



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

9 класс.

Прочтите это в первую очередь!

1. Полный комплект состоит из одного задания, на выполнение которого отводится пять часов.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнении в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. Для Вас приготовлены Листы ответов, в которых отведены поля для занесения выводов формул, полученных результатов, комментариев по ходу выполнения работы. Для результатов измерений в Листах ответов подготовлены Таблицы, для построения графиков – их бланки. Листы ответов – это ваш чистовик. Для черновиков используйте чистые рабочие листы.
4. Так как ваши работы сканируются, пишите только на одной стороне всех листов. Подписывать листы запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет содержит:

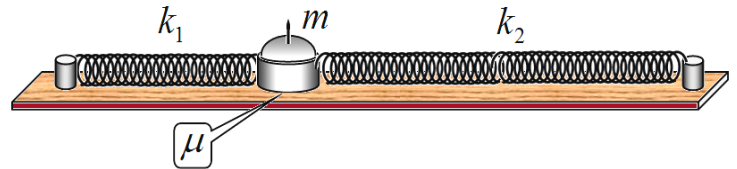
- титульный лист (1 стр.);
- условие экспериментального задания (3 стр.);
- листы ответов (6 стр.);

Экспериментальное задание. Зона застоя

В данном задании Вам предстоит исследовать некоторые эффекты, связанные с проявлением сил упругости и сил трения.

Приборы и оборудование: экспериментальная установка для изучения явления застоя.

Экспериментальная установка состоит из деревянной линейки с миллиметровой шкалой, на концах которой закреплены два упора. К упорам прикреплены две пружины.



К пружинам прикреплена

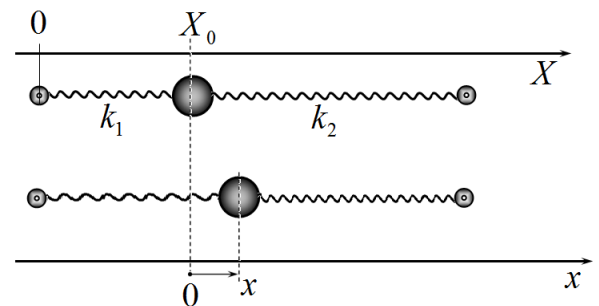
массивная шайба. Шайба может скользить по линейке. Пружины изготовлены из одного материала, жесткости пружин одинаковы, пружины отличаются только длиной. Обозначим жесткость короткой пружины k_1 , жесткость длинной пружины k_2 . Суммарная длина пружин нерастянутых меньше чем расстояние между упорами, поэтому в установке обе пружины растянуты. Массу шайбы обозначим m , коэффициент трения шайбы о линейку - μ .

Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \frac{M}{c^2}$.

**Масса шайбы будет указана при выполнении работы.
Разбирать установку, снимать ее отдельные детали запрещено!**

Для описания положения шайбы на линейке введем две оси координат. Одна шкала X совпадает со шкалой на линейке.

Обозначим X_0 координату шайбы в положении равновесия, когда линейка расположена горизонтально. Строго говоря, эта точка является единственным положением равновесия шайбы, если пренебречь силой трения шайбы. Далее для краткости будем называть эту точку **положением равновесия**.



Вторая ось x также направлена вдоль линейки, но ее начало отсчета совпадает с положением равновесия шайбы, поэтому координата x является смещением от положения равновесия, она может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Ось направлена в сторону длинной пружины.

Часть 1. Чисто теоретическая

В данной части считаем, что установка располагается горизонтально.

При смещении шайбы от положения равновесия на некоторую величину x на шайбу начинает действовать результирующая силы упругости (сумма сил упругости двух пружин). Обозначим удлинения пружин, когда шайба находится в положении равновесия, - Δl_1 и Δl_2 , соответственно.

1.1 Покажите, что проекция суммарной силы упругости, действующая на шайбу, при ее смещении на величину x определяется по формуле

$$F = -kx. \quad (1)$$

где k - постоянный коэффициент, который далее мы будем называть **жесткостью установки**.

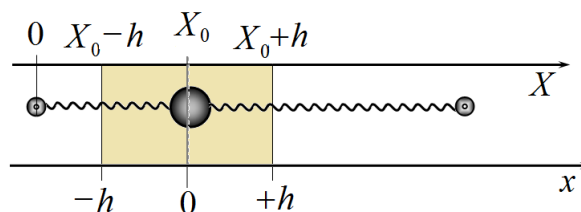
1.2 Выразите жесткость установки через значения жесткости обеих пружин k_1, k_2 .

1.3 Покажите, что изменение потенциальной энергии пружин ΔU при смещении шайбы на величину x может быть рассчитано по формуле

$$\Delta U = \frac{kx^2}{2}, \quad (2)$$

независимо от начальных деформаций пружин в положении равновесия Δl_1 и Δl_2 .

Наличие трения приводит к тому, что существует интервал координат $[X_0 - h, X_0 + h]$, в пределах которой шайба может находиться в покое. Эта область называется зоной застоя. Назовем величину h - полушириной зоны застоя.



1.4 Выразите полуширины зоны застоя h через жесткость установки k , массу шайбы m и коэффициент трения μ .

Если шайбу вывести из положения равновесия и отпустить, то она начнет двигаться вдоль линейки до остановки, при этом она может несколько раз изменить направление движения (совершать затухающие колебания). Обозначим координату начального положения шайбы x_S , а координату ее окончательной остановки x_F .

1.5 Постройте график зависимости координаты остановки шайбы x_F от ее начального положения x_S . При построении этого графика считайте известной только величину h (полуширину зоны застоя).

Получать общую формулу для зависимости $x_F(x_S)$ не требуется.

Часть 2. Экспериментальная - подготовительная.

Установку можно располагать произвольным образом (горизонтально, вертикально, под углом к горизонту).

2.1 Проведите необходимые измерения, на основании которых определите численные значения следующих характеристик установки:

- координату точки равновесия X_0 ;
- полуширину зоны застоя h ;
- жесткость установки k ;
- коэффициент трения μ .

Укажите, как Вы проводили измерения, какие величины непосредственно измеряли, по каким формулам рассчитывали параметры установки, полученные численные значения, оценку погрешности ваших измерений. Можете предложить (и обязательно реализовать) несколько методов определения этих величин. Порядок измерения параметров остановки может определять самостоятельно. Рекомендуется координаты точек измерять в мм.

Часть 3. Экспериментальная – зона застоя.

Проведите эксперимент, описанный вами теоретически в п. 1.5. В этом эксперименте установка должна располагаться горизонтально.

3.1 Отклоните шайбу на некоторое расстояние от положения равновесия (обозначьте начальную координату x_0) и отпустите. Измерьте координату точки останова x_F . Если в процессе движения шайба совершает несколько промежуточных остановок (т.е. совершает затухающие колебания), то измерьте координаты всех точек промежуточных остановок x_1, x_2, \dots

Результаты измерений занесите в Таблицу 1 в Листах ответов. Измерения проведите с шагом изменения x_0 не более 10 мм.

3.2 Постройте график полученной экспериментальной зависимости $x_F(x_0)$.

3.3 Сравните полученный график теоретической зависимостью:

- укажите наиболее существенные различия, укажите возможные причины полученных расхождений.

3.4 Рассчитайте максимальное ускорение, с которым двигалась шайба в ваших экспериментах

3.5 Для каждого значения x_0 рассчитайте, какой путь S прошла шайба до полной остановки и изменение энергии пружины в относительных единицах $\Delta \tilde{U}$.

3.6 Постройте график зависимости изменения потенциальной энергии пружин (в относительных единицах $\Delta \tilde{U}$) от пути пройденного шайбой.

Используйте все полученные экспериментальные данные. При расчетах не используйте значения жесткости k и коэффициент трения μ . Поэтому вам необходимо придумать величину пропорциональную энергии пружины, которую можно рассчитать на основе измерений координат. Результаты расчетов занесите в последние столбцы Таблицы 1.

3.7 Используя полученный график, рассчитайте численное значение величины $z = 2 \frac{\mu mg}{k}$.

Укажите смысл этой величины. Укажите, согласуются ли результаты этого эксперимента с результатами предыдущих экспериментов.

Листы ответов

Экспериментальное задание. Зона застоя

Часть 1. Чисто теоретическая

1.1 Доказательство формулы (1)

1.2 Жесткость установки

$k =$

1.3 Доказательство формулы (2)

1.4 Полуширина зоны застоя h (вывод формулы)

$h =$

1.5 Построение схематического графика $x_F(x_S)$ (расчеты и вид графика)

Часть 2. Экспериментальная - подготовительная.

2.1 Измерение параметров установки.

Для каждого из указанных параметров (X_0 , h , k , μ), кратко укажите: какие величины Вы измеряли, результаты измерений, расчетные формулы, численные значения параметров. Проведите необходимые измерения, на основании которых определены численные значения следующих характеристик установки.

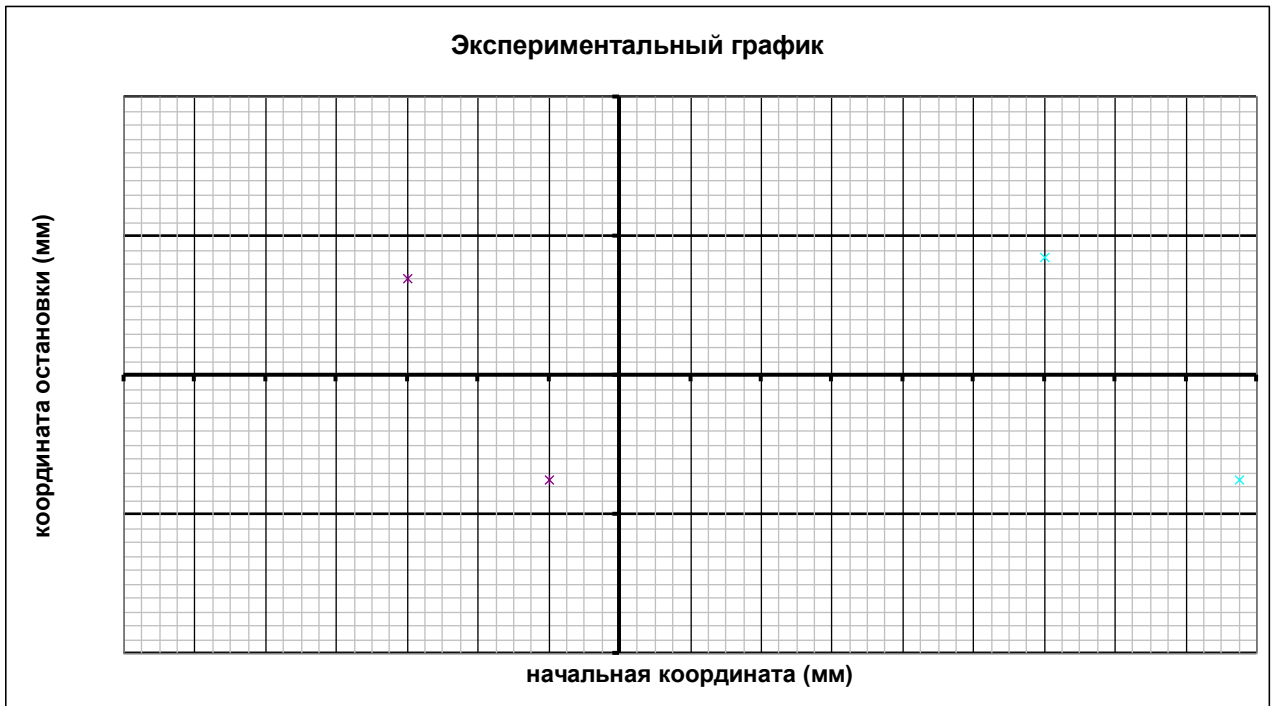
Часть 3. Экспериментальная – зона застоя.

3.1 Результаты измерений точек остановки.

Таблица 1. Результаты измерений

координаты точек (мм)								
X_S	X_1	X_2	X_F	x_S	x_F		S , мм	$\Delta\tilde{U}$

3.2 График полученной зависимости.



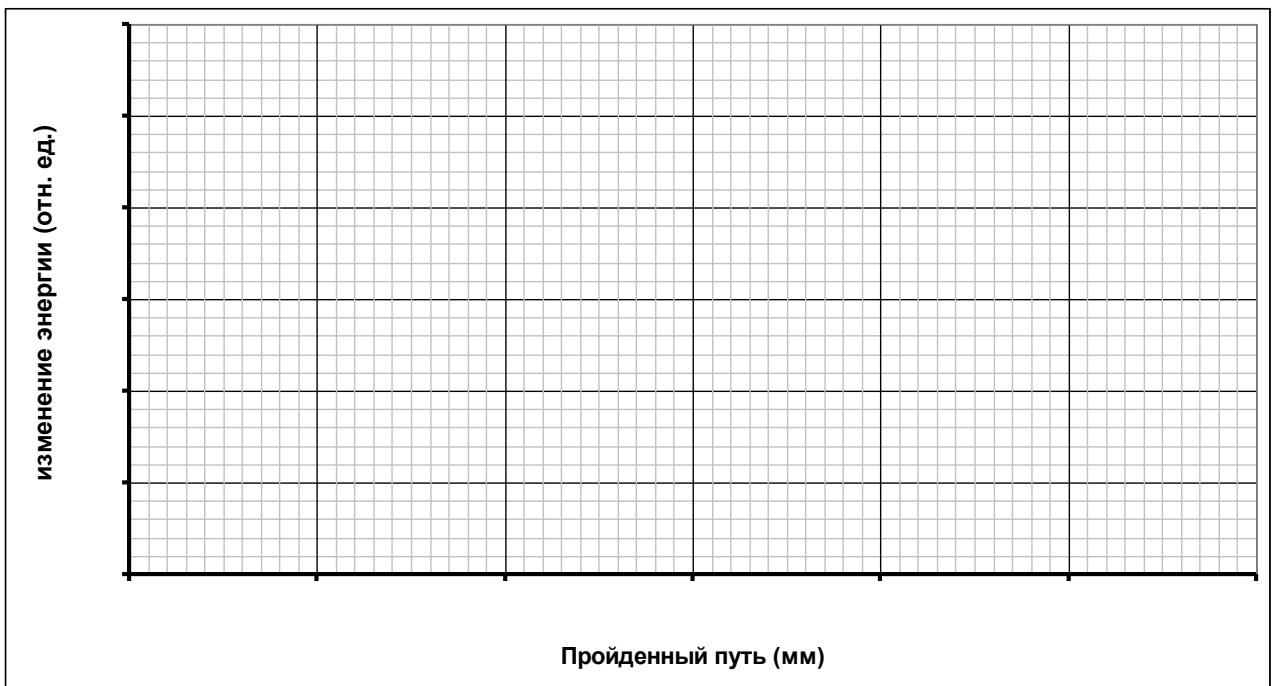
3.3 Сравнение с теоретической зависимостью. причины расхождений.

3.4 Максимальное ускорение (формула и численное значение)

$$a_{\max} =$$

3.5 Расчет пути S и изменения энергии $\Delta\tilde{U}$. Приведите расчетные формулы, численные результаты расчетов занесите в Таблицу 1.

3.6 График зависимости изменения потенциальной энергии пружин (в относительных единицах $\Delta\tilde{U}$) от пути, пройденного шайбой S .



3.7 Численное значение величины (метод расчета и численное значение)

$$\zeta =$$

Физический смысл этой величины.

Согласуются ли результаты этого эксперимента с результатами предыдущих экспериментов (поясните свой вывод)



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

10 класс.

Прочтите это в первую очередь!

1. Полный комплект состоит из одного задания, на выполнение которого отводится пять часов.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. Для Вас приготовлены Листы ответов, в которых отведены поля для занесения выводов формул, полученных результатов, комментариев по ходу выполнения работы. Для результатов измерений в Листах ответов подготовлены Таблицы, для построения графиков – их бланки. Листы ответов – это ваш чистовик. Для черновиков используйте чистые рабочие листы.
4. Так как ваши работы сканируются, пишите только на одной стороне всех листов. Подписывать листы запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условие экспериментального задания (7 стр.);
- листы ответов (9 стр.);

Экспериментальное задание 1. «Шипучка»

Если в раствор соды добавить немного лимонной кислоты, то начнется процесс выделения углекислого газа, то есть раствор станет газированным, т.е. шипучим. В данном задании Вам необходимо исследовать процесс выделения газа.

Приборы и оборудование: Шприц 150 мл, манометр с верхним пределом измерения 300 мм. рт. ст., колба с отводом, пробка резиновая с термометром, штуцер, трубки пластиковые соединительные, барометр (один на кабинет), раствор соды, раствор лимонной кислоты, салфетки.

Внимание!

1. Следите, чтобы показания манометра не превышали 100 мм рт. ст., иначе пробка может выскочить из колбы.
2. Серию экспериментов с растворами Вы сможете провести только 1 раз, поэтому тщательно продумайте последовательность ваших действий и будьте аккуратны при выполнении работы.

В данной работе Вам предоставлен стандартный прибор для изучения газовых законов из комплекта оборудования кабинета физики.

Соберите экспериментальную установку: плотно закройте колбу пробкой, вставьте штуцера в отвод колбы, в одну из соединительных трубок вставьте манометр, установите поршень шприца на отметке 150 мл и вставьте его в другую трубку штуцера. Медленно изменяйте объем воздуха в шприце и наблюдайте за показаниями манометра. Выясните: есть ли утечка воздуха из Вашей установки. Если есть, то устраните её и приступайте к основной части задачи.

В колбу налит раствор соды, он должен находиться там во всех экспериментах.

Используйте следующие обозначения:

V_0 – внутренний объем воздуха в установке без объема шприца (объем колбы плюс объем штуцера и соединительных трубок, минус объем раствора в колбе);

P_0 – атмосферное давление;

p – разность давления в колбе и атмосферного давления (показания манометра);

v – объем воздуха в части шприца, соединенной с колбой (далее будем называть эту величину для краткости объемом шприца);

$v_{\max} = 150 \text{ мл}$ – полный объем шприца.

Все измерения проводите при комнатной температуре, влажностью воздуха пренебрегайте. Контролируйте постоянство температуры в колбе. Не забывайте привести все формулы (с их выводами), которые использованы Вами в расчетах.

Молярная масса воздуха равна $M_0 = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$;

Молярная масса углекислого газа (CO_2) равна $M_1 = 46 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$;

Считайте, что давление в 760 мм рт. ст. равно $1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Допускается измерение давлений в мм рт. ст., и измерение объемов в мл.

Часть 1. Измерение внутреннего объема.

1.1 Укажите чему равно атмосферное давление P_0 и комнатная температура T .

1.2 Измерьте зависимость показаний манометра p от объема шприца v .

Укажите, в какой последовательности Вы проводили измерения. Результаты измерений представьте в Таблице 1 Листов ответов.

1.3 Получите теоретическую формулу описывающую зависимость разности давлений p от объема воздуха в поршне v при изотермическом процессе.

1.4 Представьте полученную зависимость в линеаризованном виде, т.е. найдите такую безразмерную функцию некоторой величины $Z(p)$, чтобы ее зависимость от объема воздуха в шприце была линейной

$$Z = Av + B \quad (1)$$

Величины $Z(p)$ должны быть рассчитаны на основании экспериментальных данных. Изменения объемов и давлений нельзя считать малыми.

1.5 На основании экспериментальных данных постройте график зависимости $Z(v)$. Найдите численные значения коэффициентов A, B в функции (1).

1.6 Рассчитайте внутренний объем прибора V_0 . Оцените погрешность найденного значения.

1.7 Рассчитайте массу воздуха в колбе и количество молей этого воздуха.

Часть 2. Выделение газа.

В этой части Вам необходимо провести исследование процесса выделения газа в ходе химической реакции между содой и лимонной кислотой. Предлагаем следующую последовательность проведения эксперимента:

- установите поршень шприца в крайнее положение $v = 0$;
- откройте пробку колбы и аккуратно влейте внутрь 20 мл (это выданная вам порция) раствора лимонной кислоты;
- дождитесь, когда закончится бурное выделение газа (этот процесс длится примерно 10 с); плотно закройте колбу пробкой, закрепите ее с помощью резинок;
- слегка встряхните колбу с шипучкой, чтобы процесс выделения газа пошел активнее; подождите несколько секунд, чтобы поршень сдвинулся, затем быстро, чтобы можно было пренебречь выделением газа за время измерений, проведите необходимые измерения;
- повторите процесс встряхивания (и последующие измерения) 3 раза;
- после этого приступайте к обработке результатов измерений.

Расчёт погрешностей в данной части не требуется.

После каждого встряхивания проведите следующие измерения следующих величин:

2.1 После остановки поршня шприца измерьте объем газа в шприце v_0 и показания манометра p_0 .

2.2 Плавно изменяя объем газа в шприце, измерьте зависимость разности давлений (показания манометра) $p(v)$ от объема газа в шприце v (достаточно 4-5 измерений).

После проведения всех измерений проведите следующую их обработку (для каждой серии измерений, после каждого встряхивания)

2.3 На одном бланке постройте графики зависимостей $p(v)$ после каждого встряхивания.

2.4 По построенным графикам рассчитайте массы углекислого газа, выделившегося после начала измерений.

Кратко опишите методику расчета массы углекислого газа. Приведите расчетные формулы. Можете предложить графический метод расчета.

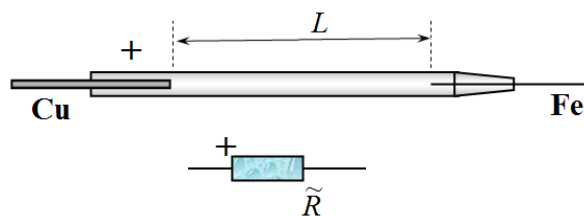
2.5 Используя результаты проведенных измерений (а при необходимости можете провести дополнительные измерения), рассчитайте силу трения поршня о стенки шприца.

Экспериментальное задание 2. Жидкая... проволока

Процессы, происходящие в растворах электролитов при протекании электрического тока сложны и многочисленны: движение ионов в растворителе, появление гальванической ЭДС, возникновение двойного электрического слоя у поверхности электродов, появление контактной разности потенциалов, которая может зависеть от протекающего тока, химические реакции с участием электролита и электродов и т.д. При выполнении данного задания вам нет необходимости (да и возможности) вникать во все тонкости протекающих процессов – надо тщательно и аккуратно провести необходимые измерения, обработать их результаты, высказать некоторые разумные предположения по качественному объяснению Ваших экспериментов.

Приборы и оборудование: раствор лимонной кислоты, капиллярная трубка со стальной проволокой, кусок медной проволоки, мультиметр, источник электрического тока 1,5 В, переменный резистор 22 кОм, цепочка из 5 резисторов сопротивлением 10 кОм каждый, линейка 30 см, соединительные провода.

Основной элемент исследования – тонкая капиллярная трубка с раствором лимонной кислоты. В узкое горлышко трубки вставлена тонкая железная проволока, конец которой закреплен. Со второго конца в трубку можно вставлять кусок медного провода в изоляции с оголенным концом. Этот провод можно передвигать по трубке, устанавливая нужное расстояние L между концами проводов. Провода служат электродами, положительным электродом будем считать медный провод. На рисунке показано обозначение трубки на электрических схемах.

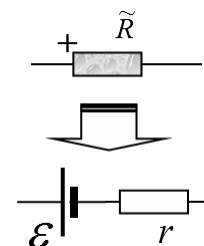


Для заполнения трубки раствором кислоты извлеките медный провод из трубки, опустите толстый конец трубки в стакан с раствором и, всасывая воздух через тонкий конец трубки (не доставая стальной проволоки), заполните трубку.

Внимание!

- Не доставайте железную проволоку из трубки – вставлять ее обратно не просто!
- Меняйте раствор в трубке для каждой серии экспериментов, не оставляйте кислоту в трубке после проведения измерений (это приводит к коррозии электродов и снижению числа полученных баллов).
- Следите, чтобы в трубке не оказалось пузырьком воздуха.
- Используйте дезинфицирующую салфетку для протирки трубки перед ее заполнением.
- Лимонная кислота абсолютно безопасна – нет ничего страшного, если она немного попадет Вам в рот, но пить ее не рекомендуется.
- Всегда соблюдайте полярность подключения трубки, согласно приведенным электрическим схемам.

Так как два разных металла погружены в раствор электролита, то данную трубку можно рассматривать как гальванический элемент – источник тока со своими характеристиками: ЭДС (ε) и внутренним сопротивлением (r).



Часть 1. Измерения ЭДС и внутреннего сопротивления

1.1 Попробуйте измерить ЭДС трубки непосредственно с помощью мультиметра.

1.1.1 В каком режиме должен работать мультиметр?

1.1.2 Запишите показания мультиметра при двух полярностях подключения трубки.

1.1.3 Можно ли считать эти показания значением ЭДС трубки?

1.2 Попробуйте измерить внутренне сопротивление трубки с помощью мультиметра.

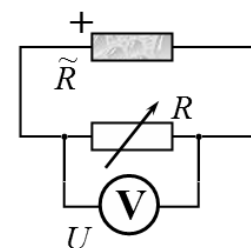
1.2.1 В каком режиме должен работать мультиметр?

1.2.2 Запишите показания мультиметра при двух полярностях подключения трубки.

1.2.3 Можно ли считать эти показания значением ЭДС трубки?

Для более надежного исследования характеристик источника тока, как правило, измеряется его *нагрузочная характеристика*: зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в этой цепи.

Схема цепи для измерения этой характеристики показана на рисунке. В качестве переменного резистора используйте цепочку постоянных резисторов. Убедитесь, что их сопротивления равны 10 кОм. В противном случае обращайтесь к организаторам олимпиады.



1.3 Теоретическое описание.

1.3.1 Получите теоретическую зависимость напряжения на резисторе от силы тока через него - $U(I)$, при заданных значениях ЭДС (ε) и внутреннего сопротивления источника (r).

1.3.2 Постройте схематический график зависимости $U(I)$. Укажите физический смысл координат точек пересечения графика с осями координат.

1.3.3 Укажите, как с помощью построенного графика определить (рассчитать) ЭДС и внутренне сопротивление источника наиболее простым способом.

1.3.4 Укажите, как по известному значению сопротивления нагрузки R и измеренному значению напряжения на нем U рассчитать силу тока в цепи.

Заполните трубку раствором. Соберите электрическую цепь, показанную на рисунке. Проведите необходимые измерения, после этого удалите раствор из трубки (в стакан для использованного раствора) и только после этого приступайте к расчетам.

1.4 Измерения и расчеты.

1.4.1 Измерьте зависимость напряжения U на нагрузке (резисторе R) от ее сопротивления при 5 различных расстояниях между электродами трубки.

Результаты измерений занесите в Таблицу 1 листов ответов. Не забудьте указать единицы измерения всех физических величин. Значения расстояний между электродами укажите в верхней строке таблицы.

1.4.2 Рассчитайте значения сил токов I , для всех проведенных измерений. Результаты расчетов также занесите в Таблицу 1.

1.4.3 На одном бланке постройте 5 графиков зависимостей напряжения на нагрузке от силы тока в цепи $U(I)$.

1.4.4 С помощью построенных графиков найдите значения ЭДС и внутренних сопротивлений трубки-источника для 5 различных расстояний между электродами. Результаты занесите в нижние строки Таблицы 1.

1.5 Зависимость внутреннего сопротивления от расстояния между электродами.

1.5.1 По результатам измерений постройте график зависимости внутреннего сопротивления от расстояния между электродами $r(L)$.

1.5.2 Качественно (т.е. без формул и чисел) объясните полученную зависимость.

1.5.3 Предложите простую формулу, описывающую полученную зависимость $r(L)$. Найдите численные значения ее параметров.

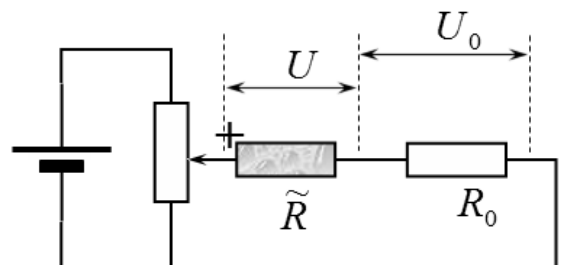
1.5.4 Укажите, чему равно электрическое сопротивление 1 см столбика раствора в трубке.

Часть 2. Трубка во внешней цепи.

В данной части задания Вам необходимо исследовать характеристики трубки с раствором при наличии в цепи источника электрического тока. Традиционно основной характеристикой элемента считается зависимость силы тока через этот элемент от напряжения на нем ($ВАХ$ – *вольтамперная характеристика*). Однако в данном случае для упрощения обработки результатов Вам предлагается построить и проанализировать обратную зависимость: зависимость напряжения на трубке от силы тока через нее $U(I)$.

Для проведения измерений используйте цепь, показанную на следующем рисунке.

Для изменения напряжения используйте выданный переменный резистор. Порядок подключения его выводов определите самостоятельно. В качестве постоянного резистора R_0 используйте один резистор из цепочки (раскручивать цепочку не надо) $R_0 = 10 \text{ кОм}$. Источник тока – батарейка 1,5 В (измерьте эту ЭДС, если она окажется меньше 1,4 В попросите заменить батарейку).



2.1 Теоретическое описание.

2.1.1 Получите формулу, описывающую зависимость напряжения на трубке от силы тока через нее $U(I)$.

2.1.2 Постройте схематический график зависимости $U(I)$ в данной цепи (считайте, что напряжение может быть как положительным, так и отрицательным).

2.1.3 Укажите физический смысл координат точек пересечения графика с осями координат.

Заполните трубку раствором лимонной кислоты, установите расстояние между электродами равным $L = 15$ см, соберите электрическую цепь, проведите необходимые измерения, освободите трубку от кислоты после чего приступайте к обработке результатов измерений.

2.2 Измерения и обработка результатов.

2.2.1 Проведите измерения зависимости напряжения на трубке U от силы тока I . Укажите, как вы определяли силу тока.

Результаты измерений и расчетов занесите в Таблицу 2 листов ответов. Измерения проведите при двух полярностях подключения батарейки: прямой (как показано на рисунке) и обратной. Полярность подключения вольтметров не меняйте – напряжения могут быть как положительными (при прямом подключении), так и отрицательными.

2.2.2 Постройте график полученной зависимости $U(I)$.

2.2.3 Рассчитайте значения ЭДС и внутреннего сопротивления трубки (для каждой полярности подключения батарейки отдельно). Оцените погрешности найденных значений.

2.2.4 Сравните результаты, полученные в этой части, с характеристиками трубки, найденными в части 1. Дайте качественное объяснение возможных расхождений.

2.2.5 Дайте качественное объяснение основных особенностей полученной зависимости $U(I)$.

Листы ответов

Экспериментальное задание 1. «Шипучка»

Часть 1. Измерение внутреннего объема.

1.1 Атмосферное давление

$$P_0 =$$

температура воздуха

$$T =$$

1.2 Результаты измерений зависимости разности давлений от объема газа в шприце

Таблица 1.

v , мл	p , мм рт. ст.	параметр Z

1.3 Теоретическая зависимость $p(v)$: вывод формулы и ее вид.

1.4 Возможная линейризация данной зависимости:
безразмерный параметр Z

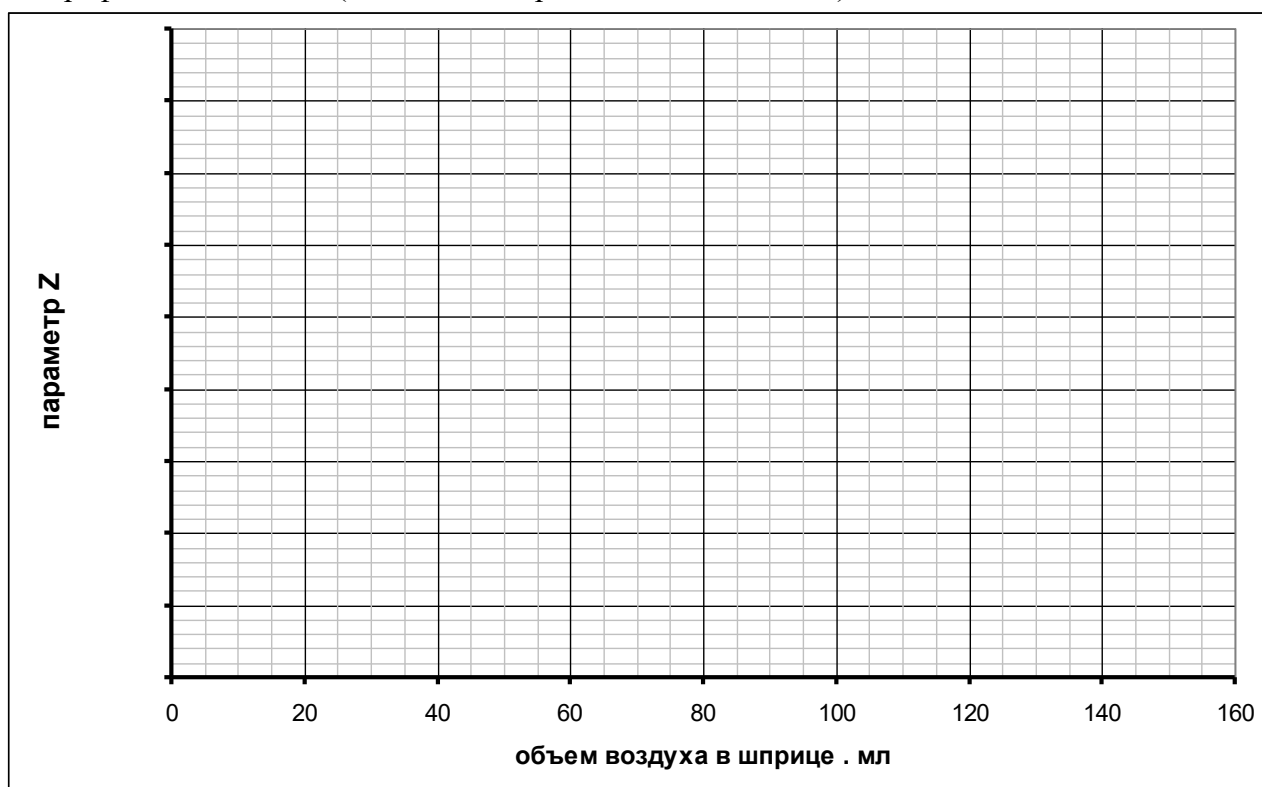
$$Z =$$

Коэффициенты линейной зависимости

$$A =$$

$$B =$$

1.5 График зависимости (значения Z приведите в Таблице 1.)



1.6 Внутренний объем (формула, численное значение, погрешность)

$$V_0 =$$

1.7 Масса воздуха в колбе (формула, численное значение)

$$m =$$

Часть 2. Выделение газа.

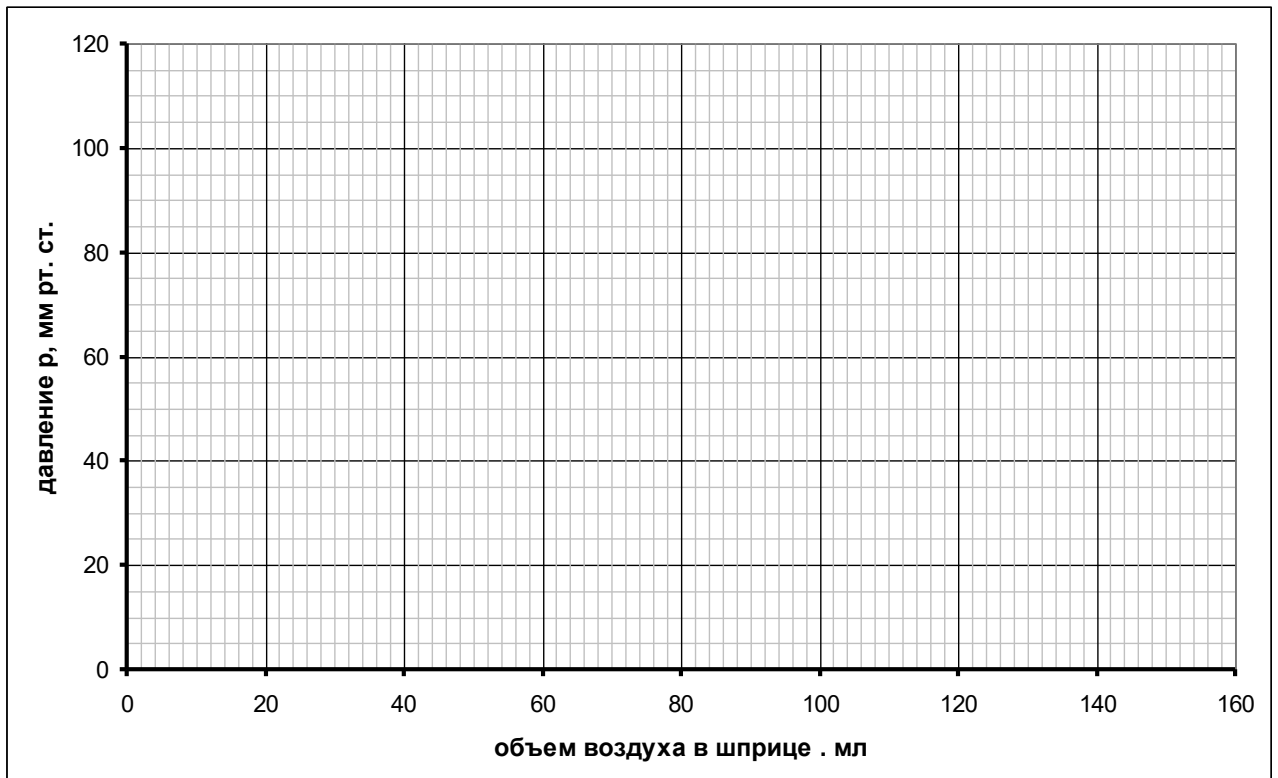
2.1 – 2.2 Результаты измерений

В первой строке поместите значения (v_0, p_0) , в последней строке укажите значения масс выделившегося углекислого газа.

Таблица 2.

первое встряхивание		второе встряхивание		третье встряхивание	
v , мл	p , мм рт. ст.	v , мл	p , мм рт. ст.	v , мл	p , мм рт. ст.

2.3 Графики зависимостей $p(v)$



2.4 Расчет масс углекислого газа (вывод расчетной формулы, методика расчета)
Значения масс поместите в Таблицу 2.

2.5 Сила трения поршня о стенки шприца (методика измерения, результаты измерений,
расчетная формула, численное значение)

Листы ответов

Экспериментальное задание 2. Жидкая... проволока

1.1

1.1.1 Режим мультиметра

1.1.2 Показания мультиметра

1.1.3 Да, нет, не знаю? Почему?

1.2

1.2.1 Режим мультиметра

1.2.2 Показания мультиметра

1.2.3 Да, нет, не знаю? Почему?

1.3 Теоретическое описание.

1.3.1 Вывод зависимости $U(I)$:

1.3.2 Схематический график зависимости $U(I)$. Физический смысл координат точек пересечения графика с осями координат.

1.3.3 Как определить (рассчитать) ЭДС и внутренне сопротивление источника?

1.3.4 Как рассчитать силу тока в цепи?

1.4 Измерения и расчеты.

Таблица 1.

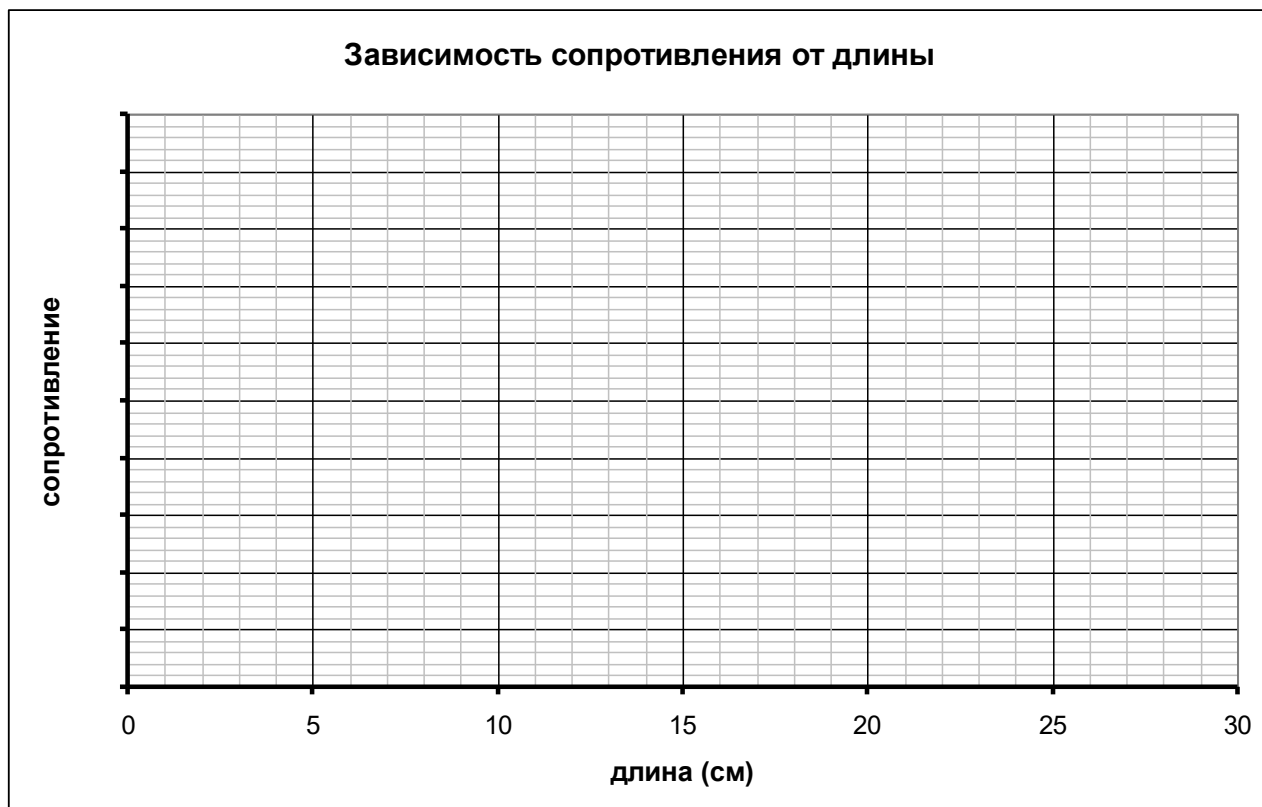
$L,$ см										
	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I
10										
20										
30										
40										
50										
ЭДС										
r										

Графики зависимостей



1.5 Зависимость внутреннего сопротивления от расстояния между электродами.

1.5.1 График зависимости внутреннего сопротивления от расстояния между электродами $r(L)$.



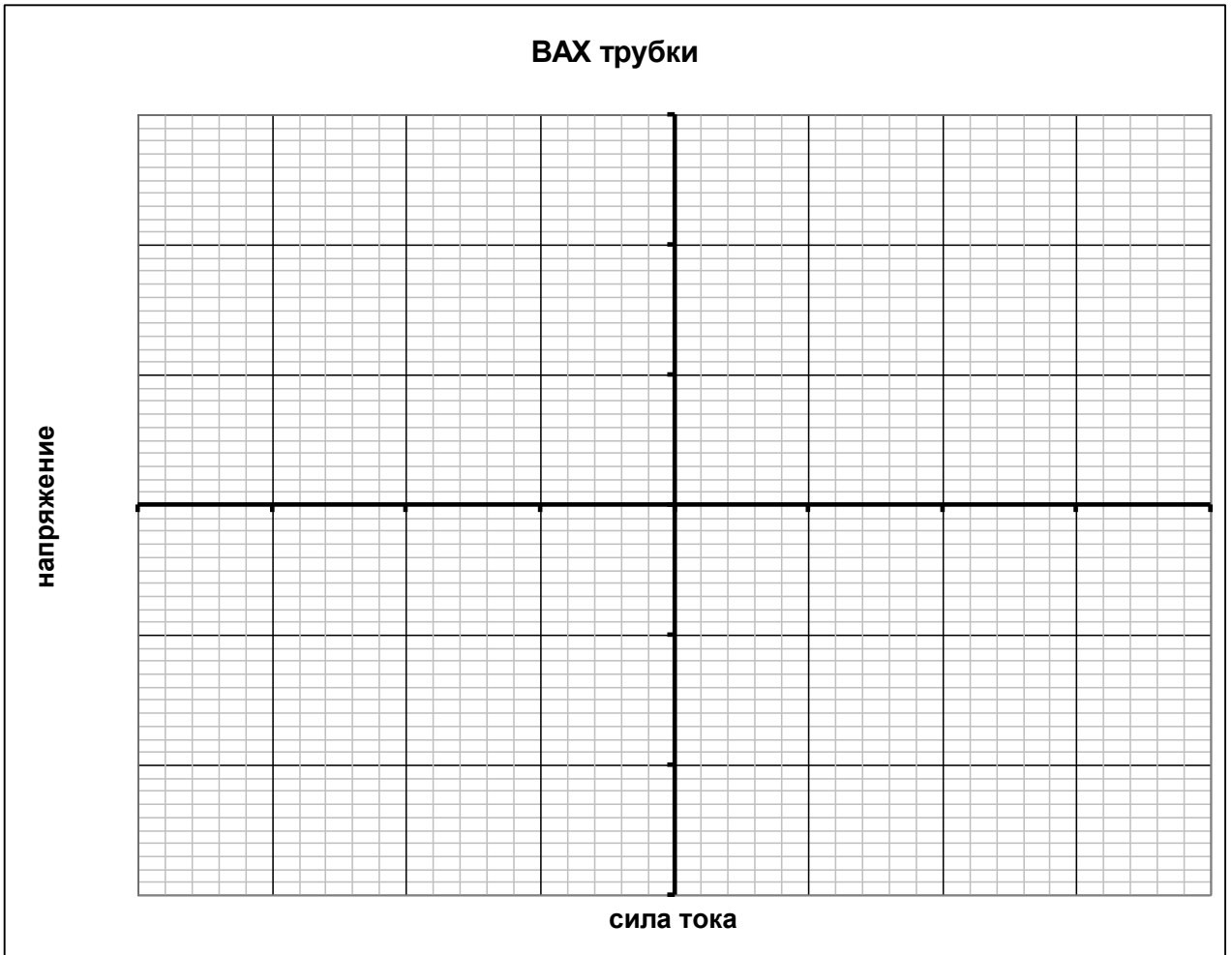
1.5.2 Качественное объяснение полученной зависимости.

1.5.3 Формула, описывающую зависимость $r(L)$, ее параметры

1.5.4 Электрическое сопротивление 1 см столбика раствора в трубке

2.2.3

График зависимости напряжения от силы тока



2.2.4 Сравнение результатов. Качественное объяснение возможных расхождений.

2.2.5 Качественное объяснение основных особенностей полученной зависимости $U(I)$.



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

11 класс.

Прочтите это в первую очередь!

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнении в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. Для Вас подготовлены Листы ответов, в которых отведены поля для занесения выводов формул, полученных результатов, комментариев по ходу выполнения работы. Для результатов измерений в Листах ответов подготовлены Таблицы, для построения графиков – их бланки. Листы ответов – это ваш чистовик. Для черновиков используйте чистые рабочие листы.
4. Так как ваши работы сканируются, пишите только на одной стороне всех листов. Подписывать листы запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия 2 экспериментальных заданий (6 стр.);
- лист с цветными фотографиями (1 стр.);
- листы ответов (13 стр.);

Задание 11-1. Колебания линейки на цилиндре

Если положить линейку на неподвижный цилиндр так, чтобы в положении равновесия она располагалась горизонтально, и если вывести ее из положения равновесия, то она будет совершать колебания. В данном задании Вам необходимо исследовать такие колебания.

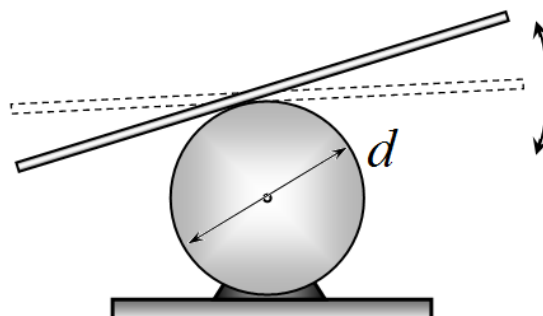
Приборы и оборудование: набор цилиндров, 2 деревянных линейки 40 см, штангенциркуль, секундомер, кусок пластилина.

Часть 1. Зависимость периода от диаметра.

Чтобы цилиндр оставался неподвижным, прикрепите его к столу с помощью кусочка пластилина.

В данной части вам необходимо исследовать зависимость периода колебаний линейки от диаметра цилиндра.

Измерения следует провести для одной линейки и двух линеек скрепленных друг с другом параллельно (сдвоенная линейка).



1.1 Измерьте периоды колебаний одной линейки и сдвоенной линейки на цилиндре самого малого диаметра с максимально возможной точностью.

1.2 Рассчитайте приборную, случайную и полную погрешности измерения этих периодов.

Все результаты занесите в Таблицу 1 листов ответов. В первом столбце приведите формулы, по которым были проведены расчеты.

1.3 Измерьте зависимости периодов колебаний линейки и сдвоенной линейки от диаметра цилиндров. Не забудьте измерить диаметры цилиндров. Постройте графики полученных зависимостей.

Оценка погрешностей не требуется. Результаты измерений занесите в Таблицы 2 и 3.

Теоретическая подсказка

Можно показать, что зависимость периода рассмотренных колебаний T от диаметра цилиндра d описывается формулой (вывод этой формулы не требуется и не оценивается)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{d-a}}. \quad (1)$$

где A и a - постоянные, зависящие от размеров линейки.

1.4 Линеаризуйте зависимость (1) таким образом, что бы по ней можно было а) проверить формулу (1); и б) определить параметры этой зависимости A и a .

1.5 Постройте графики линеаризованных зависимостей. Укажите, применима ли формула (1) для описания результатов ваших измерений.

Результаты расчетов занесите в свободные столбцы Таблиц 2 и 3.

1.6 Рассчитайте численные значения параметра a и его погрешность для одной и сдвоенной линеек. Попытайтесь «угадать» наглядный смысл этого параметра.

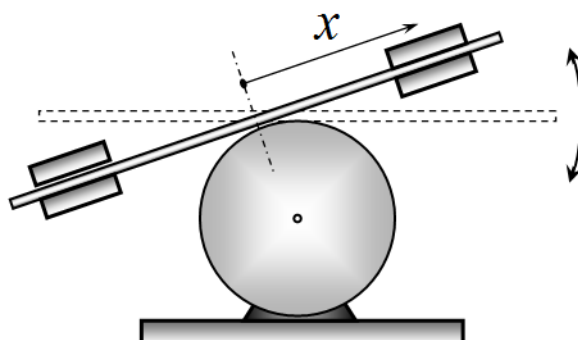
1.7 Определите, при каких значениях диаметра цилиндра, горизонтальное положение линейки будет устойчивым.

Часть 2. Зависимость периода колебаний от положения грузов.

Оценка погрешностей в данной части не требуется.

Измерения в этой части проводите только с одной линейкой и на цилиндре максимального диаметра.

Прикрепите к линейке симметрично две пары магнитов. Обозначим расстояние от середины линейки x .



2.1 Измерьте зависимость периода колебаний линейки от положения магнитов x .
Постройте график полученной зависимости.

Результаты измерений занесите в Таблицу 4 листов ответов.

Для данных колебаний формула для периода колебаний (1) также применима, только величина $A(x)$ является некоторой функцией от x .

2.2 На основании простых физических рассуждений предложите вид зависимости $A(x)$.

2.3 Постройте линеаризованный график зависимости периода колебаний от положения магнитов x , который подтверждает предложенную Вами зависимость $A(x)$. Сделайте вывод о правильности предложенной Вами зависимости $A(x)$.

Результаты необходимых промежуточных расчетов приведите в свободных столбцах Таблицы 4.

Задание 11-2. Преломление света

Показатель преломления вещества является одной из важнейших оптических характеристик вещества. Показатель преломления зависит от длины волны света. Пусть при изменении длины на величину $\Delta\lambda$ показатель преломления изменяется на величину Δn . Тогда дисперсией показателя преломления называется отношение

$$D = \frac{\Delta n}{\Delta\lambda}. \quad (1)$$

В данном задании Вам необходимо провести ряд экспериментальных исследований, связанных с преломлением света в стекле и жидкости.

Приборы и оборудование: стеклянная равнобедренная призма, чашка Петри с исследуемой жидкостью, лазер полупроводниковый (длина волны $\lambda = 670\text{ нм}$) с блоком питания, светодиодный фонарик белого света, штатив с лапкой, две собирающие линзы на подставках, экран на подставке, линейка измерительная 40 см, линейка прозрачная, пластилин, лист белой бумаги, 2 измерительных лимба на бумаге, два кусочка клейкой ленты.

Все оптические установки собирайте на листе белой бумаги, закрывающий стол, на этом листе может делать необходимые вам геометрические построения и измерения. При необходимости элементы оптических схем можете закреплять в нужном вам положении с помощью пластилина.

Часть 1. Показатель преломления и дисперсия стекла.

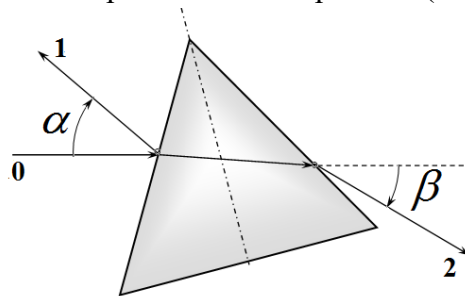
В данной части используйте равнобедренную стеклянную призму, которую размещайте непосредственно на столе. На призму направляйте луч лазера, который закрепите на столе с помощью кусочка пластилина. Если луч направить под малым углом к горизонту, то на листе бумаги легко увидеть лучи отраженные и преломленные призмой (см. фото 1).

В данной части необходимо исследовать следующие лучи:

- 0 - луч, падающий на грань призмы;
- 1 – луч, отраженный этой гранью;
- 2 – луч преломленный призмой.

Можно увидеть и другие лучи, испытывающие отражения внутри призмы. Их принимать во внимание не надо.

Обозначим: α - угол отклонения отраженного луча; β - угол отклонения преломленного луча (этот угол отсчитывается от направления падающего луча 0).



1.1 Измерьте зависимость угла β от угла α . Постройте график полученной зависимости.

При выполнении данного пункта задания для измерения углов используйте угломерный лимб №1, обеспечивающий достаточную точность измерений. Результаты измерений и необходимых расчетов приведите в Таблице 1.

При повороте призмы угол отклонения преломленного угла β изменяется не монотонно. При определенном угле падения преломленный угол принимает минимальное

значение β_{\min} , при этом угол отклонения отраженного луча принимает некоторое значение, которое мы обозначим α_{\min} (понятно, что это не есть минимальный угол α).

1.2 Измерьте с максимальной точностью угол минимального отклонения β_{\min} и соответствующий угол отклонения отраженного угла α_{\min} .

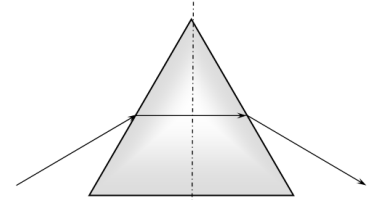
При выполнении этого пункта точности измерения углов с помощью бумажного лимба недостаточно. Поэтому проведите измерения с большей точностью. Укажите, как вы увеличили точность измерений. Оцените погрешность измерения этих углов.

1.3 Рассчитайте показатель преломления материала призмы по измеренному значению угла α_{\min} .

1.4 Рассчитайте показатель преломления материала призмы по измеренному значению угла β_{\min} .

Приведите вывод формул для расчета показателя преломления.

Подсказка. Минимальному углу отклонения соответствует симметричный ход луча через призму.



Закрепите фонарик в лапке штатива. С помощью двух линз сформируйте параллельный пучок белого света, распространяющийся параллельно столу.

1.5 Нарисуйте оптическую схему, формирующую параллельный пучок света. Укажите геометрические параметры вашей схемы (расстояния между элементами схемы) и примерный ход лучей.

Направьте параллельный пучок света на призму (для призмы используйте подставку). При «правильном» положении призмы и экрана, на экране можно получить спектр – цветную полоску (см. фото 2)

1.6 Приведите оптическую схему, с помощью которой вам удалось получить спектр на экране (укажите положение призмы, ее примерную ориентацию относительно падающего пучка света; положение экрана, примерный ход лучей)

Для более четкой (но менее яркой) цветной полоски на экране, на передней грани призмы с помощью двух кусочков липкой ленты можно сделать небольшую щель толщиной в несколько мм.

1.7 Проведите необходимые измерения и определите, на сколько изменяется показатель преломления Δn стекла в пределах видимого диапазона.

Укажите, какие величины вы измеряли, приведите расчетные формулы.

1.8 Оцените дисперсию показателя преломления D стекла в видимом диапазоне света.

Дисперсию показателя преломления указать с точностью до одной значащей цифры.

Часть 2. Преломление в жидкости и... радуга.

В данной части задания Вам необходимо исследовать преломление света в круглом сосуде (чашке Петри) с жидкостью. Чашку Петри расположите на столе, луч лазера направляйте на боковую поверхность чашки. Глядя сверху, можно видеть путь луча в жидкости (см. фото 3). Для измерения необходимых углов используйте угломерный лимб №2, который положите под чашку. Значения всех углов приводите в градусах.

На рисунке показан ход лучей через цилиндрический сосуд: 0 – падающий луч, 1 – луч, преломленный в сосуде, 2 – луч, испытавший одно отражение на стенке сосуда.

Обозначим:

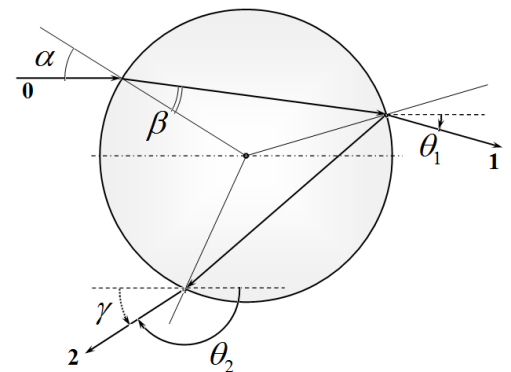
α - угол падения луча;

β - угол преломления луча;

θ_1 - угол отклонения луча 1 (от направления падающего луча);

θ_2 - угол отклонения луча 2 (от направления падающего луча);

γ - угол выхода луча 2 из сосуда.



2.1 Измерьте зависимость угла преломления β от угла падения α .

Для изменения угла падения лучше передвигать чашку Петри (вместе с измерительным лимбом), чтобы направление падающего лазерного луча оставалось неизменным.

Укажите на рисунке, какие величины Вы измеряли. Приведите формулы для расчета углов α , β . Результаты непосредственных измерений и значения углов приведите в Таблице 2.

2.2 Постройте график связывающий результаты измерений углов α , β , таким образом, чтобы он, во-первых, мог подтвердить закон преломления света; во-вторых позволил рассчитать значение показателя преломления жидкости.

2.3 Укажите, подтверждают ли ваши измерения закон преломления света.

2.4 Рассчитайте показатель преломления жидкости n . Оцените погрешность его измерения.

Далее Вам необходимо провести расчеты.

2.5 Получите формулы выражающие углы отклонения θ_1 и θ_2 через углы α , β .

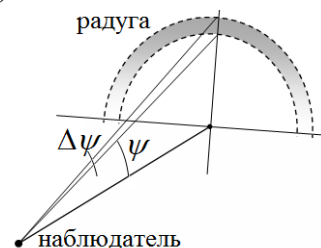
2.6 Проведите расчет зависимостей углов β , θ_1 , θ_2 и угла γ от угла падения α .

При расчетах используйте значение показателя преломления, найденное в п. 2.4. Результаты расчетов приведите в Таблице 3.

2.7 Постройте на одном бланке графики зависимостей углов θ_1 и γ от угла падения α .

2.8 Используя полученные графики, кратко (не более 50 слов) объясните, почему радуга наблюдается в отраженном свете и не наблюдается в проходящем свете.

Направьте на чашку параллельный пучок белого света от фонарика. При наблюдении под определенным углом на поверхности чашки можно увидеть радугу, или получить ее изображение на экране (конечно, не полную дугу, а ее малый участок).



2.9 Изобразите оптическую схему установки, позволяющую увидеть радугу (или получить ее изображение на экране). Укажите какие величины Вы измеряли.

2.10 Измерьте угловой размер радуги ψ и ее угловую ширину $\Delta\psi$.

Покажите на схеме, как вы провели эти измерения.

Фотографии к заданию 11-2. Преломление света



Фото 1.

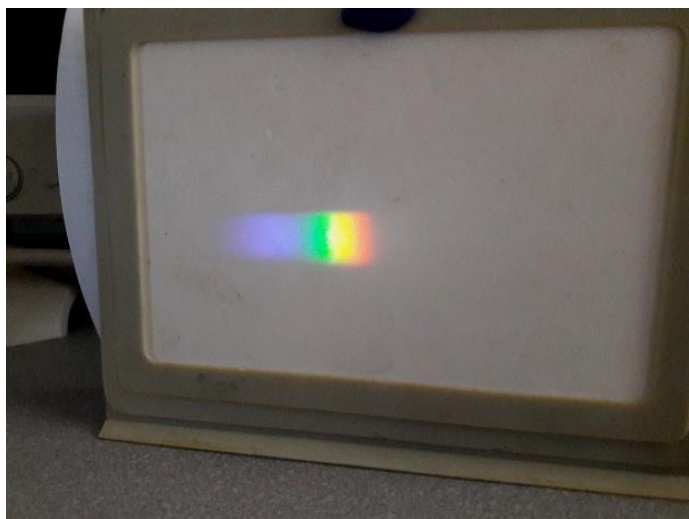


Фото 2.



Фото 3.

Листы ответов

Задание 11-1. Колебания линейки на цилиндре

Часть 1. Зависимость периода от диаметра.

1.1 – 1.2 Результаты измерений периодов колебаний

Таблица 1.

	одна линейка	две линейки
Результаты отдельных измерений		
Средние значения		
Случайная погрешность		
Приборная погрешность		
Полная погрешность		
Периоды колебаний T		
Погрешность измерения периода ΔT		

Окончательные результаты измерения периодов (правильно записанные)

$$T_1 =$$

$$T_2 =$$

1.3 Зависимости периодов колебаний линейки и сдвоенной линейки от диаметра цилиндров

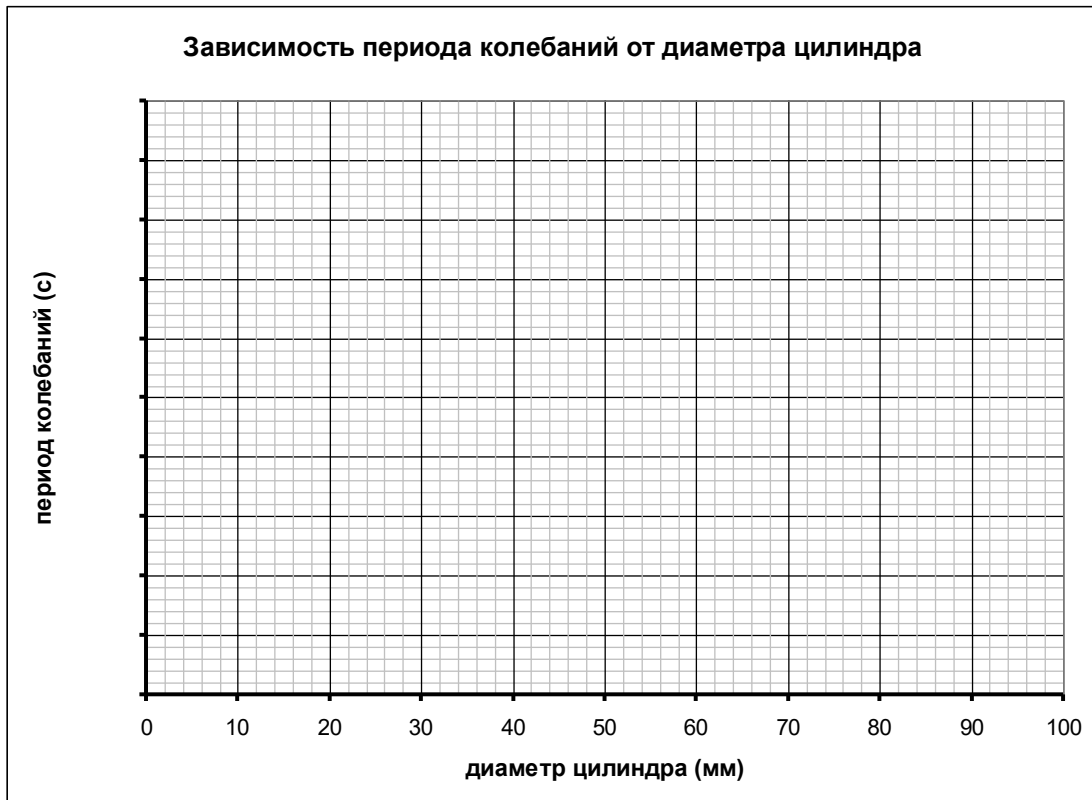
Таблица 2. Одна линейка

		время N колебаний			T, с		
d, мм	N	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с			

Таблица 3. Две линейки

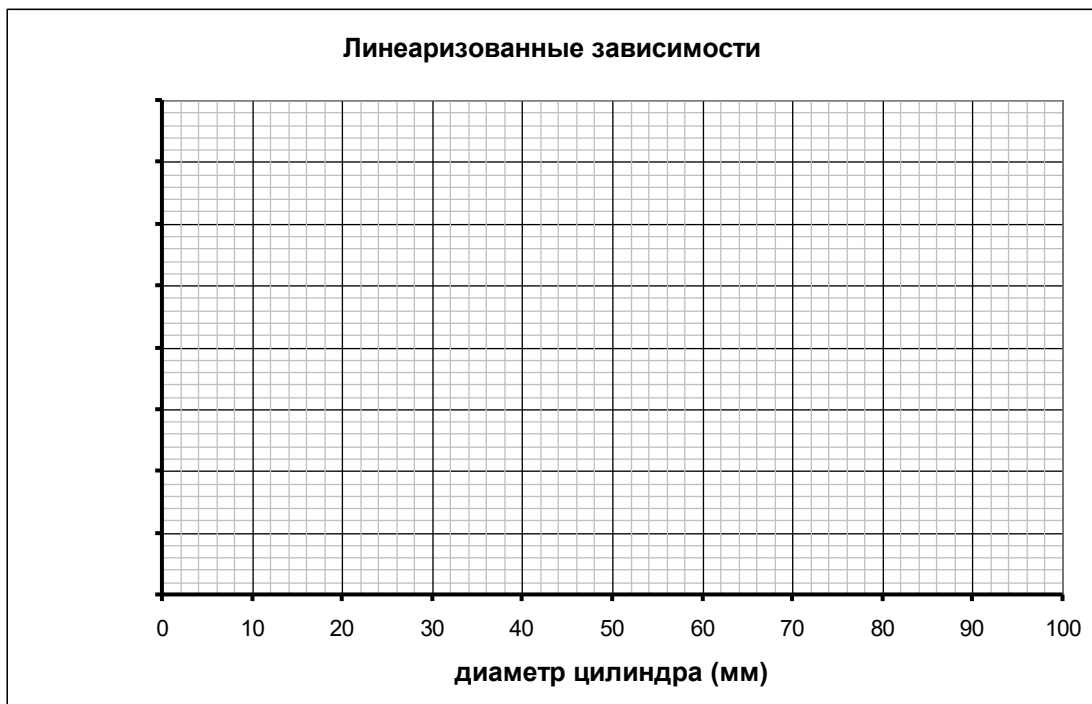
		время N колебаний			T, с		
d, мм	N	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с			

Графики зависимостей периодов от диаметра.



1.4 Способ линеаризации (вид линеаризованной зависимости – формула).

1.5 Графики линеаризованных зависимостей.



Применима ли формула (1)?

1.5 Численные значения параметра a и его погрешность
Метод расчета (формулы)

Результаты
для одной линейки

$$a_1 =$$

для сдвоенной линейки

$$a_2 =$$

Наглядный смысл параметра a :

1.6 При каких значениях диаметра цилиндра, горизонтальное положение линейки будет устойчивым?

Часть 2. Зависимость периода колебаний от положения грузов.

2.1 Зависимость периода колебаний линейки от положения магнитов x .

Таблица 4. Результаты измерений

x , см	Время 5 колебаний					период T , с		
	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	t_5 , с			

График полученной зависимости.



2.2 Вид зависимости $A(x)$ и ее теоретическое обоснование.

2.3 Линеаризованный график зависимости периода колебаний от положения магнитов x .



Выводы о правильности предложенной зависимости $A(x)$.

Экспериментальное задание 2. Преломление света

Часть 1. Показатель преломления и дисперсия стекла.

1.1 Таблица 1 результатов измерений и график зависимости.

α°	β°



1.2 Как увеличена точность измерения углов:

Значения углов

$$\alpha_{\min} =$$

$$\beta_{\min} =$$

1.3 – 1.4 Рисунок и вывод формул для расчета показателя преломления

Значения показателя преломления:

По углу α_{\min} :

$$n =$$

по углу β_{\min}

$$n =$$

1.5 Оптическая схема для получения параллельного пучка света

1.6 Оптическая схема для получения спектра на экране

1.7 Измерение пределов измерения показателя преломления
Результаты измерений, расчетные формулы, численные значения

1.8 Дисперсия показателя преломления стекла

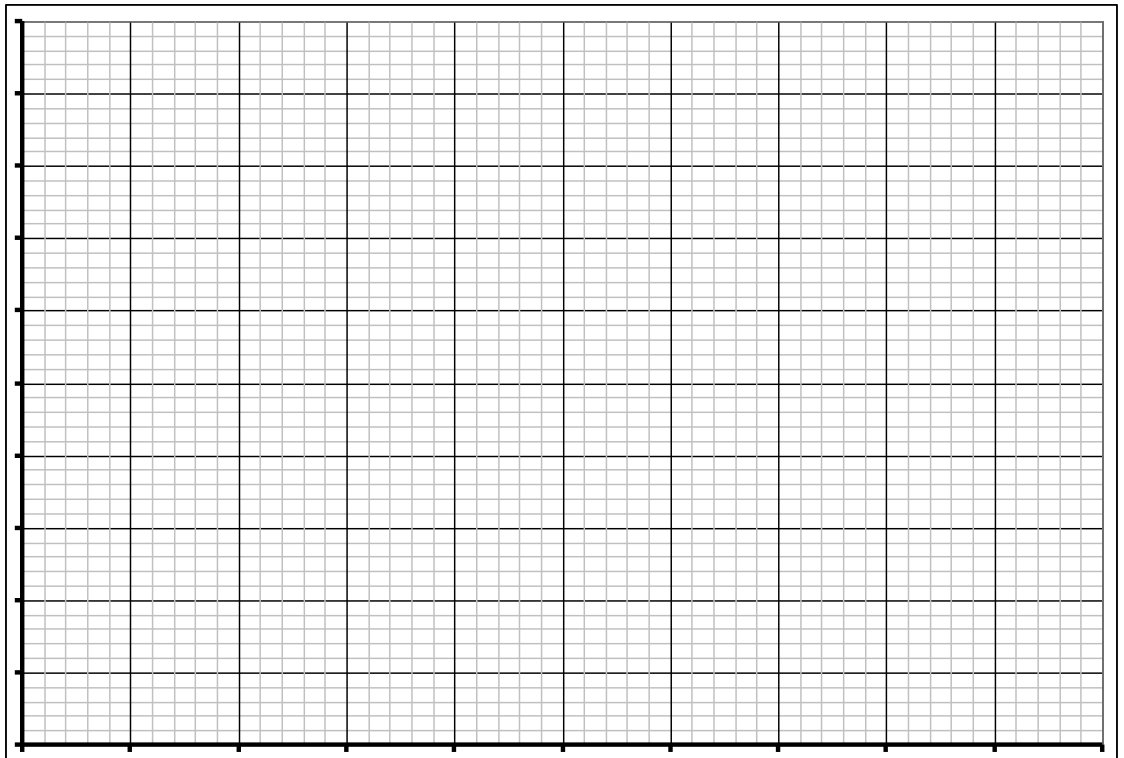
$D =$

Часть 2. Преломление в жидкости и... радуга.

2.1 Рисунок с измеряемыми величинами, расчетные формулы

Таблица 2. Результаты измерений и расчетов

2.2 График зависимости.



2.3 Выполняется ли закон преломления света (обоснование)

2.4 Показатель преломления жидкости (метод расчета, численное значение)

$n =$

2.5 формулы для расчета углов (рисунок, краткий вывод формул)

$\beta =$

$\theta_1 =$

$\theta_2 =$

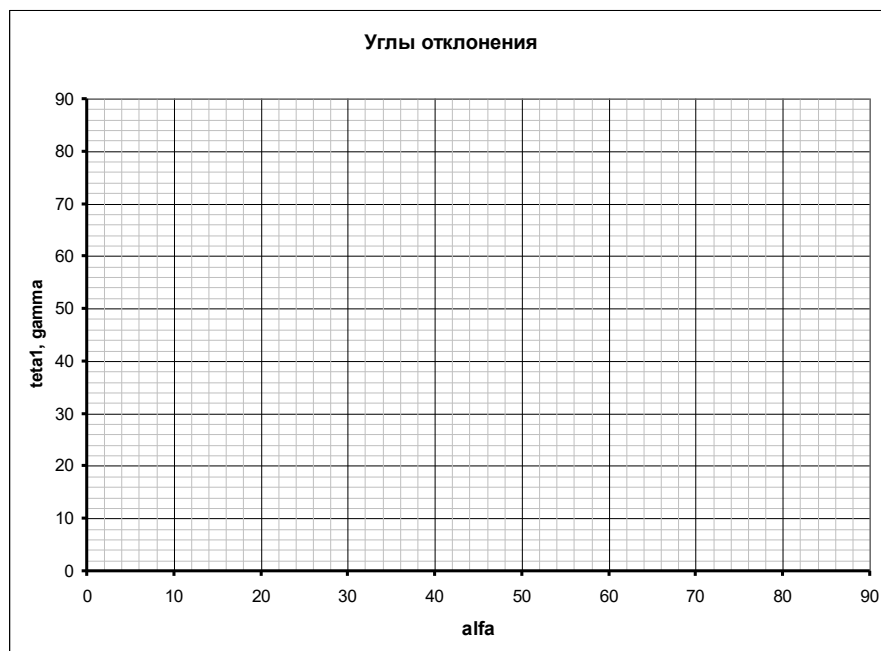
$\gamma =$

2.6 Результаты расчетов углов.

Таблица 3.

α°	β°	θ_1°	θ_2°	γ°
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				

2.7 Графики зависимостей



2.8 Объяснение наличия радуги и ее отсутствия

2.9 Схема наблюдения радуги, методы измерения

2.10 Угловые размеры радуги

$$\psi =$$

$$\Delta\psi =$$

Фотографии к заданию 11-2. Преломление света

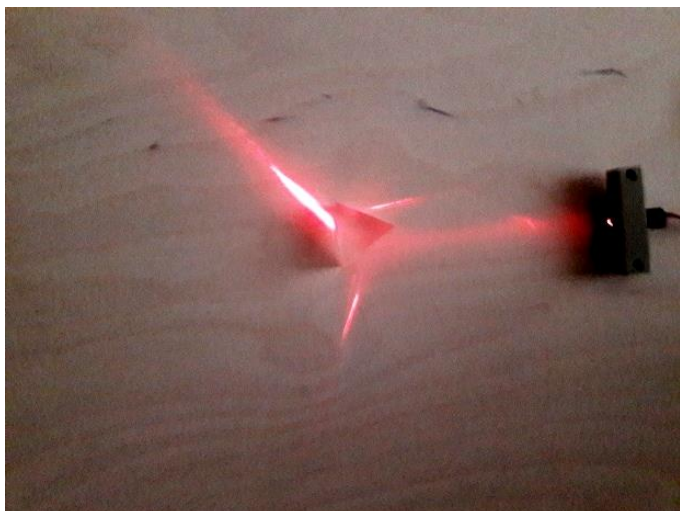


Фото 1.

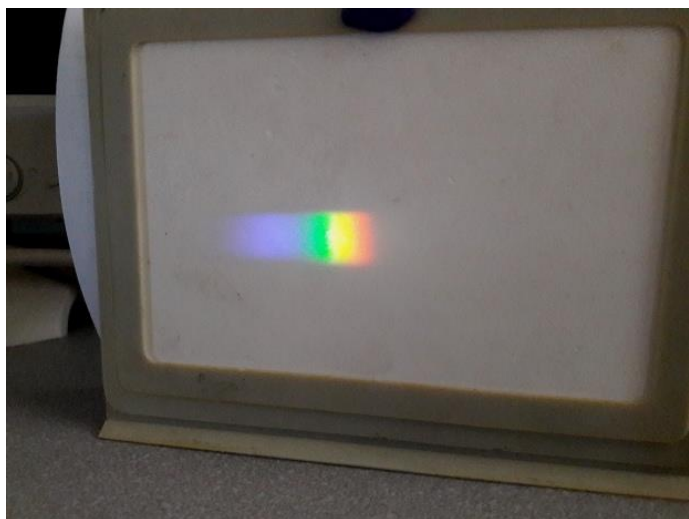


Фото 2.



Фото 3.