

10 класс

Задача 1. Волны на поверхности воды

В данной работе изучаются волны на поверхности воды и определяется коэффициент поверхностного натяжения воды. Зависимость частоты f от длины волны λ для таких волн даётся следующей формулой:

$$f = \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda} + \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda^3}},$$

где g — ускорение свободного падения, σ — коэффициент поверхностного натяжения воды, ρ — плотность воды.

Для возбуждения волн используется вибратор, состоящий из двух линеек, скреплённых Т-образно (рис. 3). На линейке закреплён электродвигатель с пластмассовой планкой. Если планка, которую вращает двигатель, имеет не равномерное распределение масс, возникают вибрации. Двигатель прикреплен к линейке, погруженной в воду, и при его вращении возникают колебания линейки, которые и вызывают волны. Регулировать частоту можно меняя напряжение на двигателе.

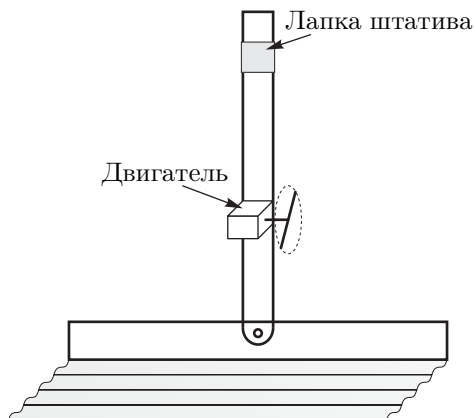


Рис. 3

1. Подайте на двигатель напряжение 8,5 В. Освещая двигатель стробоскопом, плавно увеличивайте частоту стробоскопа от 0 и наблюдайте за эксцентриком. Определите частоту f_m вращения двигателя.

2. Снимите зависимость длины поверхностных волн от их частоты. Напряжение на двигателе не должно превышать 8,5 В.

3. Определите коэффициент поверхностного натяжения σ раствора. Плотность жидкости $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. Оцените погрешность.

Примечание.

1. Стробоскоп — прибор, позволяющий воспроизводить повторяющиеся яркие световые импульсы с заданной частотой. Для включения нажмите и удерживайте «READ». Для увеличения и уменьшения частоты используйте кнопки «UP» и «DOWN» соответственно. Для переключения в режим тонкой настройки нажмите «FINE ADJUST», при этом на экране появится надпись «FINE». Если нажать «FINE ADJUST» ещё раз, стробоскоп перейдёт обратно в режим грубой настройки. Для воспроизведения световых импульсов удерживайте нажатой кнопку справа сбоку. Возможно одновременно изменять частоту и освещать стробоскопом исследуемый объект. Частота мерцания указана

в количестве вспышек за одну минуту (мин^{-1} , RPM). При освещении некоторого объекта стробоскопом он виден только в моменты вспышек, поэтому, если отношение частоты вспышек стробоскопа к частоте рассматриваемого процесса близко к рациональному числу с малыми числителем и знаменателем, то можно наблюдать не зависящую от времени картину. Рассматривая вид такой картины на разных частотах можно определить частоту процесса.

2. В воду добавлены поверхностно активные вещества, сильно изменяющие коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

3. При зажиме вибратора в лапке штатива можно использовать тряпочку для надёжной фиксации.

Оборудование. Стробоскоп, вибратор: две соединённые линейки с прикреплённым двигателем и проводами, штатив с лапкой, тряпочка (для закрепления вибратора в лапку штатива), полоска бумаги шириной ≈ 1 см, металлическая линейка, регулируемый источник постоянного напряжения, поднос с жидкостью.

Задача 2. Исследование жидкокристаллической ячейки

Жидкие кристаллы — это вещества, обладающие кристаллическими свойствами в одних направлениях (упорядоченность) и свойствами жидкостей в других. Они имеют широкое применение в науке и технике. Например, жидкие кристаллы используются в современных мониторах и экранах мобильных устройств (ЖК-дисплеи). Жидкокристаллическая ячейка — это составляющая часть пикселя жидкокристаллического дисплея. Увеличенный образец такой ячейки предлагается исследовать в данной задаче.

ЖК-ячейка является структурой из нескольких прозрачных слоёв (рис. 4). Между парами поляризаторов с проводящими поверхностями находится слой жидкого кристалла. Проводящие поверхности и слой жидкого кристалла представляют собой конденсатор. При приложении напряжения к ячейке длинные молекулы жидкого кристалла оказываются в электрическом поле и поворачиваются, тем самым меняются оптические свойства кристалла.

Ёмкость такого конденсатора зависит от приложенного напряжения. Кроме того, жидкий кристалл обладает слабой проводимостью, и конденсатор характеризуется некоторым сопротивлением утечки.

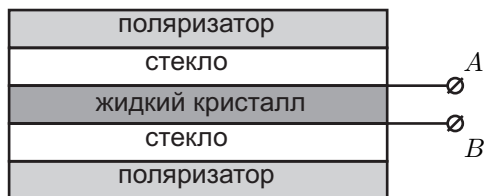


Рис. 4

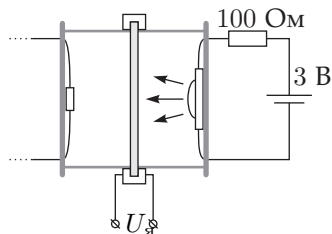


Рис. 5

Задание:

1. Соберите установку, указанную на схеме (рис. 5). Закрепите ЖК-ячейку между корпусами фото- и светодиодов. Корпуса должны плотно соприкасаться с ячейкой, чтобы уменьшить фоновую засветку. Сверху накройте установку чёрной плёнкой (закрепите резинкой). Снимите зависимость интенсивности прошедшего света $I_{\text{пр}}$ (в относительных единицах) от напряжения $U_{\text{я}}$ на ячейке. Исследуйте диапазон $U_{\text{я}}$ от 0 В до 9 В. ЖК-ячейка является неполярной. Для измерения интенсивности света пользуйтесь люксметром (см. примечание).

Постройте график полученной зависимости. **4, 5 б.**

2. Снимите зависимость ёмкости ЖК-ячейки от напряжения $U_{\text{я}}$ в интервале от 1 В до 3 В. **9 б.**

3. Оцените сопротивление утечки ЖК-ячейки. **1, 5 б.**

Примечание. В данной задаче оценивать погрешности не нужно!

Примечание. **Инструкция по использованию макетной платы.** Каждые пять выводов макетной платы, расположенные в одном столбце по одну

сторону от середины платы, соединены внутри платы друг с другом. Например, выводы, отмеченные серым (рис. 6), замкнуты между собой.

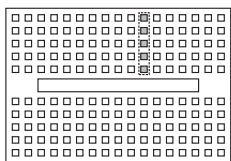


Рис. 6

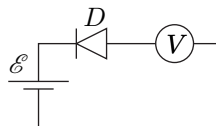


Рис. 7

Примечание. Инструкция по использованию люксметра. Для измерения интенсивности света используется люксметр. Он состоит из фотодиода в корпусе, батарейки и измерителя тока, собранных по схеме. (рис. 7)

В этой схеме ток через фотодиод прямо пропорционален интенсивности падающего на него света. Для измерения тока используйте мультиметр в режиме *вольтметра*. Внутреннее сопротивление вольтметра равно 1,00 МОм на всех диапазонах измерений.

Примечание. Светодиод — это источник света, а фотодиод — это измеритель интенсивности света. Не перепутайте!

Оборудование. жидкокристаллический затвор в рамке, светодиод в корпусе (последовательно соединён с резистором), фотодиод в корпусе, держатели корпусов светодиода и фотодиода на подставке, макетная плата, батарейка «крона», 2 батарейки АА в корпусе с проводами (только для питания светодиода), потенциометр, конденсатор 10 нФ, секундомер, 2 мультиметра, 2 провода для соединения мультиметра и макетной платы, два провода типа «крокодил», чёрная плёнка, резинка.