб, указанный на верхнем правом снимке, $1 \text{ мм} = 10^6 \text{ м}$.



Волны электронной плотности на атомарно чистой поверхности кристалла меди. Размер изображения $50 \times 50 \text{ нм}$. Наблюдается три монокристаллических ступеньки и около 50 точечных дефектов. Чётко видны волны электронной плотности с длиной волны порядка $1,5 \text{ нм}$. Изображение получено с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$



Волны на поверхности жидкости, создаваемые двумя синфазными точечными источниками.

Цель работы - на примере волн на поверхности жидкости познакомиться с основными закономерностями физических явлений - интерференции и дифракции волн.

Теоретическая часть.

С волновой формой движения материи мы встречаемся буквально на каждом шагу. Мы погружены в мир волн. Звуковые волны, электромагнитные волны различных частотных диапазонов, волны на поверхности озера, океана, расплавленного металла - это лишь немногие примеры, которые, несмотря на различную природу и условия их распространения, демонстрируют много общих закономерностей.

Как правило, распространение волны связано с переносом энергии. В самом общем виде волновое движение можно определить как распространение с некоторой конечной скоростью начального возмущения той или иной природы. Например, если в каком-либо месте упругой среды возникает локальное отклонение от положения равновесия, возвращающая сила, как следствие этого отклонения, возбуждает колебание частиц. Вследствие взаимодействия между частицами среды эти колебания распространяются от частицы к частице с некоторой скоростью.

Каждый наблюдал волны на поверхности воды. Брошенный камень или капли дождя вызывают на спокойной горизонтальной поверхности воды разбегающиеся круги. Точки поверхности воды, до которых дошла волна, начинают колебаться относительно своего равновесного положения, образуя последовательность горбов и впадин на поверхности жидкости. Равновесное положение соответствует горизонтальной поверхности спокойной жидкости. Можно заметить, что если источников возмущения несколько (несколько капель дождя или несколько камней), то волны от различных источников пересекаются и распространяются далее как бы независимо друг от друга. То есть для того, чтобы получить результат возмущения от нескольких источников, надо просто сложить отклонения, вызванные различными источниками в данной точке в данный момент времени. Этот пример демонстрирует применение принципа суперпозиции - одного из основных принципов линейной теории волновых процессов. Более общее утверждение состоит в том, что принцип суперпозиции справедлив, если отклонение от положения равновесия в определенном смысле можно считать малыми. Разумеется, для волн различной природы этот критерий будет различным.

В приближении малых колебаний отклонение $\xi(\vec{r}, t)$ - от положения равновесия частиц среды описывается гармоническими функциями. Например, для плоской волны, распространяющейся в трёхмерном пространстве (3D) вдоль оси OX декартовой системы координат:

$$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \alpha)$$

где A - амплитуда колебаний; $(\omega t - kx + \alpha) = \Phi$ - фаза волны; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ - циклическая частота

колебаний; T - период колебаний; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число; λ - длина волны; α - начальная фаза колебаний. Волновая поверхность или поверхность постоянной фазы т.е. $\Phi = \text{const}$, в декартовых координатах (X, Y, Z) представляет собой плоскость, перпендикулярную оси OX. Фазовая скорость данной волны равна:

$$V_{\phi} = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k}.$$

Плоская волна, распространяющаяся в направлении, определяемом волновым вектором \vec{k} , задаётся выражением:

$$\xi(\vec{r}, t) = A \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha)$$

где \vec{r} - радиус-вектор, проведённый из начала координат в точку наблюдения; \vec{k} - волновой вектор ортогональный волновой поверхности в каждой точке и имеющий компоненты k_x , k_y , k_z .

Точечный источник колебаний возбуждает сферическую волну, у которой волновая поверхность является сферой. В сферической системе координат (r, ϕ, z) , начало которой совпа-

дает с источником, волна определяется выражением:

$$\xi(r, t) = \frac{A}{r} \cos(\omega t - kr + \alpha).$$

Здесь k , r - модули волнового вектора и радиус-вектора.

Цилиндрическую волну возбуждает бесконечно протяжённый и бесконечно тонкий источник. Например, звуковая волна, излучаемая натянутой струной, вблизи струны хорошо описывается цилиндрической волной. В цилиндрической системе координат (ρ, φ, z) ось z которой совпадает с источником колебаний, выражение для волны имеет вид:

$$\xi(r, t) = \frac{A}{\sqrt{\rho}} \cos(\omega t - k\rho + \alpha).$$

Амплитуда волны, движущейся на поверхности жидкости, подчиняется такой же зависимости, как у цилиндрической волны. Волны на поверхности жидкости заметно отличаются от волн в однородной среде. Эти волны не являются чисто продольными или чисто поперечными. В поверхностной волне частицы жидкости описывают окружности в вертикальной плоскости, радиус которых быстро уменьшается с глубиной. Возвращающей силой, действующей на частицы жидкости в волне, являются как гравитационные силы (силы тяжести), так и силы поверхностного натяжения (капиллярные силы).

Формула для скорости распространения гравитационно-капиллярных волн в жидкости достаточно большой глубины [3]:

$$V = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda} + \frac{g\lambda}{2\pi}},$$

где ρ - плотность жидкости; σ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости; g - ускорение свободного падения.

Если $\frac{g\lambda}{2\pi} \gg \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}$, то есть $\lambda \gg 2\pi\sqrt{\frac{\sigma}{2\rho}}$, то поверхностное натяжение жидкости для такой волны является не существенным и основную роль тогда играет сила тяжести вытесненных объёмов жидкости. В этом случае волны называются гравитационными и их скорость равна:

$$V_{GP} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}.$$

Рассмотрим поверхностные волны, предполагая, что в состоянии равновесия поверхность жидкости горизонтальная. Если ее вывести из этого состояния, то для возникновения волн на поверхности жидкости необходимо существование силы, возвращающей в положение равновесия, и инерции, из-за которой жидкость «проскакивает» положение равновесия. Какая сила может заставить появившийся на поверхности жидкости «горб» исчезнуть, чтобы поверхность опять стала горизонтальной? Такой силой может быть, например, сила тяжести. Падая вниз под действием силы тяжести, «горб» по инерции провалится ниже положения равновесия: рядом с ним будет вытеснен другой «горб» и т. д. В жидкости начнет распространяться волна, которая и называется гравитационной. Плотность жидкости ρ не входит в окончательную формулу. Физически это связано с тем, что и вес «горба», возвращающий его к положению равновесия, и масса «горба» - его инерционность - пропорциональны ρ .

Для волн малой длины $\lambda \ll 2\pi\sqrt{\frac{\sigma}{2\rho}}$ можно пренебречь действием силы тяжести по

сравнению с силами поверхностного натяжения. Напомним, что под искривлённой поверхностью возникает избыточное давление, обусловленное силами поверхностного натяжения. В зависимости от знака кривизны поверхности избыточное давление имеет различный знак и выполняет роль возвращающей силы. Так же как и в случае гравитационных волн вытесненный объём жидкости по инерции проскакивает положение равновесия. Такие волны называются капиллярными и их скорость равна:

$$V_{\text{кап}} = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}.$$

При равенстве вкладов гравитационных и капиллярных сил длина такой волны определяется как:

$$\lambda_{\text{СК}} = 2\pi\sqrt{\frac{\sigma}{2\rho}}.$$

Особый интерес вызывают явления связанные со сложением волн.

При наложении двух или нескольких волн возможно наблюдение интерференции этих волн. Интерференцией называется физическое явление, состоящее в пространственном перераспределении энергии колебаний при сложении когерентных волн. Когерентными являются гармонические волны с одинаковой частотой и постоянной разностью фаз.

Рассмотрим в трёхмерном пространстве интерференцию когерентных волн от двух точечных источников S1 и S2, отстоящих друг от друга на расстоянии d (рис. 1). Ось OO' является осью симметрии, которая делит расстояние между источниками пополам. В точку P пространства от источников приходят две волны. Будем считать, что начальные фазы равны нулю, амплитуды волн одинаковы и на расстояниях до точки наблюдения изменяются незначительно. Заметим, если точка наблюдения удалена достаточно далеко от источников, то в эту точку придут две плоские волны. Результирующее колебание в точке P следующее:

$$\begin{aligned}\xi(r, t) &= A_0 \cos(\omega t - kr_1) + A_0 \cos(\omega t - kr_2) = \\ &= 2A_0 \cos\left[k\frac{(r_2 - r_1)}{2}\right] \cos\left[\omega t - k\frac{(r_2 + r_1)}{2}\right] = A_p \cos\left[\omega t - k\frac{(r_2 + r_1)}{2}\right]\end{aligned}$$

где $A_p = 2A_0 \cos\left[k\frac{(r_2 - r_1)}{2}\right]$.

Из полученного уравнения видно, что амплитуда A_p результирующего колебания зависит от положения точки наблюдения.

Точки пространства, в которых $A_p = 0$ определяют положение узловых поверхностей. В эти точки волны приходят в противофазе и гасят друг друга, т.е. амплитуда колебаний минимальна. Условие, определяющее положение узловых поверхностей имеет вид:

$$k\frac{(r_2 - r_1)}{2} = \frac{\pi}{2}(2n + 1),$$

где $n=0, 1, 2, \dots$.

Последнее соотношение можно представить в виде

$$r_2 - r_1 = \frac{\lambda}{2}(2n + 1).$$

Точки пространства, где $A_p = 2A_0$ определяют поверхности, на которых волны синфазны и, следовательно, амплитуды колебаний максимальны. Для этих поверхностей выполняется соотношение:

$$k\frac{(r_2 - r_1)}{2} = \frac{\pi}{2}(2n),$$

или

$$r_2 - r_1 = \frac{\lambda}{2}(2n),$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$.

Величина $r_2 - r_1$ определяет геометрическую разность хода двух волн.

Геометрическое место точек в пространстве, для которых $r_2 - r_1 = \text{const}$ определяет семейство гиперболоидов вращения с осью S1 S2 и фокусами S1 и S2. Таким образом, при интерференции двух когерентных волн от точечных источников мы будем наблюдать в пространстве се-

мейства гиперboloидов, отвечающих максимумам и минимумам колебаний. В частности, если экран для наблюдения интерференционной картины расположен в плоскости перпендикулярной линии $S_1 S_2$, то на экране будут наблюдаться концентрические кольца. Если экран расположен в плоскости, проходящей через оси $S_1 S_2$ и OO' , то картина будет представлять семейство гипербол, расположенных симметрично оси OO' . Волновая поверхность результирующей волны представляет собой эллипсоид вращения относительно оси $S_1 S_2$ со следующей особенностью. Перемещаясь по волновой поверхности от гиперболоида светлого к темному, фаза скачком изменяется на π . Таким образом, волновая поверхность является неоднородной. На рис. 1 волновая поверхность обозначена штриховой линией.

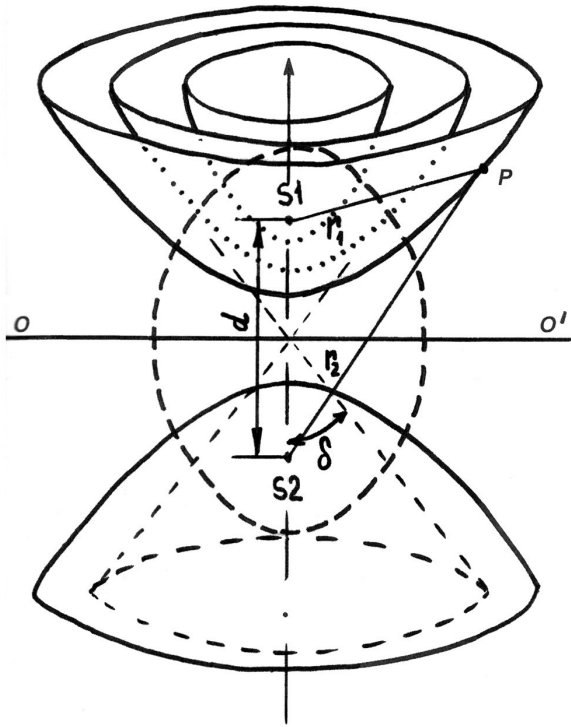


Рис. 1.

Распределение интенсивности результирующей волны пропорционально квадрату амплитуды, поэтому

$$I_p \approx A_p^2 = 4A_0^2 \cos^2 \left[\pi \frac{(r_2 - r_1)}{\lambda} \right].$$

Приведённое соотношение с учётом выражений, определяющих интерференционные максимумы и минимумы, можно переписать в виде:

$$I_p \approx A_p^2 = 4A_0^2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} m \right).$$

Здесь нечётным m соответствует $I_p = 0$, а чётным $m - IP = 4A_0^2$.

При достаточном удалении от источников волн гиперboloиды асимптотически приближаются к конусам, образующие которых проходят через начало координат с угловым коэффициентом равным:

$$b = \pm tg \delta = \pm \sqrt{\frac{(2d)^2}{(r_2 - r_1)^2} - 1},$$

Для максимумов угловые коэффициенты прямых можно выразить так:

$$b = \pm tg \delta = \pm \sqrt{\frac{(2d)^2}{(\lambda n)^2} - 1}.$$

Гиперболе, совпадающей с осью OO' соответствует число $n=0$, для неё угол $\delta = \pm \pi/2$, а $b = \pm \infty$. Данная гипербола определяет центральный максимум интерференционной картины, для которой геометрическая разность хода $r_2 - r_1 = 0$. Побочные максимумы расположены симметрично относительно центрального и имеют номера $n = \pm 1, \pm 2, \dots$.

Последнее соотношение позволяет оценить максимальный порядок интерференционного максимума. Полагая угол $\delta = 0$ получим $n = 2d/\lambda$. Если величины d и λ соизмеримы, то $n_{\max} = 2$. При $d = m\lambda$, где m - целые числа, максимальный порядок $n_{\max} = 2m$.

Рассмотрим случай, когда две плоские волны одинаковой амплитуды и одинаковой начальной фазы распространяются навстречу друг другу вдоль оси OX декартовой системы координат. Пусть $\vec{k}_1 = -\vec{k}_2$ и $k_1 = k_2 = k$, т.е.

$$\xi_1(x, t) = A \cos(\omega t - kx), \quad \xi_2(x, t) = A \cos(\omega t + kx).$$

Уравнение результирующей волны

$$\xi(x, t) = 2A \cos(kx) \cdot \cos(\omega t)$$

называется уравнением стоячей волны. Из уравнения видно, что в каждой точке стоячей волны колебания совершаются с той же частотой, что и у встречных волн, а амплитуда зависит от координаты x .

Координаты точек, в которых наблюдается максимальное значение амплитуды или пучность, определяются условием

$$x_{\text{пуч}} = \pm \frac{\lambda}{2} n;$$

координаты точек, где наблюдается нулевое значение амплитуды или узел, определяются как

$$x_{\text{узел}} = \pm \frac{\lambda}{2} \left(n + \frac{1}{2} \right).$$

В обеих формулах $n = 0, 1, 2, \dots$.

Узлы и пучности фактически представляют плоскости, точки которых имеют указанные выше значения координат. Расстояние между соседними пучностями или узлами называется длиной стоячей волны и она равна

$$\lambda_{\text{ст}} = \frac{\lambda}{2}.$$

Для стоячей волны характерна следующая особенность, а именно - стоячая волна не переносит энергию в пространстве.

Практически наблюдать стоячую волну можно при отражении от преграды. Падающая и отражённая волны, накладываясь друг на друга, формируют стоячую волну. Для получения устойчивой стоячей волны с заметной интенсивностью необходимо соблюдение условия:

$$l = \frac{\lambda}{2} n,$$

где l - расстояние от источника падающей волны до преграды, а $n = 1, 2, \dots$.

Поверхностные волны распространяются вдоль границы двух сред (воздух-вода), т.е. волны являются двумерными (2D). Волновой вектор лежит в плоскости раздела и имеет две компоненты k_x, k_y . В пространственном случае рассматриваются поверхности постоянной фазы, соответственно двумерном случае постоянной фазе отвечают одномерные линии на поверхности раздела. Так, например, точечные источники возбуждают круговые волны, аналогом плоских волн на поверхности раздела являются линейные волны. Интерференция от двух точечных источников описывается семейством гипербол и сопряжённых с ними эллипсов.

Волны любой природы при распространении в среде с резкими неоднородностями испытывают отклонения от прямолинейного движения, характерного для однородной среды. Это явление называется дифракцией. Дифракция и интерференция, как проявление единой волновой природы движения, представляют физические явления, связанные с перераспределением энергии волнового движения в пространстве. Исторически сложилось, что интерференцией называют перераспределение энергии, связанное со сложением волн от конечного числа когерентных источников. Дифракцию, как правило, связывают со сложением волн от бесконечного числа источников.

Для решения дифракционных задач удобно использовать приближённый метод, основанный на принципе Гюйгенса-Френеля.

Основные положения этого принципа заключаются в следующем:

1. Каждый элемент волновой поверхности ds (рис. 2) рассматривается как источник вторичных когерентных сферических волн.

2. Амплитуда вторичных волн пропорциональна амплитуде A_0 первичной волны, площади элемента ds , косинусу угла φ между нормалью \vec{n} к элементу поверхности и направлением на точку наблюдения P и обратно пропорциональна расстоянию r от элемента до точки наблюдения, таким образом колебание в точке P

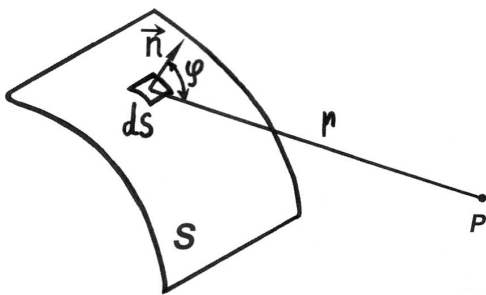


Рис. 2

определяется как

$$dA = \frac{A_0}{r} \cos \varphi \cdot \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha) ds.$$

3. Результирующее колебание в точке Р есть результат суперпозиции вторичных волн, приходящих в эту точку от волновой поверхности:

$$A = \int_s \frac{A_0}{r} \cos \varphi \cdot \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha) ds.$$

Примером дифракции может служить дифракция плоской волны на щели в поглощающем экране или на экране конечных размеров. Опыт показывает, что если ширина щели d меньше длины волны ($d < \lambda$), то картина излучения близка к излучению точечного источника. При увеличении размеров щели (несколько длин волн) за ней наблюдается типичная интерференционная картина. Хорошо виден центральный главный максимум и более слабые боковые максимумы, разделённые линиями узлов. Если размеры щели значительно превосходят длину волны ($d \gg \lambda$), картина за щелью наиболее близка с геометрической оптике, однако чётко прослеживается возбуждение огибающих волн в области геометрической тени.

Явление дифракции на пространственных препятствиях или неоднородностях легко наблюдается в тех случаях, когда число таких неоднородностей очень велико, а размеры их незначительны по сравнению с длиной волны.

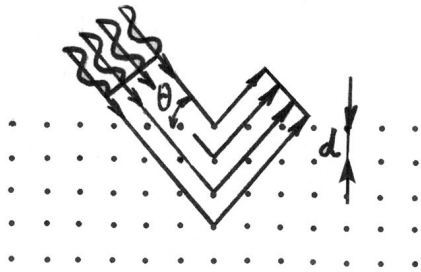


Рис. 3

Рассмотрим водную поверхность, перпендикулярно которой расположены на равном расстоянии d друг от друга тонкие стержни. На рис. 3 показан вид сверху.

Пусть под углом скольжения θ к плоскостям, в которых расположены стержни, распространяется плоская поверхностная волна длиной λ . При рассеянии волны на отдельно взятом стержне возникает слабая отражённая волна. Для получения отражённой волны с заметной амплитудой необходимо, чтобы геометрическая разность

хода отражённых волн равнялась целому числу длин волн, то есть

$$2 \cdot d \cdot \sin \theta = \lambda n,$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$

Приведённая зависимость известна как соотношение Вульфа-Бреггов и используется в рентгеноструктурном анализе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

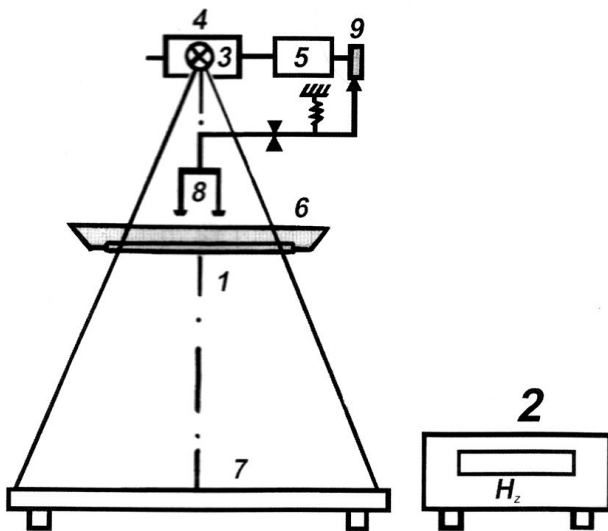


Рис. 4

Экспериментальная установка (рис. 4) состоит из диаскопа (1) и электронного блока управления (2). В состав диаскопа входят точечный источник света (3), световой поток которого модулируется обтюратором (4), закрепленным на валу электродвигателя (5). Модулированный световой поток падает на поверхность жидкости, находящийся в ванночке (6), дно которой выполнено из прозрачного стекла, и, пройдя сквозь слой жидкости, попадает на экран (7).

Источником возбуждения волн на поверхности жидкости является вибратор (8), который осуществляет возвратно-поступательное движение при помощи эксцентрика (9), закреплённого на валу электродвигателя (5).

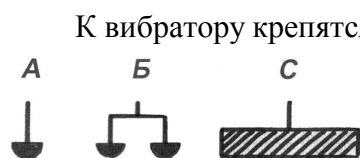


Рис. 5

К вибратору крепятся сменные наконечники. Форма наконечников приведена на рис. 5. Наконечник А выполнен в виде полусферы и является точечным источником возбуждения поверхностных волн. Наконечник Б состоит из двух полусфер, жестко закреплённых на некотором расстоянии друг от друга. Такой наконечник создаёт два когерентных точечных источника на поверхности жидкости. Наконечник С представляет собой прямолинейную пластину, кото-

рая при колебаниях формирует волну, близкую к плоской.

Частота модуляции $\nu_{\text{СВ}}$ светового потока и частота $\nu_{\text{ПВ}}$ поверхностной волны в данной установке в любой момент времени совпадают. Эти частоты можно плавно регулировать путём изменения скорости вращения вала электродвигателя. Частота поверхностной волны автоматически высвечивается на электронном табло блока и может изменяться в диапазоне от 30 до 100 Гц. Равенство частот приводит к стробоскопическому эффекту, который позволяет видеть на экране неподвижную волновую картину. Это происходит потому, что за время между моментами прерывания светового потока обтюратором, поверхностная волна смещается точно на длину волны λ , а, следовательно, освещается как бы в одном и том же положении.

Взволнованная поверхность жидкости представляет собой как бы последовательность положительных и отрицательных линз. Горб волны - положительная собирающая линза, впадина волны - отрицательная рассеивающая линза. В результате на экране образуется последовательность светлых и темных полос. Расстояние между двумя светлыми или двумя тёмными полосами пропорционально длине волны на поверхности жидкости.

В состав установки входят следующие принадлежности:

- плоский экран;
- экран со щелью переменной ширины;
- периодическая структура, представляющая собой совокупность стержней, размещённых на плоскости.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

ЗАДАНИЕ 1. Определение вида поверхностных волн.

Закрепить на вибраторе наконечник А. Включить установку в сеть. При помощи ручек на электронном блоке установить минимальную частоту поверхностной волны и измерить её длину на экране при помощи линейки. Рассчитать истинную максимальную длину волны по формуле:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{\lambda_{\nu_{\text{min}}}}{\beta}.$$

Провести аналогичные измерения для максимальной частоты и рассчитать истинную минимальную длину волны:

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{\lambda_{\nu_{\text{max}}}}{\beta}.$$

Здесь β - коэффициент линейного увеличения диаскопа.

ТАБЛИЦА 1

№	ν_{min} , _____ Гц		ν_{max} , _____ Гц		$\lambda_{\text{СК}}$, мм
	$\lambda_{\nu_{\text{min}}}$, мм	$\lambda_{\nu_{\text{max}}}$, мм	λ_{min} , мм	λ_{max} , мм	
1					
2					

Рассчитать длину волны $\lambda_{\text{СК}}$ для H_2O . Для расчётов принять $\sigma=73 \cdot 10^{-3}$ Н/м; $\rho=10^3$ кг/м³. Температуру воды принять равной 20 °С. Результаты расчётов внести в таблицу 1. Провести сравнения λ_{max} и λ_{min} с $\lambda_{\text{СК}}$. Сделать вывод о типе наблюдаемых поверхностных волн.

Установить произвольную частоту поверхностной волны. Закрепить на плоскости экрана белый лист бумаги и зарисовать наблюдаемую картину. Дать подробное описание наблюдаемого волнового поля с указанием условий, при которых оно получено.

ЗАДАНИЕ 2. Наблюдение интерференции волн от двух точечных источников.

Установить на вибраторе наконечник **Б**. Установить произвольную частоту поверхностной волны. Зарисовать наблюдаемую волновую картину, дать её подробное описание и провести детальный анализ явления. Отметить положение линий максимумов и узлов, оценить расстояние между источниками в длинах волн. Повторить наблюдения для другой частоты, на которой наблюдается иное число максимумов. Сформулировать выводы.

ЗАДАНИЕ 3. Наблюдение дифракции плоских волн на щели.

Закрепить на вибраторе наконечник **С**. Выбрать произвольную частоту колебаний поверхностной волны и измерить её длину. Установить в ванночку экран со щелью шириной b . Зарисовать наблюдаемую картину волнового поля за щелью в трёх случаях: 1) $b \approx \lambda$; 2) $b > \lambda$; 3) $b \gg \lambda$. Дать описание наблюдаемых картин, отметив положение линий максимумов и линий узлов, и выявить существенные различия. Сравнить с распространением плоской волны в приближении геометрической оптики.

ЗАДАНИЕ 4. Отражение поверхностной волны от периодической структуры и плоского экрана.

а) В данном задании используется вибратор с наконечником **С**. При помощи металлических экранов, помещаемых в ванночку с водой, сформировать ограниченный пучок волн, падающих на периодическую структуру под углом скольжения $\theta = 45^\circ$. Варьируя частоту ν поверхностной волны, наблюдать характер отражения от периодической структуры. Зафиксировать λ - длину поверхностной волны, при которой наблюдается хорошее отражение от структуры.

По формуле $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$ рассчитать период структуры и сравнить с действительной величиной.

Зарисовать наблюдаемую картину и дать её объяснение.

б) Установить на пути поверхностной волны плоский экран таким образом, чтобы волновой вектор был ортогонален поверхности экрана. Изменяя расстояние от источника волн до экрана, либо изменяя частоту волн, добиться установления стоячей волны. Измерить длину стоячей волны и сравнить её с длиной бегущей волны.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как сформулировать принцип суперпозиции гармонических колебаний?
2. Каков механизм возникновения гравитационных и капиллярных поверхностных волн?
3. Объясните картину интерференции двух плоских волн. Объясните картину интерференции поверхностных волн, возбуждаемых двумя точечными источниками. Объясните основные закономерности дифракции плоской волны на щели.
4. Выведите формулу Вульфа-Бреггов.
5. Каков принцип работы установки по наблюдению поверхностных волн?
6. Что такое интерференция?
7. Что такое дифракция?
8. Когда наблюдается интенсивное отражение волн от периодической структуры? Как возникает стоячая волна, и какие у неё особенности?

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2.-М.: Наука, 1977, - 416с.
2. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте. - М.: Наука, 1971, - 479с.
3. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. -М.: РХД, 2000, - 560с.
4. Голубев В.Г., Карсанов А.Н. Изучение капиллярно-гравитационных волн в жидкости. Методические указания к лабораторной работе М-38 по курсу общей физики - М.: МГТУ, 1987.