

Дифракция на спиральных структурах

(Всего 10 баллов)

Введение

Рентгеноструктурный дифракционный снимок ДНК (Рис. 1), сделанный в лаборатории Розалин Франклин и известный как «Фото 51», стал основой для открытия двуцепочечной спиральной структуры ДНК Уотсоном и Криком в 1952 г. В нашем эксперименте получают аналогичные дифракционные картины на спиральных структурах с помощью видимого света.

Цель

Определение геометрических параметров спиральных структур с помощью дифракции.

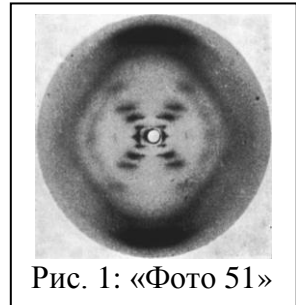


Рис. 1: «Фото 51»

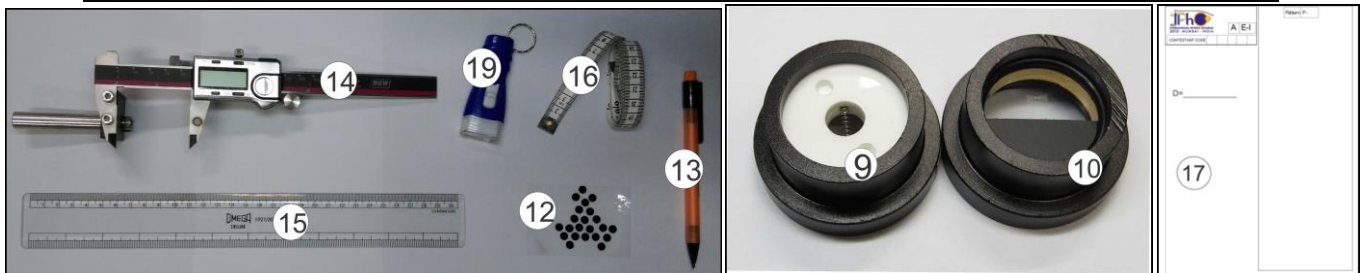
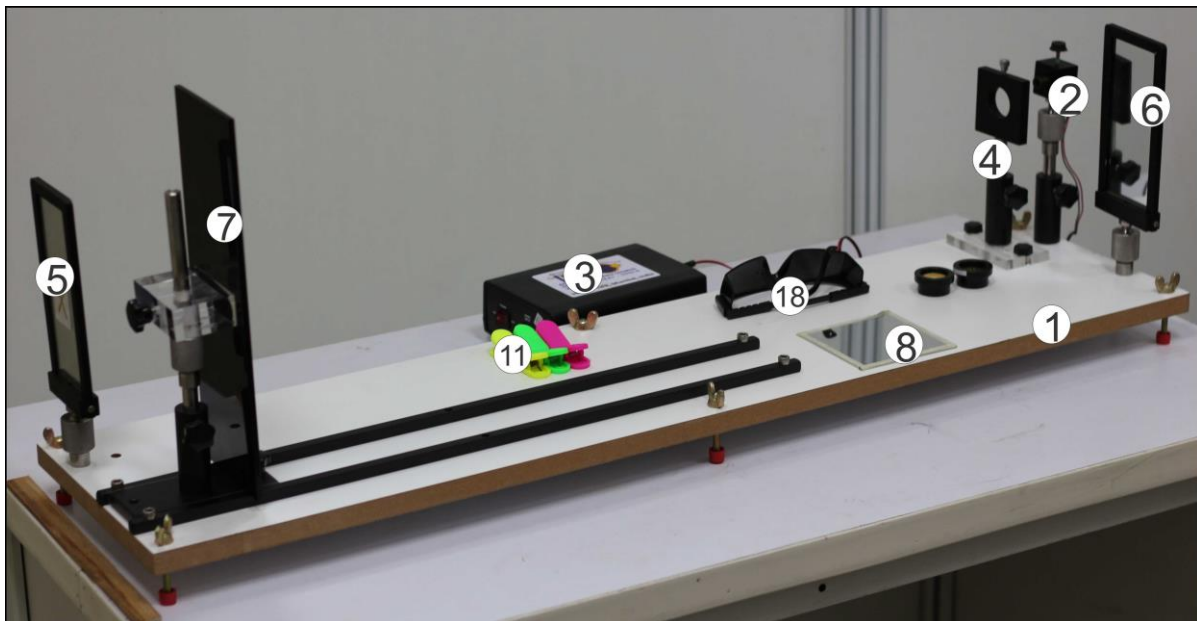


Рис. 2: Оборудование для эксперимента E-I

Перечень оборудования

[1]	Деревянная платформа	[11]	Пластиковые зажимы
[2]	Лазер с крепежом на подставке	[12]	Черные круглые наклейки
[3]	Регулируемый источник постоянного тока для лазерного источника	[13]	Механический карандаш
[4]	Держатель образцов на подставке	[14]	Цифровой штангенциркуль с крепежом
[5]	Левый отражатель (зеркало)	[15]	Пластиковая линейка (30 см)
[6]	Правый отражатель (зеркало)	[16]	Измерительная лента (1.5 м)
[7]	Экран (10 x 30 см) с крепежом на подставке	[17]	Листы для зарисовки дифракционных картин
[8]	Плоское зеркало (10 x 10 см)	[18]	Защитные очки
[9]	Образец I (спиральная пружина)	[19]	Фонарик с батарейками
[10]	Образец II (модель двойной спирали, напечатанная на стеклянной пластинке)		

Примечание: Оборудование [1], [3], [14], [15], [16] и [18] также используется в эксперименте E-II.

Описание оборудования

Деревянная платформа [1]: Пара направляющих, лазер, отражатели, экран и держатель образцов жестко закреплены на платформе.

Лазерный источник на подставке [2]: Лазер (длина волны излучения $\lambda = 635 \text{ нм}$ ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$)) смонтирован в металлическом корпусе, который крепится к основанию шаровым соединением ([20] на Рис. 3). Это позволяет проводить регулировку по осям X-Y-Z. Корпус лазера можно вращать и фиксировать с помощью верхнего стопорного винта. Чтобы получить резкую и четкую дифракционную картину, фокусировку луча можно регулировать, вращая передний колпачок линзы (красная стрелка на Рис. 3).

Регулируемый источник постоянного тока для лазерного источника [3]: На передней панели есть переключатель интенсивности (Высокая (High)/Низкая (Low)), разъем для подключения лазера и 3 порта USB (НЕ использовать их для подключения планшета). На задней панели есть тумблер включения питания и разъем для подключения к сети (Рис. 4).

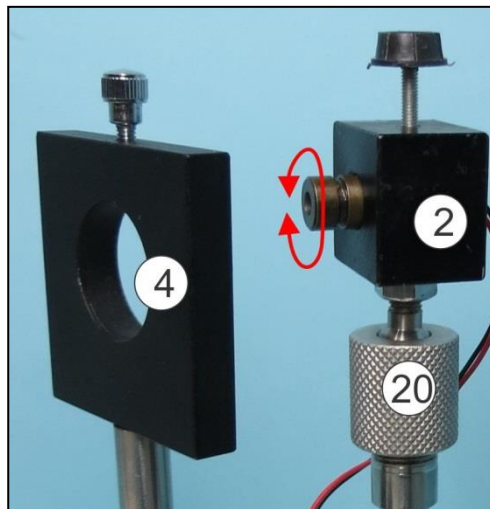


Рис. 3: Лазерный источник и держатель образцов
 [20] Шаровое соединение.



Рис. 4: Регулируемый источник постоянного тока

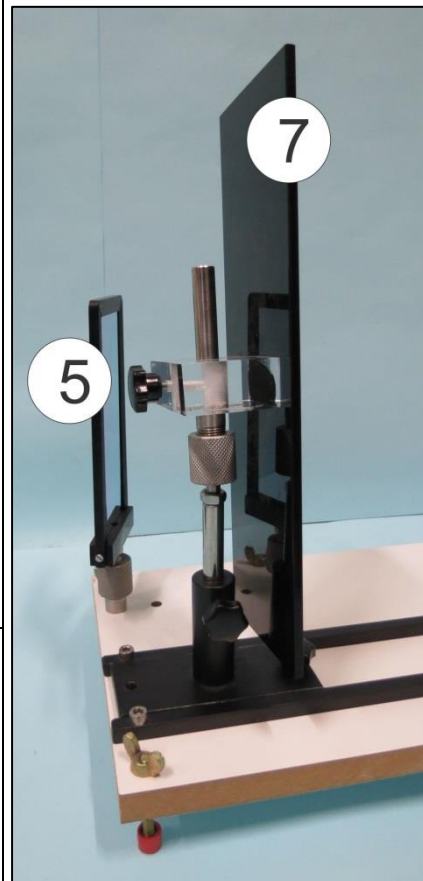


Рис. 5: Левый отражатель и экран

Держатель образцов на подставке [4]: Чтобы зафиксировать образец, используйте верхний стопорный винт (Рис. 3). Держатель образцов можно регулировать горизонтально, вертикально, а также вращать.

Левый отражатель [5]: Этот отражатель прикреплен к платформе (Рис. 5). НЕ использовать сторону с обозначением X!

Правый отражатель [6]: Этот отражатель прикреплен к платформе, но он снимаемый (его нужно снять в эксперименте E-II). НЕ использовать сторону с обозначением X!

Экран с крепежом [7]: Экран крепится к основанию шаровым соединением. Это позволяет проводить регулировку по всем осям (Рис. 5). Экран можно устанавливать как показано на Рис. 2 или как на Рис. 6.

Образец I [9]: Спиральная пружина, закрепленная в круглом держателе с помощью белых акриловых пластин.

Образец II [10]: Модель двойной спирали, напечатанная на стеклянной пластинке, закреплена в круглом держателе.

Цифровой штангенциркуль с крепежом [14]: Штангенциркуль имеет крепеж (крепеж используется в эксперименте E-II). У штангенциркуля есть кнопка включения (On/Off), кнопка установки нуля (Zero), переключатель единиц измерения mm/in (измерять в mm), стопорный винт и колесико для перемещения правого кулачка. Цифровой штангенциркуль можно использовать для измерений зарисованных дифракционных картин.

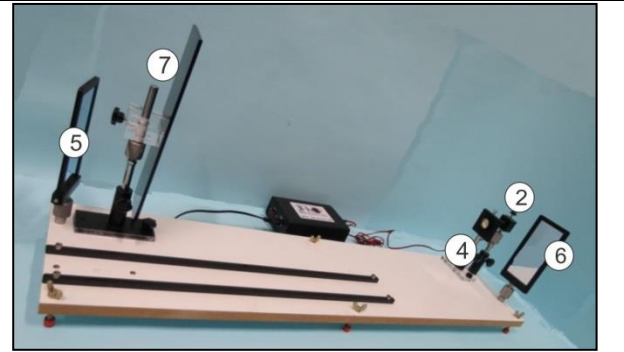


Рис. 6: Измененное положение экрана по сравнению с показанным на Рис. 2

Листы для зарисовки дифракционных картин [17]: Вы можете сложить пополам выданные вам листы для зарисовки дифракционных картин. Пластиковыми зажимами прикрепите листы к экрану. Зарисовывать дифракционные картины можно только в отмеченной прямоугольной области.

Теория

Лазерный луч с длиной волны λ , падающий нормально к оси цилиндрической проволоки диаметром a , дифрагирует в направлении перпендикулярном проволоке. На Рис. 7 показана картина интенсивности, которая получается на экране.

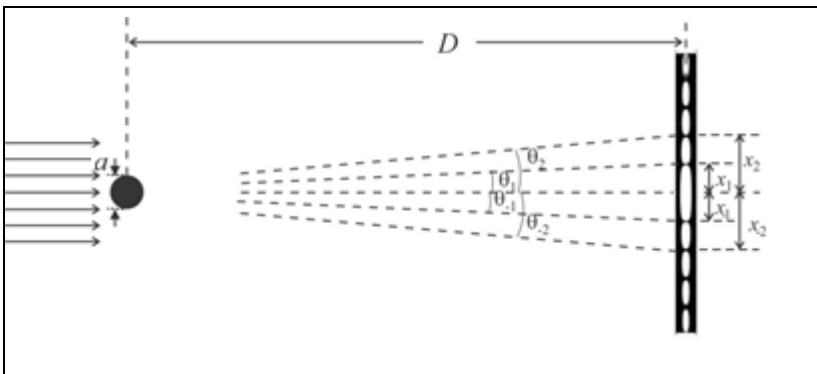


Рис. 7: Схематичное изображение дифракции на одной цилиндрической проволоке диаметром a .

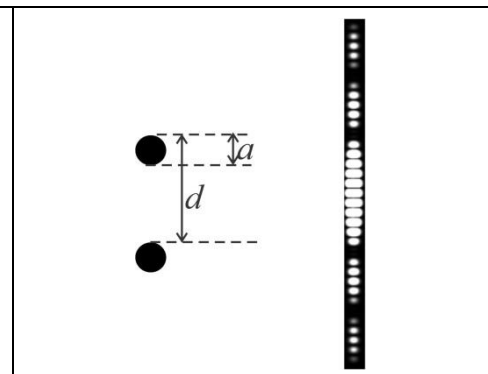


Рис. 8: Схематичное изображение дифракции на двух цилиндрических проволоках

Распределение интенсивности в зависимости от угла θ , отсчитанного от направления падения, задается формулой:

$$I(\theta) = I(0) \left[\frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2, \text{ где } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

Центральное пятно яркое, но интенсивность исчезает при тех углах, где $\sin \beta$ обращается в ноль (и при этом $\beta \neq 0$). Таким образом, распределение интенсивности имеет $n^{\text{ый}}$ минимум при угле θ_n :

$$\sin \theta_n = \pm n \frac{\lambda}{a} \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$$

Здесь \pm соответствует отклонению в разные стороны от центрального пятна ($\theta = 0$).

Дифракционная картина на двух параллельных одинаковых проволоках, расположенных на расстоянии d друг от друга (Рис. 8) — это комбинация двух картин (дифракции на одной проволоке

и интерференции от двух проволок). Полученное распределение интенсивности задается формулой:

$$I(\theta) = I(0) \cos^2 \delta \left[\frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2, \quad \text{где } \delta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \text{ и } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}.$$

Если экран расположен на большом расстоянии D от проволоки, картина имеет минимумы при $x_{\pm n} = \pm n \frac{\lambda D}{a}$, обусловленные дифракцией и при $x_{\pm m} = \pm \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{a}$ обусловленные интерференцией (где $m, n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$). Аналогично для четырех одинаковых проволок (Рис. 9), распределение интенсивности — это комбинация дифракции на каждой из проволок и интерференции от пар проволок, т.е. зависит от a , d и s . Другими словами, наблюдается комбинация трех картин.



Рис. 9: Набор четырех проволок

Начальные регулировки

1. Включите лазер и отрегулируйте оба отражателя так, чтобы луч лазера попал на экран.
2. Используя пластиковую линейку, регулируя крепеж лазера и зеркал, добейтесь, чтобы луч был параллелен деревянной платформе.
3. Убедитесь, что луч лазера попадает в центр экрана.
4. Выключите питание лазера. Прикрепите к экрану лист для зарисовки дифракционных картин.
5. Прикрепите выданное плоское зеркало к экрану с помощью зажимов и включите питание лазера снова.
6. Выставьте экран так, чтобы луч лазера вернулся обратно к лазеру по тому же пути. Уберите зеркало, когда вы закончили юстировку.
7. Свет в кабине можно включить или выключить при необходимости.

Эксперимент

Часть А: Определение геометрических параметров спиральной пружины

Образец I — это спиральная пружина радиуса R с шагом P , изготовленная из проволоки постоянной толщины a_1 (Рис. 10(a)). Если смотреть на пружину сбоку по нормали к ее оси, ее проекция эквивалентна двум наборам параллельных проволок равной толщины. Наборы расположены под углом $2\alpha_1$ друг к другу. Расстояние между проволоками — d_1 (Рис. 10(b)).

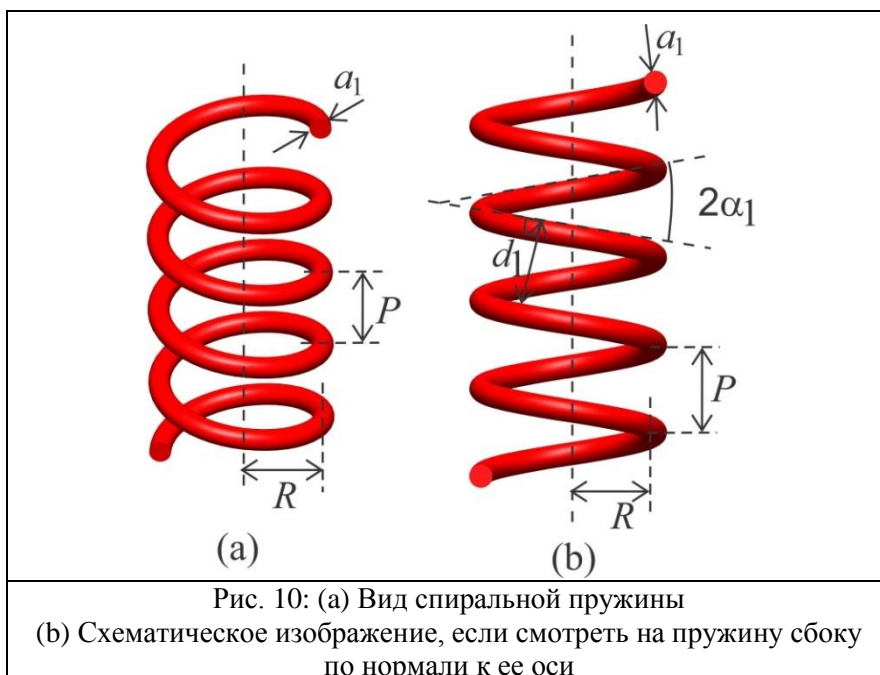


Рис. 10: (a) Вид спиральной пружины
 (b) Схематическое изображение, если смотреть на пружину сбоку по нормали к ее оси

- Установите Образец I в держатель образцов. Убедитесь, что пружина расположена вертикально.
- Получите четкую и резкую дифракционную картину в форме буквы X на листе для зарисовки дифракционных картин.
- Чтобы этого добиться, вы можете регулировать
 - фокусировку лазерного луча (для этого вращайте передний колпачок линзы)
 - ориентацию луча (вращайте сам лазер до тех пор, пока не будут освещены только два витка)
 - интенсивность лазера (переключатель High/Low на источнике тока)
 - свет в помещении (включая и выключая свет в своей кабинке)

Если центральный максимум слишком яркий, можно наклеить черную наклейку прямо на лист для зарисовки дифракционных картин, чтобы уменьшить рассеяние.

Задания	Описание	Баллы
A1	На листе для зарисовки интерференционных картин отметьте положения минимумов интенсивности, по которым вы будете определять a_1 and d_1 . Нужно отметить положения минимумов с обеих сторон от центрального пятна. Используйте выданный карандаш [13]. Обозначайте использованные листы для зарисовки дифракционных картин P-1, P-2 и т.д.	0.7
A2	Цифровым штангенциркулем измерьте расстояния, необходимые для определения a_1 , и запишите их в Таблицу A1.	0.5
A3	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph A1». По угловому коэффициенту определите a_1 .	0.7
A4	Измерьте расстояния, необходимые для определения d_1 , и запишите их в Таблицу A2.	0.8
A5	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph A2». По угловому коэффициенту определите d_1 .	0.6
A6	Из зарисованной дифракционной картины в форме буквы X, определите угол α_1 .	0.2
A7	Выразите P через d_1 и угол α_1 . Рассчитайте P .	0.2
A8	Выразите R через P и угол α_1 . Рассчитайте R . (Толщиной a_1 можно пренебречь.)	0.2

Часть В: Определение геометрических параметров модели двойной спирали

На Рис. 11(a) показаны два витка двойной спирали. На Рис. 11(b) показана двумерная проекция этой двойной спирали, если смотреть на нее сбоку по нормали к ее оси. Каждая из спиралей толщины a_2 характеризуется углом $2\alpha_2$ и кратчайшим расстоянием d_2 между витками, измеренным перпендикулярно проволоке. Спирали сдвинуты друг относительно друга. Расстояние между ними, измеренное перпендикулярно проволоке — s . Образец II — это изображение модели двойной спирали, нанесенное на стеклянную пластинку (Рис. 12). Дифракционная картина на нем аналогична той, которая получается на двойной спирали. В этой части вы определите геометрические параметры Образца II.

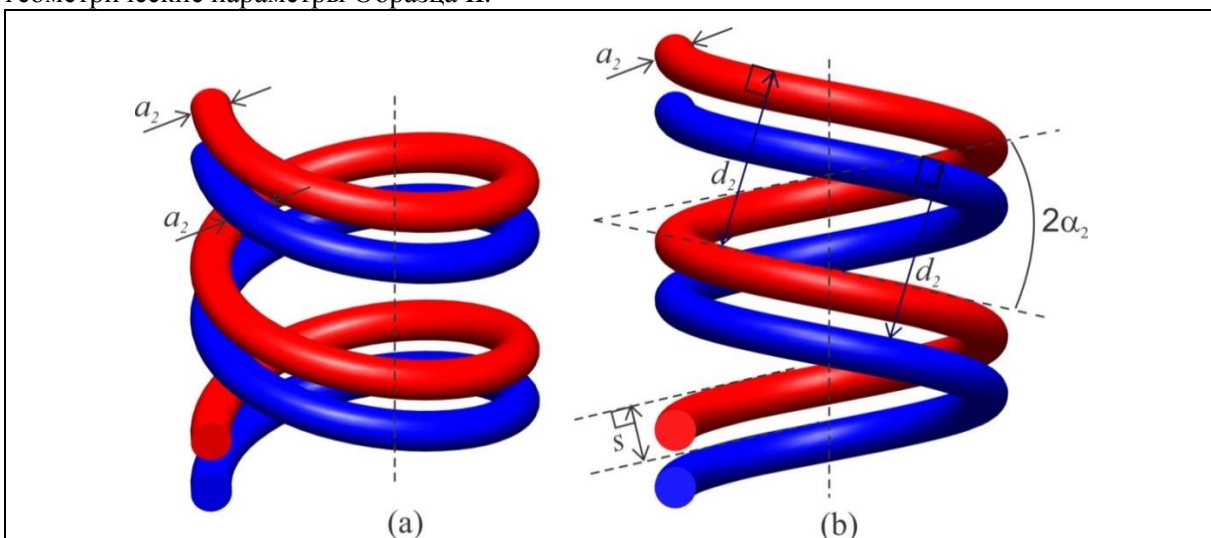


Рис. 11: (a) Вид двойной спирали (b) Ее схематичное изображение, если смотреть сбоку.

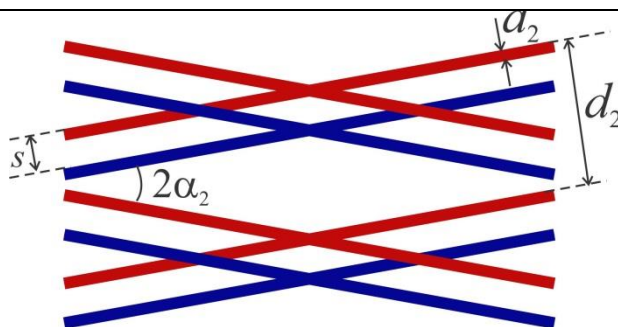


Рис. 12: Модель двойной спирали (Образец II)

- Установите Образец II в держатель образцов.
- Прикрепите на экран новый лист для зарисовки дифракционных картин.
- Получите четкую и резкую дифракционную картину в форме буквы X на листе для зарисовки дифракционных картин.

Задания	Описание	Баллы
V1	Отметьте положения минимумов интенсивности, по которым вы будете определять a_2 , s и d_2 . Отметьте положения минимумов по обе стороны от центрального пятна. Можно использовать больше одного листа для зарисовки дифракционных картин.	1.1
V2	Измерьте расстояния, необходимые для определения a_2 , и запишите их в Таблицу В1.	0.5
V3	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph V1». По угловому коэффициенту определите a_2 .	0.5
V4	Измерьте расстояния, необходимые для определения s , и запишите их в Таблицу В2.	1.2
V5	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph V2». По угловому коэффициенту определите s .	0.5
V6	Измерьте расстояния, необходимые для определения d_2 , и запишите их в Таблицу В3.	1.6
V7	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph V3». По угловому коэффициенту определите d_2 .	0.5
V8	Из зарисованной дифракционной картины в форме буквы X, определите угол α_2 .	0.2

Дифракция на капиллярных волнах на поверхности воды

Введение

Образование и распространение волн на поверхности жидкости — это важные и хорошо изученные явления. В таких волнах возвращающая сила, действующая на колеблющуюся жидкость, обусловлена частично силой тяжести и частично силами поверхностного натяжения. При длинах волн много меньше критической длины волны λ_c , влияние силы тяжести пренебрежимо мало, и можно учитывать только силы поверхностного натяжения ($\lambda_c = 2\pi \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$, где σ — коэффициент поверхностного натяжения, ρ — плотность жидкости, g — ускорение свободного падения). Такие волны называются капиллярными.

В этой части вы изучите капиллярные волны на поверхности жидкости, длины которых меньше λ_c . Поверхностное натяжение — это свойство жидкостей, из-за которого их поверхность ведет себя как растянутая мембрана. Если поверхность жидкости возмутить, то это возмущение распространяется так же, как волна по мембране. В качестве источника волн на поверхности воды используется электрический вибратор. Когда лазерный луч падает под скользким углом на эти поверхностные волны, они работают как отражающая дифракционная решетка, формируя хорошо различимую дифракционную картину.

Капиллярные волны, распространяясь, затухают (их амплитуда постепенно уменьшается). Это затухание обусловлено вязкостью жидкости, свойством, когда соприкасающиеся слои жидкости сопротивляются их относительному движению.

Цель

Определение коэффициента поверхностного натяжения и вязкости воды с помощью дифракции на капиллярных волнах.

Перечень оборудования

	[1]	Люксметр (Light meter) (подсоединенный к светочувствительному сенсору)
	[2]	Светочувствительный сенсор, закрепленный на штангенциркуле. Штангенциркуль закреплен в подставке от экрана
	[3]	Планшет (используется как генератор синусоидального сигнала)
	[4]	Цифровой мультиметр
	[5]	Блок управления электрическим вибратором
	[6]	Деревянная платформа
	[7]	Направляющие для перемещения светочувствительного сенсора
	[8]	Регулируемый источник постоянного тока
	[9]	Шестигранный ключ, измерительная лента и пластиковая линейка

Рис. 1: Комплект оборудования на деревянной платформе



Рис. 2: Комплект оборудования с лазерным источником и вибратором

Описание оборудования

а) Планшет (используется как генератор синусоидального сигнала)

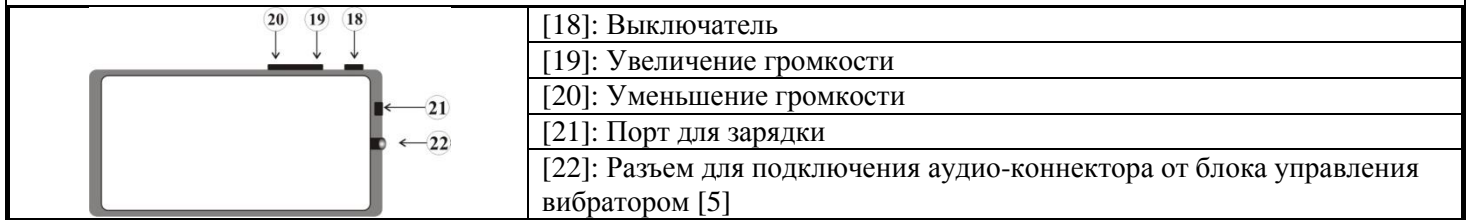


Рис. 3: Кнопки и разъемы планшета

- Примечание
- Все время держите планшет на зарядке.
 - Чтобы включить экран, нажмите один раз на кнопку включения/выключения.
 - Установите громкость на максимум на все время работы (кнопка Увеличение громкости [19]).

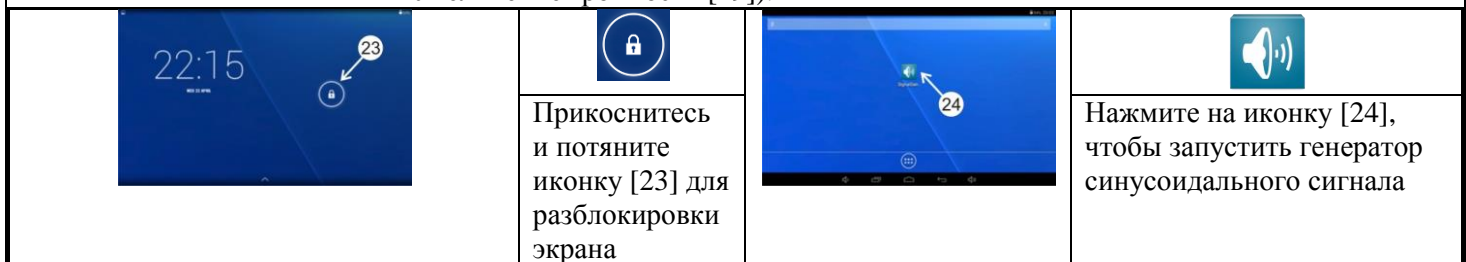


Рис. 4: Стартовый экран планшета

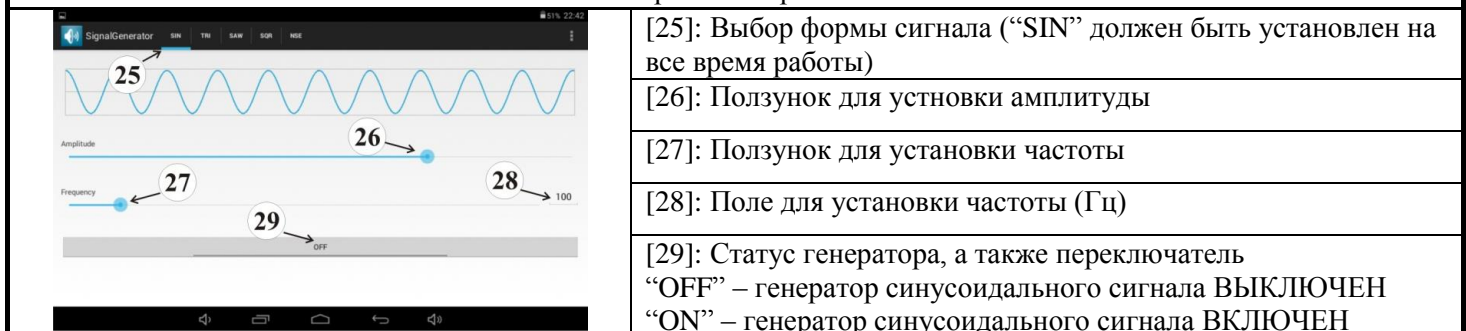


Рис. 5: Приложение для генератора синусоидального сигнала



Чтобы изменить частоту

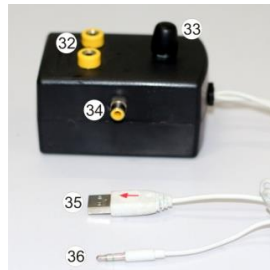

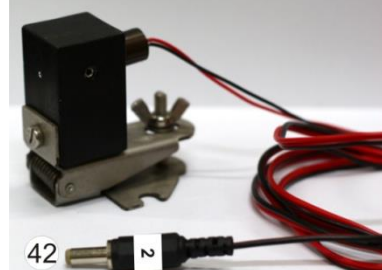


- Нажмите на поле для установки частоты [28] (Рис. 5), чтобы отобразить цифровую клавиатуру
- Чтобы удалить значение, используйте кнопку Backspace [30]
- Введите нужное значение частоты и нажмите кнопку “Finished” [31]




Рис. 6: Экран с цифровой клавиатурой для ввода частоты

Чтобы изменить амплитуду

- Используйте либо ползунок для установки амплитуды [26] на экране планшета, либо ручку [33] на блоке управления вибратором [5].

б) Блок управления вибратором, цифровой мультиметр, регулируемый источник постоянного тока и их подключения

		
<p>[32]: Разъемы для подключения проводов от мультиметра</p>	<p>[37]: Вибрирующая полоска</p>	<p>Рис. 10: Лазер 2 [15] (закрепленный на металлической платформе) со штекером [42]</p>
<p>[33]: Ручка для регулировки амплитуды синусоидального сигнала</p>	<p>[38]: Штекер для подключения вибратора</p>	
<p>[34]: Разъем для подключения провода от вибратора</p>	<p>Рис. 8: Вибратор [11]</p>	
<p>[35]: USB штекер для подключения к регулируемому источнику постоянного тока</p>	 <p>[39]: Переключатель режимов измерения переменного (AC)/ постоянного (DC) тока</p>	<p>[43]: Переключатель интенсивности лазера (всегда в положении “High”)</p>
<p>[36]: Аудио-штекер для подключения к планшету</p>	<p>[40]: Ручка выбора предела измерений</p>	<p>[44]: Разъем для подключения USB штекера от блока управления вибратором</p>
	<p>[41]: Входные разъемы</p>	<p>[45]: Разъем для подключения штекера от Лазера 2</p>
<p>Рис. 7: Блок управления вибратором [5]</p>	<p>Рис. 9: Цифровой мультиметр [4]</p>	<p>Рис. 11: Регулируемый источник постоянного тока [8]</p>

			
<p>[36]→[22]</p>	<p>[38]→[34]</p>	<p>[41]↔[32]</p>	<p>[35]→[44] and [42]→[45]</p>
<p>Рис. 12: Подключения планшета, блока управления вибратором, мультиметра и регулируемого источника постоянного тока</p>			

с) Светочувствительный сенсор и люксметр

			
<p>[46]: Маленькая круглая диафрагма светочувствительного сенсора [47]: Выключатель люксметра [48]: А, В, С – Диапазоны чувствительности люксметра</p>	<p>Рис. 13: Светочувствительный сенсор и люксметр</p>	<p>Один из кулачков штангенциркуля подходит к слоту на задней крышке светочувствительного сенсора.</p>	<p>Затяните болт шестигранным ключом</p>

Начальные регулировки

				
<p>Рис. 15: Демонтаж правого отражателя</p>	<p>Рис. 16: Винты, вкрученные в основание, касаются деревянной рейки</p>	<p>Рис. 17: Правильное расположение вибрирующей полоски. Черной ручкой можно регулировать ее высоту.</p>		

- Отключите штекер Лазера 1 и подключите Лазер 2 в разъем регулируемого источника постоянного тока.
Примечание: Лазер 2 уже отрегулирован на нужный угол падения. Не трогайте Лазер 2!
- Уберите правый отражатель, который использовался в эксперименте E-I. Для этого открутите болт под деревянной платформой (Рис. 15).
- Вытащите из подставки экран, который использовался в эксперименте E-I. Вставьте в освободившуюся подставку штангенциркуль с закрепленным на нем светочувствительным сенсором. Расположите подставку между направляющими [7].
- Расположите деревянную платформу [6] так, чтобы болты, вкрученные в нее, касались деревянной рейки на столе (Рис. 16).
- Поднимите боковую сторону пластикового защитного кожуха на блоке с лазером и вибратором. Налейте ровно 500 мл воды в поддон [12] с помощью мерного цилиндра [17].
- Включите лазер. Добейтесь, чтобы отраженный лазерный луч попал на светочувствительный сенсор. Пятно лазерного луча должно двигаться вертикально при перемещении светочувствительного сенсора вперед-назад по направляющим. Пятно не должно смещаться вбок при этих перемещениях. Добейтесь, чтобы пятно лазерного луча попало точно в круглую диафрагму сенсора. Этого можно достичь, немного двигая деревянную платформу в сторону, а

сенсор — по вертикали. Интенсивность, которую показывает люксметр, будет максимальной, если центр пятна лазерного луча совпадает с центром диафрагмы.

7. Вибрирующая полоска уже установлена в правильное вертикальное положение. **НЕ КРУТИТЕ** черную ручку регулировки высоты [17] (Рис. 17).

8. Вибратор можно двигать вперед-назад по горизонтали. Указатель положения вибратора показывает положение на линейке [10].

9. Когда снимаете данные, держите пленку защитного кожуха пониже, чтобы избежать влияния потоков воздуха на поверхность воды.

Эксперимент

Часть С: Измерение угла θ между лазерным лучом и поверхностью воды

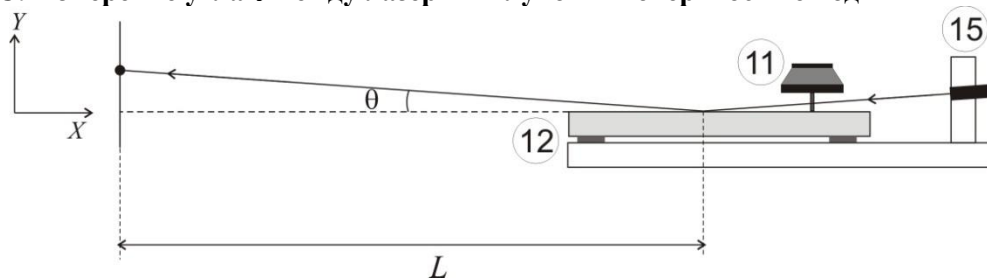


Рис. 18: Измерение угла θ

Задания	Описание	Баллы
C1	Перемещайте светочувствительный сенсор шагами вдоль направляющих. Запишите смещения сенсора по оси X и соответствующие им смещения по оси Y пятна лазерного луча. Запишите данные в таблицу C1. (Выберите подходящий диапазон чувствительности люксметра).	1.0
C2	Постройте соответствующий график (назовите его «Graph C1»). По угловому коэффициенту определите угол θ в градусах.	0.6

Часть D: Определение коэффициента поверхностного натяжения воды σ

Из теории дифракции следует, что

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_L} \sin\theta \sin\gamma, \quad (1)$$

где $k = 2\pi/\lambda_w$ — волновое число для поверхностных волн,

λ_w и λ_L — длина поверхностной волны и длина волны излучения лазера соответственно.

Угол γ — это угловое расстояние между центральным максимумом и максимумом первого порядка (Рис. 19).

Частота колебаний волн f связана с волновым числом k соотношением

$$\omega = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} k^q \quad (2)$$

Здесь $\omega = 2\pi f$, ρ — плотность воды и q — целое число.

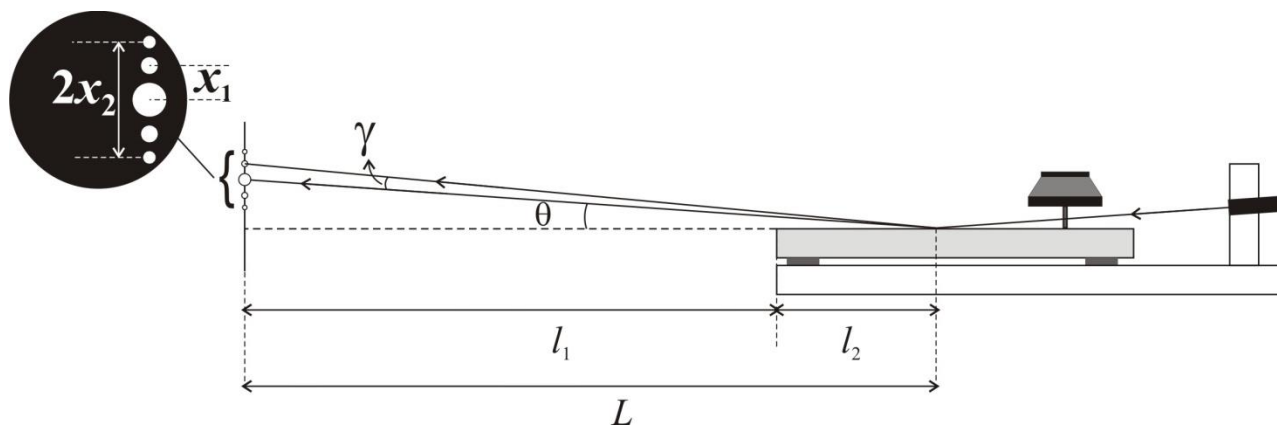


Рис. 19: Схема установки

1. С помощью винта в подставке зафиксируйте светочувствительный сенсор [2] на конце направляющих в положении, показанном на Рис. 1. Выберите подходящий диапазон чувствительности люксметра.

Задание	Описание	Баллы
D1	Измерьте расстояние l_1 между диафрагмой светочувствительного сенсора и внешним краем поддона с водой. Вы увидите световую полосу, где луч лазера попадает на поверхность воды. Центр этой полосы — это точка падения лазерного луча. Измерьте расстояние l_2 от этой точки до края поддона. Получите L и запишите его в Лист ответов.	0.3

2. Установите указатель положения вибратора на отметке 7.0 см по горизонтальной шкале [10].
3. Установите частоту синусоидального сигнала равной 60 Гц подберите его амплитуду так, чтобы максимумы дифракционной картины первого и второго порядков были хорошо видны (увеличено на Рис. 19).

Задания	Описание	Баллы
D2	Измерьте расстояние между максимумами второго порядка, которые расположены выше и ниже центрального максимума. Отсюда вычислите x_1 . Запишите данные ваших измерений в Таблицу D1. Повторите измерения, пошагово увеличивая частоту.	2.8
D3	Определите подходящие переменные для графика, угловой коэффициент которого позволит определить величину q . Запишите значения переменных в Таблицу D2. Постройте график для нахождения q и назовите его «Graph D1». Запишите уравнение 2 с соответствующим целым значением q .	0.9
D4	Используя уравнение 2, определите подходящие переменные для графика, угловой коэффициент которого позволит определить величину σ . Запишите значения переменных в Таблицу D3. Постройте график для нахождения σ и назовите его «Graph D2». ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).	1.2

Часть Е: Определение постоянной затухания δ и вязкости жидкости η

Капиллярные волны затухают из-за вязкости воды. Амплитуда волн h падает экспоненциально с расстоянием s , отсчитываемым от вибратора,

$$h = h_0 e^{-\delta s} \quad (3)$$

где h_0 — амплитуда в месте нахождения вибратора и δ — постоянная затухания.

Эмпирическая зависимость амплитуды h_0 от напряжения (V_{rms}), приложенного к вибратору, выглядит так:

$$h_0 \propto (V_{rms})^{0.4} \quad (4)$$

Постоянная затухания связана с вязкостью жидкости зависимостью

$$\delta = \frac{8 \pi \eta f}{3 \sigma} \quad (5)$$

где η — вязкость жидкости.

1. Установите указатель положения вибратора на 8.0 см.
2. Установите частоту равной 100 Гц.
3. С помощью штангенциркуля отрегулируйте светочувствительный сенсор так, чтобы максимум первого порядка дифракционной картины попадал в круглую диафрагму.
4. Отрегулируйте амплитуду синусоидального сигнала (V_{rms}) так, чтобы показания люксметра составляли 100 на диапазоне А. Запишите значение V_{rms} , соответствующее этому показанию люксметра.
5. Перемещайте вибратор от точки падения лазерного луча шагами по 0,5 см и подстраивайте V_{rms} так, чтобы показания люксметра были равными 100. Записывайте соответствующие значения V_{rms} .

Задания	Описание	Баллы
E1	Запишите все данные для каждого шага в Таблицу E1.	1.9
E2	Постройте соответствующий график и назовите его «Graph E1». По угловому коэффициенту определите постоянную затухания δ .	1.0
E3	Вычислите вязкость η воды.	0.3