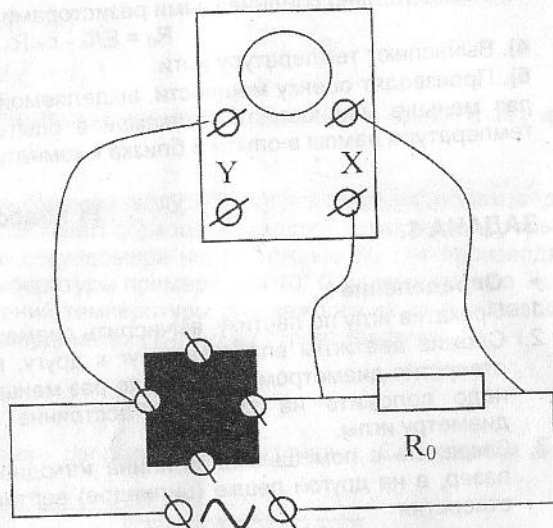


ЗАДАЧА 2.

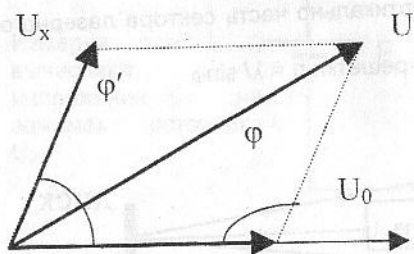
Собирают электрическую цепь из последовательно соединенных источника переменного тока, известного сопротивления и черного ящика. Последний подключают к какой-либо паре клемм. Отключив развертку, и подавая напряжение с известного сопротивления на "X" - вход осциллографа, а со всех возможных комбинаций пар клемм черного ящика - на "Y" - вход, получают фигуры Лиссажу. Последние анализируют. Горизонтальная прямая означает, что потенциалы соответствующих клемм одинаковы, т.е. разрыва цепи между ними нет, но элемент не находится под напряжением.



Наклонная прямая свидетельствует об отсутствии сдвига фаз, что в данной постановке соответствует активному сопротивлению между клеммами. Эллипс, симметричный относительно вертикальной и горизонтальной осей соответствует конденсатору (сдвиг фаз $\pi/2$). Эллипс, произвольно ориентированный относительно осей соответствует либо катушке индуктивности, обладающей активным сопротивлением, либо комбинации элементов.

Подключают источник переменного тока и известное сопротивление к другой паре клемм черного ящика. Повторяют все действия до тех пор, пока не удастся восстановить схему.

Для определения номиналов подключают источник переменного тока и известное сопротивление последовательно с каждым элементом схемы в отдельности. Используя осциллограф как вольтметр, измеряют напряжения на известном сопротивлении (U_0) и данном элементе схемы (U_x). Находят его сопротивление по формуле $Z_x = R_0 \cdot U_x / U_0$. Для активного сопротивления $R = Z_x$, для конденсатора его емкость $C = 1/(\omega Z_x)$, для катушки индуктивности коэффициент индукции можно найти из системы уравнений:



$$\cos \varphi = \frac{U_0^2 + U_x^2 - U^2}{2U_0 U_x}$$

$$\varphi' = \pi - \varphi,$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{\omega L}{R_L}$$

$$Z_x = \sqrt{(R + R_L)^2 + (\omega L)^2}$$

где U , R_L , φ' - полное напряжение на R_0 и R_x , активное сопротивление катушки индуктивности и сдвиг фаз между током и напряжением на катушке соответственно.

F-2000 exp! Гибински А.

Министерство образования Российской Федерации.

XXXIV Всероссийская олимпиада школьников по физике.

Заключительный этап.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

Методическое пособие для участников заключительного этапа
Всероссийской олимпиады по физике



Пермь -2000

Комплект заданий подготовлен методической комиссией по физике Центрального оргкомитета Всероссийских олимпиад школьников.

В работе по составлению и подготовке заданий экспериментального тура принимали участие:
Ефимов В.В., Зорин С.В.,
Мызников В.М., Полянский С.Е.



Задания

9 класс

Задача 1.

Определить сопротивление резисторов R_1, \dots, R_7 , амперметра и вольтметра.

Оборудование: Батарейка от карманного фонаря, лабораторные вольтметр и амперметр, соединительные провода, ключ, резисторы: $R_1 - R_7$.

Задача 2.

Определить коэффициент жесткости пружины.

Оборудование: Пружина; линейка; лист миллиметровой бумаги; брусок; груз массой 100 г, вес которого превосходит предел упругости пружины.

10 класс

Задача 1.

Определить удельную теплоемкость металлического образца.

Оборудование: два геометрически подобных металлических образца: один из них алюминиевый, термометр или мультиметр с термопарой, секундомер, сосуд с горячей водой, штатив, весы, салфетка, лист миллиметровой бумаги.

Примечание: удельная теплоемкость алюминия: $c = 896$ Дж/кг·К

Задача 2

Определить максимально возможную температуру накала вольфрамовой нити лампочки, достижимую с предлагаемым оборудованием. Считать что температурный коэффициент сопротивления вольфрама $\alpha = 0.0048$ К⁻¹.

Оборудование: источник постоянного тока с неизвестной Э.Д.С. и неизвестным внутренним сопротивлением; миллиамперметр с известным сопротивлением; два резистора с известными сопротивлениями, одно из которых сравнимо с сопротивлением миллиамперметра, а другое во много раз его превосходит; лампа от карманного фонаря; соединительные провода.

11 класс

Задача 1.

Определить длину волны излучения полупроводникового лазера и период отражательной дифракционной решетки.

Оборудование: полупроводниковый лазер, два бруска, линейка, экран, алюминиевая фольга, две швейные иглы, стеклянная пластинка, пластилин, часть сектора лазерного диска, ластик, лист миллиметровой бумаги.

Задача 2.

Черный ящик, внутри которого собрана цепь из последовательно соединенных элементов. Определить из каких элементов состоит цепь, в какой последовательности они соединены, найти их номиналы (значения).

Оборудование: черный ящик, источник переменного тока с неизвестным напряжением и частотой 50 Гц, резистор с известным сопротивлением, осциллограф, соединительные провода.

Примечание: с каждого соединения схемы сделан вывод на клемму ящика, элементы цепи могут быть не идеальными.

Возможные решения задач экспериментального тура

9 класс

ЗАДАЧА 1.

Введем в решении нумерацию резисторов в порядке возрастания их сопротивлений.

- Измерить напряжение батарейки U . Подключая поочередно каждый из резисторов последовательно с вольтметром, определить те, сопротивление которых соизмеримо с сопротивлением вольтметра, т.е. №5, №6, №7. Определить во сколько раз сопротивление каждого из них отличается от сопротивления вольтметра.

$$K = R/R_v = (U-U_v)/U_v.$$

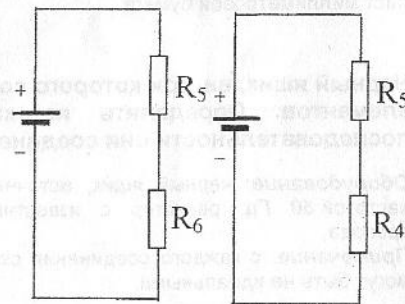
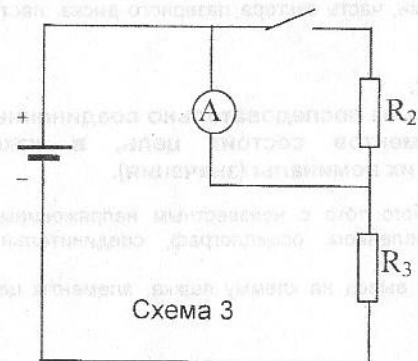
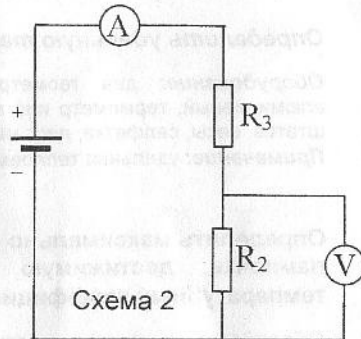
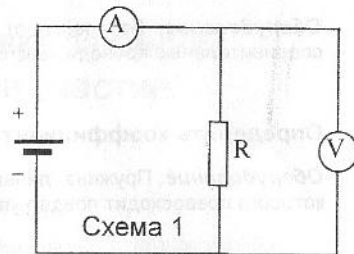
- Включая каждый из оставшихся резисторов с последовательно соединенными батарейкой, амперметром, определить номера резисторов в порядке возрастания их сопротивлений.
- Используя схему 1, определить сопротивление резисторов R_3 и R_4 . $R_3 = U_1/I_1$; $R_4 = U_2/I_2$
- Используя схему 2, определить сопротивление резистора R_2 . $R_2 = U_3/I_3$.
- Используя R_2 как шунт, находим сопротивление амперметра R_A . Параллельно амперметру подключаем резистор R_2 и измеряем ток I_4 . (схема 3)

$$R_A = R_2(I_1 - I_4)/I_4$$

- Повторяем предыдущий опыт, заменив резистор R_2 на R_1 , и измеряем ток I_5 . Находим $R_1 = R_2 I_5 / (I_1 - I_5)$
- Соединяя последовательно с источником резисторы R_4 и R_5 (схема 4) и измеряя вольтметром напряжение U_4 на резисторе R_4 и U на источнике, находим $R_5 = R_4(U - U_4)/U_4$
- Соединяя последовательно с источником R_5 и R_6 , замеряем напряжение U_6 на резисторе R_6 и находим сопротивление вольтметра.

$$R_v = R_5(K_6 + 1)U_6 / (K_6(U - U_6)).$$

- Вычисляем сопротивление резисторов $R_6 = K_6 \cdot R_v$, $R_7 = K_7 \cdot R_v$.



ЗАДАЧА 2.

- Измерить длину стержня, используя его в дальнейшем как высоту наклонной плоскости.
- Определить методом наклонной плоскости коэффициент трения груза о линейку.
- Закрепив пружину на одной стороне линейки и прикрепив к ней груз, постепенно увеличивать угол наклона и измерять удлинение пружины.

10 класс

ЗАДАЧА 1.

Определение материала, из которого изготовлен один из образцов, предполагается по нахождению теплоемкости металла методом охлаждения с последующим сравнением найденной теплоемкости с табличными данными.

Теория метода. Металлический образец, имеющий температуру более высокую, чем температура окружающей среды, в этой среде охлаждается. Количество теплоты, теряемой образцом металла за малый промежуток времени Δt , может быть записано в виде

$$q\Delta t = -c\rho V\Delta T \quad /1/$$

где c - теплоемкость металла, ρ - его плотность, V - объем образца, T - температура, которая принимается одинаковой во всех точках образца в силу малости размеров образца и большой теплопроводности металла.

Это же количество теплоты может быть выражено и по закону Ньютона

$$q\Delta t = \alpha (T - T_0)S\Delta t \quad /2/$$

где T_0 - температура окружающей образец среды, α - коэффициент теплоотдачи, S - величина поверхности образца. Сравнивая выражение /1/ и /2/, получаем

$$-c\rho V\Delta T = \alpha (T - T_0)S\Delta t \quad /3/$$

Выражение /3/ можно переписать в виде

$$\frac{\Delta(T - T_0)}{T - T_0} = -\frac{\alpha S}{cm} \Delta t \quad /4/$$

где $m = \rho \cdot V$ - масса образца; знак минус показывает, что с увеличением времени t температура образца убывает.

Получив из опыта значения температуры образцов для ряда значений времени, нужно на миллиметровой бумаге построить графики зависимости их температуры от времени.

Находя из графиков $\Delta(T - T_0)_1$ и $\Delta(T - T_0)_2$ для двух образцов при одинаковых $(T - T_0)_1$ и $(T - T_0)_2$ и при одинаковых Δt

$$\frac{\Delta(T - T_0)_1}{\Delta(T - T_0)_2} = \frac{c_2 m_2}{c_1 m_1} \quad /5/$$

откуда

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{m_2 \Delta(T - T_0)_2}{m_1 \Delta(T - T_0)_1} \quad /6/$$

Величины α и S принимаем одинаковыми для обоих образцов в одних и тех же интервалах температур.

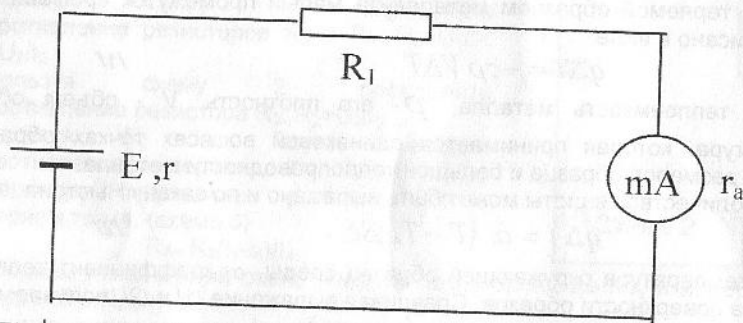
Измерения.

Образцы по очереди помещают в горячую воду. После нагревания образца до 80-90° С его вынимают, протирают. В канал образца помещают термометр который закрепляют в штативе. С помощью секундомера через каждые 30 сек производят запись температуры образца до температуры примерно на 10° С превышающую T_0 . По ряду полученных из опыта значений температуры для каждого из двух образцов на листе миллиметровой бумаги в координатах $(T - T_0)$ и t строят графики.

ЗАДАЧА 2.

1). Определение Э.Д.С. и внутреннего сопротивления источника. Собираются две схемы:

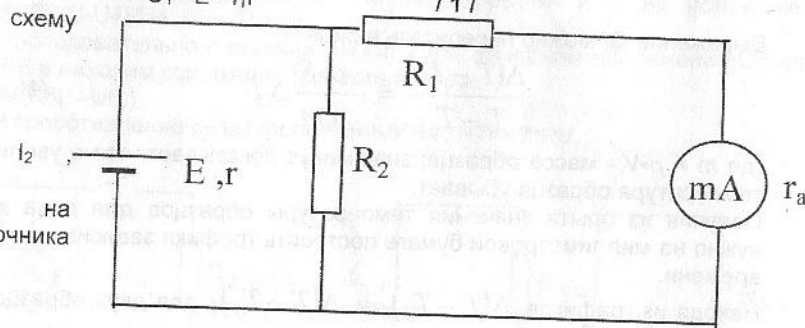
№ 1.



Измеряя ток I_1 , вычисляют напряжение на зажимах источника

$$U_1 = E - I_1 r$$

Собирают № 2.



Измеряя ток I_2 вычисляют напряжение на зажимах источника U_2 .

$$U_2 = E - r(U_2 / R_2 + I_2) / 2 /$$

Из I_1 и I_2 находят E и r .

2). Максимально возможный разогрев нити лампочки достигается при включении ее в схему №2 вместо R_2 . Измеряют ток I_3 и вычисляют напряжение на зажимах источника U_3 и по ним $R_1 = U_3 / ((E - U_3) / r - I_3)$.

3). Измерение сопротивления при комнатной температуре производят на схеме с последовательно соединенными резисторами.

$$R_0 = E / I_4 - r - R_1 - R_2 - r_a$$

4). Вычисляют температуру нити.

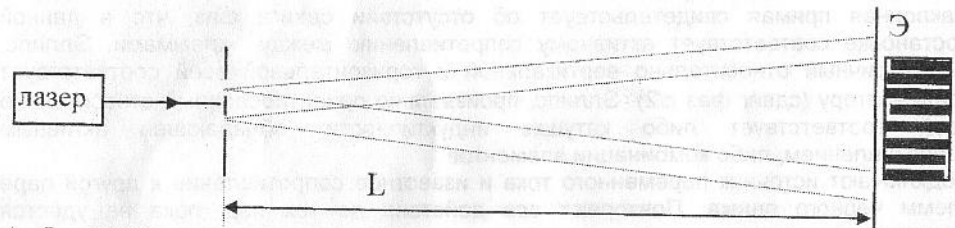
5). Производят оценку мощности, выделяемой в опыте 3. Она оказывается во много раз меньше мощности, выделяемой в опыте 2, что свидетельствует, о том, что температура лампы в опыте 3 близка к комнатной.

11 класс

ЗАДАЧА 1.

• **Определение λ .**

1. Прокатив иглу по ластике, вычислить диаметр иглы $d = S / \pi N$.
2. Сложив две иглы вплотную друг к другу, проколоть в фольге два одинаковых отверстия диаметром в несколько раз меньше диаметра иглы (для этого фольгу надо положить на стекло). Расстояние между центрами отверстий равно диаметру иглы.
3. Закрепить с помощью пластилина на одной пешке (цилиндре) горизонтально лазер, а на другой пешке (цилиндре) вертикально квадратик фольги и осветить отверстия



1. В центре картины, в области наложения центральных дифракционных максимумов при дифракции на круглых отверстиях, наблюдается система равноотстоящих интерференционных полос (как в опыте Юнга). Измерив ширину нескольких полос, найти затем ширину одной $\Delta x = L \lambda / d$ и по ней длину волны лазера.

• **Определение периода отражательной решетки.**

1. Закрепить с помощью пластилина на пешке вертикально часть сектора лазерного диска.
2. Проведя опыт согласно рисунку, найти период решетки $b = \lambda / \sin \varphi$.

