

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ
И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ**

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

**ПРАКТИЧЕСКИЕ (ЛАБОРАТОРНЫЕ) РАБОТЫ
ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА»**

**ОСНОВНОЕ ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ
СРЕДНЕЕ ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

Москва

2024

УДК 372.853
ББК 74.262.23
С77

Авторский коллектив:

Ю.В. Старокуров, ассистент кафедры общей физики физического факультета ФГБОУ ВО «МГУ имени М. В. Ломоносова»

А.А. Якута, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения»

Н.Г. Жданова, кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры общей физики физического факультета ФГБОУ ВО «МГУ имени М. В. Ломоносова»

Под редакцией:

Л.И. Паршутинной

Рецензент:

Л.А. Паршутина, кандидат педагогических наук, заведующая лабораторией естественно-научного образования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения»

С77

Практические (лабораторные) работы по учебному предмету «Физика». Основное общее образование. Среднее общее образование: учебное пособие / Ю.В. Старокуров, А.А. Якута, Н.Г. Жданова; под ред. Л.А. Паршутинной – М.: ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», 2024. – 28 с.: ил.

ISBN 978-5-6053413-8-3

В предлагаемом учебном пособии представлены примеры описаний практических (лабораторных) работ, предназначенных для развития исследовательских умений обучающихся в рамках учебного предмета «Физика» на уровнях основного общего образования и среднего общего образования (углубленный уровень). Описание каждой работы содержит постановку проблемного вопроса, перечень необходимого оборудования, формулировку целей и задач эксперимента, инструкцию по его проведению, вопросы для обсуждения и анализа результатов осуществленных исследований.

Материалы предназначены учителям физики образовательных организаций, реализующих образовательные программы основного общего и среднего общего образования.

Учебное пособие разработано в рамках государственного задания ФГБНУ «Институт стратегии развития образования» на 2024 год «Обновление содержания общего образования».

УДК 372.853

ББК 74.262.23

ISBN 978-5-6053413-8-3

© ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения», 2024

Все права защищены

Содержание

Практическая работа № 1 «Измерение средней скорости остывания жидкости в процессах теплопередачи и испарения» в рамках изучения темы «Тепловые процессы» в курсе «ФИЗИКА» в 8 классе	4
Практическая работа № 2 «Изучение силы Архимеда. Гидростатическое взвешивание» в рамках изучения темы «Взаимодействие тел» в курсе «ФИЗИКА» в 9 классе	10
Практическая работа № 3 «Изучение колебаний математического маятника» в рамках изучения темы «Механические и электромагнитные колебания» в курсе «ФИЗИКА» в 11 классе.....	16
Практическая работа № 4 «Исследование свойств изображений, формируемых тонкими линзами» в рамках изучения темы «Оптика» в курсе «ФИЗИКА» в 11 классе	21

Практическая работа № 1
«Измерение средней скорости остывания жидкости в процессах теплопередачи и испарения» в рамках изучения темы «Тепловые процессы» в курсе «ФИЗИКА» в 8 классе

Эксперимент поможет обучающимся понять, от чего зависит скорость остывания жидкости.

Проблемная ситуация. Известно, что чай, налитый в одну и ту же кружку, быстрее остывает на морозе, чем в комнате.

Описание ситуации. Если утром приготовить чай и налить его в термос, то дома чай остывает очень медленно, а вечером он еще будет теплым. Если же термос взять с собой на прогулку зимой, то чай может остыть в том же термосе всего за 4 часа.

Проблемный вопрос. Какие параметры влияют на скорость остывания жидкости? Как эти сведения можно использовать на практике?

Вопросы для исследования.

1. Каковы причины остывания нагретых тел?
2. Кружка с горячей водой стоит на лавочке на улице, на морозе. За счет каких процессов уменьшается внутренняя энергия жидкости?
3. Чай дольше остывает в термокружке по сравнению с обычной металлической кружкой. Почему?
4. Чай дольше остывает в закрытой емкости, чем в открытой. Почему?

Перечень необходимого оборудования, материалов. Кружка (или иная емкость, выдерживающая высокую температуру) с крышкой (если нет крышки, то крышку можно сделать из фольги), термокружка (или термос, либо другая емкость с крышкой, теплопроводность стенок которой ниже, чем у первой емкости), два термометра (жидкостные или электронные), горячая вода, часы, холодильник с морозильной камерой, весы (или мензурка для того, чтобы наливать в емкости примерно одинаковое количество воды).

Теплообмен – физический процесс передачи количества теплоты от более нагретого тела к менее нагретому либо непосредственно (при контакте),

либо через тело-посредник. Когда контактирующие физические тела находятся при разной температуре, то происходит передача количества теплоты, или теплопередача, от одного тела ко второму до наступления состояния термодинамического равновесия. Самопроизвольная передача количества теплоты всегда происходит от более нагретого тела к менее нагретому.

Теплопроводность – способность материальных тел передавать количество теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым частям тела. Теплопроводность осуществляется в результате хаотического движения частиц тела (атомов, молекул, электронов и т. п.). В твердых телах она происходит без макроскопического переноса частиц вещества.

В простейшем случае закономерности теплопроводности описываются законом Ньютона–Рихмана: при теплопроводности количество теплоты, переносимое в единицу времени через единицу площади контакта тел, пропорционально разнице температур тел.

Конвекция – это процесс переноса количества теплоты из одного объема в другой за счет упорядоченного движения жидкостей и газов. По своей сути, это процесс, при котором количество теплоты передается в результате перемешивания слоев жидкости (газа).

Испарение – процесс фазового перехода вещества из жидкого состояния в газообразное, происходящий на свободной поверхности жидкости. При испарении с поверхности жидкости вылетают (отрываются от нее) частицы (молекулы, атомы); при этом их кинетическая энергия должна быть достаточной для совершения работы, необходимой для преодоления сил притяжения со стороны других молекул жидкости. Во время испарения, количество теплоты отбирается от испаряемой жидкости, что приводит к ее охлаждению, т.е. снижению температуры.

Под средней скоростью остывания в данной работе мы будем понимать быстроту изменения температуры нагретого тела (жидкости внутри емкости) с течением времени.

Вид эксперимента: ученический (домашний).

Форма организации учебной деятельности: индивидуальная.

Описание проведения эксперимента

Цель эксперимента. Исследовать, от чего зависит скорость остывания жидкости в емкости; провести самостоятельные измерения температуры.

Задача эксперимента. Определить средние скорости остывания жидкости в зависимости от условий остывания (от разности температуры окружающей среды и температуры жидкости), исследовать влияние интенсивности испарения на скорость остывания жидкости.

Ход эксперимента:

1. Исследование зависимости средней скорости остывания жидкости от разности температур окружающей среды и температуры жидкости.

- Приготовьте емкость для горячей воды.
- Нагрейте воду до температуры $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ или выше.
- Налейте горячую воду в емкость и сразу измерьте первым термометром температуру жидкости. Закройте емкость крышкой.
- Измерьте вторым термометром температуру помещения.
- Сделайте несколько повторных измерений температуры жидкости с интервалами в 5 минут; проводите измерения до тех пор, пока изменение температуры жидкости за очередные 5 минут станет незначительным ($1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Определите среднюю скорость остывания жидкости в этих условиях.
- Проведите аналогичный эксперимент для остывания воды в закрытой емкости, поместив емкость в холодильник.
- Определите среднюю скорость остывания жидкости в этих условиях.
- Проведите аналогичный эксперимент для остывания воды в закрытой емкости, поместив емкость в морозильную камеру холодильника.
- Определите среднюю скорость остывания жидкости в этих условиях.

- На основании сравнения результатов измерений сделайте вывод о зависимости средней скорости остывания жидкости от разницы температур жидкости и окружающей среды.

2. Исследование зависимости средней скорости остывания жидкости от интенсивности испарения.

- Приготовьте емкость для горячей воды.
- Нагрейте воду до температуры 70°C или выше.
- Налейте горячую воду в емкость и сразу измерьте первым термометром температуру жидкости.
- Измерьте вторым термометром температуру помещения.
- Сделайте несколько повторных измерений температуры жидкости с интервалами 5 минут; проводите измерения до тех пор, пока изменение температуры жидкости за очередные 5 минут станет незначительным ($1\text{--}2^{\circ}\text{C}$).
- Определите среднюю скорость остывания жидкости в этих условиях.
- Сравните среднюю скорость остывания жидкости с результатами, полученными в аналогичном эксперименте с закрытой емкостью.
- На основании сравнения результатов измерений сделайте вывод о зависимости средней скорости остывания жидкости от интенсивности испарения жидкости.

3. Исследование зависимости средней скорости остывания жидкости от теплопроводности стенок емкости.

- Приготовьте вторую емкость (с более толстыми стенками) для горячей воды.
- Нагрейте воду до температуры 70°C или выше.
- Налейте горячую воду в емкость и сразу измерьте первым термометром температуру жидкости. Закройте емкость крышкой.
- Измерьте температуру помещения вторым термометром.

- Сделайте несколько повторных измерений температуры жидкости с интервалами в 10 минут; проводите измерения до тех пор, пока изменение температуры жидкости за очередные 10 минут станет незначительным (1–2°C).
- Определите среднюю скорость остывания жидкости в этих условиях.
- Сравните среднюю скорость остывания жидкости с результатами, полученными в аналогичном эксперименте с первой емкостью.
- На основании сравнения результатов измерений сделайте вывод о зависимости средней скорости остывания жидкости от материала стенок емкостей.

Перечень вопросов к обсуждению результатов эксперимента

- В чем заключается корректная процедура измерения температуры?
- Как изменяется средняя скорость остывания жидкости, если емкость накрыть крышкой? Почему?
- Как изменится средняя скорость остывания жидкости, если температура окружающей среды понизится? Почему?
- Как изменяется средняя скорость остывания жидкости при приближении температуры жидкости к температуре окружающей среды?
- Как будет меняться температура жидкости, если температура окружающей среды будет выше температуры жидкости?

Ожидаемые результаты эксперимента

В первом эксперименте жидкость будет остывать медленнее всего в комнате, а быстрее всего в морозильной камере холодильника.

Во втором эксперименте жидкость будет остывать быстрее из-за увеличения интенсивности испарения.

В третьем эксперименте жидкость будет остывать медленнее, если теплопроводность стенок ниже (и быстрее в противном случае).

Обсуждение и анализ результатов

После проведения эксперимента обучающиеся могут обсудить результаты и проанализировать факторы, которые влияют на среднюю скорость остывания жидкости. По итогам обсуждения обучающиеся должны быть способны сформулировать и обосновать рекомендации по замедлению остывания жидкости, а также уметь объяснять устройство термоса.

Практическая работа № 2

«Изучение силы Архимеда. Гидростатическое взвешивание» в рамках изучения темы «Взаимодействие тел» в курсе «ФИЗИКА» в 9 классе

Эксперимент поможет обучающимся понять, от чего зависит величина выталкивающей силы, действующей на объекты, частично или полностью погруженные в жидкость, а также познакомит обучающихся с важным методом определения средней плотности тела – методом гидростатического взвешивания.

Проблемная ситуация. Во время летних каникул школьник заметил, что при купании в море держаться на воде проще, чем при плавании в пресной воде. Почему так происходит?

Моделирование ситуации. В лаборатории школьникам предлагается провести серию экспериментов, чтобы проверить, какие параметры влияют на величину выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость. В процессе экспериментов школьники знакомятся с методом гидростатического взвешивания для определения средней плотности тела.

Проблемный вопрос. Какие параметры влияют на величину выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость? Как эти сведения можно использовать на практике?

Вопросы для исследования

1. Каковы причины появления выталкивающей силы, действующей на тела, частично или полностью погруженные в жидкость?
2. При каком условии тела в жидкости не тонут?
3. При каком условии тела в жидкости тонут?
4. От чего зависит величина выталкивающей силы, действующей на тела, частично или полностью погруженные в жидкость?
5. Какая формула позволяет вычислить модуль выталкивающей силы, действующей на тела, частично или полностью погруженные в жидкость? Как выводится эта формула?

6. Чем морская вода по составу отличается от пресной? Как это отличие влияет на плотность воды?

Перечень необходимого оборудования, материалов: нить, пальчиковая батарейка (или аналогичный предмет со средней плотностью, лежащей в пределах $2\text{--}4\text{г/см}^3$), штатив, вода, два стакана, соль (морская или поваренная), электронные весы, цилиндр, линейка, лапка для крепления цилиндра и лапка для крепления линейки, салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

Выталкивающая сила является суммой сил гидростатического давления, действующих на тело, покоящееся в жидкости. Можно показать, что модуль этой силы равен $F = \rho V g$, где ρ – плотность жидкости, V – объем, погруженной в жидкость части тела, g – модуль ускорения свободного падения.

Для проведения работы обучающимся необходимо уметь вычислять объем цилиндра. Следует сообщить им, что объем V цилиндра может быть найден при помощи формулы $V = \pi R^2 h$, где $\pi \approx 3,14$, R – радиус основания цилиндра, h – высота цилиндра.

Вид эксперимента: ученический.

Форма организации учебной деятельности: парная или индивидуальная.

Описание проведения эксперимента.

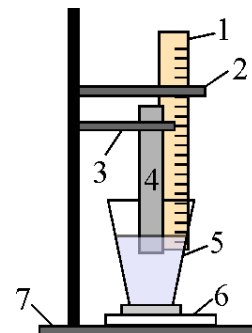
Цель эксперимента: исследовать, как зависит модуль выталкивающей силы, действующей на тело, частично погруженное в жидкость, от плотности жидкости и от объема погруженной в жидкость части тела; познакомиться с методом гидростатического взвешивания.

Задачи эксперимента: найти опытным путем зависимость модуля выталкивающей силы от величины объема погруженной в жидкость части тела; сравнить плотности соленой и пресной воды.

Ход эксперимента

1. Исследование зависимости величины выталкивающей силы от объема части тела, погруженной в жидкость.

— Соберите экспериментальную установку, схема которой представлена на рисунке (1 – линейка для измерения положений верхнего края цилиндра и уровня жидкости; 2 и 3 – лапки штатива; 4 – цилиндр; 5 – стакан с жидкостью; 6 – электронные весы; 7 – штатив).



— Измерьте длину цилиндра.

— Произведите тарирование («выставление на ноль») весов.

— Определите по линейке координату уровня жидкости и координату верхнего края цилиндра, закрепленного в лапке штатива.

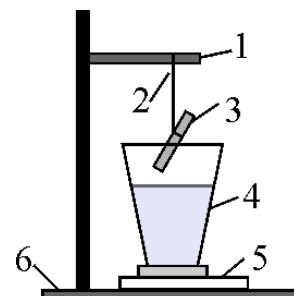
— Постепенно опуская цилиндр в воду, наблюдайте за изменением показаний весов (цилиндр не должен касаться во время эксперимента стенок или дна стакана). Для каждого положения цилиндра определите объем его погруженной части и величину выталкивающей силы.

— Сделайте вывод о характере зависимости величины выталкивающей силы от величины объема погруженной в жидкость части тела.

2. Определение средней плотности батарейки методом гидростатического взвешивания.

— С помощью весов измерьте массу батарейки $m_{\text{бат}}$.

— Соберите экспериментальную установку, схема которой представлена на рисунке (1 – лапка штатива для подвешивания нити; 2 – нить; 3 – батарейка, подвешенная на нити; 4 – стакан с жидкостью; 5 – весы, 6 – штатив).



— Произведите тарирование («выставление на ноль») весов.

- Погрузите батарейку на нити в стакан с пресной водой (батарейка не должна касаться стенок и дна стакана).
- Запишите показания весов $m_{\text{воды}}$.
- Считая известной плотность пресной воды $\rho_{\text{воды}} = 1 \text{ г/см}^3$ по полученным данным определите среднюю плотность батарейки $\rho_{\text{бат}}$.

На батарейку, подвешенную на нити и полностью погруженную в жидкость, действуют вдоль вертикали три силы, сумма которых равна нулю: сила натяжения со стороны нити, сила тяжести и сила со стороны жидкости (выталкивающая сила). По третьему закону Ньютона батарейка действует вниз на воду с силой, равной по модулю выталкивающей силе. Следовательно, если сначала тарировать весы, а потом опустить батарейку, то весы покажут изменение силы, действующей на их чашу, выраженную в граммах. Другими словами, показания весов будут численно соответствовать массе вытесненной воды $m_{\text{воды}}$ в граммах (или с учетом того, что плотность воды равна $\rho_{\text{воды}} = 1 \text{ г/см}^3$, объему батарейки в кубических сантиметрах). Значит, для определения средней плотности батарейки $\rho_{\text{бат}}$ мы можем воспользоваться выражением:

$$\rho_{\text{бат}} = \rho_{\text{воды}} \frac{m_{\text{бат}}}{m_{\text{воды}}}$$

3. Сравнение плотностей соленой и пресной воды.

- Извлеките батарейку из воды, с помощью салфеток удалите с батарейки водяные капли.
- Замените стакан с пресной водой на стакан с сильно соленой водой.
- Вновь произведите тарирование весов.
- Погрузите батарейку на нити в стакан с соленой водой (батарейка не должна касаться стенок и дна стакана).
- Запишите показания весов $m_{\text{сол}}$.

— По полученным данным определите, во сколько раз плотность соленой воды $\rho_{\text{сол}}$ отличается от плотности пресной воды $\rho_{\text{воды}}$.

Как было отмечено выше, показания весов равны массе вытесненной жидкости. Объем этой жидкости в экспериментах с пресной и соленой водой одинаковый – это объем батарейки $V_{\text{бат}}$. Следовательно, отношение плотности соленой воды $\rho_{\text{сол}}$ к плотности пресной воды $\rho_{\text{воды}}$ можно найти с использованием выражения:

$$\frac{m_{\text{сол}}}{m_{\text{воды}}} = \frac{\rho_{\text{сол}} \cdot V_{\text{бат}}}{\rho_{\text{воды}} \cdot V_{\text{бат}}} = \frac{\rho_{\text{сол}}}{\rho_{\text{воды}}}.$$

— Сравните величину выталкивающей силы, действующей на батарейку, в пресной и в соленой воде.

— С учетом результатов проведенных экспериментов, объясните, почему при плавании в водоеме на поверхности морской воды держаться проще, чем на поверхности пресной.

Перечень вопросов к обсуждению результатов эксперимента.

— Как изменяются показания весов при погружении цилиндра в жидкость? Почему?

— Что показывают весы при погружении цилиндра в воду?

— Почему показания весов при проведении эксперимента с пресной водой будут отличаться от показаний весов при проведении эксперимента с соленой водой? В каком эксперименте показания весов будут больше при одинаковой величине погружения цилиндра?

Ожидаемые результаты эксперимента

Во всех экспериментах весы будут показывать массу воды, вытесненной погруженной частью цилиндра.

При погружении цилиндра в воду показания весов будут линейно зависеть от координаты верхнего края цилиндра, т.к. модуль выталкивающей силы пропорционален весу вытесненной жидкости (объему погруженной части тела).

При погружении батарейки в стакан с пресной водой весы будут показывать массу вытесненной пресной воды. Отношение массы батарейки $m_{\text{бат}}$ к массе воды $m_{\text{воды}}$ равно отношению средней плотности батарейки к плотности воды (вывод этого соотношения приведен выше).

При погружении батарейки в стакан с соленой водой весы будут показывать массу вытесненной соленой воды. Поскольку плотность соленой воды больше плотности пресной воды, в эксперименте с соленой водой масса вытесненной жидкости будет выше по сравнению со случаем, когда в стакан налита пресная вода. Отношение массы вытесненной соленой воды к массе вытесненной пресной воды равно отношению плотности соленой воды к плотности пресной воды (вывод этого соотношения приведен выше).

Обсуждение и анализ результатов

После проведения эксперимента обучающиеся могут обсудить результаты и проанализировать зависимость величины выталкивающей силы от объема погруженной в жидкость части тела и от плотности жидкости. После обсуждения они должны уметь объяснять, как с помощью метода гидростатического взвешивания можно определить среднюю плотность тела, а также давать правильный ответ на вопрос, почему держаться на поверхности соленой воды проще, чем на поверхности пресной.

Практическая работа № 3
«Изучение колебаний математического маятника» в рамках изучения
темы «Механические и электромагнитные колебания» в курсе
«ФИЗИКА» в 11 классе

Эксперимент поможет обучающимся понять, какие параметры математического маятника влияют на частоту его колебаний и как механические колебания могут использоваться в технических устройствах.

Проблемная ситуация. Известно, что иногда механические часы с маятником начинают спешить или отставать. В некоторых случаях, чтобы скорректировать ход часов, производят настройку маятника.

Моделирование ситуации. В лаборатории школьникам предлагается провести серию экспериментов, чтобы проверить, какие параметры математического маятника влияют на период его колебаний. В частности, необходимо определить, как длина маятника влияет темп хода часов.

Проблемный вопрос. Какие параметры математического маятника влияют на период его колебаний?

Вопросы для исследования

1. Как устроен механизм часов с маятником?
2. Как можно математически описать закон движения колеблющегося математического маятника?
3. Как зависит период колебаний математического маятника от его длины?
4. Как зависит период колебаний математического маятника от массы его тела?

Перечень необходимого оборудования, материалов. Нить, три небольших груза разной массы и примерно одинаковых размеров, штатив, лапка, зажим для фиксации нити, секундомер, транспортир, линейка.

В механизме маятниковых часов подача энергии в колебательную систему регулируется качающимся маятником. При каждом его колебании

немного поворачивается шестерня, на ось которой намотана поддерживающая гирю нить.

Угол поворота шестерни регулируется соединенным с маятником анкером – качающейся изогнутой конструкцией, зубцы которой периодически зацепляются за зубцы шестерни, позволяя ей поворачиваться лишь на небольшой фиксированный угол. При каждом попадании зубца анкера между зубцами шестерни она останавливается, а анкер (вместе с маятником) получает толчок, что и позволяет поддерживать незатухающие колебания.

Вид эксперимента: ученический.

Форма организации учебной деятельности: парная или индивидуальная.

Описание проведения эксперимента.

Цель эксперимента. Исследовать влияние массы тела математического маятника и длины его нити на период колебаний; сформулировать способы изменения периода колебаний математического маятника.

Задача эксперимента. Выяснить, как изменение массы тела маятника и длины нити влияют на период его колебаний.

Ход эксперимента:

1. Исследование влияния длины нити математического маятника на период его колебаний:

- Измерьте массу тела маятника.
- Соберите экспериментальную установку: к одному концу нити длиной 50–75 см прикрепите один из грузов, закрепите свободный конец нити в лапке штатива.
- Измерьте расстояние от точки подвеса маятника до тела маятника и запишите полученный результат с учетом погрешности измерения.
- Отклоните маятник на небольшой угол (10–15 градусов, для оценки величины угла можно использовать транспортир) и отпустите маятник



без начальной скорости. В момент отпускания нить не должна провисать. Измерьте продолжительность 10–15 колебаний. Затем повторите этот эксперимент для большого начального угла отклонения (40–50 градусов). Сравните полученные значения периодов колебаний. Зависит ли период колебаний математического маятника от начального угла его отклонения?

- Измерьте продолжительность 5–10 периодов колебаний математического маятника при небольшом начальном угле его отклонения и запишите полученный результат с учетом погрешности измерения. Повторите измерения еще два раза.
- Уменьшите длину нити математического маятника примерно на 2–3 см и проведите измерения, как в предыдущем пункте.
- Продолжайте уменьшать длину нити математического маятника до примерно 20–30 см и измерять продолжительность 5–10 колебаний по три раза для каждого значения длины маятника.
- По полученным данным определите период колебаний математического маятника и оцените погрешности измерений.
- Постройте график зависимости квадратного корня из периода колебаний от длины нити математического маятника (\sqrt{T} от l). Какой функцией описывается полученная зависимость?
- Определите параметры этой зависимости и проинтерпретируйте их.
- Сделайте вывод о зависимости периода колебаний математического маятника от длины его нити.

2. Исследование влияния массы тела математического маятника на период его колебаний:

- На основании результатов первого эксперимента выберите длину математического маятника, которая позволит определить влияние массы тела маятника на период его колебаний с максимальной точностью.

- Для каждого грузика измерьте продолжительность 5–10 периодов колебаний математического маятника выбранной длины и запишите полученный результат с учетом погрешности измерения. Повторите измерения еще два раза.
- По полученным данным определите период колебаний математического маятника и оцените погрешности измерений.
- Сравните полученные значения друг с другом.
- Сделайте вывод о зависимости или о независимости периода колебаний математического маятника от массы его тела.

3. На основании полученных данных сформулируйте способы изменения периода колебаний математического маятника.

Перечень вопросов к обсуждению результатов эксперимента.

- Почему для более точного определения периода колебаний математического маятника необходимо проводить измерение продолжительности нескольких колебаний, а не одного колебания?
- Какие факторы определяют погрешность при измерении времени?
- Как выбрать длину маятника, чтобы наиболее точно исследовать зависимость периода колебаний от массы тела маятника?
- Как влияет величина начального отклонения маятника на период его колебаний?
- Почему при исследовании маятника удобно строить график зависимости \sqrt{T} от l ?
- Можно ли утверждать, что период колебаний математического маятника зависит от массы его тела?
- Как величина начального отклонения маятника влияет на характер его колебаний?

Ожидаемые результаты эксперимента

При отклонении маятника на достаточно большой угол может наблюдаться достаточно быстрое уменьшение амплитуды колебаний маятника из-за действия силы сопротивления воздуха. Кроме того, период колебаний маятника может зависеть от угла отклонения маятника.

Зависимость квадратного корня из периода колебаний математического маятника от длины маятника должна быть линейной, если длина превышает размеры груза примерно в 10 раз и более. Пересечение графика линейной аппроксимации этой зависимости с осью абсцисс дает возможность оценить положение центра масс груза. Угол наклона графика позволяет найти модуль ускорения свободного падения.

Период колебаний математического маятника не зависит от массы тела маятника (при условии, что все грузы примерно одинаковых размеров и вследствие этого сила трения о воздух оказывает на маятники одинаковое влияние; кроме того, ею можно пренебречь по сравнению с силой тяжести, действующей на грузы).

Обсуждение и анализ результатов

После проведения эксперимента обучающиеся могут обсудить результаты и проанализировать влияние длины нити и массы тела математического маятника, а также величины начального отклонения маятника на период его колебаний. На основании обсуждения обучающиеся должны предложить способ корректировки точки подвеса маятника в часах, чтобы ход часов ускорился (или замедлился). Также обучающиеся могут обсудить источники погрешностей измерений и использование метода рядов для повышения точности измерений.

Практическая работа № 4
«Исследование свойств изображений, формируемых тонкими линзами»
в рамках изучения темы «Оптика» в курсе «ФИЗИКА» в 11 классе

Эксперимент поможет обучающимся понять, как формируются изображения источников света с помощью разных типов линз, научиться применять формулу тонкой линзы для определения типов линз и их характеристик (фокусного расстояния и оптической силы).

Проблемная ситуация. При нарушениях зрения врачи рекомендуют людям использовать очки. В одних случаях в рецепте указывается положительная характеристика линз, измеряемая в диоптриях, а в других – отрицательная.

Моделирование ситуации. В лаборатории школьникам предлагается провести серию экспериментов с различными линзами, чтобы определить их оптическую силу и сравнить действия собирающей и рассеивающей линз.

Проблемный вопрос. От чего зависит знак характеристики линз, указываемый в рецептах, и каким образом очки корректируют зрение?

Вопросы для исследования

1. Что называют тонкой линзой?
2. Какие линзы называются рассеивающими, а какие – собирающими?
3. Что такое фокусное расстояние линзы?
4. Что такое оптическая сила линзы?
5. Запишите формулу тонкой линзы и поясните все входящие в нее величины.
6. В каком случае рассеивающая линза может давать действительное изображение?
7. Что такое мнимый источник света и как его реализовать на практике?
8. Как устроен глаз человека?
9. Что такое дальнозоркость и близорукость?
10. Какие линзы корректируют зрение при дальнозоркости, а какие – при близорукости?

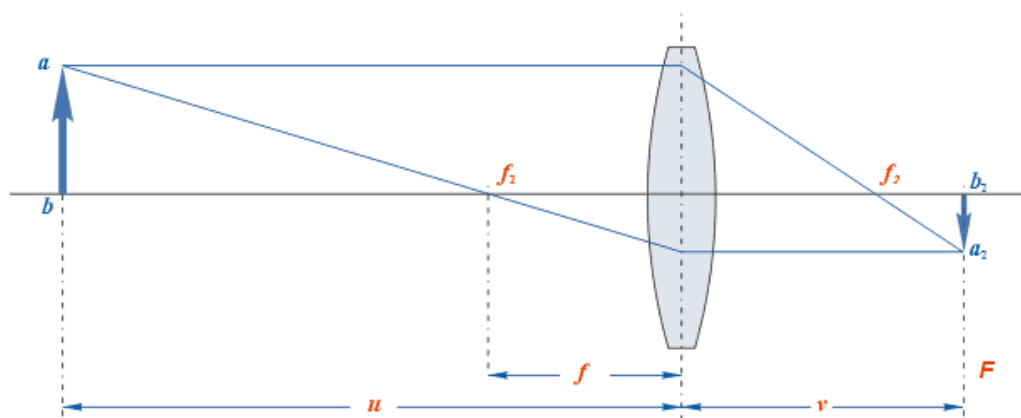
Перечень необходимого оборудования, материалов. Тонкие линзы (две собирающие и одна рассеивающая) – они должны быть пронумерованы, но тип линз не указан, источник света и слайд с изображением (или любой светящийся объект, действительное изображение которого можно получить с помощью собирающей линзы – в дальнейшем будем называть его предметом), экран, оптическая скамья – все ранее перечисленные объекты должны надежно устанавливаться на нее с помощью держателей, линейка для определения координат объектов на оптической скамье.

Для упрощения практической работы линзы можно промаркировать и указать их фокусные расстояния. В этом случае эксперимент по определению фокусного расстояния для каждой линзы можно не выполнять.

Линза – предмет из прозрачного однородного материала, имеющий две преломляющие гладкие поверхности, например, обе сферические или же одну плоскую, а другую – сферическую.

В зависимости от характера преломления света (что определяется формой поверхностей линзы и соотношением между показателем преломления материала линзы и окружающей ее среды) различают собирающие и рассеивающие линзы. Если на линзу падает пучок света, параллельный ее оптической оси, то после прохождения собирающей линзы он соберется (сфокусируется) вблизи некоторой точки, а в случае рассеивающей линзы световой пучок будет расходящимся – нам будет казаться, что он выходит из некоторой точки, расположенной перед линзой. К собирающим линзам обычно относят линзы, у которых середина толще их краев, а к рассеивающим – линзы, края которых толще середины. Однако это верно только если показатель преломления материала линзы больше, чем у окружающей среды. Если показатель преломления линзы меньше, ситуация будет обратной.

Линзы характеризуются, как правило, своей оптической силой (измеряется в диоптриях), и фокусным расстоянием.



Преломляющие свойства линз малой толщины (по сравнению с радиусами кривизны ограничивающих линзу поверхностей) описываются уравнением тонкой линзы $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{F}$ (опубликовано в 1674 г. Исааком Барроу).

Светопреломляющий аппарат глаза формирует на сетчатке уменьшенное и перевернутое изображение внешнего мира. В рамках простейшей модели глаз можно рассмотреть, как совокупность следующих элементов: входной диафрагмы (зрачок), собирающей линзы с переменным фокусным расстоянием (хрусталик) и экрана, на котором формируется изображение (сетчатка). То, что мы ощущаем мир не перевернутым, а таким, какой он есть на самом деле, связано с обработкой изображения мозгом.

Близорукость, или миопия – дефект зрения, при котором человек вблизи видит хорошо, а вдаль – плохо. Дальнозоркость, или гиперметропия – дефект зрения, при котором лучше видно расположенные вдаль объекты, а близко расположенные объекты видно плохо.

Вид эксперимента: ученический.

Форма организации учебной деятельности: парная или индивидуальная.

Описание проведения эксперимента.

Цель эксперимента. Определить фокусное расстояние собирающих линз и рассеивающей линзы; исследовать, как меняется положение изображения предмета, если между собирающей линзой (около нее) и предметом поставить собирающую или рассеивающую линзу (моделирование

корректировки зрения очками); сформулировать вывод о необходимом типе линз для случая близорукости и дальнозоркости.

Задача эксперимента. Выяснить, как разные типы линз корректируют положение изображения, полученного с помощью собирающей линзы.

Ход эксперимента.

1. Определение типов линз.

- Считая, что потолочные светильники (или окно в классе) удалены «на бесконечность», попытайтесь получить с помощью каждой из линз изображение светящегося объекта на поверхности стола (или стены).
- Если изображение удастся получить, измерьте примерное расстояние от линзы до изображения – это будет примерное значение фокусного расстояния *собирающей* линзы.
- Запишите номера собирающих линз и их примерные фокусные расстояния.
- Для рассеивающей линзы получить изображение не удастся, поэтому необходимо записать в тетрадь лишь номер этой линзы.

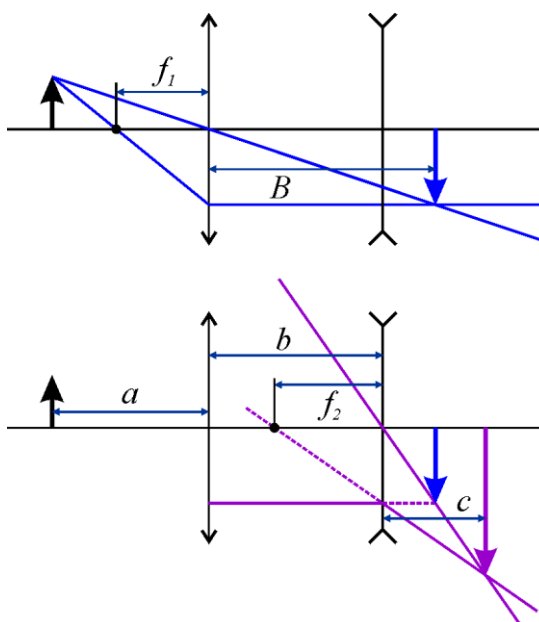
2. Определение фокусного расстояния и оптической силы для собирающих тонких линз.

- Используя оптическую скамью, соберите экспериментальную установку: расположите предмет (источник света и слайд или светящийся объект), линзу и экран в необходимой последовательности. Добейтесь четкого изображения предмета на экране.
- Определите расстояния: a – от линзы до источника, b – от линзы до изображения. Запишите их в тетрадь.
- По полученным данным с помощью формулы тонкой линзы определите фокусное расстояние линзы и ее оптическую силу.
- Повторите измерения 2 раза, оцените погрешность фокусного расстояния и оптической силы линзы.
- Уберите линзу с оптической скамьи.

- Проведите опыт со второй собирающей линзой.

3. Определение фокусного расстояния и оптической силы для рассеивающей тонкой линзы.

- Так как рассеивающая линза не позволяет получить действительное изображение действительного источника, то для определения ее фокусного расстояния нужна дополнительная собирающая линза.
- Для определения фокусного расстояния рассеивающей линзы поставьте на скамью одну из собирающих линз и получите на экране четкое изображение предмета. Затем между собирающей линзой и экраном поставьте рассеивающую линзу. Двигая экран, получите четкое изображение предмета.
- Определите расстояния: a – от собирающей линзы до источника, b – от собирающей линзы до рассеивающей линзы, c – от рассеивающей линзы до экрана. По измеренным расстояниям с помощью формулы тонкой линзы получите значение фокусного расстояния рассеивающей линзы и вычислите ее оптическую силу.



Чтобы определить фокусное расстояние рассеивающей линзы указанным методом, нужно рассмотреть последовательное формирование изображения в каждой линзе (построения изображений

см. на рисунках) и воспользоваться формулой линзы. Введем расстояние B от собирающей линзы до изображения предмета в ней. Тогда для собирающей линзы (фокусное расстояние этой линзы f_1):

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{B} = \frac{1}{f_1}.$$

Изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, является мнимым источником для рассеивающей линзы. Выражая расстояние от рассеивающей линзы до источника через переменные b и B , получим для рассеивающей линзы (фокусное расстояние этой линзы f_2):

$$\frac{1}{b - B} + \frac{1}{c} = -\frac{1}{f_2}.$$

Из полученных выражений исключаем B и получаем выражение для фокусного расстояния рассеивающей линзы (можно не использовать это выражение, а сначала определить по первой формуле численное значение B , а затем найти из второй формулы численное значение f_2):

$$\begin{aligned} B &= \frac{f_1 a}{a - f_1}, \quad \Rightarrow \\ \Rightarrow -\frac{1}{f_2} &= \frac{a - f_1}{ab - f_1 b - f_1 a} + \frac{1}{c} = \\ &= \frac{ac - cf_1 + ab - f_1 b - f_1 a}{(ab - f_1 b - f_1 a)c} = \frac{a(c + b) - f_1(a + b + c)}{(ab - f_1 b - f_1 a)c}, \quad \Rightarrow \\ \Rightarrow f_2 &= \frac{(ab - f_1 b - f_1 a)c}{f_1(a + b + c) - a(c + b)}. \end{aligned}$$

- Повторите измерения два раза, оцените погрешность фокусного расстояния и оптической силы рассеивающей линзы.
- По окончании эксперимента уберите линзы с оптической скамьи.

3. Изучение корректировки положения изображения, полученного с помощью собирающей линзы, за счет установки дополнительной линзы:

- Расположите на оптической скамье собирающую линзу (это будет модель хрусталика глаза) и получите четкое изображение предмета. Измерьте расстояние d между «хрусталиком» и экраном.
- Между «хрусталиком» и предметом, близко к «хрусталику», поставьте вторую линзу (в первом опыте собирающую, а во втором опыте – рассеивающую).
- Двигая экран, вновь получите в каждом из двух опытов четкое изображение предмета. Измерьте расстояние d_c (для собирающей линзы и d_p – для рассеивающей) между «хрусталиком» и экраном.
- Сравните d , d_c и d_p между собой. Сделайте вывод о том, как добавление собирающей или рассеивающей линзы изменяет положение изображения относительно «хрусталика».
- На основании сделанного вывода выскажите и обоснуйте рекомендацию: какой тип линзы необходимо использовать в очках для корректировки дальновзоркости и близорукости.

Перечень вопросов к обсуждению результатов эксперимента.

- Зачем нужна собирающая линза при получении изображения с помощью рассеивающей линзы?
- Как быстро отличить рассеивающую линзу от собирающей, не проводя точных измерений?
- Как определить фокусное расстояние рассеивающей линзы?
- Как устроен глаз человека?
- Какие линзы используются в очках для корректировки дальновзоркости?
- Какие линзы используются в очках для корректировки близорукости?

Ожидаемые результаты эксперимента

При выполнении первой части практической работы обучающиеся установят, что две из трех линз позволяют получить действительное изображение удаленных предметов (это собирающие линзы), а третья – не позволяет этого сделать (рассеивающая линза). Если школьники носят очки, то они могут тем же способом определить тип линз в своих очках.

При выполнении второй и третьей частей практической работы обучающиеся смогут определить фокусные расстояния собирающих линз, а также рассеивающей линзы.

При выполнении завершающей части работы учащиеся обнаружат, что размещение дополнительной линзы между источником и «хрусталиком» изменяет положение изображения: при установке собирающей линзы изображение приближается к «хрусталику» (коррекция дальнозоркости), а при установке рассеивающей линзы изображение, наоборот, отдаляется от «хрусталика» (коррекция близорукости).

Обсуждение и анализ результатов

После проведения эксперимента обучающиеся могут обсудить результаты полученных экспериментов и использованные методы исследований (качественное определение типа линзы, количественное измерение фокусного расстояния и оптической силы собирающих линз, метод получения действительного изображения с помощью рассеивающей линзы), а также способы корректировки зрения с помощью разных типов линз.