

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Л.Р. Сидорчук

**Лабораторный практикум по физике
(10-11 класс)**

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методической комиссией
Балахнинского филиала ННГУ
для обучающихся по программам среднего общего образования
Специализированного учебного научного центра ННГУ

Нижний Новгород

2021

УДК 372.853

ББК 22.3я.723

Лабораторный практикум по физике (10-11 класс): Автор: Сидорчук Л.Р.. учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. - 18с.

Рецензент: к.п.н. Попова Ю.А.

Учебно-методическое пособие «Лабораторный практикум по физике (10-11 класс)» предназначен для обучающихся по программам среднего общего образования Специализированного учебного научного центра ННГУ.

Пособие содержит указания по выполнению лабораторных работ с использованием простого и самодельного оборудования.

Ответственный за выпуск:
председатель методической комиссии Балахнинского филиала
к.э.н. С.С. Квашнин

УДК 372.853

ББК 22.3я.723

Л.Р. Сидорчук

© Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского, 2021

Содержание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА_____	4
10 класс	
1. Определение атмосферного давления_____	5
2. Определение толщины масляной пленки_____	6
3. Определение удельной теплоты парообразования воды_____	8
4. Определение максимальной емкости воздушного конденсатора переменной емкости_____	10
11 класс	
1. Определение площади комнаты с помощью математического маятника	12
2. Определение высоты предмета с помощью плоского зеркала_____	13
3. Определение скорости света в различных веществах с помощью сферических линз_____	15
4. Изучение явления интерференции на примере стоячей волны_____	16

Пояснительная записка

Учебно-методическое пособие «Лабораторный практикум по физике (10-11 класс)» направлено на приобретение дополнительной суммы знаний по физике, на развитие способностей самостоятельно приобретать знания. Поэтому ведущими формами занятий предусматриваются исследовательские работы

Физика – наука экспериментальная. Все виды эксперимента – демонстрационный, фронтальный и домашний – имеют несомненную дидактическую и воспитывающую значимость. Особенно велика роль лабораторного практикума в старших классах, т.к. именно на этих занятиях учащиеся обобщают и систематизируют изученный материал, самостоятельно выполняя лабораторный эксперимент.

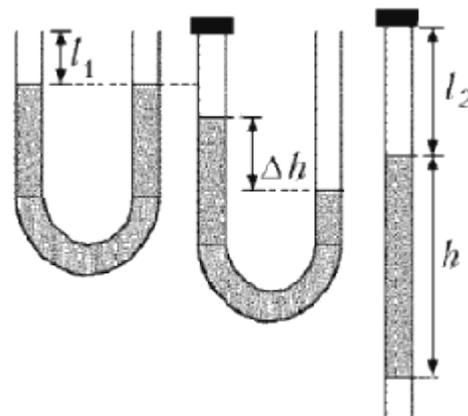
Представленные работы лабораторного практикума по физике предполагают использование простого и самодельного оборудования. Работы охватывают основные темы школьной программы и описание работ составлено так, чтобы за кажущейся простотой выполнения работы не устранить научную ценность эксперимента.

10-й класс

1. Определение атмосферного давления

Содержание и метод выполнения работы. Атмосферное давление определяется по изотермическому изменению объема столба воздуха.

В открытой с обоих концов U-образной трубке давление в обоих коленях одинаково и равно атмосферному p_a . Если, перемещая правое колено, установить в левом колене уровень воды на расстоянии l_1 от верхнего конца, то объем воздуха в левом колене будет $V_1 = Sl_1$, где S – площадь сечения трубки. Если теперь, закрыв это колено пластилиновой пробкой, начать опускать правое колено, то длина столба воздуха в левом колене будет увеличиваться, а его давление соответственно уменьшаться, поскольку теперь атмосферное давление уравнивается еще и давлением столба воды высотой Dh . Когда трубка примет вертикальное положение, высота столба воздуха будет l_2 , а его объем $V_2 = Sl_2$. Процесс расширения воздуха можно считать изотермическим. Уравнение процесса запишется так:



$$p_a V_1 = (p_a - Dp) V_2, \quad (1)$$

где $Dp = \rho gh$, откуда легко найти атмосферное давление:

$$p_a = \frac{\rho gh l_2}{l_2 - l_1}. \quad (2)$$

Оборудование: прозрачная эластичная трубка или две стеклянные трубки, соединенные резиновой; пластилин; измерительная линейка с миллиметровыми делениями; стакан с водой.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	l_1 , м	l_2 , м	h , м	ρ , кг/м ³	p_a , Па

2. Налейте в трубку воду и измерьте высоту l_1 столба воздуха в левом колене при открытых обоих коленях.
3. Аккуратно закройте пластилином левое колено и осторожно опустите правое колено, придав трубке вертикальное положение.
4. Измерьте высоту l_2 столба воздуха в левом колене.
5. Измерьте высоту столба воды в трубке и по формуле (2) рассчитайте значение атмосферного давления. Плотность воды принять равной 1000 кг/м³, ускорение свободного падения 9,81 м/с².
6. Повторите опыт 2–3 раза и вычислите среднее значение атмосферного давления.
7. Если в вашем распоряжении имеется барометр-анероид, сравните полученный результат с его показаниями.
8. Оцените погрешность проведенных измерений и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Предложите способы повышения точности измерения атмосферного давления.

Контрольные вопросы

1. Возможен ли опыт Торричелли с использованием вместо ртути любой другой жидкости?
2. Чем обусловлено существование атмосферного давления на Земле? Почему с увеличением высоты давление уменьшается?

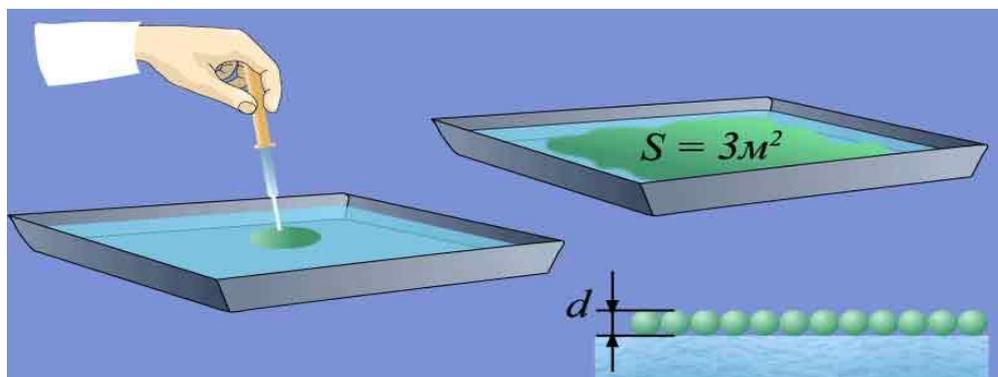
2. Определение толщины масляной пленки

Цель: изучить способ определения толщины масляной пленки.

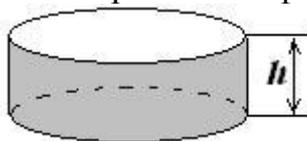
Оборудование: масло, пипетка, мензурка (или шприц), ванна с водой при температуре 40 градусов, линейка, марганцовка (любое красящее вещество).

Ход работы:

1. Капните каплю масла из пипетки на поверхность воды в ванне. Для наглядности воду в ванне подкрасьте. Масло начнет растекаться, приобретая форму круглого пятна. Ответьте письменно на вопросы:
 - Почему масло приобретает такую форму?
 - Почему оно перестает растекаться?
 - Какова может быть минимальная толщина масляной пленки?



1. Растекаясь, масло принимает форму, схожую с



цилиндром.

2. Объем цилиндра можно найти по формуле $V=S \cdot h$, где S – площадь основания, h – высота цилиндра. Площадь круга находится по формуле $S=\pi d^2/4$, где d – диаметр, $\pi=3,14$.
4. Измерьте диаметр пятна масла линейкой и определите его площадь.
Внимание! Решаем в СИ, диаметр должен быть переведен в метры.
5. Используя тубу от медицинского шприца определите объем одной капли масла (V), применяя метод определения размеров малых тел. **Внимание!** Решаем в СИ, помните, что $1 \text{ мл} = 0,000 \text{ 001 м}^3$.
6. Рассчитайте толщину масляного пятна $h=V/S$.
7. Заполните таблицу.
8. Минимальная толщина пленки масла может быть равна диаметру молекулы, поэтому данный метод можно использовать для определения диаметра молекулы масла.

Диаметр пленки масла d , м	Площадь пленки S , м ²	Количество капель масла N	Объем N капель (V), м ³	Объем одной капли масла V , м ³	Толщина слоя масла	Размер молекулы по рисунку

--	--	--	--	--	--	--

Вывод: _____

3. Определение удельной теплоты парообразования воды

Содержание и метод выполнения работы. Удельная теплота парообразования воды определяется по изменению ее уровня в сосуде при выкипании.

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называется теплообменом, или теплопередачей. В процессе теплообмена тело может либо принимать, либо отдавать энергию, которая называется количеством теплоты.

Чтобы тело массой m_1 нагреть от начальной температуры t_1 до конечной температуры t_2 , необходимо затратить количество теплоты $Q_1 = cm_1(t_2 - t_1)$, где c – удельная теплоемкость вещества. Для превращения жидкости массой m_2 в пар при постоянной температуре ей необходимо передать количество теплоты $Q_2 = Lm_2$, где L – удельная теплота парообразования.

Пусть вода нагревается электрокипятильником и вся работа электрического тока идет: 1) на нагревание воды от начальной температуры t_1 до температуры кипения t_2 ; 2) на последующее превращение некоторой массы Dm воды в пар. Тогда, согласно закону сохранения энергии, для этих двух процессов можно записать:

$$Pt_1 = cm_1(t_2 - t_1); \quad (1)$$

$$(2)$$

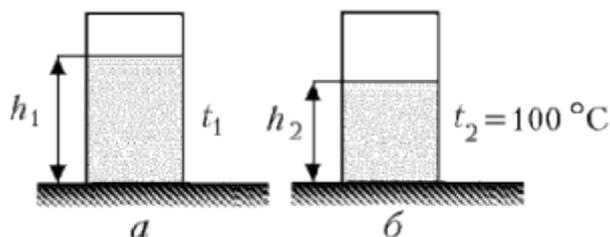
$$Pt_2 = LDm,$$

где P – мощность кипятильника, $c = 4190$ Дж/(кг • К) – удельная теплоемкость воды, m_1 – первоначальная масса воды, t_1 – начальная температура воды, $t_2 = 100$ °С – конечная температура воды, t_1 – время нагревания воды до температуры t_2 , L – удельная теплота парообразования воды, Dm – масса испарившейся воды, t_2 – время, в течение которого вода массой Dm превратилась в пар.

Если вода находится в цилиндрическом сосуде, то ее массу можно определить по формуле:

$$m_1 = rV_1 = rSh_1, \quad (3)$$

где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды, h_1 – начальный уровень воды (рис. а), S – площадь дна сосуда. Аналогично можно определить массу воды, которая останется после испарения:



$$m_2 = \rho V_2 = \rho S h_2, \quad (4)$$

где h_2 – уровень оставшейся воды (рис. б). Решая систему уравнений (1)–(4) и учитывая, что $\Delta m = m_1 - m_2$, получим формулу для вычисления удельной теплоты парообразования воды:

$$L = \frac{c h_1 (t_2 - t_1)}{h_1 - h_2} \cdot \frac{\tau_2}{\tau_1}. \quad (5)$$

Оборудование: цилиндрический сосуд (внутренний стакан калориметра); сосуд с водой; электрокипятильник; термометр; часы с секундной стрелкой; линейка с миллиметровыми делениями; лист поролона, скотч.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

$c, \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	$h_1, \text{ м}$	$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$\tau_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$h_2, \text{ м}$	$\tau_2, \text{ с}$	$L, \text{ Дж}/\text{кг}$
4190				100			

2. Налейте в цилиндрический сосуд воду и измерьте ее температуру t_1 и начальный уровень h_1 .

3. Осторожно, соблюдая безопасность, опустите в воду кипятильник, включите его и измерьте время t_1 , в течение которого вода нагреется до температуры $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и начнет кипеть.

4. Дайте воде покипеть в течение некоторого времени t_2 , после чего выключите кипятильник.

5. Измерьте уровень h_2 оставшейся в сосуде воды.

6. Удельную теплоту парообразования воды рассчитайте по формуле (5).

7. Сравните полученный результат с табличным значением и рассчитайте погрешность измерений.

Дополнительное задание. Используя предложенное оборудование, рассчитайте массу испарившейся воды и количество теплоты, которое пошло на ее испарение.

Контрольные вопросы

1. Удельная теплоемкость ртути 120 Дж/(кг • К), удельная теплота ее парообразования 0,29 МДж/кг. Что это значит физически?
2. Какие потери энергии были допущены при проведении работы и как их можно было бы избежать?

4. Определение максимальной электроемкости воздушного конденсатора переменной емкости

Содержание и метод выполнения работы. Определяется максимальная электроемкость воздушного конденсатора переменной емкости.

Конденсатором называют систему двух проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Так, например, две плоские параллельные металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика (в частности воздуха), образуют плоский конденсатор. Воздушный конденсатор переменной емкости можно представить как систему параллельно соединенных конденсаторов, число которых на единицу меньше числа пластин. Электроемкость такой системы можно вычислить по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 S n - 1}{d},$$

где C – электроемкость конденсатора (Ф), S – площадь каждой пластины (м^2), $\epsilon_0 = 8,65 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная, n – число пластин, d – расстояние между соседними пластинами (м).

Оборудование: воздушный конденсатор переменной емкости; штангенциркуль.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	D , м	S , м ²	n	d , м	$d_{\text{ср}}$, м	C , Ф

2. Внимательно изучите устройство воздушного конденсатора переменной емкости. Убедитесь, что его емкость максимальна в положении, когда пластины полностью задвинуты.

3. Измерьте штангенциркулем диаметр одной пластины D и вычислите ее

площадь
$$S = \frac{\pi D^2}{4} .$$

4. Подсчитайте число пластин n .

5. Измерьте зазор d_1 между двумя соседними пластинами штангенциркулем, затем измерьте еще четыре зазора d_2, d_3, d_4, d_5 .

Вычислите
$$d_{\text{ср}} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5} .$$

6. Вычислите емкость
$$C = \frac{\epsilon_0 S n - 1}{d_{\text{ср}}} .$$

7. Оцените погрешность проведенных измерений и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Сравните вычисленную емкость с паспортными данными прибора. Как вы думаете, при каких измерениях допущена наибольшая погрешность? Как можно было избежать ошибки в измерениях?

Контрольные вопросы

1. Какие типы конденсаторов вы знаете?
2. Предложите способ определения емкости воздушного конденсатора переменной емкости с помощью электроизмерительных приборов.

11-й класс

1. Определение площади комнаты с помощью математического маятника

Содержание и метод выполнения работы. Площадь комнаты определяется как произведение ее длины и ширины, найденных с помощью математического маятника.

Период колебаний математического маятника определяется по

формуле $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, где l – длина нити математического маятника (м), $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, T – период колебаний маятника (с).

Следовательно, длина нити маятника равна

$$l = \frac{T^2 g}{4 \pi^2}. \quad (1)$$

Если взять нить длиной l , равной длине комнаты, сложить ее n раз, чтобы образовалась веревочка длиной $1-1,5$ м, повесить груз (пластилин) и измерить период колебаний T получившегося математического маятника, то искомую длину комнаты l можно рассчитать по формуле:

$$l = \frac{n \cdot g \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}. \quad (2)$$

Аналогично можно найти ширину комнаты, а затем и ее площадь – как произведение длины на ширину.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой; часы с секундной стрелкой; груз (пластилин); нить.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Изменяемая величина	n	N	$t, \text{ с}$	$T, \text{ с}$	$l, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$
Длина комнаты						
Ширина комнаты						

2. Отмерьте нить длиной, равной длине комнаты.
3. Сложите нить в n раз так, чтобы образовавшаяся веревочка имела длину около 1–1,5 м.
4. Подвесьте пластилин и получите математический маятник.
5. Отклоните маятник от положения равновесия и измерьте время t , за которое маятник сделает N полных колебаний (например, $N = 20$).
6. По формуле $T = \frac{t}{N}$ рассчитайте период колебания маятника.
7. По формуле (2) определите длину комнаты l .
8. Аналогично определите ширину комнаты.
9. Вычислите площадь комнаты.
10. Оцените погрешность измерений и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Определите площадь комнаты с помощью измерительной ленты и сравните результаты.

Контрольные вопросы

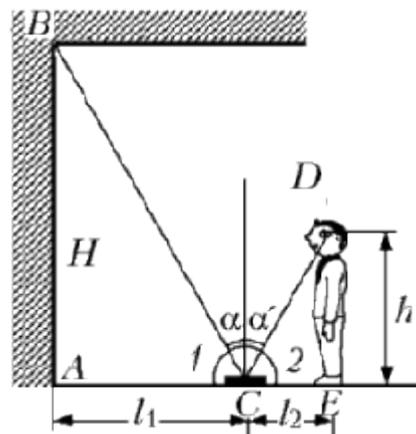
1. Что такое математический маятник? Какими параметрами он характеризуется?
2. Какие факторы влияют на точность измерений в данной работе?
3. Проведите аналогию между механическими и электромагнитными колебаниями.

2. Определение высоты предмета с помощью плоского зеркала

Содержание и метод выполнения работы. Высота классной комнаты определяется с помощью плоского зеркала.

В солнечную погоду, измерив длины теней от высокого дерева и от предмета известной высоты и используя закон прямолинейного распространения света, можно рассчитать высоту дерева без ее непосредственного измерения.

Аналогично можно использовать и законы отражения света. Если положить недалеко от своих ног плоское зеркало так,



чтобы видеть в нем ребро пространственного угла между потолком и стеной классной комнаты, то (см. рисунок), поскольку в соответствии с законом отражения углы α и α' равны, равны и углы 1 и 2. Из подобия треугольников

ABC и CDE можно записать $\frac{H}{l_1} = \frac{h}{l_2}$, откуда высота классной комнаты

$$H = \frac{l_1 \cdot h}{l_2}. \quad (1)$$

Оборудование: плоское зеркало; измерительная лента; мел.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$\Delta H, \text{ м}$	$\varepsilon_H, \%$

2. Измерьте расстояние h от пола до своих глаз. Для этого подойдите к доске и сделайте мелом отметку на уровне своих глаз. Затем измерительной лентой измерьте расстояние от пола до этой отметки.

3. Положите плоское зеркало недалеко от своих ног и отойдите от него на такое расстояние, чтобы в центре зеркала увидеть ребро пространственного угла между потолком и полом. Сделайте отметку на полу, у центра своей подошвы. Измерьте расстояние l_2 от центра зеркала до отметки на полу.

4. Измерьте расстояние l_1 от стены до центра зеркала.

5. Подставьте результаты в формулу (1) и вычислите высоту H классной комнаты.

6. Рассчитайте абсолютную ΔH и относительную ε_H погрешности измерений.

7. Измерьте высоту потолка в классной комнате непосредственно измерительной лентой. Сравните результаты и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Разработайте метод определения размеров предмета (картины на стене, форточки и т.п.) с помощью измерительных линейки и ленты и зеркала.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте законы отражения света.
2. Какой предмет можно считать плоским зеркалом? Дайте характеристику изображения в плоском зеркале.
3. Каковы границы применимости геометрической оптики?

3. Определение скорости света в различных веществах с помощью сферических линз

Содержание и метод выполнения работы. Скорость света v в веществе определяется по ее зависимости от показателя преломления среды:

$$n = \frac{c}{v}, \text{ где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \text{ где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{ скорость света в вакууме.}$$

Если в качестве модели сферической линзы использовать круглодонную колбу, заполненную прозрачной жидкостью, то, определив фокусное расстояние F такой линзы, измерив радиус кривизны R колбы и

воспользовавшись формулой $\frac{1}{F} = \frac{2n-1}{R}$, можно рассчитать показатель

$$n = \frac{R}{2F} + 1. \quad (1)$$

преломления вещества:

$$v = \frac{c}{n}. \quad (2)$$

Скорость света в веществе рассчитывается по формуле

Оборудование: круглодонная колба с водой; такая же колба с глицерином или растительным маслом; измерительная линейка с миллиметровыми делениями; экран (лист белой бумаги); нитка.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Вещество	F , м	l , м	R , м	n	v , м/с
Вода					
Глицерин					

2. При помощи линзы (колбы с водой) получите на экране изображение окна. Измерьте расстояние от центра линзы до изображения – это и есть приблизительно фокусное расстояние F . Оно будет измерено тем точнее, чем дальше находится экран от окна.

3. Ниткой измерьте длину окружности l колбы в ее самой широкой части и исходя из формулы $l = 2\pi R$ рассчитайте радиус кривизны колбы R .
4. Вычислите показатель преломления воды по формуле (1) и скорость света в среде по формуле (2).
5. Повторите опыт для глицерина (масла).
6. Оцените погрешность измерений, сравнив полученный результат с табличным значением.
7. Сделайте вывод о зависимости скорости света от оптической плотности среды.

Дополнительное задание. Предложите другой способ определения фокусного расстояния линзы и ее радиуса кривизны.

Контрольные вопросы

1. Что такое фокус линзы?
2. В чем состоит физический смысл показателя преломления?
3. Как влияет толщина стекла колбы на результат измерений в данной работе?

4. Изучение явления интерференции на примере стоячей волны

Содержание и метод выполнения работы. Скорость распространения волны на поверхности жидкости определяется с помощью создания стоячей волны.

Стоячая волна – волна, образующаяся при наложении (интерференции) двух бегущих волн одинаковой частоты и амплитуды, распространяющихся навстречу друг другу. Максимальная возможная амплитуда колебаний в такой стоячей волне равна $2A$, где A – амплитуда бегущей волны. Условие

образования стоячей волны: $\frac{2R}{\lambda} = n$, где R – расстояние до препятствия (м), λ – длина волны (м), $n = 0, 1, 2, \dots$. Учитывая, что длина волны λ , скорость ее распространения v и частота n связаны соотношением $\lambda = v/n$, получаем

$$v = \frac{2Rv}{n}. \quad (1)$$

Оборудование: часы с секундной стрелкой; линейка с миллиметровыми делениями; бюретка с зажимом; блюдце; сосуд с водой; штатив с муфтой и лапкой.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	R , м	n	N	t , с	ν , с ⁻¹	v , м/с

2. Укрепите в лапке штатива бюретку с водой, поставьте под ней любой цилиндрический сосуд (можно и блюдце).

3. Получите на поверхности воды волну.

4. Подберите такую частоту падения капель в центре блюдца, при которой на поверхности воды образуется стоячая волна.

5. Измерьте время t вытекания N капель (например, $N = 20$), рассчитайте частоту $\nu = N/t$.

6. Подсчитайте число стоячих волн n , укладывающихся на радиусе блюдца.

7. По формуле (1) рассчитайте скорость распространения волны.

8. Повторите эксперимент 2–3 раза и по полученным результатам рассчитайте среднее значение скорости распространения волны.

9. Оцените погрешность измерений и сделайте вывод.

Дополнительное задание. Проверьте, как влияют на результаты эксперимента размеры блюдца (для этого возьмите блюдце, например, большего радиуса).

Контрольные вопросы

1. При каких условиях наблюдается явление интерференции?

2. Происходит ли перенос вещества при распространении волны? Ответ поясните.

3. Приведите примеры стоячих волн в природе и технике.

Лэйла Равильевна Сидорчук

**Лабораторный практикум по физике
(10-11 класс)**

Учебно-методическое пособие

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского».
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.