

Творческие лабораторные работы по физике

Н.В.Смирнов, © 1975-2013

Содержание практикума:

Расчет погрешности измерений

1. Стрельба из баллистического пистолета по мишени.
2. Стрельба из баллистического пистолета по мишени (2).
3. Компьютерное моделирование стрельбы по мишени.
4. Изучение закона сохранения импульса при упругом ударе шаров.
5. Изучение зависимости периода колебаний от параметров системы (на примере математического маятника)
6. Регулирование силы тока реостатом. Регулирование напряжения потенциометром.
7. Деление напряжения с помощью последовательного соединения проводников.
8. Деление токов при помощи параллельного соединения проводников.
9. Изучение смешанного соединения проводников.
10. Исследование зависимости мощности источника тока от нагрузки.
11. Исследование зависимости напряжения источника тока от нагрузки.
12. Исследование зависимости силы тока источника от нагрузки.
13. Исследование зависимости КПД источника тока от нагрузки.
14. Исследование работы источника тока в зависимости от нагрузки.
15. Изучение работы фоторезистора.
16. Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз.
17. Сборка модели телескопа.
18. Сборка модели микроскопа.
19. Измерение постоянной Планка.
20. Измерение радиационного фона в помещении.
21. Измерение длины волны света с помощью дифракционной решетки.
22. Определение КПД электродвигателя.
23. Сравнение свойств бытовых ламп различных типов.

Нам интересно проводить лабораторные работы по физике в творческом ключе, чтобы ребенку открывалось что-то новое, или удалось на уже известное посмотреть с новой стороны, чтобы каждая работа была неким приобретением нового понимания, новых умений применить в жизни и т.д. (политехнический аспект).

Мы не стесняемся для этого несколько менять привычные лабораторные работы. (Куда интереснее вместо "Градуирование пружины динамометра" научиться "Как самому сделать пружинные весы для взвешивания трофейных экземпляров рыбы, грибов и пр."). А уж когда у нас есть факультатив, или спецкласс (4-6 часов физики в неделю), то уж мы не применим устроить лабораторный практикум в нашем стиле.

В ряде работ, где это оправдано, мы стараемся сместить акцент в сторону приложения физических знаний к решению практических вопросов в том виде, как эти вопросы могут быть поставлены в жизни. Наш ученик получает рецепты решения жизненных ситуаций (например, л/р № 1, 2, 3, основы артиллерийской стрельбы). Тем самым, мы каждой такой работой раз за разом даем ответ на вопрос, зачем физика (развитие мотивационной сферы).

Другая же часть работ, имеющих в своем названии слова «Исследование зависимости...» должна, обязана нести ярко выраженную исследовательскую функцию. В таких работах мы даем ученикам исследовать нетривиальные зависимости, которые не описаны в школьных учебниках. Таким способом мы заставляем ученика пройти ранее не изученным путем (например, л/р № 14), уберечь его от простого переписывания, а значит заняться именно исследованием. Нам претит использовать такие названия, как «Исследование движения тела», «Изучение соединения проводников» и цели работы типа «изучить траекторию движения тела...». Здесь ученику не

понятно, что означает «исследование» и «изучить», и что, собственно, надо исследовать и изучать. Не понятно. А значит, не нужно, и даже вредно. Итогом исследования должно быть открытие, а не заранее известный результат. Исследование, а не имитация исследования.

В этом смысле очень важно приучить не только находить зависимости величин друг от друга, но и научиться полновесному описанию найденной зависимости. Не только построить график, но и увидеть все его особенности, обратить внимание на узловые точки, асимптоты, артефакты, их физический смысл. Требуйте для этого использования в полном объеме всего математического аппарата, доступного школьникам, приучая математические абстракции наполнять на вашем уроке физическим смыслом.

А еще у нас часть текста в описании л/р может быть скрыта. Ученику предлагается спланировать и произвести ряд действий самостоятельно, что значительно повышает креативность при выполнении работы. Мы сообщаем заранее название работы и ее цель, чтобы ученик имел достаточно времени подготовиться к данной работе, продумать, как ее можно выполнить. При затруднениях всегда можно обсудить ход работы с учителем (всякое общение с учителем по предмету всемерно поощряется). Ну, а, в крайнем случае, всегда можно кликнуть «Подсказку» и открыть необходимый текст (хотя учитель в этом случае может и не поставить самой высокой оценки за л/р).

Не старайтесь держать себя в рамках мелочной требовательности, бесконечных придирашек к оформлению и содержанию работы ученика. Требовательность играет свою существенную роль в роковые моменты отношений с учеником. А так - это пустое. Некоторые боятся, сократив дистанцию, невольно выдать ученику правильный ответ, формулировку вывода и пр. Не теряйте главной вашей цели - заставить ученика заниматься вашей физикой по существу. А это возможно только через общение с учителем, не стесняйтесь обсуждать со школьниками все аспекты работы, в том числе и на переменах (когда у вас есть время). Чем больше вы общаетесь с ребенком, тем больше он ваш. Не жалейте себя, у нас такая работа! Пусть ребенок поймет, что вам можно доверять - это дорогого стоит (может быть это и есть самое главное). Всякий формализм и избыточный холод отталкивает ребенка от вас и от предмета. Умейте высоко ценить слабые и неверные попытки ваших школяров в освоении предмета. Умейте четко отделять их от откровенной халтуры, формализма, желания сдать вместо желания добиться результата. Требование от ученика работы по содержанию, а не по форме может родить фантастически важную и редкую вещь - уважение ученика по сути, а не по требованию учителя.

Наши работы часто состоят из двух частей, вторая обычно сложнее первой. Мы иногда позволяем делать не всю работу, а только ту ее часть, которую может сделать ученик. Не ври, не списывай, делай, что можешь, честно.

Мы различаем цели работы, сформулированные для ученика, и наши - педагогические цели. Цели для ученика всегда конкретны (получить то-то и то-то, добиться того-то и того-то, доказать то-то и то-то). Чем меньше ни к чему не обязывающих фраз, чем более конкретны указания, тем понятнее ученику "зачем". У многих наших воспитанников и близко не сформировано теоретическое мышление (нам еще предстоит это сделать по мере наших возможностей), а, вот, наглядно-действенное (мышление руками) обычно работает лучше, особенно у пацанов. В наших работах мы стараемся опираться на то, что реально есть в ученике, вместе с тем, имея в виду перспективу его развития.

Нам хочется, чтобы все ученики любили наш предмет и достигали наивысшего результата. Но мы должны ясно понимать, что это далеко не всегда так. В силу разных обстоятельств, в которых ученик мало виноват (и потому не может нести ответственность), у нас достаточно тех, кто мало что умеет, и потому мало что хочет. Как их подключить к процессу познания физической науки? - Вопрос вопросов!.. Во всяком случае, есть много способов оттолкнуть эту часть детей от себя. Способы, которые учитель, к сожалению, сознательно или нет, использует довольно часто в своей практике. Но ведь можно и не отталкивать! Поэтому важную роль играет то, насколько мы сумеем ясно и просто описать ход работы. Насколько ученику с весьма скромными притязаниями будет доступно то, что мы от него хотим. Насколько мы будем стремиться быть полезными, в том числе и таким ученикам. Да, в первую очередь им, тем, кто чаще вызывает у нас раздражение. Именно от этого зависит, будет ли он привыкать списывать или поймет, что сможет и сам. Мы

стремимся, где возможно, изъять из описаний избыточные умствования в теории (инструкция к работе - не есть учебник физики), нагромождения формул, напрямую не используемых в работе, отказываемся от работ, где избежать непонимания точно не удастся. Сложные работы мы даем только тем, кто наверняка справится, должен справиться. Насколько важно для нас посильность работы для слабого, настолько же нам важна непосильность нагрузки на сильного.

Контрольные вопросы не носят произвольный характер (например, решать каких-то задач по теме, прямо не связанных с л/р), а имеют целью детально изучить материал, полученный в результате практической работы, а также подумать, как можно применить полученные знания в жизни. Почитайте их, в любой работе вы найдете много интересного, мы надеемся.

Придавая должное значение погрешностям измерений, мы, тем не менее, сознательно уходим от этого вопроса в ряде работ в угоду большей ясности содержанию. Вычисление погрешностей при всей важности часто забирает много времени. Прилежно работая в течение года над погрешностями измерений и вычислений, мы на практикуме оставляем этот вопрос часто как бы в стороне.

Количество работ практикума у нас избыточно. Таким образом, мы имеем возможность сильным ученикам давать более сложные работы, а остальным - более доступные, а значит более интересные для них.

Из описанных здесь работ легко сделать полезную тетрадь для лабораторного практикума - раздаточный материал, добавив туда и работы из других источников по своему усмотрению.

Л/р № 1. Стрельба из баллистического пистолета по мишени.

Цель работы: установив мишень (кольцо на штативе) на расчетном расстоянии от места выстрела и на расчетной высоте, продемонстрировать попадание в мишень (пролет снаряда через кольцо) при выстреле под выбранным углом из баллистического пистолета – проверить тем самым формулы расчета тела, брошенного под углом к горизонту.

Оборудование: баллистический пистолет; лабораторный штатив; штатив с кольцом; измерительная лента или рулетка.

Введение

1. Пистолет баллистический. В основе конструкции прибор имеет двухстороннюю пружину, которая связана с проволочной продольной рамкой с подвижным стрелочным указателем. На нижних концах рамки закреплена круглая площадка с двумя штырями. На них размещается шарик так, что его центр тяжести совпадает с центром площадки. В сжатом состоянии пружина удерживается проволочным крючком, один конец которого закреплен на корпусе прибора, а второй – заводится в специальное отверстие боковой поверхности площадки. Прибор оснащен транспортирной шкалой с отвесом и стержнем – для закрепления в муфте штатива. Прибор позволяет ставить следующие лабораторные работы: зависимость силы упругости от удлинения пружины, определение коэффициента жесткости пружины, исследование зависимости дальности полета снаряда от угла его вылета, определение дальности полета снаряда при горизонтальной стрельбе, сравнение импульса силы упругости пружины с изменением импульса снаряда, сравнение работы силы упругости с изменением кинетической энергии, тела.



2. Теория вопроса.

Итак, целью работы является **попадание в кольцо-мишень** при стрельбе из баллистического пистолета под углом к горизонту. Как узнать, где должна находиться эта мишень (на какой высоте и на каком расстоянии)?

Полет тела, брошенного под углом к горизонту (в нашем случае снаряда, выпущенного из баллистического пистолета), описывается следующими двумя уравнениями, позволяющими вычислить положение тела в любой момент времени t :

по горизонтали (вдоль стола): $x = v_0 t \cdot \cos \alpha$;

по вертикали (по высоте): $y = v_0 t \cdot \sin \alpha - g t^2 / 2$.

Это позволяет нам рассчитать:

- время полета при выстреле под углом $\alpha = 45^\circ$ (из второго уравнения, если в момент падения $y = 0$, то $t_{\text{пол}} = v_0 \cdot \sin \alpha / g$),

- дальность полета снаряда ($x_{\text{max}} = v_0^2 / g$)

- максимальную высоту подъема ($y_{\text{max}} = v_0^2 / 4g$).

Чтобы воспользоваться этими формулами, надо только придумать, как измерить начальную скорость v_0 (скорость вылета снаряда из баллистического пистолета).

Скорость вылета снаряда можно узнать, если выстрелить вертикально вверх и заметить высоту, на которую поднимется снаряд, ибо $H = v_0^2 / 2g$.

Ход работы.

Много лучше ход работы разработать самим, если вы поняли, как узнать начальную скорость снаряда, как рассчитать, на каком расстоянии и на какой высоте нужно установить кольцо-мишень. Или см. описание далее.

1. Закрепите в нижней лапке штатива баллистический пистолет для стрельбы вертикально вверх под углом 90° к горизонту (см. рис. справа).

Произведите предварительный выстрел из пистолета и заметьте, на какую приблизительно высоту поднимется снаряд.

Расположите на этом уровне свои глаза и передвиньте на этот уровень верхнее кольцо. Повторив выстрел, кольцо передвигают по вертикали так, чтобы выпущенный из пистолета снаряд достигал ровно края кольца.

Измерив рулеткой или лентой расстояние от верхнего конца заряженного в пистолет снаряда до кольца, мы определим высоту подъема снаряда H при стрельбе. Повторите опыт 2—3 раза, каждый раз определяя высоту максимального подъема снаряда, и найдите ее среднее значение $H_{\text{ср}}$.

2. По формуле высоты максимального подъема ($H_{\text{ср}} = v_0^2 / 2g$) определите квадрат начальной скорости вылета снаряда $v_0^2 = 2gH_{\text{ср}}$.

3. Закрепите в штативе баллистический пистолет у основания стола и установите его для стрельбы под углом 45° . По формуле дальности полета ($x_{\text{max}} = v_0^2 / g$) определите место для установки штатива с кольцом, а по формуле высоты полета ($y_{\text{max}} = v_0^2 / 4g$) определите, на какой высоте нужно установить кольцо-мишень, чтобы при выстреле снаряд пролетел точно через кольцо (см. рис. ниже).

Как видим, кольцо устанавливается на высоте y_{max} и на расстоянии $x_{\text{max}}/2$ (на половине пути полета снаряда). Запишите аккуратно эти расчеты в свой отчет. Установите свободный штатив на расчетном расстоянии от баллистического пистолета, закрепив на этом штативе кольцо-мишень на нужной высоте, используя измерительную ленту (рулетку).

4. Произвести 3—4 выстрела в направлении кольца под углом 45° (см. рис. внизу).

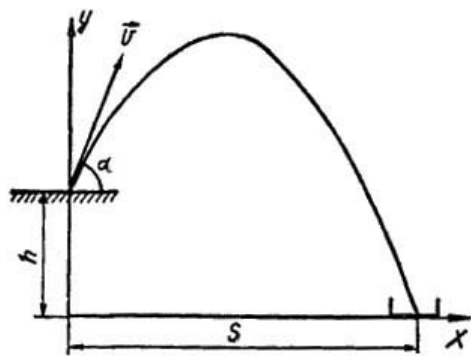
5. Пролетает ли снаряд в кольцо? Если нет, проверьте свои расчеты и правильность установки штатива с кольцом и угла стрельбы. Покажите свои расчеты и результат стрельбы учителю. Сделайте вывод, подтверждаются ли формулы расчета движения тела, брошенного под углом к горизонту. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как, используя приведенное выше уравнение вертикальной координаты полета тела $y = v_0 t \sin \alpha - gt^2/2$, получить формулу расчета времени полета $t_{\text{пол}}$?
2. Как получить формулу расчета высоты полета при выстреле под углом 45° , используя уравнение координаты $y = v_0 t \sin \alpha - gt^2/2$ и времени полета $t_{\text{пол}} = v_0 \sin \alpha / g$?
3. Как получить формулу дальности полета тела при выстреле под углом 45° , используя уравнение координаты $x = v_0 t \cos \alpha$ и времени полета $t_{\text{пол}} = v_0 \sin \alpha / g$?
4. Где можно использовать знания, полученные в ходе работы?



Л/р № 2. Стрельба из баллистического пистолета по мишени.



Цель работы: Стреляя из баллистического пистолета, установленного на столе, попасть, произведя только два выстрела, в картонную коробку, стоящую на полу – проверить тем самым формулы расчета тела, брошенного под углом к горизонту.

Оборудование: баллистический пистолет; лабораторный штатив; коробка; измерительная лента или рулетка.

Вводная часть: Итак, целью работы является **попадание в коробку-мишень**, лежащую на полу, при стрельбе из

баллистического пистолета под углом к горизонту, закрепленном на столе (см. рис справа). Как узнать, на каком расстоянии должна находиться эта коробка-мишень?

Полет тела, брошенного под углом к горизонту (в нашем случае снаряда, выпущенного из баллистического пистолета), описывается следующими двумя уравнениями, позволяющими вычислить положение тела в любой момент времени t :

по горизонтали (вдоль пола): $x = v_0 t \cdot \cos \alpha$;

по вертикали (по высоте): $y = v_0 t \cdot \sin \alpha - gt^2/2$.

Запишем второе уравнение иначе, учтя, что $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\sin 45^\circ = 1/\sqrt{2}$, а в момент падения $y = -h$:

$$gt^2/2 - v_0 t \cdot \sin \alpha - h = 0$$

или

$$5t^2 - v_0 t/\sqrt{2} - h = 0.$$

Решив это квадратное уравнение относительно t , получим:

$$t = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 40h}}{10\sqrt{2}}$$

Тогда дальность полета снаряда ($S = x_{\max} = v_0 t/\sqrt{2}$):

$$S = \left(\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 40h}}{20} \right) \cdot v_0$$

Чтобы воспользоваться этими формулами, надо только придумать, как измерить начальную скорость v_0 (скорость вылета снаряда из баллистического пистолета).

Скорость вылета снаряда можно узнать, если выстрелить вертикально вверх и заметить высоту, на которую поднимется снаряд, ибо $H = v_0^2/2g$.

Ход работы.

Много лучше ход работы разработать самим, если вы поняли, как узнать начальную скорость снаряда, как рассчитать время полета и на каком расстоянии нужно установить коробку-мишень.

1. Закрепите в нижней лапке штатива баллистический пистолет для стрельбы вертикально вверх под углом 90° к горизонту (см. рис. справа).

Произведите предварительный выстрел из пистолета и заметьте, на какую приблизительно высоту поднимется снаряд.

Расположите на этом уровне свои глаза и передвиньте на этот уровень верхнее кольцо.

Повторив выстрел, кольцо передвигают по вертикали так, чтобы выпущенный из пистолета снаряд достигал ровно края кольца.



Измерив рулеткой или лентой расстояние от верхнего конца заряженного в пистолет снаряда до кольца, мы определим высоту подъема снаряда **H** при стрельбе вверх. Повторите опыт 2—3 раза, каждый раз определяя высоту максимального подъема снаряда, и найдите ее среднее значение **H_{ср}**.

2. По формуле высоты максимального подъема (**H_{ср} = v₀²/2g**) определите квадрат начальной скорости вылета снаряда **v₀² = 2gH_{ср}**, а затем и саму скорость **v₀**.

3. Закрепите в штативе баллистический пистолет у основания стола и установите его для стрельбы под углом 45°. Измерьте рулеткой или измерительной лентой высоту **h** от пола до места установки снаряда баллистического пистолета (см. первый рис.) По формуле дальности полета (используя найденные вами **v₀** и **h**):

$$S = \left[\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 40h}}{20} \right] \cdot v_0$$

определите расстояние **S** от места выстрела до места падения снаряда для установки коробки (см. рис. выше), куда установите на полу центр коробки для попадания снаряда. Запишите подробно и аккуратно все ваши вычисления в отчет.

4. Произвести выстрел под углом 45° в направлении коробки (см. рис. выше).

5. Попадает ли снаряд в коробку? Если нет, проверьте свои расчеты и правильность установки баллистического пистолета, коробки и угла стрельбы. Покажите свои расчеты и результат стрельбы учителю. Сделайте вывод, подтверждаются ли формулы расчета движения тела, брошенного под углом к горизонту. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как, используя приведенное выше уравнение вертикальной координаты полета тела **y = v₀t·Sina - gt²/2**, получить формулу расчета времени полета **t**?
2. Как получить формулу дальности полета тела при выстреле под углом 45°, используя уравнение координаты **x = v₀t·Cosa** и времени полета **t**? Чему равно это время?
3. Где можно использовать знания, полученные в ходе работы?

Л/р № 3. Компьютерное моделирование стрельбы по мишени.

Цель работы: Выбрав правильный угол для стрельбы, попасть выстрелом в цель, используя математическое моделирование полета снаряда; изучение зависимости дальности стрельбы от угла вылета снаряда.

Оборудование: компьютер, программа построения графиков функций (скачать с сайта <http://www.webmath.ru/tests/podgotovkaegemath.php>), принтер, лист бумаги формата A4.

 **Примечание:** ВНИМАНИЕ! Используемая нами программа корректно работает **только под Internet Explorer**.

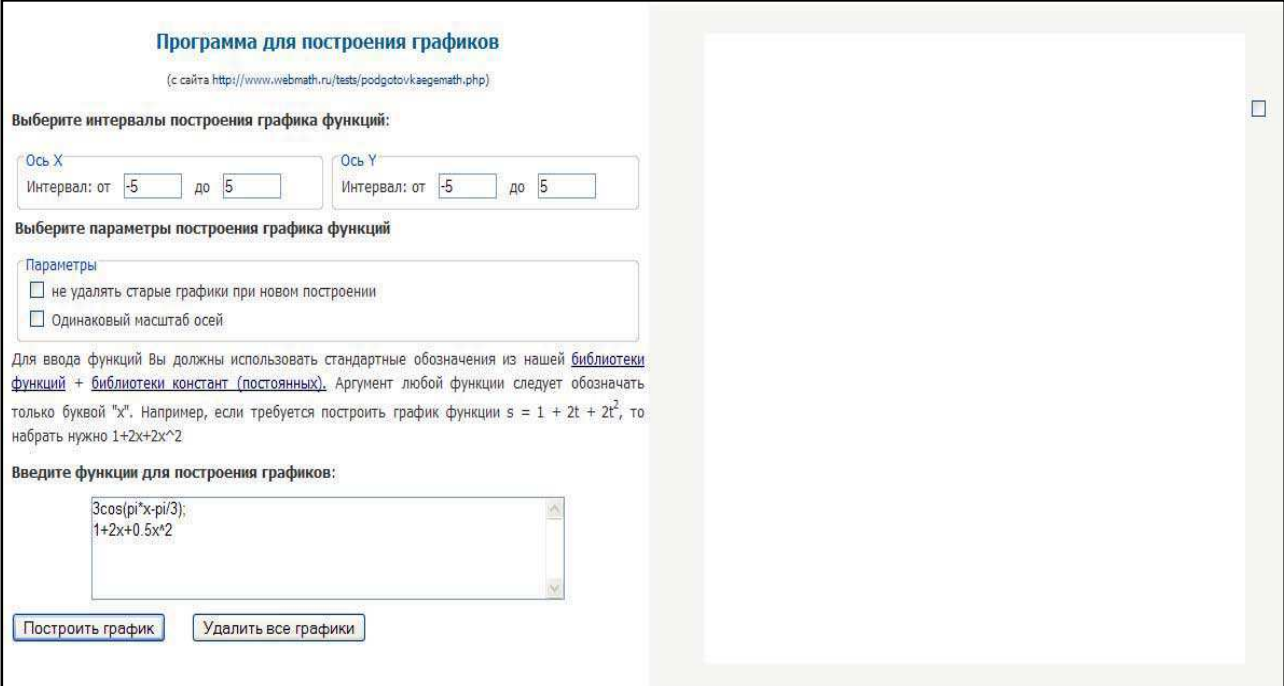
Вводная часть:

Не столь трудно попасть в цель на расстоянии прямого выстрела, когда цель так близко, что снаряд не успевает существенно опуститься в полете под действием тяготения Земли. Особенно, если цель неподвижна. Военным же приходится решать, как правило, куда более сложные задачи. А если еще времени в обрез, когда или ты, или тебя!

В этой работе мы познакомимся с часто используемым приемом стрельбы, называемом "вилкой". Первый выстрел стараются сделать с небольшим запасом по высоте. Смотрят, куда попал снаряд, недолет или перелет. Допустим, у нас случился перелет. тогда следующий выстрел делают с поправкой, в нашем случае следует стрелять несколько ниже. Опять внимательно смотрят за результатом, допустим у нас получился недолет на такое же расстояние, каким был ранее перелет. Тогда надо ствол орудия поднять на половину нашей предыдущей поправки - и мы попадем точно в цель. Это называется "взять цель в вилку": перелет - недолет - в цель! Такое попадание в цель всего в три снаряда доступно только очень опытным артиллеристам. Обычно приходится тратить больше, чем три снаряда. Во-первых, полет снаряда описывают тригонометрические функции синус и косинус, а они не являются линейными функциями, поэтому примененное нами выше слово "на половину", строго говоря, очень не точно. Во-вторых, на результат стрельбы влияет огромное количество случайных причин, бороться с которыми очень сложно. Поэтому наводчик орудия - бог, искусник, виртуоз. Иначе - гибель. Попробуем себя в роли наводчика орудия. Поможет нам программа, умеющая строить графики функций. Мы будем задавать угол стрельбы, а она будет чертить нам траекторию вылетевшего под заданным нами углом снаряда.

Теория вопроса.

Создадим вид функции, описывающей полет снаряда в поле тяготения Земли для нашего графопостроителя.



Программа для построения графиков

(с сайта <http://www.webmath.ru/tests/podgotovkaegemath.php>)

Выберите интервалы построения графика функций:

Ось X
Интервал: от -5 до 5

Ось Y
Интервал: от -5 до 5

Выберите параметры построения графика функций

Параметры

☐ не удалять старые графики при новом построении

☐ Одинаковый масштаб осей

Для ввода функций Вы должны использовать стандартные обозначения из нашей [библиотеки функций](#) + [библиотеки констант \(постоянных\)](#). Аргумент любой функции следует обозначать только буквой "x". Например, если требуется построить график функции $s = 1 + 2t + 2t^2$, то набрать нужно $1+2x+2x^2$

Введите функции для построения графиков:

$3\cos(\pi \cdot x - \pi/3);$
 $1+2x+0.5x^2$

Полет снаряда во времени описывается известными уравнениями:

по горизонтали (вдоль OX): $x = v_0 t \cdot \cos \alpha$;

по вертикали (вдоль OY): $y = v_0 t \cdot \sin \alpha - gt^2/2$.

Для графика траектории нам следует выразить y через x . Выразим t через x из первого уравнения $t = x/(v_0 \cdot \cos \alpha)$ и подставим его во второе, окончательно имеем:

$$y = x \cdot \tan \alpha - (g/2) \cdot (x/v_0 \cdot \cos \alpha)^2.$$

Не пугайтесь "страшной" формулы, за вас ее будет обчислять умная программа, поэтому еще немного терпения. Большинство математических редакторов и графопостроителей имеют свой синтаксис написания формул (свой язык). Поэтому в написании формулы кое-что придется чуть-чуть изменить. В нашем случае тангенс следует писать как **tan**, а возведение в квадрат заменить на **^2**. Перепишем формулу так, как это нужно программе: **$y = x \cdot \tan \alpha - 5(x/(v_0 \cdot \cos \alpha))^2$** .

Последнее и с формулой будет покончено. Выберем параметры стрельбы (ну, например):

начальная скорость вылета снаряда **$v_0 = 200 \text{ м/с}$** . А угол **α** , под которым будет стрелять зададим так. Это будет угол наибольшей дальности стрельбы (45°) умноженный на некоторый переменный коэффициент **k** , который будем изменять так, чтобы снаряд в конце концов попасть в цель на расстоянии **3000 м**. Нужно сказать, что **α** должно быть выражено в радианах: **$\alpha = k \cdot 45^\circ = k \cdot \pi/4$** . Или в обозначениях принятых в программе **$\alpha = k \cdot \pi/4$** . Число **k** будем менять от 0 (наименьшая дальность) до 1 (наибольшая дальность), меняя тем самым угол вылета снаряда.

Окончательно имеем:

$$k = 1;$$

$$y = x \tan(k \cdot \pi/4) - 5(x/(200 \cos(k \cdot \pi/4)))^2$$

Вид формулы не должен нас смущать, ибо вставлять ее в графопостроитель мы будем копированием.

Графопостроитель.

Перед началом работы следует запустить программу построения графиков и познакомиться с ней. Запустите программу. Рассмотрите рабочее поле программы, прочтите текст, расположенный в левой части окна. В правой будет вычерчен ваш график полета снаряда.

Введите сразу нужные нам параметры. В поля "**Ось X**" и "**Ось Y**" введите интервалы от **0** до **4000**.

В поле "**Параметры**" поставьте обе галочки: "не удалять старые графики при новом построении" и "Одинаковый масштаб осей".

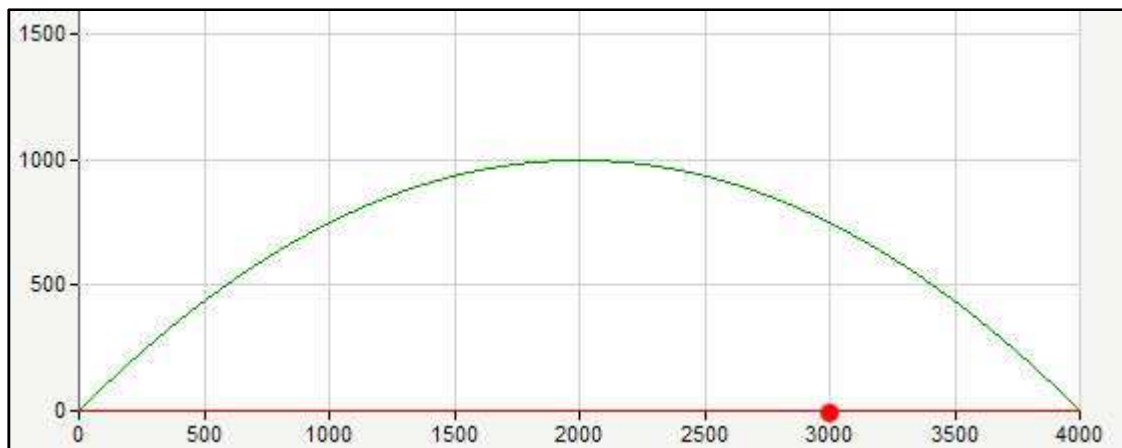
Внизу сотрите все в поле "**Введите функции для построения графиков**" и нажмите кнопку "**Удалить все графики**". Перед началом работы справа должно быть чисто.

В поле "**Введите функции для построения графиков**" копированием вставьте две строчки найденной нами функции, описывающей стрельбу по мишени:

$$k = 1;$$

$$y = x \tan(k \cdot \pi/4) - 5(x/(200 \cos(k \cdot \pi/4)))^2;$$

и нажмите кнопку "**Построить график**". Вы увидите результат нашего первого выстрела!

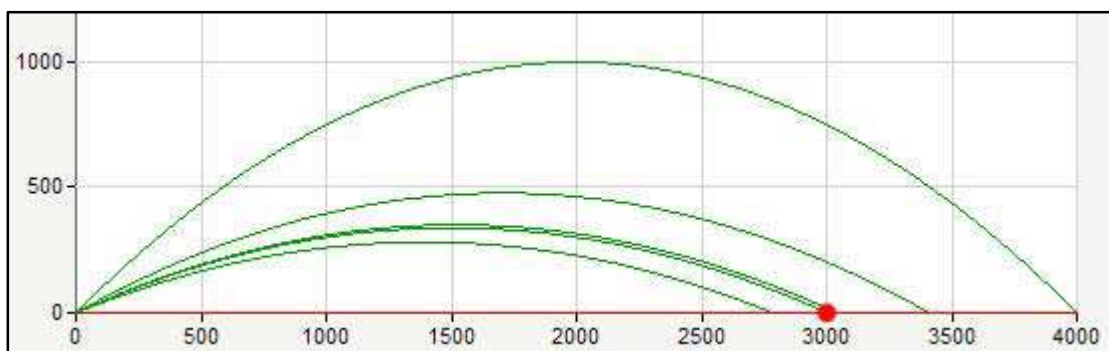


Мы взяли для него наобум $k = 1$ или $\alpha = 45^\circ$. И конечно промахнулись (перелет, попадание в отметку 4000 м)! Напоминаем, нас же интересует цель на отметке **3000 м**.

Для учителя. Можно стрелять и с холма. Для этого в уравнение y добавьте высоту этого холма (например, **+ 100**). Можно изменить и местоположение цели, сообщив ученикам устно ее координаты (например, дальность **3000 м**, высота **500 м**). Это полезно для того, чтобы ученики не слизывали друг у друга результаты.

Ход работы:

1. Итак, у нас получился перелет. Нам надо изменить угол стрельбы так, чтобы попасть в цель (отметка 3000 по горизонтали). Угол задает нам наше число k . Прямо в программе построения графиков измените значение k на другое, соблюдая синтаксис, принятый в этой программе (вместо запятой в дробном числе надо ставить точку, например, правильно будет написать $k = 0.65$). Запишите новое k в свой отчет. Нажмите кнопку **"Построить график"**.
2. Скорее всего, мы снова не попали в цель. Недолет или перелет? Введите новое значение k такое, чтобы следующий выстрел попал в цель. Запишите новое k в свой отчет. Нажмите кнопку **"Построить график"**.
3. Продолжайте выполнение пункта 2 до тех пор, пока не попадете совсем близко к цели.
4. Попад в цель, покажите результаты стрельбы учителю. Напечатайте ваши графики на принтере (Файл > Печать) или сохраните для отчета иным способом (например, картинкой левый Alt + PrintScreen, а затем вставить полученную картинку в Word и, сохранив, распечатать дома и



вставить в отчет).

5. Сделайте вывод, каков характер зависимости дальности полета тела, брошенного под углом к горизонту, от угла вылета. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Из уравнений движения тела, брошенного под углом к горизонту:
по горизонтали (вдоль OX): $x = v_0 t \cdot \cos \alpha$;
по вертикали (вдоль OY): $y = v_0 t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$;
выведите подробно вид зависимости $y(x)$.
2. Покажите, что между следующими записями существует соответствие всех элементов:
 $y = x \cdot \tan \alpha - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha} \right)^2$;
 $y = x \tan(k \cdot \pi / 4) - 5(x / (200 \cos(k \cdot \pi / 4)))^2$.
3. Правильно ли утверждение, что чем больше угол стрельбы, тем дальше полетит снаряд?

Л/р № 4. Изучение закона сохранения импульса при упругом ударе шаров.

Цель работы: убедиться в справедливости закона сохранения импульса при упругом ударе шаров.

Оборудование: штатив, лоток, два шара одинаковой массы и шар большей массы, линейка измерительная, листы белой и копировальной бумаги, весы, разновес.

Введение: По закону сохранения импульса при любых взаимодействиях тел векторная сумма импульсов тел до взаимодействия равна векторной сумме импульсов тел после взаимодействия. В справедливости этого закона и нужно будет убедиться на опыте, исследуя столкновения шаров на установке, изображенной на рисунке справа.

Шар, скатившись с лотка, движется по параболе до удара о поверхность стола. Горизонтальные составляющие скорости шара и его импульса во время свободного падения не изменяются, так как нет сил, действующих на этот шар в этом направлении. Затем на краю лотка ставят второй шар и запускают первый шар точно таким же образом, как и в первом опыте. После соударения в горизонтальном направлении слетают с лотка оба шара. При этом часть импульса движения первого шара передается второму. По закону сохранения векторная импульса сумма импульсов первого $\mathbf{p}_1$ и второго $\mathbf{p}_2$ шаров до столкновения должна быть равна сумме импульсов этих шаров после столкновения.

—> —> —> —>

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}'_1 + \mathbf{p}'_2 \quad (1)$$

Если оба шара после столкновения движутся вдоль одной прямой и в том же направлении, в каком двигался первый шар до столкновения, то от векторной формы записи закона сохранения импульса можно перейти к алгебраической форме:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2,$$

так как $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, то

$$m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 = m_1\mathbf{v}'_1 + m_2\mathbf{v}'_2 \quad (2)$$

Заметим, что скорость второго шара $\mathbf{v}_2$ до столкновения равна нулю.

Для проверки выполнения равенства (2) необходимо измерить массы шаров m_1 и m_2 с помощью весов, а также найти способ узнать скорости шаров $\mathbf{v}_1$, $\mathbf{v}'_1$, $\mathbf{v}'_2$.

Так как во время свободного падения шара по параболе горизонтальная составляющая его скорости не изменяется, она может быть найдена так:

$$v = \ell/t \quad (3),$$

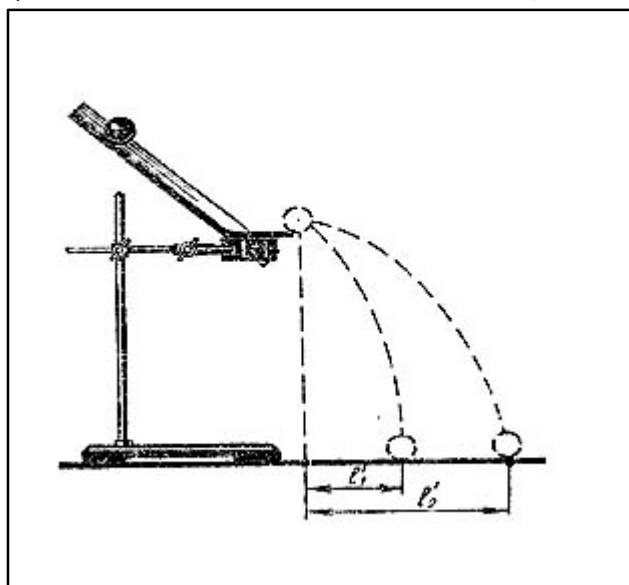
где ℓ - дальность полета шара в горизонтальном направлении, а t - время его свободного падения, равное $t = \sqrt{(2h)/g}$.

В равенстве (3) заключена важная мысль: v и ℓ прямо пропорциональны друг другу, а значит по длине ℓ можно судить о величине горизонтальной скорости! Этим и воспользуемся в данной работе.

Ход работы:

ЧАСТЬ I. Исследование центрального удара.

1. Используя весы, измерьте массы шаров m_1 и m_2 .
2. Заготовьте таблицу для записи результатов:



	До удара		После удара	
Шар №	1	2	1	2
Масса шара m, (кг)	m₁ =	m₂ =	-	-
Дальность полета ℓ, (м)	ℓ₁ =	ℓ₂ =	ℓ'₁ =	ℓ'₂ =
Высота падения шаров h, (м)	h =			
Время полета t, (с)	t =			
Горизонтальная скорость v, (м/с)	v₁ =	v₂ =	v'₁ =	v'₂ =
Импульс p, (кг·м/с)	p₁ =	p₂ =	p'₁ =	p'₂ =
Сумма импульсов Σp, (кг·м/с)	Σp = p₁ + p₂ =		Σp' = p'₁ + p'₂ =	

2. Укрепите лоток в лапке штатива таким образом, чтобы горизонтальная часть лотка находилась на высоте 20 см от стола. На столе перед лотком положите лист белой бумаги.

3. Возьмите шар с большей массой, установите его у верхнего края наклонной части лотка. Сделав несколько пробных пусков, определите с какой высоты надо пускать шар, чтобы место его падения было в районе второй половины листа, но чтобы он ни в коем случае не ударялся за пределами листа. Отметьте это положение на лотке. На лист белой бумаги положите лист копировальной бумаги.

4. Отпустите шар с края лотка без начальной скорости, чтобы получить отметку падения шара по вертикали.

5. Отпустите шар с намеченной вами отметки на лотке и по отметке на листе белой бумаги определите его дальность полета в горизонтальном направлении. Опыт повторите 3 раза и найдите среднее значение дальности полета **ℓ₁** (см. рис. выше). Запишите это значение **ℓ₁** в лист отчета.

6. Зная высоту края лотка **h** над столом, вычислите время падения шара **t**, затем горизонтальные составляющие его скорости **v₁** и импульса **p₁**. Запишите свои вычисления в отчет.

7. Установите на краю горизонтальной части лотка второй шар и осуществите запуск первого шара с той же высоты лотка, как в первом опыте. По отметкам на бумаге найдите дальности полетов шаров в горизонтальном направлении после их столкновения. Опыт повторите три раза и найдите среднее значение дальности полета первого шара **ℓ'₁** и дальности полета второго шара **ℓ'₂** (рисунок выше) По найденным числовым значениям дальностей полетов **ℓ'₁** и **ℓ'₂** вычислите числовые значения скоростей шаров после столкновения **v'₁** и **v'₂** и их импульсов **p'₁** и **p'₂**. Запишите полученные результаты в отчет.

8. Сравните импульс первого шара до столкновения **p₁** с суммой импульсов двух шаров после столкновения **p'₁ + p'₂**.

9. Сделайте вывод. Ответьте на контрольные вопросы.

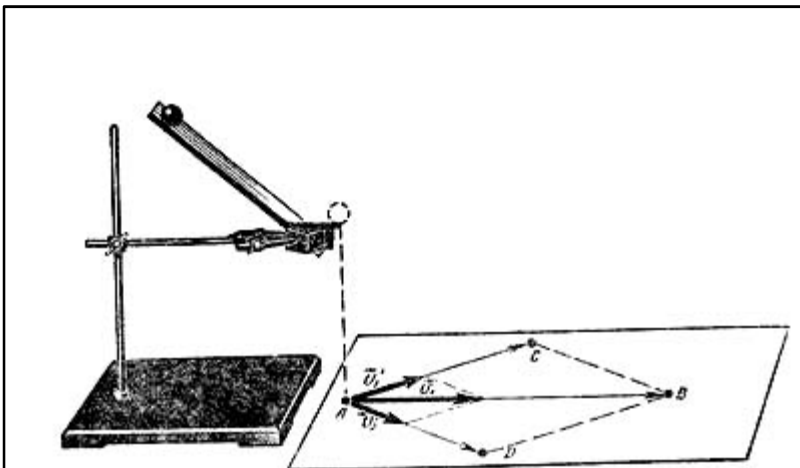
ЧАСТЬ II. Исследование нецентрального удара.

1. Возьмите два шара одинаковой массы. Один шар установите на краю лотка таким образом, чтобы вектор скорости первого шара при столкновении был направлен мимо центра второго шара. При таком столкновении, называемом нецентральным, векторы скорости шаров после столкновения **v'₁** и **v'₂** имеют различные направления. По закону сохранения импульса должно выполняться векторное равенство:

$$\vec{m_1 v_1} = \vec{m_1 v'_1} + \vec{m_2 v'_2},$$

а так как **m₁ = m₂**, то

$$\vec{v_1} = \vec{v'_1} + \vec{v'_2}.$$



2. Для проверки последнего равенства получите отметки падения шара по вертикали с края лотка (точка **А**), точки падения шара после свободного скатывания (точка **В**) и точек падения шаров после нецентрального столкновения (точки **С** и **Д**) (рисунок справа).
3. Соедините точку **А** с точками **В**, **С** и **Д**. Вектор **АВ** параллелен вектору скорости $\mathbf{v}_1$ шара и пропорционален ему по длине. Векторы **АС** и **АД** параллельны векторам скорости $\mathbf{v}'_1$ и $\mathbf{v}'_2$ после их столкновения. При выполнении закона сохранения импульса сумма векторов **АД** и **АС** должна быть равна вектору **АВ**.
4. Постройте параллелограмм со сторонами **АД** и **АС** и проведите его диагональ из вершины **А**. Сравните эту диагональ с вектором **АВ**. Напишите на листе с отметками падения шаров и вашими построениями свои фамилии, класс и вложите его в свой отчет.
5. Оцените границы погрешностей выполненных измерений. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что называется импульсом тела?
2. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса?
3. Выходят ли обнаруженные в опыте отклонения от закона сохранения импульса за пределы границ погрешностей измерений?

Л/р № 5. Изучение зависимости периода колебаний от параметров системы (на примере математического маятника).

Цель работы: Исследовать, от чего зависит период колебаний математического маятника.

Оборудование: Штатив с муфтой и кольцом; измерительная лента; два шарика (пластиковый и металлический) на нити; часы с секундной стрелкой (секундомер).

Вводная часть: Период колебаний колебательной системы является ее главной характеристикой этой системы. Период колебаний T это время одного полного колебания. Для большей точности его измерения обычно измеряют время нескольких колебаний t и делят его на число колебаний n :

$$T = t/n.$$

В разных случаях на период колебаний системы влияют разные параметры этой системы. В этой работе мы будем менять такие параметры, как массу маятника и его длину.

Ход работы:

1. Закрепите маятники одинаковой длины на штативе (см. рис.) Измерьте эту длину l_1 и запишите ее в отчет.

2. Выведите маятники из положения равновесия и подсчитайте число полных колебаний n за $t = 30$ с.

3. Определите период колебаний маятников $T = t/n$:

Тяжелого маятника $T_T =$

Легкого маятника $T_L =$

Сравните периоды колебаний маятников. вывод запишите в отчет.

4. Снимите один из маятников, а у оставшегося маятника уменьшите длину в два раза: $l_2 = l_1/2$.

5. Выполните задания (п.2) и (п.3). Результаты измерений и вычислений занести в отчет.

6. Уменьшите длину маятника еще в два раза $l_3 = l_1/4$.

7. Выполните задания (п.2) и (п.3). Результаты измерений и вычислений занести в отчет:

8. Вычислите квадраты периодов маятников разных длин:

$$T_1^2 =$$

$$T_2^2 =$$

$$T_3^2 =$$

9. Вычислите отношения квадратов периодов и длин маятников:

$$T_1^2/T_2^2 =$$

$$l_1/l_2 =$$

$$T_2^2/T_3^2 =$$

$$l_2/l_3 =$$

10. Сравните полученные результаты (поставьте знак $>$, $<$, $=$, $\approx$):

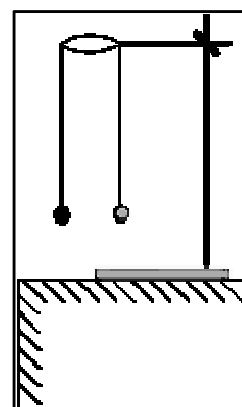
$$T_1^2/T_2^2 \dots l_1/l_2$$

$$T_2^2/T_3^2 \dots l_2/l_3$$

9. Сделайте подробный вывод, от чего и как зависит и от чего не зависит период колебаний математического маятника.

Контрольные вопросы:

1. Как изменится период колебаний качелей, если на них вместо одного человека сядут двое?
2. Как изменится период колебаний качелей, если, сидящий на них человек, встанет на сиденье?
3. Как изменится период колебаний маятника, если его перенести из воздуха в воду или вязкое масло? Почему?



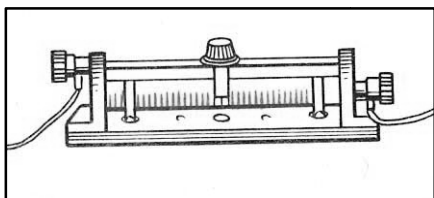
Л/р № 6. Регулирование силы тока в цепи. Регулирование напряжения.

ЧАСТЬ I. Регулирование силы тока в цепи.

Цель первой части работы: Научиться регулировать силу тока в цепи.

Оборудование: Источник тока, реостат, лампочка, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Как известно силу тока в участке цепи можно подсчитать так: $I = U/R$. Таким образом, меняя сопротивление цепи R (сопротивление реостата), можно будет регулировать силу тока I (т.е. увеличивать или уменьшать ее). Прибор, сопротивление которого можно менять, называется **реостатом**. Таким образом, силу тока в цепи регулируют **реостатом**.



Как устроен реостат? Известно, сопротивление R зависит от длины той части проводника, по которой течет ток: R

$= \rho l/s$. На этой зависимости и основано устройство реостата. Возьмите в руки реостат и рассмотрите его устройство. Обратите внимание на проволоку, намотанную на

керамический каркас (на рис. слева показана голубым цветом). Она и создает сопротивление реостата. Меняя положение движка (смещая вправо/влево) можно менять длину той части проволоки, по которой проходит электрический ток (меняя длину l , меняем сопротивление R , а значит и силу тока I). Проведите пальчиком по реостату от левого проводка к правому, чтобы показать себе, каким путем ток проходит по реостату, если вы поняли, как это работает.

Переместите движок реостата так, чтобы его сопротивление было наименьшим ($l = 0$).

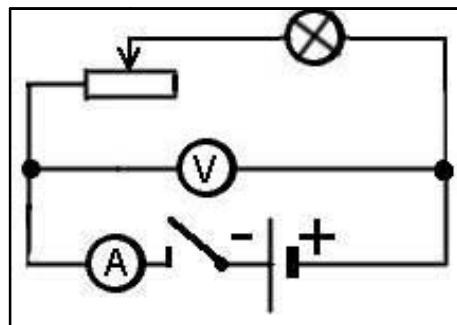
Переместите движок реостата так, чтобы его сопротивление было наибольшим, проверяя каждый раз движением пальчика по реостату, большая или маленькая часть проволоки реостата будет задействована в цепи.

Ход первой части работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме (см. справа).

⚠ Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.

⚠ Обратите внимание, потребитель тока (лампочка) всегда подключается последовательно к регулируемому силу тока элементу (реостату).



2. Включите цепь и снимите показания амперметра и вольтметра.

3. Начинайте передвигать движок реостата в сторону уменьшения сопротивления. Делайте это постепенно, до самого конца. Наблюдайте за показаниями амперметра. Одновременно наблюдайте за накалом лампочки при уменьшении сопротивления реостата. Как при этом меняются показания вольтметра?

4. Теперь начните перемещать движок реостата в обратную сторону. Как при этом меняются сила тока и накал лампочки? Как меняются показания вольтметра?

5. Сделайте вывод о том, как зависит сила тока и накал лампочки от сопротивления реостата. А также меняется ли заметным образом напряжение в цепи при изменении силы тока? Ответьте на контрольные вопросы.

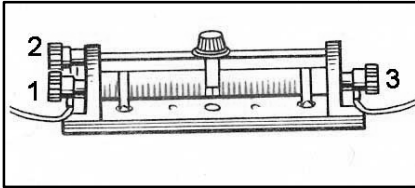
Контрольные вопросы к первой части:

1. Как можно увеличить (уменьшить) силу тока в цепи.
2. Для чего, например, бывает нужно менять силу тока?
3. Как можно уменьшить накал лампочки?
4. В какую сторону надо переместить движок реостата (см. рис. выше слева), чтобы увеличить сопротивление реостата?
5. В какую сторону надо переместить движок реостата (см. рис. выше слева), чтобы увеличить I ?
6. В какую сторону надо переместить движок реостата (см. рис. выше слева), чтобы увеличить накал лампы?

ЧАСТЬ II. Регулирование напряжения в цепи.

Цель второй части работы: Научиться регулировать напряжение на участке цепи.

Оборудование: Источник тока, потенциометр, светодиод, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.



Вводная часть: Напряжение на участке цепи регулируют **потенциометром**. Как известно напряжение на участке цепи можно подсчитать так: $U = IR$. Таким образом, меняя сопротивление участка цепи R (одной из ветвей потенциометра, например 2-3 в нашей схеме), можно будет

менять напряжение U на этом участке цепи (между точками 2-3).

Потенциометр отличается от реостата тремя выводами для подключения в цепь, а не двумя, как у реостата.

Ход второй части работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме (см. справа).

⚠ Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а потенциометр выведен на минимальное сопротивление (по схеме вправо).

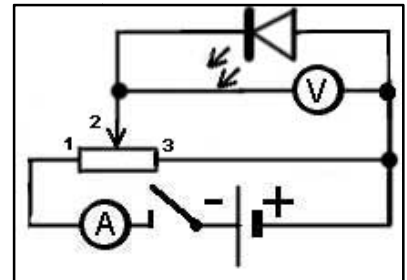
⚠ Обратите внимание, потребитель напряжения (светодиод) подключается всегда параллельно к регулятору напряжения.

2. Включите цепь и снимите показания приборов: амперметра и вольтметра.

3. Начните перемещать движок потенциометра по схеме влево. Следите за показаниями амперметра и вольтметра. Как они меняются? При каком напряжении загорелся светодиод? Запишите это значение в лист отчета.

4. Теперь начните перемещать движок потенциометра по схеме вправо. Следите за показаниями амперметра и вольтметра. Как они меняются? При каком напряжении погас светодиод? Запишите это значение в лист отчета.

5. Сделайте вывод о том, как зависит напряжение от сопротивления правой части потенциометра (участок 2-3). А также меняется ли заметным образом сила тока в цепи при изменении напряжения? Ответьте на контрольные вопросы.



Контрольные вопросы ко второй части:

1. Как можно увеличить (уменьшить) напряжение на участке цепи.
2. Для чего, например, бывает нужно менять напряжение?
3. Какими способами можно погасить светодиод?
4. В какую сторону надо переместить движок реостата (см. схему выше справа), чтобы увеличить напряжение?
5. В какую сторону надо переместить движок реостата (см. схему выше справа), чтобы зажечь светодиод?
6. В чем разница в подключении потребителей при регулировании силы тока и регулировании напряжения?

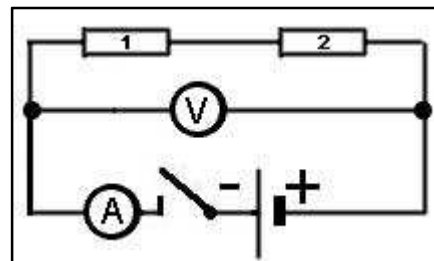
Л/р № 7. Деление напряжения с помощью последовательного соединения проводников.

Цель работы: Изучить законы последовательного соединения проводников. Научиться использовать последовательное соединение для деления напряжения.

Оборудование: Источник тока, набор резисторов, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Цепь постоянного тока описывается тремя величинами: силой тока I , напряжением U , сопротивлением R . Между собой они связаны законом Ома: $I = U/R$. А как быть, если цепь включает в себя несколько проводников?

Оказывается, это зависит от того, как эти проводники соединены между собой. В этой работе мы изучим, как связаны между собой в **последовательном** соединении сила тока I , напряжение U , сопротивление R каждого из участков с общими для всей цепи параметрами, а также научимся использовать эти знания для деления напряжения на части.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	0
I , (А)			
U , (В)			
R , (Ом)			

3. Измеряем напряжения. Включите цепь. Измерьте, прикасаясь проводами вольтметра к клеммам резисторов справа и слева, напряжение на первом, втором резисторах, а затем на обоих сразу. Выключите цепь. Запишите данные в соответствующие ячейки таблицы данные о напряжениях на отдельных участках и на всей цепи.

4. Измеряем силу тока. Включите цепь, снимите показания амперметра для всей цепи. Выключите цепь. Запишите силу тока I_0 в таблицу.

Переключите амперметр в разрыв между первым и вторым резисторами. Снова включите цепь и снимите показания амперметра. Выключите цепь, запишите в таблицу силу тока I_1 .

Теперь подключите амперметр после второго резистора. Снова включите цепь и снимите показания амперметра. Выключите цепь, запишите в таблицу силу тока I_2 .

5. По данным силы тока и напряжения подсчитайте значения сопротивлений для каждого из участков 1, 2, 0.

6. Сделайте вывод о связи каждой из трех величин в таблице:

Поставьте вместо многоточий соответствующие знаки:

$I_1 \dots I_2 \dots I_0$

$U_1 \dots U_2 \dots U_0$

$R_1 \dots R_2 \dots R_0$

Подсчитайте:

$U_1 / U_2 = \dots$

$R_1 / R_2 = \dots$

Сделайте вывод из этих подсчетов.

Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

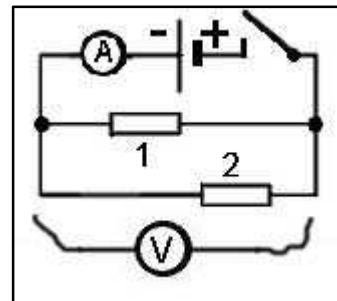
1. Для чего в схемах используют последовательные соединения проводников?
2. Два резистора 1 Ом и 10 Ом соединили последовательно и включили ток. Какая часть общего напряжения останется на меньшем резисторе? Какая часть от общего тока пройдет по резистору 1?
3. Как можно разделить напряжение ровно пополам? Начертите необходимую для этого схему. Можно ли таким способом соединения поделить на части ток?

Л/р № 8. Деление токов с помощью параллельного соединения проводников.

Цель работы: Изучить законы параллельного соединения проводников. Научиться использовать параллельное соединение для деления токов.

Оборудование: Источник тока, набор резисторов, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Цепь постоянного тока описывается тремя величинами: силой тока I , напряжением U , сопротивлением R . Между собой они связаны законом Ома: $I = U/R$. А как быть, если цепь включает в себя несколько проводников? Оказывается, это зависит от того, как эти проводники соединены между собой. В этой работе мы изучим, как связаны между собой в **параллельном** соединении сила тока I , напряжение U , сопротивление R каждого из участков с общими для всей цепи параметрами, а также научимся использовать эти знания для деления напряжения на части.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	0
$I, (A)$			
$U, (B)$			
$R, (Om)$			

3. Измеряем напряжения. Включите цепь. Измерьте, прикасаясь проводами вольтметра к клеммам резисторов справа и слева, напряжение на первом, втором резисторах, а затем на обоих сразу. Выключите цепь. Запишите данные в соответствующие ячейки таблицы данные о напряжениях на отдельных участках и на всей цепи.

4. Измеряем силу тока. Включите цепь, снимите показания амперметра для всей цепи. Выключите цепь. Запишите силу тока I_0 в таблицу.

Подключите амперметр к первому резистору. Снова включите цепь и снимите показания амперметра. Выключите цепь, запишите в таблицу силу тока I_1 .

Теперь подключите амперметр ко второму резистору. Снова включите цепь и снимите показания амперметра. Выключите цепь, запишите в таблицу силу тока I_2 .

5. По данным силы тока и напряжения подсчитайте значения сопротивлений для каждого из участков 1, 2, 0.

6. Сделайте вывод о связи каждой из трех величин в таблице:

Поставьте вместо многоточий соответствующие знаки:

$I_1 \dots I_2 \dots I_0$ $U_1 \dots U_2 \dots U_0$

Сравните между собой два числа:

$R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$ и R_0

Сделайте вывод из сравнения этих двух чисел.

Подсчитайте:

$I_1 / I_2 = \dots$

$R_1 / R_2 = \dots$

Сделайте вывод из этих подсчетов. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

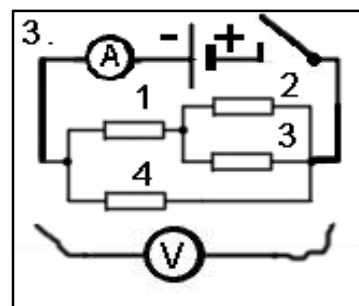
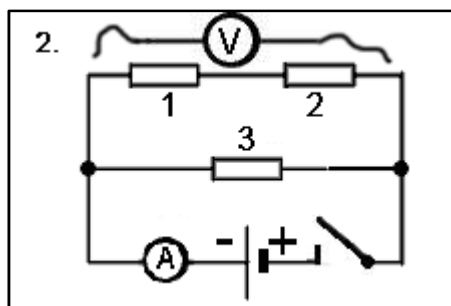
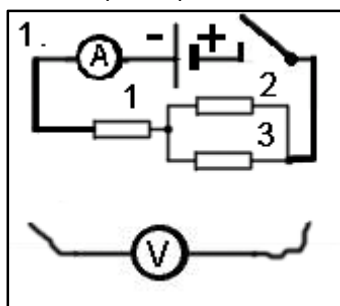
1. Для чего в схемах используют параллельные соединения проводников?
2. Два резистора 1 Ом и 10 Ом соединили параллельно и включили ток. Какая часть общего тока проходит через меньший резистор? Какая часть от общего напряжения останется на резисторе 1?
3. Как можно разделить ток ровно пополам? Начертите необходимую для этого схему. Можно ли таким способом соединения поделить на части напряжение?

Л/р № 9. Изучение смешанного соединения проводников.

Цель работы: Изучить законы смешанного соединения проводников.

Оборудование: Источник тока, набор резисторов, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Цепь постоянного тока описывается тремя величинами: силой тока I , напряжением U , сопротивлением R . Между собой они связаны законом Ома: $I = U/R$. А как быть, если цепь включает в себя несколько проводников? Оказывается, это зависит от того, как эти проводники соединены между собой. В этой работе мы потренируемся в расчете смешанного соединения проводников (и последовательного, и параллельного в одной цепи); посмотрим, как сила тока I , напряжение U , сопротивление R каждого из участков соотносится с общими для всей цепи параметрами.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по одной из схем по выбору учителя (см. выше). Ключ перед началом работы должен быть разомкнут.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов (мы даем таблицу для первой схемы; для других случаев таблицы ученики конструируют сами в зависимости от выбранной схемы соединения проводников):

	параллельно		последовательно		
№ п/п	2	3	23	1	0
I , (А)					
U , (В)					
R , (Ом)					

3. Измеряем напряжения. Включите цепь. Измерьте, прикасаясь проводами вольтметра к клеммам резисторов справа и слева, напряжение на каждом из резисторов, а также на концах групп резисторов и общее напряжение. Выключите цепь. Запишите данные в соответствующие ячейки таблицы данные о напряжениях на отдельных участках и на всей цепи.
4. Измеряем силу тока. Включите цепь, снимите показания амперметра для всей цепи. Выключите цепь. Запишите силу тока I_0 в таблицу. Измерьте силу тока, протекающую через каждый из резисторов, а также через группы резисторов. Выключите цепь, запишите данные в таблицу.
5. По данным силы тока и напряжения подсчитайте значения сопротивлений для каждого из участков.
6. Сделайте вывод о взаимосвязи каждой из трех величин в таблице (сила тока I , напряжение U , сопротивление R) на соответствующих участках: выполняются ли законы на участках параллельного и последовательного соединений при смешанном соединении проводников? Подтвердите свой вывод своими измерениями. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

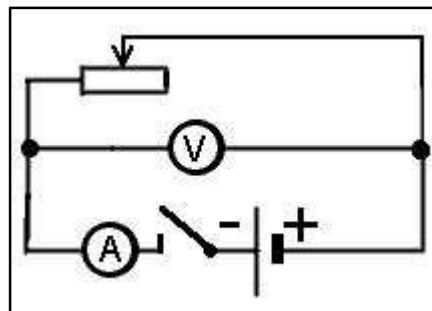
1. Какая схема подойдет для того, чтобы в резисторе получить половину тока и половину напряжения источника тока? Докажите формулами, что ваша схема верна.
2. Какая схема подойдет для того, чтобы на резисторе получить десятую часть мощности от потребляемой всей цепью? Докажите формулами, что ваша схема верна.

Л/р № 10. Исследование зависимости мощности источника тока от нагрузки.

Цель работы: Найти, как мощность P , выделяемая в нагрузке, зависит от сопротивления R .

Оборудование: Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Как известно мощность в нагрузке можно подсчитать тремя способами: $P = IU$; $P = I^2R$; $P = U^2/R$. Для практической работы удобнее первая формула: в ней содержатся величины, которые легко измерить на опыте амперметром (I) и вольтметром (U), ибо сопротивление R непосредственно измерить трудновато. Итак, меняя сопротивление цепи R , будем получать разные токи I и напряжения U , их произведение и будет мощностью P , которая как-то будет меняться при изменении сопротивления R (нагрузки на источник тока). Само сопротивление цепи R найдем по закону Ома для участка цепи: $R = U/I$. Откладывая по горизонтальной оси значения R , а по вертикальной оси значение P , получим нужный нам график зависимости $P(R)$, т.е. достигнем цели нашей работы.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
I , (А)								
U , (В)								
P , (Вт)								
R , (Ом)								

3. Приготовьтесь быстро снять показания амперметра и вольтметра. Еще раз проверьте положение реостата (он должен быть установлен на максимальное сопротивление). Включите на короткое время цепь и быстро снимите показания приборов. Выключите цепь. Запишите значения тока I и напряжения U в первый столбец таблицы.
4. Передвиньте движок реостата в сторону уменьшения сопротивления примерно на $1/8$ его рабочей длины. Замкните ключ, быстро снимите новые показания приборов, выключите цепь, запишите эти показания в соседний столбец таблицы.
5. Повторяйте пункт 4, каждый раз уменьшая сопротивление реостата на $1/8$, пока не останется последняя $1/8$ его длины. Старайтесь не включать цепь надолго, снимайте показания приборов как можно быстрее. Экономьте ресурс батареи! Это даст вам наилучший результат.
6. Зная силу тока I и напряжение U в каждом случае, подсчитайте значение мощности P и сопротивления реостата R , занесите эти данные в таблицу.
7. По полученным данным постройте график зависимости $P(R)$. По горизонтальной оси отложите сопротивление цепи R , а по вертикальной мощность тока P . Соедините точки графика плавной линией.

Примечание! Много лучше, если при построении графика вы учтете погрешности измерений и вместо точек на графике нанесете прямоугольники отклонений вокруг точек по оси R и по оси KPD (см. [инструкцию по вычислению погрешностей](#)) и с учетом ваших погрешностей сможете построить более точный вид графика. Эти отклонения могут быть рассчитаны следующим образом.

По горизонтальной оси R : так как $R = U/I$, то $\epsilon_R = \Delta U/U + \Delta I/I$, где ΔU равно половине цены

деления вольтметра, а ΔI - половине цены деления амперметра. Рассчитав ϵ_R для каждого R , находят среднее $\epsilon_{R\text{ ср}}$. Тогда отклонение от каждой точки графика по горизонтали будет

$\Delta R = \epsilon_{R\text{ ср}} \cdot R_{\text{ср}}$, где $R_{\text{ср}}$ надо найти как среднее сопротивление во всех ваших опытах.

По вертикальной оси: $P = IU$; тогда $\epsilon_P = \Delta U/U_{\text{ср}} + \Delta I/I_{\text{ср}}$, где $U_{\text{ср}}$ - среднее значение напряжения во всех ваших опытах, а $I_{\text{ср}}$ - среднее значение тока. Теперь $\Delta P = \epsilon_P \cdot P_{\text{ср}}$, где $P_{\text{ср}}$ - среднее значение P во всех ваших опытах.

8. Рассмотрите особенности полученной кривой. Сделайте подробный вывод, о характере полученной зависимости **$P(R)$** , используя знания об анализе функций из математики. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

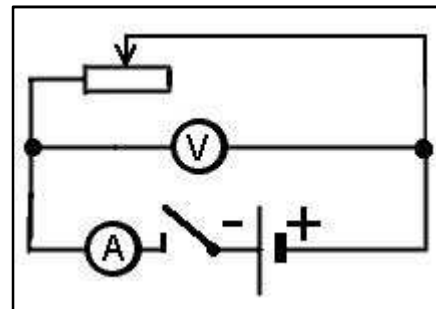
1. Зная, что **$P = I^2 R$** и **$I = \epsilon / (R + r)$** , выведите формулу зависимости **$P(R)$** .
2. Покажите, что полученный вами график полностью соответствует графику функции **$P(R) = aR / (R+b)^2$** , где **$a = \text{const}$** , **$b = \text{const}$** . Привлеките свои познания из математики.
3. Каков физический смысл констант **a** и **b** в предыдущем вопросе?
4. По уравнению найдите **$U_1 + I_1 r = U_5 + I_5 r$** внутреннее сопротивление **r** вашего источника тока.
4. Как добиться наибольшего значения мощности источника тока **P_{max}** ?

Л/р № 11. Исследование зависимости напряжения источника тока от нагрузки.

Цель работы: Найти, как напряжение U на зажимах реального источника тока зависит от сопротивления нагрузки R .

Оборудование: Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Меняя сопротивление цепи R (сопротивление реостата), измеряя при этом напряжение U , можно будет узнать, как напряжение U меняется при изменении сопротивления R (нагрузки на источник тока). Сопротивление цепи найдем по закону Ома для участка цепи: $R = U/I$. (Для этого нужно будет помимо напряжения U измерять и силу тока I .) Откладывая по горизонтальной оси значения R , а по вертикальной оси значения U , получим нужный нам график зависимости $U(R)$, т.е. достигнем цели нашей работы.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
I , (А)								
U , (В)								
R , (Ом)								

3. Приготовьтесь быстро снять показания амперметра и вольтметра. Еще раз проверьте положение реостата (он должен быть установлен на максимальное сопротивление). Включите на короткое время цепь и быстро снимите показания приборов. Выключите цепь. Запишите значения тока I и напряжения U в первый столбец таблицы.
4. Передвиньте движок реостата в сторону уменьшения сопротивления примерно на $1/8$ его рабочей длины. Замкните ключ, быстро снимите новые показания приборов, выключите цепь, запишите эти показания в соседний столбец таблицы.
5. Повторяйте пункт 4, каждый раз уменьшая сопротивление реостата на $1/8$, пока не останется последняя $1/8$ его длины. Старайтесь не включать цепь надолго, снимайте показания приборов как можно быстрее. Экономьте ресурс батареи особенно на последних этапах измерений! Это даст вам наилучший результат.
6. Зная силу тока I и напряжение U в каждом случае, подсчитайте значение сопротивления реостата R , занесите эти данные в таблицу.
7. По полученным данным постройте график зависимости $U(R)$. По горизонтальной оси отложите сопротивление цепи R , а по вертикальной напряжение U . Соедините точки графика плавной линией.

Примечание! Много лучше, если при построении графика вы учтете погрешности измерений и вместо точек на графике нанесете прямоугольники отклонений вокруг точек по оси R и по оси U (см. [инструкцию по вычислению погрешностей](#)) и с учетом ваших погрешностей сможете построить более точный вид графика. Эти отклонения могут быть рассчитаны следующим образом.

По горизонтальной оси R : так как $R = U/I$, то $\epsilon_R = \Delta U/U + \Delta I/I$, где ΔU равно половине цены деления вольтметра, а ΔI - половине цены деления амперметра. Рассчитав ϵ_R для каждого R , находят среднее $\epsilon_{R\text{ ср}}$. Тогда отклонение от каждой точки графика по горизонтали будет $\Delta R = \epsilon_{R\text{ ср}} \cdot R_{\text{ср}}$, где $R_{\text{ср}}$ надо найти как среднее сопротивление во всех ваших опытах. По вертикальной оси: ΔU равно половине цены деления вольтметра.

8. Рассмотрите особенности полученной кривой. Сделайте подробный вывод, о характере полученной зависимости, используя знания об анализе функций из математики. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

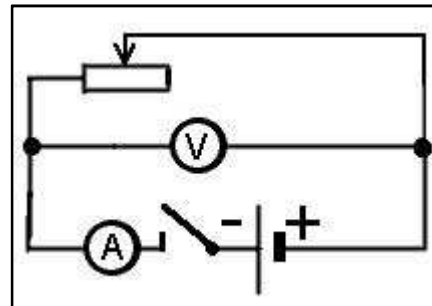
1. Зная, что $U = IR$ и $I = \mathcal{E}/(R + r)$, выведите формулу зависимости $U(R)$.
2. Покажите, что полученный вами график полностью соответствует графику функции $U(R) = R \cdot \mathcal{E}/(R + r)$. Привлеките свои познания из математики.
3. Каков физический смысл асимптоты вашего графика?
4. Как добиться наибольшего напряжения $U_{\max}$ на зажимах источника тока. Каково значение $\mathcal{E}$ вашего источника тока.
5. Найдите внутреннее сопротивление r вашего источника тока.

Л/р № 12. Исследование зависимости силы тока источника от нагрузки.

Цель работы: Найти, как сила тока реального источника тока **I** зависит от сопротивления нагрузки **R**.

Оборудование: Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Меняя сопротивление цепи **R** (сопротивление реостата), измеряя при этом напряжение **U** и силу тока **I** в цепи, можно будет узнать, как сила тока **I** меняется при изменении сопротивления **R** (нагрузки на источник тока). Сопротивление цепи найдем по закону Ома для участка цепи: $R = U/I$. Откладывая по горизонтальной оси значения **R**, а по вертикальной оси значения **I**, получим нужный нам график зависимости **I(R)**, т.е. достигнем цели нашей работы.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
I, (A)								
U, (В)								
R, (Ом)								

3. Приготовьтесь быстро снять показания амперметра и вольтметра. Еще раз проверьте положение реостата (он должен быть установлен на максимальное сопротивление). Включите на короткое время цепь и быстро снимите показания приборов. Выключите цепь. Запишите значения тока **I** и напряжения **U** в первый столбец таблицы.
4. Передвиньте движок реостата в сторону уменьшения сопротивления примерно на 1/8 его рабочей длины. Замкните ключ, быстро снимите новые показания приборов, выключите цепь, запишите эти показания в соседний столбец таблицы.
5. Повторяйте пункт 4, каждый раз уменьшая сопротивление реостата на 1/8, пока не останется последняя 1/8 его длины. Старайтесь не включать цепь надолго, снимайте показания приборов как можно быстрее. Экономьте ресурс батареи особенно на последних этапах измерений! Это даст вам наилучший результат.
6. Зная силу тока **I** и напряжение **U** в каждом случае, подсчитайте значение сопротивления реостата **R**, занесите эти данные в таблицу.
7. По полученным данным постройте график зависимости **I(R)**. По горизонтальной оси отложите сопротивление цепи **R**, а по вертикальной силу тока **I**. Соедините точки графика плавной линией.

Примечание! Много лучше, если при построении графика вы учтете погрешности измерений и вместо точек на графике нанесете прямоугольники отклонений вокруг точек по оси **R** и по оси **I** (см. [инструкцию по вычислению погрешностей](#)) и с учетом ваших погрешностей сможете построить более точный вид графика.

Эти отклонения могут быть рассчитаны следующим образом.

По горизонтальной оси **R**: так как $R = U/I$, то $\epsilon_R = \Delta U/U + \Delta I/I$, где ΔU равно половине цены деления вольтметра, а ΔI - половине цены деления амперметра. Рассчитав ϵ_R для каждого **R**, находят среднее $\epsilon_{R\text{ ср}}$. Тогда отклонение от каждой точки графика по горизонтали будет $\Delta R = \epsilon_{R\text{ ср}} \cdot R_{\text{ср}}$, где $R_{\text{ср}}$ надо найти как среднее сопротивление во всех ваших опытах.

По вертикальной оси: ΔI равно половине цены деления амперметра.

8. Рассмотрите особенности полученной кривой. Сделайте подробный вывод, о характере полученной зависимости, используя знания об анализе функций из математики. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Покажите, что полученный вами график полностью соответствует графику функции $I(R) = \mathcal{E}/(R + r)$. Привлеките свои познания из математики.
2. Как добиться максимального значения силы тока $I_{\max}$? Каково значение тока при коротком замыкании вашего источника тока $I_{\text{кз}}$?
3. Каков физический смысл асимптоты вашего графика?
4. Каково значение $\mathcal{E}$ вашего источника тока.
5. Найдите внутреннее сопротивление r вашего источника тока.

Л/р № 13. Исследование зависимости КПД источника тока от нагрузки.

Цель работы: Найти, как **КПД** источника тока зависит от сопротивления нагрузки **R**.

Оборудование: Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Как известно КПД источника тока можно подсчитать так: **КПД = $P_{\text{полезн}}/P_{\text{затр}}$** . Мощность **$P = IU$** . Полезная мощность - это мощность, выделяющаяся при нагревании током реостата сопротивлением **R**: **$P_{\text{полезн}} = I^2 R$** . Затраченная мощность - это мощность, выделяющаяся во всех элементах цепи, включая внутреннее сопротивление источника тока **r**: **$P_{\text{затр}} = I^2 (R + r)$** . Тогда **КПД = $U/\mathcal{E}$** .

Меняя сопротивление цепи **R** (сопротивление реостата), измеряя при этом напряжение **U** и силу тока **I** в цепи, можно будет узнать, как **КПД** меняется при изменении сопротивления **R** (нагрузки на источник тока).

ЭДС **$\mathcal{E}$** источника тока найдем, используя пару, найденных нами в ходе работы, значений тока и напряжения. Лучше брать неблизкие значения, например:

$$\begin{cases} U_1 + I_1 r_{\text{вн}} = \mathcal{E} \\ U_5 + I_5 r_{\text{вн}} = \mathcal{E} \end{cases}; \text{Взяв еще одну пару уравнений,} \quad \begin{cases} U_2 + I_2 r_{\text{вн}} = \mathcal{E} \\ U_6 + I_6 r_{\text{вн}} = \mathcal{E} \end{cases};$$

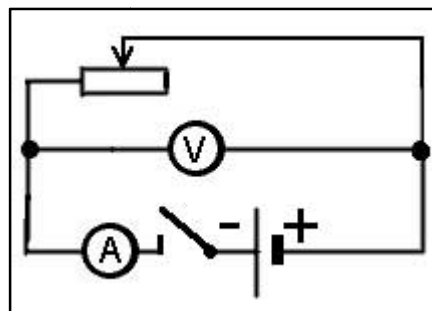
можно будет найти еще одно значение **$\mathcal{E}$** и **r**:

а по ним вычислить средние значения **$\mathcal{E}_{\text{ср}}$** и **$\Delta \mathcal{E}_{\text{ср}}$** , что даст большую точность:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)/2; \Delta \mathcal{E}_{\text{ср}} = (|\mathcal{E}_{\text{ср}} - \mathcal{E}_1| + |\mathcal{E}_{\text{ср}} - \mathcal{E}_2|)/2.$$

Сопротивление цепи найдем по закону Ома для участка цепи: **$R = U/I$** .

Откладывая по горизонтальной оси значения **R**, а по вертикальной оси значения **КПД**, получим нужный нам график зависимости **КПД(R)**, т.е. достигнем цели нашей работы.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
I, (A)								
U, (В)								
R, (Ом)								
$\mathcal{E}_{\text{ср}}$, (В)								
КПД, (%)								

3. Приготовьтесь быстро снять показания амперметра и вольтметра. Еще раз проверьте положение реостата (он должен быть установлен на максимальное сопротивление). Включите на короткое время цепь и быстро снимите показания приборов. Выключите цепь. Запишите значения тока **I** и напряжения **U** в первый столбец таблицы.
4. Передвиньте движок реостата в сторону уменьшения сопротивления примерно на 1/8 его рабочей длины. Замкните ключ, быстро снимите новые показания приборов, выключите цепь, запишите эти показания в соседний столбец таблицы.
5. Повторяйте пункт 4, каждый раз уменьшая сопротивление реостата на 1/8, пока не останется последняя 1/8 его длины. Старайтесь не включать цепь надолго, снимайте показания приборов как можно быстрее. Экономьте ресурс батареи особенно на последних этапах измерений! Это даст вам наилучший результат.

6. Зная силу тока **I** и напряжение **U** в каждом случае, подсчитайте значение сопротивления реостата **R**, значение ЭДС **ε** вашего источника тока, рассчитайте значение **КПД**, занесите эти данные в таблицу.

7. По полученным данным постройте график зависимости **КПД(R)**. По горизонтальной оси отложите сопротивление цепи **R**, а по вертикальной **КПД**. Соедините точки графика плавной линией.

Примечание! Много лучше, если при построении графика вы учтете погрешности измерений и вместо точек на графике нанесете прямоугольники отклонений вокруг точек по оси **R** и по оси **КПД** (см. инструкцию по вычислению погрешностей) и с учетом ваших погрешностей сможете построить более точный вид графика. Эти отклонения могут быть рассчитаны следующим образом.

По горизонтальной оси **R**: так как $R = U/I$, то $\epsilon_R = \Delta U/U + \Delta I/I$, где ΔU равно половине цены деления вольтметра, а ΔI - половине цены деления амперметра. Рассчитав ϵ_R для каждого **R**, находят среднее $\epsilon_{R\text{ ср}}$. Тогда отклонение от каждой точки графика по горизонтали будет $\Delta R = \epsilon_{R\text{ ср}} \cdot R_{\text{ср}}$, где $R_{\text{ср}}$ надо найти как среднее сопротивление во всех ваших опытах.

По вертикальной оси: $\text{КПД} = U/\epsilon$; тогда $\epsilon_{\text{КПД}} = \Delta U/U_{\text{ср}} + \Delta \epsilon_{\text{ср}}/\epsilon_{\text{ср}}$, где $U_{\text{ср}}$ среднее напряжение в вашей цепи за время всех опытов. Теперь $\Delta \text{КПД} = \epsilon_{\text{КПД}} \cdot \text{КПД}_{\text{ср}}$, где $\text{КПД}_{\text{ср}}$ - среднее значение КПД во всех ваших опытах.

8. Рассмотрите особенности полученной кривой. Сделайте подробный вывод, о характере полученной зависимости, используя знания об анализе функций из математики. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Покажите, что полученный вами график полностью соответствует графику функции **КПД(R) = R/(R + r)**. Привлеките свои познания из математики.
2. Каков физический смысл асимптоты вашего графика?
3. Начертите график зависимости **КПД** источника тока от силы тока **I**, используя ваши данные. В какую точку упирается график **КПД(I)** по оси **I**?
4. Каков **КПД** вашего источника тока при коротком замыкании?
5. Как добиться максимального **КПД_{max} = 100%**?

Л/р № 14. Исследование работы источника тока в зависимости от нагрузки.

Цель работы: Определить статические параметры источника тока электродвижущую силу $\mathcal{E}$ и внутреннее сопротивление r , а также как зависят основные характеристики электрической цепи (напряжение U , сила тока I , полезная мощность P , коэффициент полезного действия η) от сопротивления нагрузки R , чтобы определить оптимальное значение нагрузки R источника тока.

Оборудование: Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Вводная часть: Величины, характеризующие работу источника тока делятся на статические и динамические. Знание характера поведения этих величин позволяет разумно использовать ресурсы источников тока. Познакомимся с ними в теории и на практике, чтобы в итоге работы иметь возможность сформулировать, какова **оптимальная нагрузка** на источник тока. Статические параметры не меняются при изменении нагрузки. К ним относятся электродвижущая сила $\mathcal{E}$ и внутреннее сопротивление r источника. Для химических источников они лишь немного меняются со временем ($\mathcal{E}$ - падает, r - увеличивается).

Динамические, напротив, сильно зависят от нагрузки. К ним относятся сила тока I , напряжение U , полезная мощность P , коэффициент полезного действия η и др.

Статические характеристики наряду с нагрузкой R определяют поведение динамических, поэтому $\mathcal{E}$ и r считают главными характеристиками источника тока.

Наша задача узнать эти характеристики и увидеть, как они зависят от сопротивления нагрузки.

На практике самые легко измеряемые параметры электрической цепи напряжение U (с помощью вольтметра) и сила тока I (с помощью амперметра).

Измерив их, мы легко определим остальные.

Мощность $P = IU$.

Сопротивление $R = U/I$.

Коэффициент полезного действия $\eta = U/\mathcal{E}$.

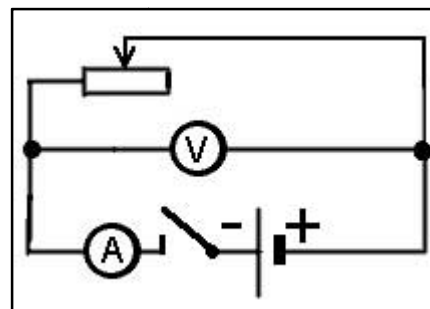
ЭДС $\mathcal{E}$ и внутреннее сопротивление r источника найдем, используя пару, измеренных нами в ходе работы, значений тока и напряжения. Лучше брать неблизкие значения, например:

$$\begin{cases} U_1 + I_1 r = \mathcal{E} \\ U_5 + I_5 r = \mathcal{E} \end{cases}; \text{Взяв еще два уравнения,} \quad \text{можно будет найти еще пару значений } \mathcal{E} \text{ и } r: \begin{cases} U_2 + I_2 r = \mathcal{E} \\ U_6 + I_6 r = \mathcal{E} \end{cases};$$

а по ним вычислить средние значения $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ и $r_{\text{ср}}$, что даст большую точность:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = (\mathcal{E}_I + \mathcal{E}_{II})/2; \quad r_{\text{ср}} = (r_I + r_{II})/2.$$

Откладывая по горизонтальной оси значения R , а по вертикальной оси значения I , U , P , η (в соответствующем масштабе), получим нужные нам графики зависимостей, а по ним определим оптимальные нагрузки R для источника тока.



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме. Ключ перед началом работы должен быть разомкнут, а реостат выведен на максимальное сопротивление.
2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
I, (A)								
U, (В)								
R, (Ом)								
$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ (В)								
$r_{\text{ср}}$ (Ом)								
P, (Вт)								
η, (%)								

3. Приготовьтесь быстро снять показания амперметра и вольтметра. Еще раз проверьте положение реостата (он должен быть установлен на максимальное сопротивление). Включите на короткое время цепь и быстро снимите показания приборов. Выключите цепь. Запишите значения тока **I** и напряжения **U** в первый столбец таблицы.
4. Передвиньте движок реостата в сторону уменьшения сопротивления примерно на 1/8 его рабочей длины. Замкните ключ, быстро снимите новые показания приборов, выключите цепь, запишите эти показания в соседний столбец таблицы.
5. Повторяйте пункт 4, каждый раз уменьшая сопротивление реостата на 1/8, пока не останется последняя 1/8 его длины. Старайтесь не включать цепь надолго, снимайте показания приборов как можно быстрее. Экономьте ресурс батареи особенно на последних этапах измерений! Это даст вам наилучший результат.
6. Зная силу тока **I** и напряжение **U** в каждом случае, подсчитайте значение сопротивления реостата **R**, значение ЭДС **E** и внутреннего сопротивления **r** вашего источника тока, рассчитайте значение мощности **P**, КПД η и занесите эти данные в таблицу.
7. По полученным данным постройте графики зависимостей, расположив их по вертикали один строго под другим, для возможности сравнения их друг с другом. По горизонтальной оси отложите сопротивление цепи **R** (строго в одном масштабе), а по вертикальной оси значения **I**, **U**, **P**, η (в соответствующем масштабе). С первого до последнего графика проведите сквозной вертикальный пунктир, проходящий через важное значение **R = r_{ср}**.
8. Рассмотрите особенности полученных кривых. Сделайте подробный вывод, о характере каждой из полученных зависимостей, используя знания об анализе функций из математики, а также о совокупности графиков. Запишите в выводе и значения полученных вами ЭДС **E** и внутреннего сопротивления **r** вашего источника тока. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. При каком значении нагрузки **R** достигается наибольший ток **I** в нагрузке? Каковы при этом значения других параметров **U**, **P**, η ? Насколько выгодно эксплуатировать источник тока в таком режиме?
2. При каком значении нагрузки **R** достигается наибольшее напряжение **U** на нагрузке? Каковы при этом значения других параметров **I**, **P**, η ? Насколько выгодно эксплуатировать источник тока в таком режиме?
3. При каком значении нагрузки **R** достигается наибольшая мощность **P** в нагрузке? Каковы при этом значения других параметров **I**, **U**, η ? Насколько выгодно эксплуатировать источник тока в таком режиме?
4. При каком значении нагрузки **R** достигается наибольший КПД η источника тока? Каковы при этом значения других параметров **I**, **U**, **P**? Насколько выгодно эксплуатировать источник тока в таком режиме?
5. Сравните между собой ответы на предыдущие 4 вопроса. Какое значение нагрузки **R** является самым оптимальным для работы вашего источника тока?

Л/р № 15. Исследование фоторезистора.

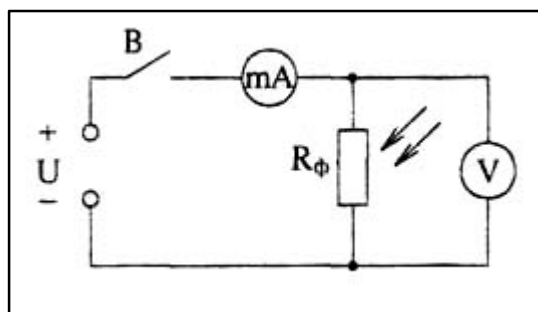
Цель работы: Исследовать зависимость сопротивления полупроводника от освещенности.

Оборудование: источник тока, вольтметр, миллиамперметр, соединительные провода, ключ, фоторезистор, светодиод, источник света – лампа 40... 60 Вт.

Вводная часть: Исследование зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности проводят на качественном уровне, наблюдая за изменением тока в цепи при изменении светового потока, проникающего в окно фоторезистора.

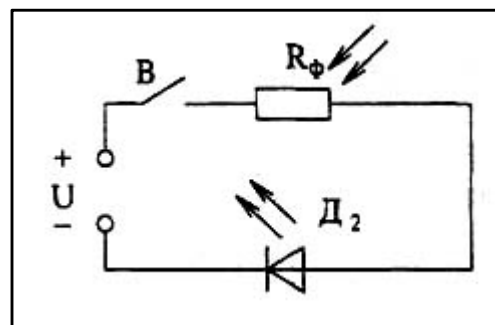
Ход работы:

1. Соберите схему, показанную на верхнем рисунке. Миллиамперметр включите на измерение тока в пределах 0 - 5 мА. Осветите фоторезистор лампой. Замкните ключ и заметьте показание миллиамперметра. Затем окно фоторезистора частично перекройте листочком черной бумаги. Поскольку приложенное к фоторезистору напряжение в ходе опыта не меняется (его постоянство контролируется по вольтметру), можно сделать вывод о том, что изменение тока происходит из-за изменения сопротивления фоторезистора.
2. Подвигайте листик черной бумаги, перекрывая то большую, то меньшую площадь фоторезистора. Сделайте вывод о том, как освещенность фоторезистора зависит от его освещенности. Запишите в отчет, что вы делали и как сопротивление фоторезистора зависит от его освещенности.
3. Исследуйте зависимость фототока от расстояния до источника света. Для этого измеряйте силу тока, изменяя расстояние от источника света до фоторезистора. Полученные данные занесите в таблицу.



№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
l , см								
I , (A)								

4. Постройте график зависимости силы тока от расстояния. Сделайте вывод об изменении сопротивления полупроводника при различной освещенности, запишите свой вывод в отчет.
5. Чтобы проиллюстрировать применение фоторезистора для управления режимом работы устройства, собирают цепь, схема которой показана на нижнем рисунке. В качестве управляемого устройства используем светодиод. Осветите фоторезистор лампой. Замкните ключ и следите за яркостью свечения светодиода при открытом и закрытом окне фоторезистора.
6. Сделайте вывод о возможности использования фоторезисторов для контроля за освещенностью объектов.



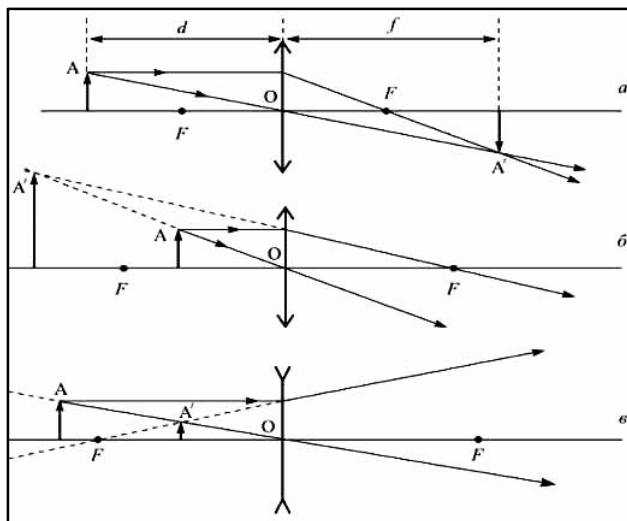
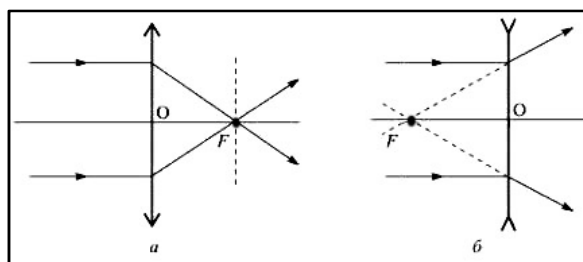
Контрольные вопросы:

1. Объясните подробно и ясно, почему при изменении освещенности фоторезистора его сопротивление изменяется.
2. Объясните подробно и ясно, почему светодиод гаснет при уменьшении освещенности фоторезистора в схеме на нижнем рисунке.
3. Начертите схему, в которой при уменьшении освещенности фоторезистора светодиод начинал светиться.
4. Где можно применить схему из контрольного вопроса №3?

Л/р № 16. Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз.

Цель работы: Определить фокусное расстояние собирающей и рассеивающей линз.

Оборудование: лента измерительная, источник тока, лампочка на подставке, выключатель, провода соединительные, экран белый со щелью, линза собирающая, линза рассеивающая.



Вводная часть: Расстояние, на котором от центра линзы (собирающей /а/ или рассеивающей /б/) сходятся в одну точку лучи (или их обратные продолжения), идущие параллельно главной оптической оси линзы, называется фокусом линзы **F** (см. рис. справа). Величина обратная фокусу линзы называется оптической силой линзы **D = 1/F**, она показывает, насколько сильно линза преломляет лучи света. Эти две взаимосвязанные величины являются главными характеристиками линзы. Их надо уметь измерять, а зная, уметь использовать линзы с разным фокусным расстоянием для решения практических задач, построения изображений в линзах

(см. рис. слева).

Три важных для линзы расстояния (см. рис. "а" слева): от предмета до линзы **d**, от линзы до изображения **f**, фокусное расстояние **F** связаны между собой воедино формулой тонкой линзы **1/F = 1/d + 1/f (1)**.

Это позволяет, измерив на опыте два расстояния **d** и **f**, для любой собирающей линзы быстро определить ее фокусное расстояние **F**. Это и будет нашей целью первой нашей части работы.

Ход работы:

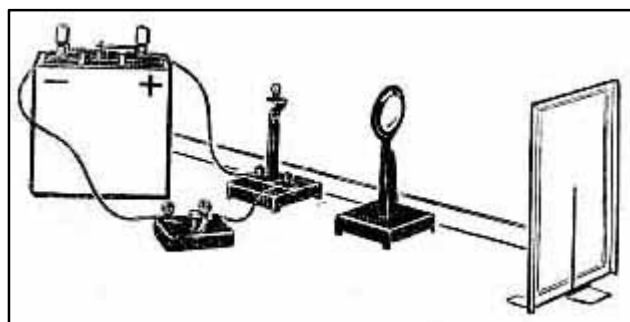
ЧАСТЬ I. Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

1. Составьте электрическую цепь из лампочки, аккумуляторной батареи и выключателя (см. рис. справа). Лампочку и экран расставляют на противоположных концах стола, а между ними помещают двояковыпуклую линзу. Зажигают лампочку и передвигают линзу вдоль линейки, пока на экране не будет получено резкое изображение накаленной нити лампочки.

Для линзы можно найти два таких положения.

Найдя одно из них, расположенное, например, ближе к лампочке, передвигают линзу к экрану и находят для нее второе положение, при котором на экране вновь появляется резкое изображение нити лампочки. Измеряют расстояния от лампочки до линзы и от линзы до экрана в каждом из двух опытов. Воспользовавшись полученными данными, вычисляем главное фокусное расстояние по формуле **(1)**.

2. Начертите в отчетном листе таблицу для записи результатов и занесите туда найденные вами величины:



№ п/п	1	2
d, (м)		
f, (м)		
F, (м)		

3. Из двух значений **F** найдите среднее, а затем среднее отклонение ΔF . Запишите результат для собирающей линзы в виде: $F = F_{cp} \pm \Delta F$.

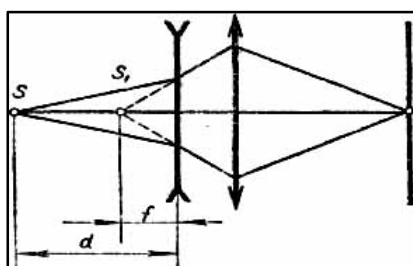
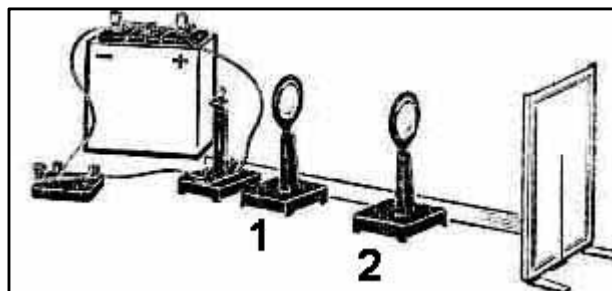
4. Есть и другой способ определить фокусное расстояние линзы, причем гораздо более быстрый. Правда менее точный и годится он только для собирающих линз.

Нам известно, что параллельные лучи всегда сходятся в фокальной плоскости собирающей линзы. Поставьте экран и линзу так, чтобы свет от окна падал сквозь линзу на экран. Подвигайте линзу вдоль линии экран-окно и получите четкое изображение окна или лучше более удаленных предметов за окном. Если предмет очень далек (в сравнении с фокусом линзы), то лучи, идущие от него можно считать параллельными. Тогда четкое изображение окна (или предметов за окном) будут находиться в фокальной плоскости линзы (см. самый верхний рисунок "а"). Остается только измерить расстояние от линзы до экрана, и мы получим фокусное расстояние линзы, тем точнее, чем более удаленный предмет мы возьмем. Сравните полученное вами значение **F** с тем, которое вы получили ранее в п.3. Сделайте вывод. Такой способ быстрого определения **F** нам пригодится еще не раз! **Запомните его.**

ЧАСТЬ II. Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы.

Вследствие того что рассеивающая линза образует только мнимые изображения, положения которых нельзя определить непосредственно при помощи экрана, целесообразно прибегнуть к косвенному методу при определении ее фокусного расстояния, применив собирающую линзу.

1. Вдоль линейки между горящей лампочкой и экраном установите рассеивающую линзу (1), а между нею и экраном — короткофокусную собирающую линзу (2) (см. рис. справа). Передвигая собирающую линзу и экран, добейтесь получения на экране резкого изображения нити лампочки. Ход лучей показан на рисунке слева.



2. После этого лентой измерьте расстояние **d** от рассеивающей линзы до лампочки. Затем отметьте на линейке место расположения рассеивающей линзы и уберите ее. Не трогая ни в коем случае собирающую линзу и экран, придвиньте лампочку по направлению к собирающей линзе, пока на экране вновь не появится резкое изображение нити. Это, очевидно, будет в том случае, когда лампочка попадет в точку **S₁**, т. е. на место мнимого изображения, полученного в рассеивающей линзе.

Измерьте расстояние **f** от места, где была рассеивающая линза, до лампочки и определите главное фокусное расстояние по формуле линзы (**1**). Расстояние **f** надо считать здесь отрицательным, как это есть расстояние от мнимого изображения до линзы.

3. Повторите опыт два раза для достижения точности результата. Данные запишите в таблицу:

№ п/п	1	2
d, (м)		
f, (м)		
F, (м)		

4. Из двух значений **F** найдите среднее, а затем среднее отклонение ΔF . Запишите результат для рассеивающей линзы в виде: $F = F_{cp} \pm \Delta F$.

Контрольные вопросы:

1. Как быстро определить, какая из двух собирающих линз сильнее?
2. Почему нельзя использовать способ быстрого измерения фокусного расстояния (п. 4, ЧАСТЬ I) для рассеивающей линзы?
3. С каким фокусным расстоянием - большим или малым - вы возьмете собирающую линзу, чтобы сквозь нее хорошо рассмотреть очень мелкий предмет? Ответ поясните с помощью одного из верхних рисунков слева.
4. С каким фокусным расстоянием - большим или малым - вы возьмете рассеивающую линзу, чтобы сквозь нее хорошо рассмотреть очень мелкий предмет? Ответ поясните с помощью одного из верхних рисунков слева.

Л/р № 17. Сборка модели телескопа.

Цель работы: С помощью двух собирающих линз изготовить устройство для удаленных предметов и измерить его угловое увеличение.

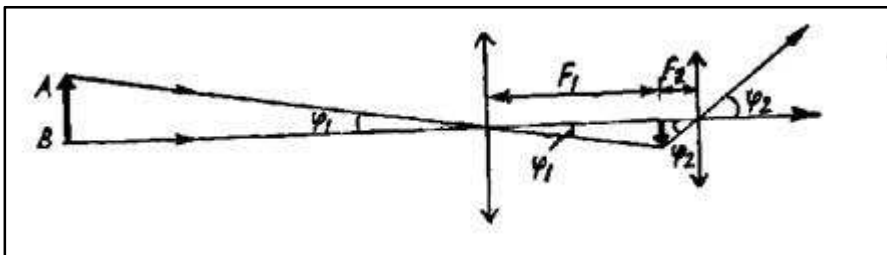
Оборудование: Оптическая скамья, рейтер (2шт.), линза собирающая длиннофокусная, линза собирающая короткофокусная, рассеивающая линза, экран, линейка.

Вводная часть: Разрешающая способность нормального человеческого глаза равна примерно 1 угловой минуте. Это значит, что две светящиеся точки, находящиеся на угловом расстоянии менее одной угловой минуты воспринимаются человеческим глазом как одна светящаяся точка. Получить необходимое увеличение с помощью одной линзы не удастся ибо, чтобы получить увеличенное изображение удаленного (и часто недоступного предмета) необходимо поместить его между фокусом и двойным фокусным расстоянием линзы (при этом изображение получается за двойным фокусным расстоянием!), либо ближе фокуса (если применить линзу как лупу). Как вы себе это представляете при желании рассмотреть подробно поверхность Луны?!



Здесь поможет только система из нескольких линз. Телескоп (от др.-греч. τηλε [tele] — далеко + σκοπέω [skopeo] — смотрю) — прибор, предназначенный для наблюдения небесных тел. Самые первые чертежи простейшего линзового телескопа были обнаружены ещё в записях Леонардо Да Винчи датируемых 1509-м годом. Сохранилась его запись: «Сделай стекла, чтобы смотреть на полную Луну» («Атлантический кодекс»).

Для того, чтобы иметь возможность видеть мелкие детали, находящиеся друг от друга на угловых расстояниях меньше одной минуты, применяют оптические приборы, увеличивающие угол зрения на рассматриваемый предмет. Для рассмотрения удаленных предметов применяют телескопы, где первая линза - объектив, дает действительное, уменьшенное и обратное изображение предмета, так как предмет всегда находится намного дальше двойного фокусного расстояния объектива; окуляр - вторая линза, играет роль лупы, через которую рассматривают уменьшенное изображение, но уже под большим углом. Первая из них длиннофокусная, другая короткофокусная.



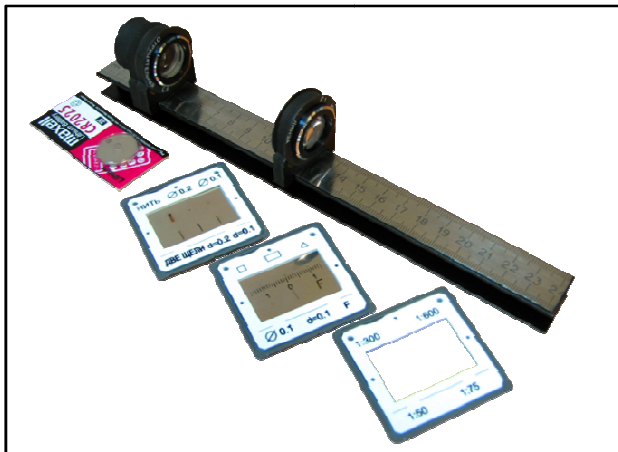
Объектив создает в фокальной плоскости действительное уменьшенное изображение далекого предмета (сводит практически параллельные лучи от удаленного предмета в точку). Окуляр расположен от фокальной плоскости объектива на расстоянии, равном фокусному расстоянию окуляра. Поэтому параллельный пучок света, сфокусированный объективом телескопа, превращается окуляром вновь в параллельный пучок. Выйдя из окуляра, параллельный пучок света фокусируется оптической системой глаза в изображение на поверхности ее сетчатки. Если далекий предмет АВ без применения телескопа виден под углом φ_1 , то после прохождения оптической системы телескопа угол зрения φ_2 на этот предмет (его изображение) для наблюдателя становится значительно большим (см. рис слева). Как следует из хода лучей в телескопе, представленном на рисунке, увеличение телескопа равно

$$\Gamma = F_1/F_2.$$

Вместо короткофокусной собирающей линзы-окуляра можно использовать и рассеивающую линзу. Поскольку ее фокус мнимый ($F_2 < 0$), то ее устанавливают не дальше, а наоборот ближе к объективу на величину F_2 от фокальной плоскости объектива.

Ход работы:

1. Определите фокусные расстояния каждой собирающей линзы, фокусируя на поверхность экрана изображение удаленного источника света (лампы на потолке, солнца, окна и т.п.).
2. Зная фокусные расстояния, начертите в правильном масштабе ход лучей и постройте изображение, получаемое в "телескопе".
3. Установите на оптической скамье с помощью рейтеров две собирающие линзы. Линзу с меньшим фокусным расстоянием (окуляр), поместите у самого края скамьи так, чтобы удобно было приблизить скамью окуляром к глазу. Вторую собирающую линзу (объектив) установите от окуляра на расстоянии $L = F_1 + F_2$.
4. Установите линейку на одном краю стола, а оптическую скамью - на другом. Наблюдайте линейку одним глазом через модель телескопа, а другим - ту же линейку невооруженным глазом. Прикиньте, сколько примерно см обычной линейки укладывается в 1 см увеличенного прибором изображения.



5. Определите увеличение модели телескопа путем расчетов и телескопа экспериментально и сравните их. Вычислите среднее между ними и среднее отклонение. Запишите ваши расчеты в лист отчета, а в качестве вывода результат в виде:

$$\Gamma = \Gamma_{\text{ср}} \pm \Delta \Gamma_{\text{ср}}$$

6. Составьте в листе отчета самостоятельно схему хода лучей при использовании рассеивающей линзы в качестве окуляра.
7. Замените линзу окуляра на рассеивающую. Медленно приблизьте к ней линзу объектива (на расстояние $L = F_1 - F_2$) так, чтобы через "телескоп" вновь видеть четкое увеличенное

изображение линейки. Прикиньте примерно увеличение новой модели телескопа, как вы это делали в п.4. Результат запишите в отчет.

Контрольные вопросы:

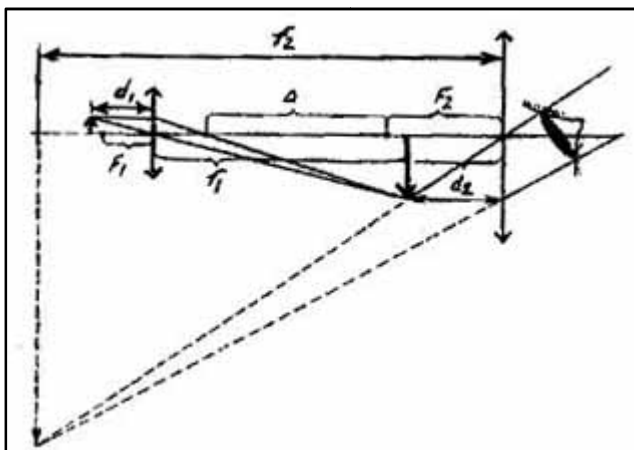
1. Как увеличение вашего "телескопа" можно было бы сделать больше? Ответ пояснить.
2. Почему в обычный телескоп категорически запрещено смотреть на Солнце?
3. Известно, что телескоп с рассеивающей линзой отличается в лучшую сторону от телескопа с собирающей, например, меньшими искажениями изображения, особенно на краях. А чем еще выгоднее телескоп (или подзорная труба) с рассеивающей линзой?

Л/р № 18. Сборка модели микроскопа.

Цель работы: С помощью двух собирающих линз изготовить устройство для наблюдения мелких предметов и измерить его угловое увеличение.

Оборудование: оптическая скамья, рейтер (2 шт.), источник света, длиннофокусная собирающая линза, короткофокусная собирающая линза, слайд рамка, пенал, соединительные провода, источник тока, лампа, линейка с миллиметровыми делениями.

Вводная часть: Оптический прибор, служащий для рассматривания близких малых предметов, носит название лупы или микроскопа.



Лупа представляет собой собирающую линзу, помещенную относительно предмета так, что на расстоянии наилучшего зрения (для нормального глаза оно равно 25 см) получается его прямое увеличенное и мнимое изображение. Ясно, что самому предмету, поставленному на такое же расстояние, соответствовал бы меньший угол зрения. В микроскопе увеличенное действительное изображение весьма малого предмета, полученное с помощью объектива, рассматривается через окуляр как через лупу. В качестве объектива и окуляра используются собирающие линзы. При

рассмотрении малых предметов с помощью микроскопа можно получить большое увеличение. Увеличение микроскопа Γ равно произведению увеличения объектива Γ_1 и увеличения окуляра Γ_2 :

$$\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2, \text{ где } \Gamma_1 = f_1/d_1, \Gamma_2 = f_2/d_2.$$

Ход лучей в микроскопе показан на рис. справа. Предмет помещают на расстоянии d_1 , немного большем фокусного расстояния F_1 первой линзы-объектива, поэтому $d_1 \approx F_1$. Действительное обратное увеличенное изображение предмета, даваемое объективом, рассматривают с помощью второй линзы – окуляра, используемой как лупа. Для этого изображение предмета, даваемое объективом, должно оказаться вблизи фокальной плоскости окуляра. Поэтому приблизительно выполняется равенство $f_1 \approx F_1 + \Delta$, где Δ – расстояние между задним фокусом объектива и передним фокусом окуляра.

Так как $\Delta \gg F_1$, то $f_1 \approx \Delta$. Тогда для увеличения Γ_1 объектива получают $\Gamma_1 \approx \Delta/F_1$.

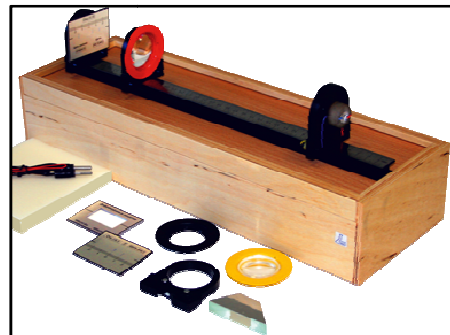
Так как $d_2 \approx F_2$, а расстояние f_2 равно расстоянию наилучшего зрения глаза ($f_2 = 25$ см.), то увеличение окуляра Γ_2 :

$$\Gamma_2 = f_2 / F_2.$$

Приняв эти приближения для увеличения микроскопа. Получим формулу: $\Gamma \approx \Delta \cdot f_2 / (F_1 \cdot F_2)$.

Ход работы:

1. Определите фокусные расстояния каждой линзы, фокусируя на поверхность экрана изображение какого-либо удаленного источника света.
2. Начертите в правильном масштабе ход лучей и постройте изображение, полученное в микроскопе.
3. Установите на оптической скамье с помощью рейтеров две собирающие линзы. Рейтер с линзой – окуляром установите на конце скамьи так, чтобы было удобно поместить глаз перед самым окуляром. Рейтер с объективом поместите на расстоянии равном $F_1 + \Delta + F_2$ от окуляра.



4. В качестве рассматриваемого предмета используется шкала, нанесенная на слайде. Закрепите слайд у источника света. Расположите источник света перед объективом на расстоянии, немного превышающим его фокусное расстояние.
5. Добейтесь резкого изображения шкалы небольшим плавным перемещением рейтера со шкалой.
6. Наблюдая одновременно изображение предмета в микроскоп, старайтесь совместить его с изображением линейки, видимым невооруженным глазом.
7. Определите увеличение микроскопа экспериментально.
8. Сравните результаты расчета и эксперимента. Результаты и итог в виде вывода запишите в лист отчета. Ответьте на контрольные вопросы.

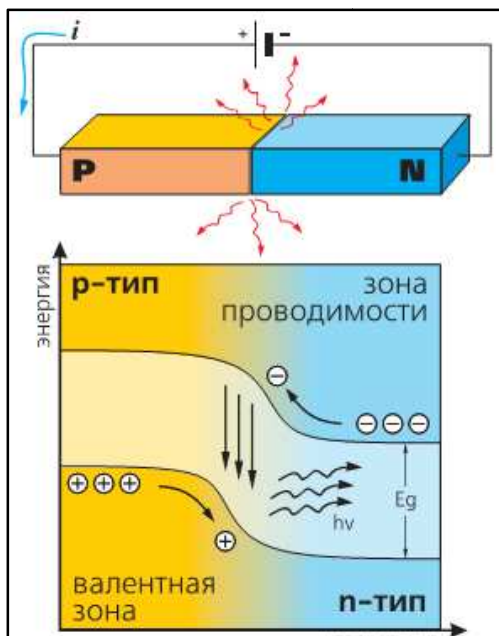
Контрольные вопросы:

1. Как влияют на увеличение микроскопа значения фокусных расстояний объектива и окуляра?
2. Охарактеризуйте изображение, получаемое при помощи микроскопа.

Л/р № 19. Определение постоянной Планка.

Цель работы: Ознакомиться с одним из методов экспериментальной оценки значения постоянной Планка.

Оборудование: Прибор для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки, светодиод красного света на подставке, соединительные провода, источник тока, миллиамперметр, вольтметр.



Вводная часть: Работа важна тем, что знакомит вас с экспериментальным методом определения одной из фундаментальных физических констант — постоянной Планка. Эта работа развивает ваш политехнический кругозор, поскольку знакомит вас с физическими основами работы широко внедряемого в настоящее время в различных отраслях техники современного источника света — светодиода.

В основе принципа действия светодиода положено преобразование электроэнергии в излучение, спектр которого может лежать в видимой или инфракрасной области спектра. Светодиодная структура представляет собой электронно-дырочный переход, где материалы так подобраны, что свободные электроны в **n**-области (эмиттере) имеют меньшую энергию, чем в **p**-области (базе). Понятно, что эти электроны сами туда не пойдут. При подаче на **p - n** переход достаточного напряжения в прямой полярности начинается переход электронов из эмиттера в базу, также и дырки начинают переходить из

базы в эмиттер. В соответствии с квантовой теорией электрон, перешедший в базовую область, рекомбинируя с дыркой (опускаясь из зоны проводимости с высокой энергией в валентную зону с низкой энергией), испускает квант энергии излучения. При этом энергия возникшего кванта света $E_{эл} = h\nu$ равна разности энергий зоны проводимости и валентной энергетических зон (ширине запрещенной энергетической зоны E_g).

Энергию $E_{эл}$, которую электрон отдает при рекомбинации, он получает при переходе через **p - n** переход под действием внешнего напряжения. Значение этой энергии определяется так:

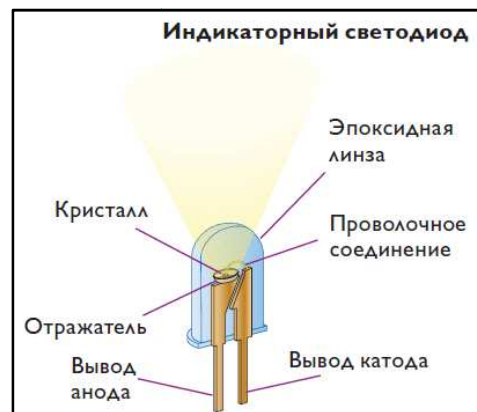
$E_{эл} = eU_d$, где e - заряда электрона, U_d - напряжение, приложенное к **p - n** переходу светодиода.

Так как $E_{эл} = h\nu$, то $h\nu = eU_d$.

Откуда $h = eU_d / \nu$ (1).

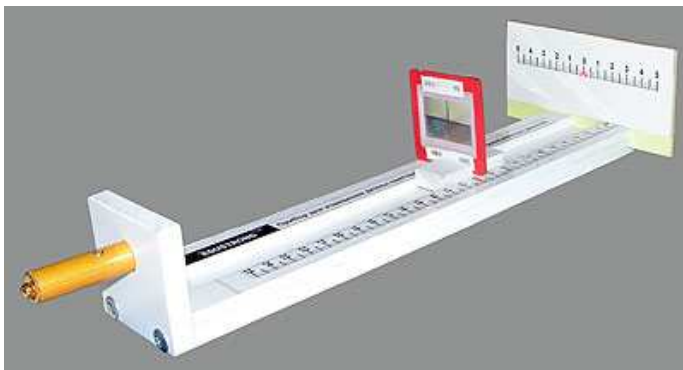
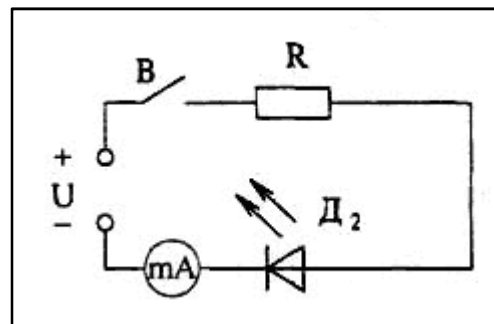
Из формулы (1) следует, что для определения постоянной Планка достаточно знать заряд электрона e , измерить прямое напряжение U_d , приложенное к светодиоду, излучающему свет, а также измерить частоту излучаемого света ν .

Конструктивное исполнение подставки со светодиодом, которая используется в комплекте, не позволяет напрямую измерить падение напряжение на светодиоде U_d . При определении этой величины учитывают, что последовательно со светодиодом соединен добавочный резистор, ограничивающий прямой ток через него. Значение сопротивления резистора R указано на подставке. Чтобы определить напряжение на светодиоде, измеряют силу тока в его цепи I_d (амперметр при этом включают на 50 мА), вычисляют падение напряжения на добавочном резисторе $U_R = I_d \cdot R$, измеряют напряжение на гнездах источника тока U и вычисляют значение U_d : $U_d = U - I_d \cdot R$ (2).



Ход работы:

1. Соедините светодиод соединительными проводами последовательно с миллиамперметром. Полученную цепь подключить, соблюдая полярность к источнику тока. Измерить силу тока I_d в цепи светодиода.
2. Цепь со светодиодом отключить от источника тока. Вольтметром измерить напряжение U на выходных гнездах источника тока.
3. По формуле (2) вычислить падение напряжения на светодиоде U_d .



4. Определить среднюю частоту излучения светодиода ν . Вместо излучателя (см. рис. слева) поставьте светодиод.
5. Светодиод подключить к источнику тока и настроить установку. Передвиньте дифракционную решетку так, чтобы получить дифракционные максимумы первого порядка в пределах шкалы.
6. По шкале измерить расстояние между наиболее яркими участками спектров ΔX , в отчет переписать величину расстояния

от шкалы до дифракционной решетки L . Значение этой величины указано на поверхности рейки. Частоту излучения светодиода вычислить по формуле

$\nu = 2cL/d\Delta X$, где c – скорость света в вакууме.

7. Выполнив необходимые измерения по формуле (1) вычислить значение постоянной Планка. Полученное значение сравнить с табличным и определить относительную погрешность измерений ϵ :

$\epsilon = \{|h_s - h_r|/h_r\} \cdot 100\%$, где h_s и h_o , соответственно, значения постоянной Планка, полученные в ходе эксперимента, и из опыта.

Запишите результат: $h = \dots \text{Дж/с}$, $\epsilon = \dots \%$. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Покажите, что формула $\nu = 2cL/d\Delta X$ выведена из формулы для дифракционной решетки $d \sin \varphi = k\lambda$ для первого максимума.
2. Что теоретически нужно предпринять, чтобы светодиод светил не красным цветом, а, скажем, зеленым?
3. Как увеличить яркость светодиода? Из следующих ответов выберите правильный (правильные) и объясните свой выбор: а) увеличить силу тока через диод; б) увеличить напряжение на светодиоде.
4. Почему светодиод загорается лишь при некотором напряжении, характерном для каждого типа светодиодов, а при меньшем не горит?

Л/р № 20. Измерение радиационного фона.

Цель работы: Получить практические навыки использования бытового дозиметра для измерения радиационного фона.

Оборудование: Индикатор радиоактивности, инструкция для использования дозиметра.

Вводная часть: Работа имеет большое практическое значение так, как в ходе ее выполнения вы освоите приемы использования индикатора радиоактивности для регистрации естественного радиационного фона и оценки радиационной обстановки на местности. Бытовые индикаторы радиоактивности (дозиметры) предназначены для оперативного индивидуального контроля населением радиационной обстановки и позволяют приблизительно оценивать мощность эквивалентной дозы излучения. Доза излучения характеризует меру воздействия ионизирующего излучения и его возможные последствия. Показания дозиметра нужно интерпретировать в соответствии с методическими указаниями «**ОЦЕНКА ПОКАЗАНИЙ ДОЗИМЕТРА**»

Большинство современных дозиметров измеряют мощность дозы излучения в микрозивертах в час (мкЗв/ч), однако до сих пор широко используется и другая единица измерения - микрорентген в час (мкР/ч). Соотношение между ними 100:1 (1 мкЗв/ч = 100 мкР/ч).

Зиверт (Зв) — единица измерения эффективной и эквивалентной доз ионизирующего излучения в Международной системе единиц (СИ), используется с 1979 г. 1 зиверт — это количество энергии, поглощённое килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощённой дозе гамма-излучения в 1 Гр.

Согласно постановлению главного государственного санитарного врача России за № 11 от 21 апр. 2006 г. «Об ограничении облучения населения при проведении

рентгенодиагностических медицинских исследований», п. 3.2, необходимо «обеспечить соблюдение годовой эффективной дозы 1 мЗв».

Среднемировая доза облучения от естественных источников, накопленная на душу населения за год, равна 2,4 мЗв, с разбросом от 1 до 10 мЗв.

Основные компоненты:

- 0,4 мЗв от космических лучей (от 0,3 до 1,0 мЗв, в зависимости от высоты над уровнем моря);
- 0,5 мЗв от внешнего гамма-излучения (от 0,3 до 0,6 мЗв, в зависимости от радионуклидного состава окружения -- почвы, строительных материалов и т.п.);
- 1,2 мЗв внутреннего облучения от вдыхаемых атмосферных радионуклидов, главным образом радона (от 0,2 до 10 мЗв, в зависимости от местной концентрации радона в воздухе);
- 0,3 мЗв внутреннего облучения от инкорпорированных радионуклидов (от 0,2 до 0,8 мЗв, в зависимости от радионуклидного состава пищевых продуктов и воды).

При однократном равномерном облучении всего тела и неоказании специализированной медицинской помощи смерть в результате острой лучевой болезни наступает в 50 % случаев:

- при дозе порядка 3-5 Зв из-за повреждения костного мозга в течение 30—60 суток;
- 10 ... 15 Зв из-за повреждения желудочно-кишечного тракта и лёгких в течение 10—20 суток;
- более 15 Зв из-за повреждения нервной системы в течение 1—5 суток.



Ход работы:

1. Внимательно изучите инструкцию по работе с индикатором радиоактивности и определите:
 - каков порядок подготовки его к работе;
 - какие виды ионизирующих излучений он измеряет;
 - в каких единицах регистрирует прибор мощность дозы излучения;
 - какова длительность цикла измерения;
 - каков предел допустимой погрешности измерения;
 - расположение и назначение органов управления работой прибора.

По каждому из этих пунктов сделайте в листе отчета соответствующие записи (к последнему пункту схематический рисунок).

2. Произведите внешний осмотр прибора и его пробное включение.

3. Убедившись в работоспособности дозиметра, подготовьте прибор для измерения мощности дозы излучения.

4. Измерьте 8—10 раз уровень радиационного фона D , записывая каждый раз показание индикатора.

5. Вычислите среднее значение радиационного фона: $D_{\text{ср}} = (D_1 + D_2 + \dots + D_n)/n$, где n - число произведенных вами измерений.

6. Подсчитайте погрешность ваших измерений. Найдите среднее отклонение

$$\Delta D_{\text{ср}} = (|D_{\text{ср}} - D_1| + |D_{\text{ср}} - D_2| + \dots + |D_{\text{ср}} - D_n|)/n$$

7. Запишите результат ваших измерений в виде $D = D_{\text{ср}} + \Delta D_{\text{ср}}$ в качестве вывода.

Сравните полученное среднее значение фона с величиной естественного радиационного фона, принятой за норму — 0,15 мкЗв/ч. Вычислите значение дозы ионизирующих излучений, которую получит человек в течение года $D_{\text{год}}$, при условии, что среднее значение радиационного фона на протяжении года меняться не будет. Полученный результат сопоставьте со значением, безопасным для здоровья человека. Запишите вывод.

Контрольные вопросы:

1. Вы, наверное, заметили, что дозиметр щелкает неравномерно. То несколько раз к ряду, а то вдруг замолчит на некоторое время. Почему?
2. Расположите по степени опасности для человека следующие радиоактивные излучения: γ -излучение, α -излучение, поток позитронов e^+ .
3. Каковы средние эффективные дозы на одного жителя за счет медицинского облучения населения в Санкт-Петербурге в 2006 г. согласно постановлению главного государственного санитарного врача России?
4. Как доза естественного излучения от космических лучей зависит от высоты места над уровнем моря и почему?

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора Института
биофизики Минздрава СССР
академик Л. А. Булдаков.
07.09.1989 г.

ОЦЕНКА ПОКАЗАНИЙ ДОЗИМЕТРА

Дозиметр предназначен для измерения мощности дозы, т. е. дозы за единицу времени. При оценке по показаниям дозиметра опасности облучения помни, что последствия облучения определяются не мощностью дозы, а суммарной полученной дозой, т. е. мощностью дозы помноженной на время, в течение которого облучается человек.

Например, если мощность дозы внешнего излучения составляет 0,11 микрозиверга в час (мкЗв/ч), то облучение в течение года (8800 часов) создаст дозу 1000 мкЗв/ч или 1 миллизиверт (мЗв). Мощность дозы естественного фона составляет около 0,15 мкЗв/ч и в зависимости от местных условий может меняться в два раза. Некоторые горные породы, например, гранит, слабо радиоактивны и поэтому вызывают повышенный уровень излучения. Вплотную к гранитной стене мощность дозы излучения может возрасти на 0,15 мкЗв/ч.

Для населения, проживающего вблизи атомных электростанций и других предприятий, Национальной Комиссией по Радиационной защите (НКРЗ) установлен предел годовой дозы

- 5 мЗв. Этому пределу дозы для населения соответствует постоянная в течение года мощность дозы на открытой местности 0,6 мкЗв/ч. С учетом того, что здания ослабляют излучение в два и более раза, мощность дозы на открытой местности может быть 1,2 мкЗв/ч. Если мощность дозы превышает 1,2 мкЗв/ч, рекомендуется удалиться с данного места или оставаться на нем не более полугода за год.

Если мощность дозы превысит 2,5 мкЗв/ч, время пребывания следует ограничить одним кварталом в год, при 7 мкЗв/ч - одним месяцем в год, и т. д. Во всех случаях повышенного уровня внешнего излучения РЕКОМЕНДУЕТСЯ СООБЩИТЬ ОБ ЭТОМ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ и получить от них квалифицированные сведения об истинном уровне излучения и рекомендации о поведении в этих условиях.

При помощи дозиметра можно также оценить радиоактивное загрязнение продуктов питания по их внешнему гамма-излучению, Минимальный уровень радиоактивного загрязнения, требующий внимания, в соответствии с рекомендацией НКРЗ установлен в 4 килобеккерела на килограмм (литр) - 4 кБк/кг (л) или $1 \cdot 10^{-1}$ Кюри/кг (л) .

В настоящее время радиоактивное загрязнение вызвано изотопом цезия-137, который концентрируется в молоке и мясопродуктах. Загрязнение им других продуктов питания не оказывает влияния на облучение организма человека, хотя, например, загрязнение грибов может вызвать заметное повышение показаний дозиметра.

Для контроля уровня загрязнения молока или мясопродуктов необходимо дозиметр поместить вплотную левым боком к емкости, содержащей 1 литр молока, или к 1 кг мясопродукта (можно через полиэтиленовую пленку или бумагу). Если загрязнение контролируемого продукта достигает 4 кБк/кг (л), показания дозиметра должны увеличиться на 0,15 мкЗв/ч над фоном. При обнаружении такого радиоактивного загрязнения продуктов питания рекомендуется отказаться от их потребления или ограничить потребление вдвое по сравнению с обычным рационом. Если излучение от продуктов питания повысит мощность дозы до 0,3 мкЗв/ч над уровнем фона, потребление таких продуктов должно составлять не более четверти обычного рациона, при 1 мкЗв/ч - не более одной десятой, и т. п.

При обнаружении радиоактивного загрязнения продуктов питания РЕКОМЕНДУЕТСЯ СООБЩИТЬ ОБ ЭТОМ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ и получить от них квалифицированный совет и оценку значимости показаний дозиметра.

Л/р № 21. Измерение длины волны света с помощью дифракционной решетки.

Цель работы: Найти длину волны света.

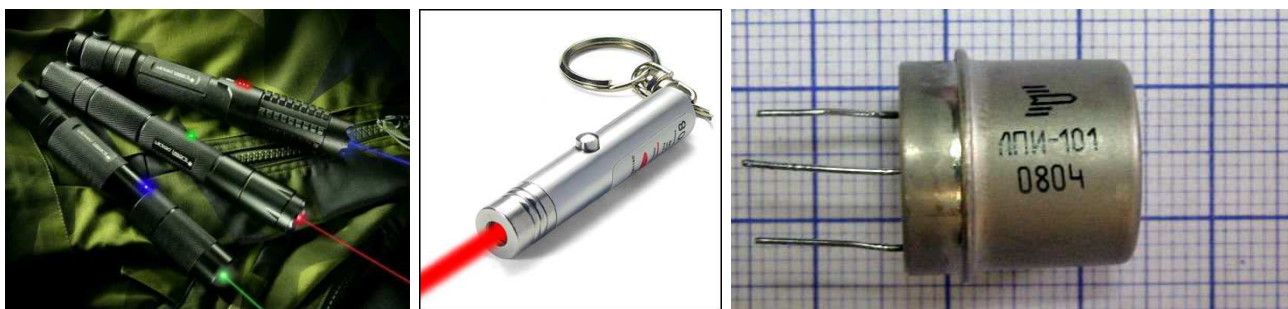
Оборудование: Лазерные указки небольшой мощности (5-15 мВт) различного цвета, дифракционная решетка, штатив, предметный столик, рулетка, небольшой кусочек изолянта или скотча.

Вводная часть:

1. Безопасность при использовании лазерного излучения.

Во время работы с лазером следует помнить, что **ПОПАДАНИЕ В ГЛАЗА ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ОПАСНО ДЛЯ ЗРЕНИЯ.**

КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАПРАВЛЯТЬ ЛАЗЕР В СТОРОНУ ЛЮДЕЙ. ЛАЗЕР МОЖЕТ СВЕТИТЬ ТОЛЬКО НА СТЕНУ (ЭКРАН)!



2. Источник света - лазерная указка.

Лазер - англ. LASER — Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, «Усиление света с помощью вынужденного излучения».

В устройстве лазерной указки красного цвета используется светодиод, излучающий свет с $\lambda=670$ нм, легированный специальными добавками, для получения инверсной населенности энергетических уровней, при которой вынужденное излучение может превысить поглощение света, вследствие чего падающий свет (от светодиода) при прохождении через вещество будет усиливаться (см. параграф в учебнике физики "Лазеры").

Указки других цветов имеют несколько более сложное устройство. Среди них следует упомянуть следующие.

Оранжево-красные ($\lambda=635$ нм) диоды при той же мощности излучения являются более яркими для глаз, поскольку глаз более чувствителен к середине диапазона оптического излучения.

Зеленая указка с $\lambda=532$ нм в этом смысле хорошая альтернатива красной. Человеческий глаз чувствительнее к зеленому свету $\sim$ в 6000 раз по сравнению с красным светом.

Желто-оранжевые указки излучают свет с $\lambda=593.5$ нм, а синие лазерные указки - с $\lambda=473$ нм.

Излучение лазера принципиально отличается своими оптическими свойствами от привычного для нас свечения нагретых тел (Солнца, ламп накаливания). Для излучения лазера характерны:

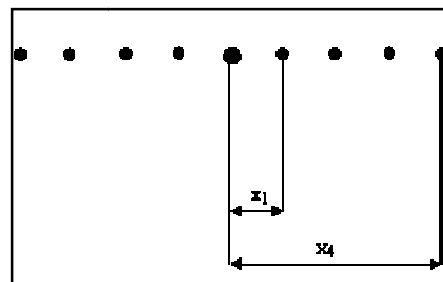
- 1) высокая степень монохроматичности (одноцветности);
- 2) высокая степень когерентности;
- 3) острая направленность (самофокусировка);
- 4) высокая яркость;
- 5) поляризация излучения.

Благодаря этим необычным свойствам лазерного излучения опыты по дифракции и интерференции света допускают проводить их при гораздо менее сложных условиях: не требуется тщательного затемнения, размеры препятствий могут быть не столь малыми, чтобы вносить сильные ограничения в яркость получаемых картин.

3. Дифракционная решетка.

Явление дифракции, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий, проникновению света в область геометрической тени и к отклонению от законов геометрической оптики. Дифракция, как и интерференция, служит доказательством волновой природы света.

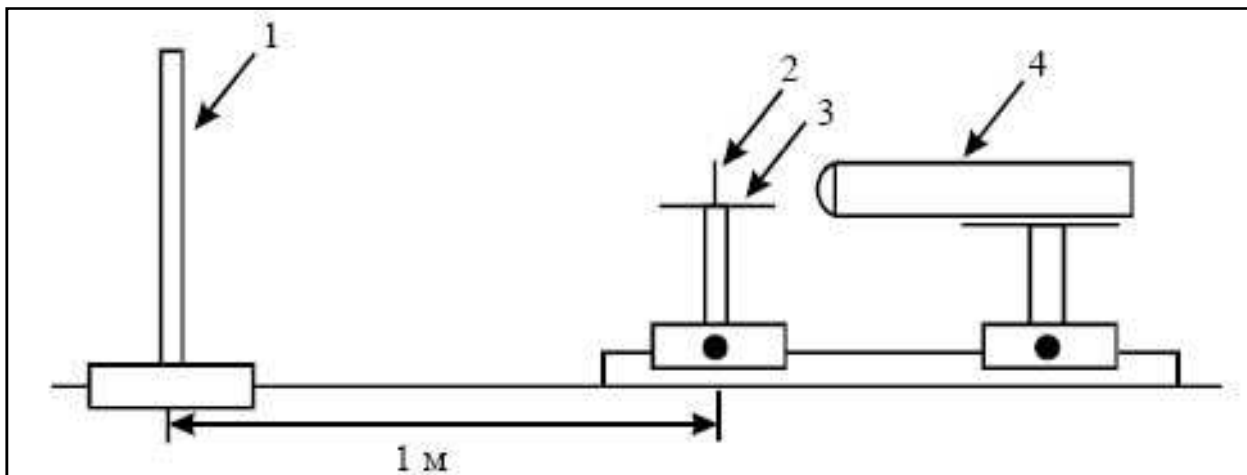
Объектом исследования в нашей работе является прозрачная одномерная дифракционная решетка. Это пластина из прозрачного материала (обычно из стекла или пластика), на поверхности которой каким-либо путем (механическим или фотоспособом) нанесено большое число параллельных



равноотстоящих непрозрачных штрихов. Основным параметром решетки является ее период d , равный расстоянию между серединами соседних щелей. Дифракционная решетка создает эффект резкого усиления интенсивности света в области максимумов, что делает ее незаменимым оптическим прибором.

Дифракционная картина, получаемая от решетки, определяется как результат взаимной интерференции световых волн, идущих от N щелей: $d \sin \varphi = k\lambda$, где $k = 0, 1, 2, \dots$ - называемое порядком максимума. В результате на экране мы увидим ряд светящихся точек: центральный самый яркий максимум, для которого $k = 0$, а также справа и слева от центрального максимума более бледные максимумы первого ($k = 1$), второго ($k = 2$), и большего порядка (см. рис. справа).

4. Установка.



Для наблюдений дифракции лучей лазера на дифракционной решетке нужно собрать следующую установку:

- 1) экран (или часть стены);
- 2) дифракционная решетка;
- 3) предметный столик;
- 4) лазерная указка, закрепленная в штативе.

Экран помещают на расстоянии не менее 1 м от указки, а лучше больше. При расстоянии 2 м нам легко удавалось получить значение длины волны с погрешностью менее 1%!

5. Ход работы:

1. Перед тем, как начать работу, еще раз ознакомьтесь с правилами техники безопасности (см. пункт 1 выше "Безопасность при использовании лазерного излучения").
2. Соберите установку (см. рис. выше слева), используя красный лазер. Луч лазера (4) должен светить в сторону от людей (например, в стену, которую допустимо использовать в качестве экрана). Дифракционную решетку пока не ставьте.
3. Нажмите кнопку лазера. Чтобы он светил непрерывно, нажатую кнопку можно зафиксировать кусочком изолянта или скотча. На экране вы увидите пятно от луча лазера, в котором при внимательном рассмотрении можно заметить многочисленные темные точки (моды) - явный признак лазерного, а не обычного излучения, т.е. обладающего перечисленными выше замечательными свойствами.
4. Поставьте на свое место дифракционную решетку. При правильном расположении дифракционной решетки и попадании луча лазера в центр дифракционной решетки вы увидите на экране вместо одного пятна, как было прежде, расположенный горизонтально ряд светящихся точек с центральным ярким максимумом (картина дифракции). Измерьте расстояние x_1 от середины главного максимума до середины первого (см. рис. выше справа). Таким же способом измерьте положение второго, третьего и четвертого максимумов (если они видны). Выключите лазер.
5. Занесите данные в таблицу измерений.
6. Измерьте расстояние L от лазера до экрана, запишите полученный результат в таблицу:

			Первый лазер				Второй лазер			
k	L	d	X	λ	$\lambda_{\text{ср}}$	$\Delta\lambda_{\text{ср}}$	X	λ	$\lambda_{\text{ср}}$	$\Delta\lambda_{\text{ср}}$
	мм	мм	мм	мкм	мкм	мкм	мм	мкм	мкм	мкм
1.										
2.										
3.										
4.										

7. Найдите на дифракционной решетке значение ее периода d (обычно для школьной решетки это 1/100 мм), занесите в таблицу.

8. Измените расстояние до стены на $\pm 20 \dots 30$ см и повторите все измерения при новом значении этого расстояния.

9. Замените красный лазер лазером другого цвета и сделайте те же самые измерения. Если в вашем распоряжении нет лазера другого цвета, пропустите этот пункт.

9. Произведите вычисления длины волны света λ в каждом случае. Для этого используйте формулу $d \sin \varphi = k\lambda$, где, очевидно, $\sin \varphi \approx X/L$.

10. Найдите среднее значение длины волны для красного цвета для ваших опытов

$$\lambda_{\text{к.ср.}} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)/4$$

и величину погрешности

$$\Delta\lambda_{\text{к.ср.}} = (\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 + \Delta\lambda_3 + \Delta\lambda_4)/4, \text{ где } \Delta\lambda_i = |\Delta\lambda_{\text{ср}} - \Delta\lambda_i|.$$

Если вы работали с лазерами разного цвета, найдите среднее значение длины каждой волны и величину погрешности. Найдите относительную погрешность измерений в %:

$$\varepsilon = (\Delta\lambda_{\text{ср}} \cdot 100\%) / \lambda_{\text{ср.}}$$

11. Сравните полученные вами значения с теми, что приведены для полупроводниковых лазеров каждого цвета в начале описания (см. пункт 2). Запишите результаты ваших измерений и вывод из л/р.

Контрольные вопросы:

1. Зарисуйте картину дифракции, полученную вами в работе. Рядом с каждым максимумом подпишите значение порядка этого максимума k .
2. Почему при использовании лазера в качестве источника света в нашей работе можно обойтись без собирающей линзы, обычно формирующей изображение дифракционной картины на экране?
3. Лазерный светодиод излучает каждый цуг волн в среднем в течение 5 пс, а газовый гелий-неоновый лазер - в течение 350 пс. Какой из лазеров дает излучение с более высокой степенью когерентности? Какова длина цуга волн каждого из этих лазеров? Оцените, какой ширины щель можно использовать для получения различной картины дифракции для каждого из лазеров?
4. Как на опыте можно показать, что излучение лазера является поляризованным?

Л/р № 22. Определение КПД электродвигателя.

Цель работы: определить КПД электродвигателя.

Оборудование: электровентилятор на 3...5 В, источник тока, амперметр, вольтметр.



Вводная часть: В любом механизме часть энергии, необходимой для его работы, всегда расходуется непроизводительно, а именно, на преодоление трения, нагревания проводов и пр. Эти явления называют диссипативными, то есть бесполезно рассеивающими энергию в окружающее пространство. Таким образом энергия (работа) $A_{\text{затрач}}$, затраченная на работу механизма, всегда меньше той $A_{\text{полез}}$, которая приносит нам пользу: $A_{\text{полез}} = A_{\text{затрач}} - A_{\text{диссипат}}$.

Чтобы количественно оценить степень полезности механизма пользуются понятием коэффициента полезного действия (КПД): $\eta = A_{\text{полез}}/A_{\text{затрач}} = P_{\text{полез}}/P_{\text{затрач}}$.

Иногда его выражают в процентах, тогда полученное по этой формуле число домножают на 100%. С учетом наших рассуждений КПД не может быть равен или быть более 1 (более 100%).

В этой работе мы должны определить КПД электродвигателя. Воспользуемся формулой электрической мощности $P = IU$ и тем, что напряжение U и ток I всегда легко измерить на опыте. Мы можем измерить I и U при снятой крылатке (на холостом ходу) и при надетой крылатке (под нагрузкой).

На холостом ходу вся энергия источника тока тратится на работу диссипативных сил (полезная работа не совершается вовсе, ибо нет нагрузки - крылатка снята).

$$P_{\text{хх}} = P_{\text{диссипат}} = I_{\text{хх}}U_{\text{хх}};$$

Под нагрузкой (при надетой крылатке) энергия источника тока тратится и на совершение полезной работы, и на работу диссипативных сил.

$$P_{\text{нагруз}} = P_{\text{затрач}} = I_{\text{нагруз}}U_{\text{нагруз}}; \text{ из этих рассуждений: } P_{\text{полез}} = P_{\text{нагруз}} - P_{\text{хх}};$$

$$\text{Тогда КПД равен: } \eta = P_{\text{полез}}/P_{\text{затрач}} = (P_{\text{нагруз}} - P_{\text{хх}})/P_{\text{нагруз}} = 1 - P_{\text{хх}}/P_{\text{нагруз}}.$$

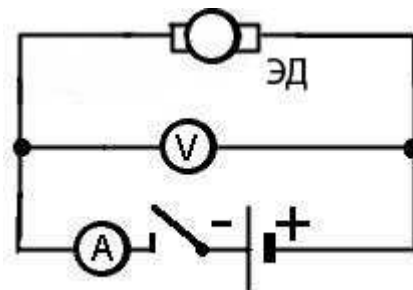
Ход работы:

1. Аккуратно снимите крылатку вентилятора, чтобы не оборвать провода, подходящие к двигателю. Соберите цепь, где амперметр и вольтметр будут измерять ток и напряжение при работе двигателя.

2. Замкните цепь выключателем и снимите показания амперметра и вольтметра при работе двигателя без крылатки (на холостом ходу). Запишите в лист отчета полученные величины: $I_{\text{хх}}$ и $U_{\text{хх}}$. Выключите двигатель. Рассчитайте $P_{\text{хх}}$.

3. Аккуратно верните крылатку вентилятора на место. Замкните цепь выключателем и снимите новые показания амперметра и вольтметра под нагрузкой $I_{\text{нагруз}}$ и $U_{\text{нагруз}}$, запишите их в лист отчета. Выключите двигатель. Рассчитайте $P_{\text{нагруз}}$.

4. Вычислите КПД вашего электродвигателя по приведенной выше формуле КПД. Запишите в отчет полученный результат.



5. Сделайте вывод о величине КПД электроприборов в сравнении с КПД тепловых двигателей. Ответьте на контрольные вопросы.
6. Вычислите погрешности при прямых и косвенных измерениях.

Контрольные вопросы:

1. Поясните, как вы поняли почему $P_{\text{пол}} = P_{\text{наг}} - P_{\text{хх}}$?
2. Укажите причину, по которой под нагрузкой ток, потребляемый двигателем, заметно больше, чем на холостом ходу?
3. Укажите причину, по которой под нагрузкой напряжение на двигателе несколько меньше, чем на холостом ходу?

Л/р № 23. Сравнение свойств бытовых ламп различных типов.

Цель работы: научиться считывать параметры бытовых ламп с их цоколя (упаковки), сравнить параметры ламп различного типа, выбирать подходящий тип лампы для решения задач освещения (например, для настольной лампы), хлопчатобумажная салфетка, сложенная в несколько слоев.

Оборудование: лампа накаливания, люминесцентная лампа, светодиодная (LED) лампа примерно одинаковой мощности на напряжение 220 В.

1. Типы ламп для освещения бытовых помещений.

Лампы накаливания (ЛН) - наиболее привычные нам бытовые лампочки; излучают свет, благодаря нагреванию ее вольфрамовой спирали (нити накала) при пропускании через нее электрического тока по закону Джоуля-Ленца ($Q = I^2 R t$).

Разновидности ламп накаливания:

Вакуумные - самые обычные лампочки, где вакуум не дает сгорать нити накаливания в кислороде воздуха при высокой температуре (≈ 3300 K);

Аргоновые (азот-аргоновые) - заполнение вакуума инертным газом увеличивает срок службы лампочки за счет уменьшения испарения вольфрама под давлением газа;

Криптоновые (+10 % яркости от аргоновых) - с увеличенной яркостью за счет возможности повышения температуры нити накаливания;

Ксеноновые (в 2 раза ярче аргоновых);

Галогенные (состав I или Br, в 2,5 раза ярче аргоновых, высокий срок службы) - галогены увеличивают прочность вольфрамовой нити;

Галогенные с двумя колбами (улучшенный галогенный цикл за счёт лучшего нагрева внутренней колбы);

Ксенон-галогенные (состав Xe + I или Br, до 3х раз ярче аргоновых);

Ксенон-галогенные с отражателем ИК-излучения;

Накаливания с покрытием, преобразующим ИК-излучение в видимый диапазон.



Срок службы ЛН составляет всего 1000 часов, а их КПД чудовищно мал (3 ... 10%), основную долю потребляемой энергии расходуют впустую, превращая ее в невидимое для глаз человека инфракрасное (тепловое) излучение. Поэтому ЛН сильно нагреваются в процессе работы и часто служат причиной пожара. На сегодня стоимость одной такой лампы от 15 до 50 руб.



Энергосберегающие лампы (ЭСЛ) работают по тому же принципу, что и обычные люминесцентные лампы, с тем же принципом преобразования электрической энергии в световую. Зачастую термин «энергосберегающая лампа» обычно применяют к компактной люминесцентной лампе, которую можно поставить на место обычной лампы накаливания без всяких переделок. ЭСЛ имеет достаточно высокий срок службы (в зависимости от типа и производителя) - 10000 часов, и она в пять раз экономичнее лампы накаливания. Стоимость такой лампы примерно 100 - 150 руб.

Светодиодные лампы (LED - light-emitting diode) - используют в качестве источников излучения белые светодиоды, где при пропускании электрического тока через р-п переход в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки — рекомбинируют с излучением фотонов (из-за перехода электронов с одного энергетического уровня на другой). LED обладают большим сроком службы (более 25000 часов) и высоким КПД. Многие удивятся, узнав, что истинные показатели надежности и срока службы светодиодных систем освещения так велики, что в настоящее время точно неизвестны. Недостатком же этих ламп является относительно высокая стоимость (что компенсируется большим сроком их службы), а также нетерпимостью к скачкам напряжения сети. Стоимость такой лампы от 150 до 1500 руб в зависимости от мощности.



2. Теория вопроса.

Световой поток (Φ)- мощность светового излучения, т. е. видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое оно производит на глаз человека. **$\Phi = I\omega$** . Световой поток измеряется в люменах лм (lm). Например, лампа накаливания (100 Вт) излучает световой поток, равный 1350 лм, а люминесцентная лампа ЛБ40 - 3200 лм.

Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света равной одной канделе, в телесный угол, величиной в одинстерадиан (1 лм = 1 кд·ср). Полный световой поток, создаваемый изотропным источником, с силой света одна кандела, равен 4π люменам.

Существует и другое определение: единицей светового потока является люмен, равный потоку, излучаемому абсолютно черным телом с площади 0,5305 мм² при температуре затвердевания платины (1773° С), или 1 свеча·1стерадиан.

Сила света (I)- пространственная плотность светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла, в котором равномерно распределено излучение. Единицей силы света является кандела кд (cd).

Освещенность (E) - поверхностная плотность светового потока, **падающего** на поверхность, равная отношению светового потока к величине освещаемой поверхности, по которой он равномерно распределен. **$E = \Phi_{пад}/S$** . Единицей освещенности является люкс (лк), равный освещенности, создаваемой световым потоком в 1 лм, равномерно распределенным на площади в 1 м², т. е. равный 1 лм/1 м².

Яркость (L) - поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную тому же направлению. **$L = I/S$** . Единица яркости - кандела на квадратный метр (кд/м²). Часто в астрономии за единицу яркости принимают 1 нит (1 нт=10кд/м²). Яркость – это фотометрическая величина, характеризующая излучательную способность протяжённых тел в данном направлении.

Светимость (R) - поверхностная плотность светового потока, **испускаемого** поверхностью, равная отношению светового потока к площади светящейся поверхности.

Единицей светимости является 1 лм/м². **$R = \Phi_{изл}/S$** .

Потребляемый ток от сети (I) - сила тока, протекающего через лампу в процессе ее работы. Измеряется в амперах А или мА (mA).

Номинальное напряжение (U) - напряжение, при котором лампа работает нормально. Измеряется в вольтах В (V). Превышение напряжения недопустимо, как правило, приводит к выходу лампы из строя.

Потребляемая мощность лампы (P)- произведение силы тока, текущего через лампу на напряжение на ее электродах. Измеряется в ваттах Вт (W).

Эквивалентная мощность ($P_{экв}$) - для ламп ЭСЛ и LED мощность лампы накаливания, дающей такой же (эквивалентный) световой поток, что и данная лампа ЭСЛ или LED. Измеряется в ваттах Вт (W). Показывает, какую ЛН может заменить собой эта ЭСЛ или LED без потери светового потока.

Цветовая температура (T)- температура абсолютно чёрного тела, при которой оно испускает излучение того же цветового тона, что и рассматриваемое излучение. Измеряется в кельвинах К. Характеризует относительный вклад излучения данного цвета в излучение источника, видимый цвет источника, иначе цветовой оттенок света лампы. Чем ниже это число, тем теплее оттенок света (ближе к желтому); чем выше, тем холоднее (ближе к голубому).

Средний (гарантированный) срок службы лампы - это время, через которое половина ламп прекращает излучать свет. Измеряется в часах час (h).

Частота переменного тока (ν) - число колебаний напряжения в сети. Измеряется в герцах Гц (Hz). На цоколе (или упаковке) современной лампы мы можем найти большинство из этих параметров

(см. рис.). В процессе работы вам следует сравнить характеристики ламп различного типа друг с другом и выбрать тип лампы, который наиболее соответствует указанным задачам.

Лампа накаливания (ЛН)	Энергосберегающая лампа (ЭСЛ)	Светодиодная лампа (LED)
Цена: 49 руб.	Цена: 100 руб.	Цена: 150 руб.

Ход работы.

Внимательно рассмотрите надписи на цоколе предложенных вам ламп и на их упаковке. Запишите в таблицу своего отчета те характеристики ламп, которые вы сумеете обнаружить.

Тип лампы	Напряжение, В (V)	Сила тока, мА (mA)	Мощность лампы, Вт (W)	Эквивалентная мощность, Вт (W)	Световой поток, лм (lm)	Срок службы, час (h)	Цветовая температура, К	Частота переменного тока, Гц (Hz)	Цена за шт., руб.
Лампа накаливания (ЛН)									
Энергосберегающая лампа (ЭСЛ)									
Светодиодная лампа (LED)									

Если под рукой не найдется ламп, удовлетворяющих исследованию в данной л/р, можно воспользоваться данными с фотографий ламп, данных в этом описании (см. таблицу в разд. "Теория вопроса").

1. Используя данные таблицы, выберите самый дешевый вариант лампы для настольного освещения по цене за штуку. Запишите ваш выбор в **выводе 1**.

2. Сравните световые потоки этих ламп друг с другом (или эквивалентные мощности). Можно использовать данные о световых потоках ламп (мощностей) из таблицы. А можно сравнить их визуально, на глаз. Для этого используйте настольную лампу с различными типами ламп. Но перед тем, как это сделать внимательно прочитайте замечания **по технике безопасности** и неукоснительно следуйте им.



*При смене лампочек следуйте обязательным и в школе, и в быту **правилам безопасности**:*

- перед заменой лампы убедитесь, что лампа отключена от сети;
- во избежание травм от стекла вышедшей из строя лампы выкручивайте ее с помощью сухой тряпочки, сложенной в несколько слоев; застрявшую в патроне или разбитую лампочку лучше оставить специалисту;
- во избежание ожога от только что выключенной лампы (особенно лампы накаливания) следует выкручивать ее, дав возможность остыть несколько минут;
- по возможности энергосберегающую лампу вкручивать и выкручивать, держа ее за пластиковый цоколь, а не за стекло светящейся трубки;
- при **первом** включении лампы берегите глаза от возможного разрыва колбы, прикрыв глаза рукой, что по привычке делают все бывалые электромонтеры.

Итак, убедитесь, что лампа выключена. Вкрутите лампу накаливания в патрон настольной лампы, включите свет и запомните, сколько света дает эта лампочка. Затем, соблюдая правила безопасности, сделайте то же самое для ламп ЭСЛ и LED. Убедитесь, что все три лампы создают примерно одно и то же освещение. Запишите итог сравнения в **выводе 2**.

Добавьте к этому сравнение ламп по потребляемой мощности. Запишите, какую лампу выгоднее использовать для настольного освещения по потребляемой мощности при примерно одинаковом световом потоке.

3. Вычислите световую отдачу для каждого типа ламп (эффективность каждого ватта мощности, что, в некотором смысле, эквивалентно КПД лампы). Для этого можно разделить световой поток лампы на ее мощность: $Z = \Phi/P$, $[Z] = \text{лм/Вт}$. Какая лампа дает больше света на каждый ватт расходуемой мощности от сети. Запишите результаты в **выводе 3**.

4. Обратите внимание на срок службы этих ламп. Подсчитайте, сколько месяцев или лет сможет проработать каждый тип лампы при использовании ее в течение 8 часов в сутки. Сравните, какой тип ламп будет служить дольше других. Какую из ламп вы выберете для настольного освещения по параметру долговечности. Запишите результаты в **выводе 4**.

5. Сколько ламп накаливания придется использовать, чтобы заменить ими одну энергосберегающую лампу в течение всего срока службы энергосберегающей? Сколько ламп накаливания придется использовать, чтобы заменить ими одну LED лампу в течение всего срока

службы LED? Запишите результаты в **выводе 5**.

6. Сделайте вывод, какие лампы выгоднее использовать в быту, обобщив ваши выводы № 1 - 5. Запишите **итоговый вывод**.

Контрольные вопросы:

Подсчитайте, что обходится дешевле, использовать ЛН (25 Вт), ЭСЛ (7 Вт) или LED (3,6 Вт), создающие примерно одинаковый световой поток (200 лм)? Не забудьте учесть не только срок службы ламп, но и то, что ЭСЛ и LED потребляют меньше электроэнергии, чем ЛН*. Расчет удобно произвести за 25000 часов (срок службы LED). Действительно ли эксплуатация самой дешевой лампочки приносит выгоду, а не убыток?

*) Стоимость электроэнергии в Санкт-Петербурге 3,85 руб/кВт·час.

Расчет погрешности измерений.

Выполнение лабораторных работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой их результатов.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения.

Прямое измерение — определение значения физической величины непосредственно средствами измерения.

Косвенное измерение — определение значения физической величины по формуле, связывающей ее с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

При любом измерении всегда неизбежна большая или маленькая погрешность.

Абсолютная погрешность (Δ) — абсолютное значение погрешности.

Для оценки точности измерения надо знать, какую часть измеряемой величины составляет абсолютная погрешность, допущенная при измерении, это число называется **относительной погрешностью** (ϵ).

Пусть **A, B, C,...** — физические величины

A_{пр} — приближённое значение физической величины, то есть значение полученное путем прямых или косвенных измерений.

ΔA — абсолютная погрешность измерения физической величины.

ϵ_A — относительная погрешность измерения физической величины.

$\epsilon_A = \Delta A / A_{пр} * 100\%$.

ΔA (в большинстве случаев) равна цене деления прибора.

ΔA обычно округляют до одной значащей цифры:

$\Delta A = 0,17 \approx 0,2$.

A_{пр} округляют так, чтобы его последняя цифра оказалась в том же разряде, что и цифра погрешности:

A_{пр} = 10,332 $\approx$ 10,3.

Относительная погрешность **косвенных** измерений определяется с помощью формул:

№ п/п	Формула физической величины	Формула относительной погрешности
1	$A = B * C * D$	$\epsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$
2	$A = \frac{B}{C} * D$	
3	$A = B \pm C$	$\epsilon = \frac{(\Delta B + \Delta C)}{(B \pm C)}$
4	$A = B * C^2$	$\epsilon = \Delta B / B + 2 * \Delta C / C$
5	$A = B * \sqrt{\frac{C}{D}}$	$\epsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \frac{\Delta D}{D}$

Абсолютная погрешность косвенных измерений

$\Delta A = \epsilon_A * A_{пр}$

(ϵ - выражается десятичной дробью)

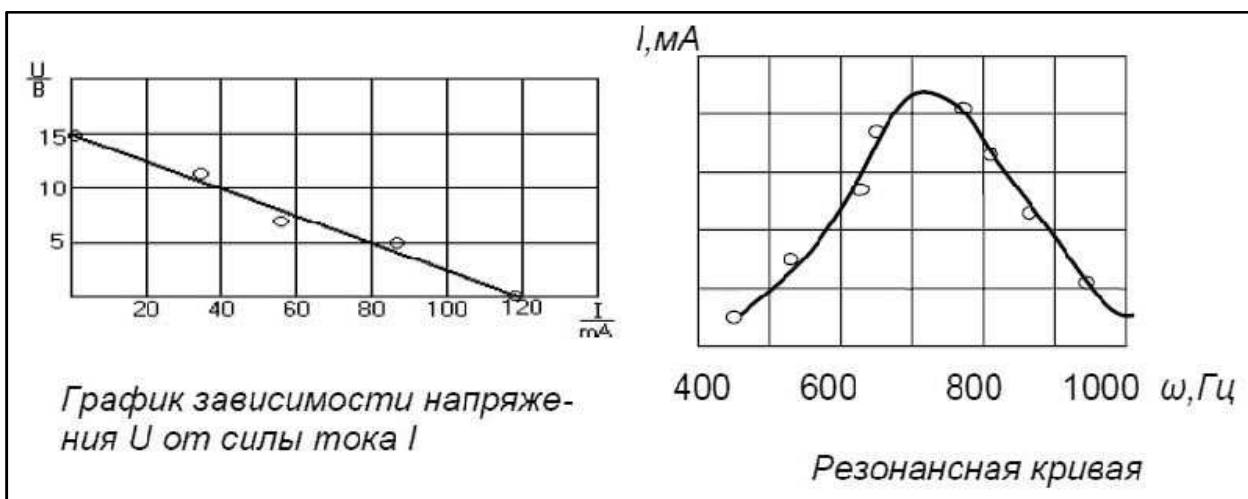
Ответ записывается в форме: **$A = A_{пр} \pm \Delta A$**

Построение графиков

При изучении зависимости одной измеряемой величины от другой целесообразно представить результаты в форме графика. Главное достоинство графика - его наглядность. График позволяет получить общее качественное представление о характере зависимости, а также судить о соответствии экспериментальных данных той или иной теоретической зависимости. На графиках легко видеть "выпадение" точек, которые, как правило, соответствуют наблюдениям с грубыми погрешностями (промахами).

Графики следует строить на листах миллиметровой бумаги. Масштаб графика по обеим осям нужно выбирать так, чтобы предполагаемые зависимости обладали наибольшей наглядностью и заполняли большую часть графика. Поле графика заключают в прямоугольную рамку, согласуя ее с основными линиями сетки. Стрелки на концах экспериментальных графиков не ставят (стрелки принято ставить лишь на иллюстрационных графиках качественного характера, построенных в произвольном масштабе). На концах осей (если на осп используется лишь интервал, то и в начале осп) нужно указать обозначение соответствующих физических величин и единицы измерений этих величин. Учитывая, что миллиметровая бумага имеет очень мелкую сетку, оцифровывать нужно лишь деления крупной сетки. Допустимые значения, определяющие масштабы, следующие: **0,1,2,3,...; 0,2,4,6.....; 0,5,10,....** Эти значения могут быть умножены на $10^{\pm n}$. Недопустимо наносить на оси числовые значения величин, полученных в ходе опыта! Размеры экспериментальных точек должны быть соотнесены с погрешностями измерения соответствующих величин. Линия графика должна быть гладкой, она проводится так, чтобы по обе стороны от нее располагалось примерно одинаковое число "выпадающих" точек. Под графиком должно быть подписано пояснение или название.

Возможные варианты графического представления результатов показаны на рис. внизу.



Методические рекомендации

Л/р № 1. Стрельба из баллистического пистолета по мишени.

Не очень сложная практическая работа. Штатная л/р "Изучение движения тела по параболе" на наш взгляд не совсем удачна, ибо такая работа на наш взгляд мало что дает уму и сердцу школьника. В названии заранее утверждается, что тело движется по параболе, а где же возможность открытия? Целью работы является "убедиться, ...что вертикальная проекция шарика движется равноускоренно", что какие-то отрезки равны друг другу. Ну, и что от этого ученику? И что такое изучить траекторию? - Не каждому ребенку изначально будет ясно.

Вместо этого мы предлагаем ученику поработать с этой параболой практически. В этой работе ученик должен рассчитать максимальную высоту и при выстреле под углом 45° к горизонту, определив для этого скорость вылета снаряда по высоте подъема при выстреле вверх. Зная эти параметры, ученику необходимо правильно установить кольцо на штативе (на высоте максимального подъема и на половине дистанции полета). При правильной установке кольца снаряд эффектно пролетает точно через кольцо, подтверждая тем самым правильность используемых формул (правильность расчетов). Эмоциональная сторона вопроса для ребенка не менее важна для нас, чем интеллектуальная.

Не трудно убедиться, подсчитав погрешности, что размер большого кольца из обычного штативного набора с хорошим запасом удовлетворяет требованиям к этой работе, ибо ни одна из работ не должна быть "капризной".

Л/р № 2. Стрельба из баллистического пистолета по мишени (2).

Чуть более сложная в части математических расчетов, чем предыдущая, практическая работа, сохранившая все плюсы л/р 1.

Здесь мы также предлагаем ученику поработать с этой параболой практически. В этой работе ученик должен рассчитать дальность полета снаряда при выстреле под углом 45° к горизонту, определив для этого скорость вылета снаряда по высоте подъема при выстреле вверх и высоту стола (высоту положения пистолета над уровнем мишени). Зная эту длину, ученику необходимо правильно установить на полу мишень - коробку подходящих размеров. При правильной установке мишени снаряд эффектно попадает точно в коробку, подтверждая тем самым правильность используемых формул (правильность расчетов). Еще раз повторим, эмоциональная сторона вопроса для ребенка не менее важна, чем интеллектуальная.

Подсчитайте погрешности, исходя из ваших условий, чтобы взять коробку подходящего размера плюс запас, ибо ни одна из работ не должна быть "капризной".

Л/р № 3. Компьютерное моделирование стрельбы по мишени.

Довольно сложная, но весьма полезная практическая работа, которая требует с одной стороны умения работать с пусть несложными компьютерными программами, а с другой - понятия компьютерного моделирования (что не всем легко дается). Поэтому такие работы мы на практикуме даем не всем. А между тем, математическое (компьютерное) моделирование даже в таком упрощенном виде - это яркий пример современного стиля изучения явлений природы, получения практических навыков на компьютерном тренажере (освоение приемов стрельбы по цели с учетом тяготения).

В работе используется программа-графопостроитель. Такую программу легко можно найти в Интернете. Задав в ней формулу расчета движения тела, брошенного под углом к горизонту в поле тяготения, и используя в качестве параметра угол вылета "снаряда", преобразовав ее к языку формул программы, мы получим график полета тела. Первая проба послужит основой для подбора угла выстрела, чтобы попасть "снарядом" в мишень, координаты которой задает учитель перед началом работы.

Далее ученику необходимо, изменив в нужную сторону параметр - угол выстрела, произвести второй "выстрел" (построить новый график с измененным параметром), который должен при правильном изменении параметра оказаться ближе к мишени, чем первый. Проанализировав характер изменения точки попадания при изменении угла "выстрела", снова меняем этот параметр, стараясь третьим выстрелом попасть точно в мишень. Если нужно, можно еще раз повторить попытку.

Таким образом, в этой работе от ученика требуется хорошее "чувственное" ощущение зависимости дальности полета от угла бросания. Люди, обладающие этим свойством от природы, высоко ценятся среди артиллеристов. Хороший бомбардир должен попадать максимум третьим выстрелом в цель, беря ее в "вилку": перелет - недолет - цель!

Чувственное и эмоциональное для образования детей (да и взрослых) так же важно для их последующей жизни, как и чисто интеллектуальное.

Можно такую работу провести и без графопостроителя, переложив расчеты на плечи ученика. Но тогда суть работы затмит огромное количество вычисления. Утеряна будет наглядность, зрелищность. Ввел новое значение параметра, нажал кнопку, получил наглядный график. Класс! Для того и компьютерное моделирование. Машине - машинное, человеку - человеческое. Машине - тяжелые вычисления, человеку - анализ.

Еще лучше, если бы перед учеником был электронный трехмерный макет поля боя (например, Flash-анимация), а в руках ученика джойстик управления углом наклона орудия и азимутом наведения на цель с кнопкой выстрела, которыми сегодня пользуются реальные артиллеристы в бронетанковых и других войсках, но это дело профессиональных программистов. Современные игры-стрелялки для этой цели и близко не подойдут. В них, как правило, отсутствует фактор тяготения Земли, не видна траектория движения снаряда. Дидактическое значение их, очевидно, равно нулю. Равно как не годятся и профессиональные симуляторы для обучения артиллеристов в армии - они созданы для других целей. Нужную для школы программу можно создать только под руководством учителя. Но простому учителю для этого времени, наверное, не найти. Такие игры - лабораторные работы, видимо, дело будущих кабинетов физики. Пацифистов просим не беспокоиться. Хочешь мира, умей воевать.

Методические рекомендации к л/р № 4 "Изучение закона сохранения импульса при упругом ударе шаров".

Практическая работа состоит из двух частей: в первой части ученику надо доказать сохранение импульса при центральном ударе шаров, во второй части - при нецентральной ударе.

Импульс равен массе умноженной на скорость. Ученику требуется доказать, что векторная сумма импульсов шаров после столкновения равна вектору импульса ударяющего шара до столкновения.

Величину скорости определяют по длине полета шара при падении с высоты штатива. Интересно применить в первой части шары разной массы, где действия над векторами вдоль одной прямой можно заменить действиями над длинами. При этом необходимо сравнивать не просто длины с длиной свободного полета ударяющего шарика, а длины, умноженные на соответствующие массы.

Во второй части, которую мы предлагаем делать только более сильным ученикам и при наличии времени, удобнее использовать шары одинаковой массы. В таком случае вместо векторов импульсов можно складывать вектора перемещений по правилу параллелограмма прямо на листе со следами падений шариков.

Контрольные вопросы направлены на понимание сути работы, чтобы избежать механического следования описанию действий.

Методические рекомендации к л/р № 5 "Изучение зависимости периода колебаний от параметров системы (на примере математического маятника)".

Зависимости являются основой физического знания. По этой причине практические работы по изучению зависимости являются по нашему мнению чрезвычайно важными, основополагающими, если только изучение не является фикцией. Не случайно в связи с этим в ЕГЭ по физике уделяется так много внимания знанию и умению пользоваться зависимостями.

Надо иметь в виду, что в изучении зависимости есть несколько аспектов. Во-первых, от чего зависит. Во-вторых, как зависит (количественно). В-третьих, всегда должно подразумеваться обратное: "зависит от ..." подразумевает "не зависит от ..."

Поэтому в процессе работы мы, меняя параметры колебательной системы, заняты исследованием вопросов "зависит - не зависит", а также "если зависит, то как зависит" период колебаний маятника.

Не удовлетворяясь результатом проделанной работы, мы подобрали контрольные вопросы так, чтобы полученные в результате работы знания ученик сразу перевел в фонд активных, действующих знаний.

Методические рекомендации к л/р № 6 "Регулирование в электрических цепях."

Несложная работа, но очень важная в познавательном плане. Она напоминает аналогичную работу 8 класса с похожим названием. Однако мы существенно изменили саму работу.

Во-первых, теперь эта работа состоит из двух частей: регулирование силы тока в цепи, к которой добавлено регулирование напряжения в цепи. По нашему мнению является недостаточным простое наблюдение за изменениями показаний амперметра в результате воздействия реостата на силу тока (для многих достаточно абстрактной величины). Здесь отсутствует практический аспект регулирования тока в цепи, который мы предлагаем реализовать с помощью наблюдения за накалом обыкновенной лампочки. Тогда наш ученик будет понимать, зачем ему это надо знать. Это придает иное звучание регулированию тока в цепи.

К этой работе мы сделали важное дополнение - регулирование напряжения, где в качестве индикатора процесса регулирования выбран светодиод, который имеет порог зажигания по напряжению. Прибавив такое добавление, мы делаем идею управления электрическими цепями полной. Умение управлять током и напряжением, а также сравнение способов управления (сходство и различие) составляет основное содержание этого варианта лабораторной работы. На это направлены и контрольные вопросы первой и второй части.

Светодиод мы берем заметного - красного цвета, последовательно с ним подпаиваем резистор (МЛТ-0,125 сопротивлением от 100 Ом до

1 кОм) и крепим каплей эпоксиды (или иным способом) на старой подставке для лампочки.

Провода светодиода выводим на уже имеющиеся клеммы от лампы и помечаем их знаками "+" и "-" для правильного подключения к цепи. Там же находим место, чтобы написать величину ограничительного сопротивления. Это будет важно в некоторых работах.

В качестве потенциометра для второй части можно использовать очень старую модель обычного школьного реостата из набора для л/р, который выпускался с тремя выводами. Можно изготовить и самому, подпаяв три провода к любому, не обязательно проволочному переменному резистору номиналом 50 ... 200 Ом (например, СПЗ-40-М или лучше движковый, например, SL-20), приклеив его для удобства каплей эпоксиды к квадратной подставке из пластика или дерева. На ось резистора нужно надеть удобную ручку для вращения оси (перемещения движка).

Не удовлетворяясь тем, что ученик проделал по описанию работы, мы предлагаем ему ответить на такие контрольные вопросы, которые заставят его осознать то, чему он должен был научиться в этой работе, что должно способствовать переводу его новых знаний в фонд действующих. Для этого контрольные вопросы составлены так, чтобы заставить ученика проработать идеи регулирования напряжения и тока в деталях, а также произвести сравнение способов регулирования U и I .

Методические рекомендации к л/р № 7 "Деление напряжения с помощью последовательного соединения проводников."

Стандартную лабораторную работу "Изучение последовательного соединения проводников" мы существенно изменили. Конечно, выполняя л/р по обычному сценарию, ученики приобретают/закрепляют навыки сборки электрических цепей, измерения напряжений и токов и пр. Но это все сопутствующие вещи. Главное здесь по-нашему в следующем. Последовательное соединение в электрических цепях играет роль делителя напряжений. На этом мы и сосредотачиваем внимание ребенка. В противоположность этому ток в последовательном соединении не делится, он везде одинаков. Это важное дополнение, без которого знание о последовательном соединении является неполным. Поэтому мы не только оставили измерение токов в различных участках цепи, но и включили специальный контрольный вопрос.

Для создания некоторой интриги исследования мы не называем во вводной части законы последовательного соединения, а просим сформулировать их в конце работы в выводе по специальной форме.

Одной из целей работы является научиться использовать последовательное соединение для деления напряжений. На это направлены и контрольные вопросы. Такой взгляд на соединение проводников по-нашему существенно помогает ученикам и в решении задач на электрические цепи, и в практической работе, например, если мыслить перспективно, во время выполнения учебных заданий в ВУЗЕ. А для чего же мы учим школьников физике? Только чтобы тыкать в правильные ответы на ЕГЭ?

Методические рекомендации к л/р № 8 "Деление токов с помощью параллельного соединения проводников."

Эта работа является логичным и необходимым продолжением предыдущей работы №7 и, естественно, построена на тех же принципах. Главная идея здесь - деление токов в параллельном соединении. Не менее важным является факт одинаковости (неделимости) напряжения на различных участках электрической цепи в параллельном соединении. Говоря слово идея, мы исходим из того, что идеи важнее знаний. Идеи двигают мир, изменяют сознание. Знание, даже очень обобщенное, всегда конкретно. Наполняйте ваших учеников не только знаниями, но и идеями. Тогда они будут иметь перспективу. Их сознание не будет устаревать вместе с теми знаниями, что имеются в их голове.

Чтобы идеи деления токов и напряжений не стали пустым звуком, мы постоянно к ним обращаемся на протяжении изучения всей электродинамики: это и теория, и лабораторные работы, и решение задач. Да! Задачи мы тоже решаем, опираясь на идеи деления, используя специальный табличный способ оформления задач. В этой же форме мы ведем запись результатов и в л/р (см. например, таблицу в л/р №9). Единство подходов упрощает жизнь ученика, а, значит, содействует его большему успеху.

Впрочем, все сказанное выше относится ко всем идеям физики: и к идее молекулярного строения вещества (идея дискретности), и идеи единства вещества и поля (дискретное в непрерывном), и идеям квантовой механики (порционности) и пр. и пр.

Если вас чрезмерно увлекает философская сторона физики, то заметим, что одними идеями сыт не будешь. Знания - мышцы физической науки. Без них никуда!

Однако мышцы требуют постоянной тренировки. Одним из способов обобщения и закрепления знаний, который мы применяем, является годовой зачет. Если ты не претендуешь на многое, то на тройку достаточно вызубрить наизусть законы физики из пройденного материала и сдать учителю. Без этого положительной оценки в году не будет. Это не слишком сложно, настоящих законов в школьной физике не так много (за седьмой класс, например, их всего два: закон Паскаля и закон Архимеда). Если не учится, то напиши законы в тетради десять раз, покажи учителю, что ты готов проделать небольшую работу по предмету (заодно и запомнишь). Если хочешь больше, то и выучить надо больше: основные правила, формулы, особенности явлений и т.п. На пять надо, кроме всего прочего, понимать основные идеи, изученные за время изучения физики. Именно за все время изучения физики. В конце каждого года кроме материала за текущий год обязательно сдается и материал предыдущих лет. Так закон Архимеда сдается как в седьмом классе, так и в последующих (повторение - мать учения).

Вопросы к годовому зачету, а также точные и правильные ответы даем заранее. Чтобы не перегрузить ученика, а зачет был посильным для всех, отбирайте для него только самый главный материал, самый минимум. Нельзя, да и не обязательно, объять необъятное. Пусть зачет будет простым, тогда его можно будет сделать обязательным. С годами объем материала будет, конечно, расти, но часть его, выученная ранее, уже не представляет труда.

Формулировки некоторых законов, к примеру, законов Ньютона могут оказаться сложноватыми для запоминания некоторой частью учеников, в этом случае мы помимо полных формулировок даем упрощенные. I ЗН: двигаясь по инерции, тело не меняет своей скорости; II ЗН: $F = ma$; III ЗН: действие равно противодействию и т.д.

Методические рекомендации к л/р № 9 "Изучение смешанного соединения проводников."

Эта работа является логичным и необходимым дополнением двух предыдущих работ №7 и №8. Главная идея здесь - одновременное применение принципов деления токов и деления напряжений. Соединение воедино противоположностей - наш любимый прием.

Такое смешение дается непросто ученику. Как правило, за этим следует каша. Способность различать, пожалуй, один из самых необходимых навыков современного человека, и мы не устаем тренировать его в разных ситуациях. Эта работа один из таких примеров.

Форма записи результатов в работе абсолютно точно повторяет форму записи данных при решении задач на соединение проводников. Такая преемственность помогает ученику быстрее сориентироваться в непростом материале.

Методические рекомендации к л/р № 10 "Исследование зависимости мощности источника тока от нагрузки."

Несложная исследовательская работа, которая интересна тем, что требуется найти нетривиальную и ранее неизучавшуюся зависимость $P(R)$ для реального источника тока. Собрав простую электрическую цепь, ученик проводит ряд измерений напряжения и тока в этой цепи при все уменьшающемся сопротивлении реостата. Из полученных данных строится зависимость $P(R)$.

Для работы нужно использовать гальваническую или аккумуляторную батарею, а не сетевой адаптер. Источник должен иметь относительно большое внутреннее сопротивление. Также важно четко объяснить ученикам, чтобы те экономили ресурс батареи, не оставляли надолго цепь включенной, только на время измерений. Особенно это важно в конце работы, когда сопротивление цепи становится малым, а ток большим. Если это условие не соблюдать, не возможно будет считать полученные данные корректными. По мере разряда батареи ϵ и r батареи будут меняться и вносить искажения в данные.

Контрольные вопросы требуют описать эту непростую зависимость средствами, ранее изучавшимися в математике (нулевое значение, возрастание/убывание, экстремум, асимптота...) - межпредметные связи. Сама зависимость имеет прямое практическое значение для условий эксплуатации источников тока (максимум мощности можно взять при "согласованной" нагрузке, т.е. при $R = r$).

Методические рекомендации к л/р № 11 "Исследование зависимости напряжения источника тока от нагрузки."

Также несложная исследовательская работа, которая интересна тем, что требуется найти нетривиальную и ранее неизучавшуюся зависимость $U(R)$ для реального источника тока. Собрав простую электрическую цепь, ученик проводит ряд измерений напряжения и тока в этой цепи при все уменьшающемся сопротивлении реостата. Из полученных данных строится зависимость $U(R)$.

Для работы нужно использовать гальваническую или аккумуляторную батарею, а не сетевой адаптер. Источник должен иметь относительно большое внутреннее сопротивление. Также важно четко объяснить ученикам, чтобы те экономили ресурс батареи, не оставляли надолго цепь включенной, а только лишь на время измерений. Особенно это важно в конце работы, когда сопротивление цепи становится малым, а ток большим. Если это условие не соблюдать, не возможно будет считать полученные данные корректными. По мере разряда батареи ϵ и r батареи будут меняться и вносить искажения в данные.

Контрольные вопросы требуют описать эту непростую зависимость средствами, ранее изучавшимися в математике (нулевое значение, возрастание/убывание, экстремум, асимптота...) - межпредметные связи. Сама зависимость имеет прямое практическое значение для условий эксплуатации источников тока (максимум напряжения можно получить при минимальной нагрузке, т.е. при $R = \infty$; при этом значение напряжения равно ϵ , а при $R = 0$ и $U=0$).

Методические рекомендации к л/р № 12 "Исследование зависимости силы тока источника от нагрузки."

Также несложная исследовательская работа, которая интересна тем, что требуется найти нетривиальную и ранее неизучавшуюся зависимость $I(R)$ для реального источника тока. Собрав простую электрическую цепь, ученик проводит ряд измерений напряжения и тока в этой цепи при все уменьшающемся сопротивлении реостата. Из полученных данных строится зависимость $I(R)$.

Для работы нужно использовать гальваническую или аккумуляторную батарею, а не сетевой адаптер. Источник должен иметь относительно большое внутреннее сопротивление. Также важно четко объяснить ученикам, чтобы те экономили ресурс батареи, не оставляли надолго цепь включенной, а только лишь на время измерений. Особенно это важно в конце работы, когда сопротивление цепи становится малым, а ток большим. Если это условие не соблюдать, не возможно будет считать полученные данные корректными. По мере разряда батареи ϵ и r батареи будут меняться и вносить искажения в данные.

Контрольные вопросы требуют описать эту непростую зависимость средствами, ранее изучавшимися в математике (нулевое значение R , возрастание/убывание, экстремум, асимптота...) - межпредметные связи. Сама зависимость имеет прямое практическое значение

для условий эксплуатации источников тока (максимум тока можно получить при максимальной нагрузке, т.е. при $R = 0$; при этом значение тока не бесконечно, а ограничено значением ε/r).

Методические рекомендации к л/р № 13 "Исследование зависимости КПД источника тока от нагрузки."

Также несложная исследовательская работа, которая интересна тем, что требуется найти нетривиальную и ранее неизучавшуюся зависимость **КПД(R)** для реального источника тока. Собрав простую электрическую цепь, ученик проводит ряд измерений напряжения и тока в этой цепи при все уменьшающемся сопротивлении реостата. Из полученных данных строится зависимость **КПД(R)**.

Для работы нужно использовать гальваническую или аккумуляторную батарею, а не сетевой адаптер. Источник должен иметь относительно большое внутреннее сопротивление. Также важно четко объяснить ученикам, чтобы те экономили ресурс батареи, не оставляли надолго цепь включенной, а только лишь на время измерений. Особенно это важно в конце работы, когда сопротивление цепи становится малым, а ток большим. Если это условие не соблюдать, не возможно будет считать полученные данные корректными. По мере разряда батареи ε и r батареи будут меняться и вносить искажения в данные.

Контрольные вопросы требуют описать эту непростую зависимость средствами, ранее изучавшимися в математике (нулевое значение, возрастание/убывание, экстремум, асимптота...) - межпредметные связи. Сама зависимость имеет прямое практическое значение для условий эксплуатации источников тока (максимум **КПД = 100%** можно получить при минимальной нагрузке, т.е. при $R \rightarrow \infty$, когда источник тока абсолютно бесполезен; а при $R = 0$ и **КПД = 0**, опять источник бесполезен). Как ни крути, а хоть какая польза от источника тока может быть получена только, когда бесполезные траты будут иметь существенную величину!

Методические рекомендации к л/р № 14 "Исследование работы источника тока в зависимости от нагрузки."

Большая по объему и интересная работа для сильных учеников. Важно сосредоточить внимание на исследовании не только каждой отдельной зависимости, но и их совокупности, например, в части совпадения/несовпадения экстремумов отдельных графиков.

Собрав простую электрическую цепь, ученик проводит ряд измерений напряжения и тока в этой цепи при все уменьшающемся сопротивлении реостата. Из полученных данных нужно определить статические параметры источника тока электродвижущую силу ε и внутреннее сопротивление r , а также как зависят основные характеристики электрической цепи (напряжение U , сила тока I , полезная мощность P , коэффициент полезного действия η) от сопротивления нагрузки R , чтобы определить оптимальное значение нагрузки R источника тока.

По полученным данным ученик должен построить графики зависимостей, расположив их по вертикали один строго под другим для удобства сравнения их друг с другом. По горизонтальной оси следует отложить сопротивление цепи R (строго в одном масштабе), а по вертикальной оси значения I , U , P , η (в соответствующем масштабе). С первого до последнего графика провести сквозной вертикальный пунктир, проходящий через важное значение $R = r_{\text{ср}}$.

Для работы нужно использовать гальваническую или аккумуляторную батарею, а не сетевой адаптер. Источник должен иметь относительно большое внутреннее сопротивление. Также важно четко объяснить ученикам, чтобы те экономили ресурс батареи, не оставляли надолго цепь включенной, а только лишь на время измерений. Особенно это важно в конце работы, когда сопротивление цепи становится малым, а ток большим. Если это условие не соблюдать, не возможно будет считать полученные данные корректными. По мере разряда батареи ε и r батареи будут меняться и вносить искажения в данные.

Контрольные вопросы направят усилия ученика на более полное осознание полученных результатов.

Методические рекомендации к л/р № 15 "Исследование фоторезистора."

Это простая и интересная работа имеющая явный политехнический аспект. Работа важна тем, что в ней ученик получает возможность практического знакомства с работой и применением современных электронных элементов таких, как фоторезистор и светодиод.

Пониманию особенностей работы приборов способствуют и специально подобранные контрольные вопросы. Поскольку они не очень просты, не требуйте от каждого ученика обязательно отвечать на все вопросы.

Методические рекомендации к л/р № 16 "Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз."

Это большая работа. Она состоит из двух частей: определение фокусного расстояния собирающей линзы и фокусного расстояния рассеивающей линзы. Чтобы успеть выполнить обе части, на уроке мы рекомендуем только произвести измерения и записать их в лист отчета, а всю остальную работу проделать дома. Если в течение года ребята выполняли уже первую часть этой работы, то можно на практикум вынести только вторую часть. Сценарий работы стандартен и особых пояснений не требует.

Выполняя практическую работу, в данном случае с линзами, нам важно, чтобы ученики надежно овладели минимумом владения тем или иным прибором. Поэтому мы не стесняемся включать в контрольные вопросы, которые могут показаться очень простыми, для того, чтобы ребенок лишний раз обратил внимание на важную сторону изучаемой темы, например, вопрос 1.

Методические рекомендации к л/р № 17 "Сборка модели телескопа."

Простая работа, в которой учащиеся знакомятся с системой линз. Для нее подойдут любые линзы с разным фокусным расстоянием. Проводить ее нужно только после л/р №16, когда ученики уже умеют визуально отличить длиннофокусную от короткофокусной линзы, а также собирающую от рассеивающей.

Методические рекомендации к л/р № 18 "Сборка модели микроскопа."

Простая работа, в которой учащиеся знакомятся с системой линз. Для нее подойдут две любые собирающие линзы с разным фокусным расстоянием. Проводить ее нужно только после л/р №16, когда ученики уже умеют визуально отличить длиннофокусную от короткофокусной линзы, а также собирающую от рассеивающей.

Методические рекомендации к л/р № 19 "Определение постоянной Планка".

Очень важно политехническое и познавательное значение этой практической работы, использующей современные источники света (светодиоды). Она хотя и не отличается высокой степенью точности вследствие широты спектра излучения светодиодов, но позволяет определить очень важную мировую константу - постоянную Планка (квант действия).

В основе работы использован принцип работы светодиода. Он кратко изложен в теоретической части описания работы, которая для наглядности снабжена рисунком, поясняющим энергетику работы светодиода. Чтобы поднять электрон с низкого уровня в области n в область p , требуется некоторая энергия, не меньшая, чем $U_d e$. При рекомбинации с дырками электроны излучают полученную ранее энергию $E_e = U_d e = h\nu$. Измерив напряжение на светодиоде U_d , зная заряд электрона e , измерив частоту света ν , излучаемого светодиодом, получаем возможность найти h . При отсутствии светодиодов в лабораторном комплекте кабинета физики, его нетрудно собрать самим, спаяв последовательно на подставке для лампы накаливания светодиод красного цвета с ограничительным резистором величиной от 100 Ом до 1 кОм. На подставке желательно пометить ее клеммы знаками "+" и "-" для правильного включения светодиода в цепь, хотя ничего страшного не происходит при неправильном подключении прибора - он просто не будет гореть. Такой прибор пригодится вам далеко не только в этой работе!

Обратите внимание: U_d - это напряжение только на самом светодиоде, исключая падение напряжения на ограничительном резисторе! Поэтому на подставке желательно также написать величину этого резистора для возможности узнать U_R по величине тока I_d через диод: $U_R = I_d R$; $U_d = U - U_R$.

Контрольные вопросы 2-4 направляют внимание ученика на понимание квантово-механической природы излучения света.

Методические рекомендации к л/р № 20 "Измерение радиационного фона".

Эта простая работа знакомит реально:

- с бытовым прибором измерения естественного радиационного фона,
- допустимыми дозами облучения,
- позволяет увидеть случайный характер радиоактивного распада.

На эти важные обстоятельства направлены и контрольные вопросы.

Методические рекомендации к л/р № 21 "Измерение длины волны света с помощью дифракционной решетки".

Благодаря использованию излучения лазера (лазерных указок, стоимость которых составляет всего 35-50 руб.) выполнение работы учениками сильно упрощается, а результат имеет мизерную погрешность (1-2%), что для такой величины, как длина волны света, обычными средствами достичь весьма непросто.

Важным является предупреждение безопасности, с которого начинается описание работы.

Далее следуют небольшие описания лазера, дифракционной решетки и лабораторной установки, которая дает хороший результат даже при отсутствии затемнения, благодаря высокой яркости и когерентности лазерного излучения. Для получения результата необходимо измерить всего две длины: расстояние от решетки до экрана и отстояние максимума того или иного порядка от центра картины.

Значение этой работы нам представляется очень важным. Она практически знакомит учащихся с волновой природой света, дифракционной решеткой, лазерным излучением, а, главное, позволяет путем простых измерений получить значение длины волны света.

Методические рекомендации к л/р № 22 "Определение КПД электродвигателя".

В работе используется предположение, что на холостом ходу электродвигатель всю потребляемую мощность расходует на преодоление трения, преодоление электрического сопротивления и другие потери мощности. При наличии нагрузки (в нашем случае – вентиляции воздуха) эта мощность расходуется дополнительно еще и на совершение полезной работы. Легко измерить потребляемую мощность в первом и во втором случае по значениям напряжения и тока ($P = UI$). Полезную мощность найдем как разность между затраченной мощностью (под нагрузкой) и потерями мощности (без нагрузки, при снятой крыльчатке вентилятора). Разделив полезную мощность на затраченную, получим искомое значение КПД. Все просто!

Методические рекомендации к л/р № 23 "Сравнение свойств бытовых ламп различных типов".

Замечательная во всех отношениях практическая работа.

Мы учим детей и закону Ома и закону Джоуля-Ленца и пр. Некоторые из наших детей набирают в заданиях по электродинамике на ЕГЭ значительное количество баллов, а, вот, сменить перегоревшую лампочку не могут. Особенно, если новая лампа не совсем похожа на старую. Надписи на цоколе или упаковке лампы повергают многих из них в настоящий шок. Чему же мы учим их и для чего?!!

В этой работе мы предлагаем из набора различного типа ламп примерно одинаковой световой мощности (светового потока) выбрать наиболее оптимальный вариант для использования в настольной лампе по комплексу параметров. В набор могут входить, например, лампа накаливания 25 Вт, энергосберегающая лампа 7 Вт (20 Вт эквивалентной мощности) и светодиодная лампа 3,6 Вт (20 Вт эквивалентной мощности). Все они создают **одинаковый** световой поток 200 лм – это важно для возможности сравнения. Параметры ламп мы предлагаем считать самим ученикам с цоколя лампы или их упаковки для того, чтобы те научились определять пригодность лампы для использования в тех или иных целях.

Сменяя лампочки в патроне настольной лампы, старшеклассники не только научатся это делать **безопасно**, но и убеждаются, что подобранные нами лампы примерно одинаковы по световому потоку при визуальной оценке. Для облегчения сравнения мы подобрали лампы с одинаковой цветовой температурой (2700 К), близкой к спектру лампы накаливания.

Затем ученикам предлагается сравнить лампы между собой по различным параметрам: по стоимости (при одинаковости светового потока), по мощности, световой отдаче, долговечности и сделать комплексный вывод о преимуществе светодиодных ламп. Поскольку сравнение идет в цифровом выражении, мы получаем весьма внушительный перевес в пользу энергосберегающих, и тем более светодиодных ламп, по некоторым параметрам в десятки и сотни раз, особенно, если речь идет о долговечности и стоимости эксплуатации. Это особенно впечатляет!

Контрольный вопрос касается подсчета стоимости эксплуатации лампы, в которую входит наряду со стоимостью самой лампы (лампы, если их на период работы одной светодиодной лампы 25000 часов требуется несколько штук для корректного сравнения) и расход электроэнергии с учетом

ее стоимости по тарифу (практика показывает, что наши ученики понятия не имеют, как подсчитать стоимость электроэнергии по заданному тарифу). Методика самого расчета нами не дана, это существенно усложняет поиск ответа на контрольный вопрос, помощь здесь могут оказать родители.

Примечания.

- Несоблюдение техники безопасности является абсолютно **недопустимым**. Всякую торопливость учеников в этом вопросе необходимо пресекать в зародыше.
- При отсутствии необходимых ламп в крайнем случае можно использовать фотографии ламп, приведенных в качестве примера в описании работы.