



Республиканская физическая олимпиада 2025 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

11 класс.

Прочтите это в первую очередь!

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



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Пакет содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условие экспериментального задания (5 стр.);
- листы ответов (12 стр.)

Задание 1. Неидеальный конденсатор

- В мире нет ничего идеального!
- А как же шар и куб?
- Шар неустойчив, а куб плохо катается!
(Диалог математика и физика)

В данном задании вам необходимо экспериментально исследовать непривычные для Вас свойства реального конденсатора.

Оборудование: электролитический конденсатор емкости $C \approx 50 \text{ мкФ}$, постоянный резистор с сопротивлением $R_0 \approx 2 \text{ МОм}$, Мультиметр цифровой, элемент питания 1,5 В, выключатель, соединительные провода.

Теоретическое введение.

При разрядке конденсатора через постоянный резистор R напряжение на нем изменяется по закону

$$U(t) = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right), \quad (1)$$

Который можно представить в более удобном для анализа виде

$$\ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) = -\frac{t}{RC}, \quad (2)$$

Если сопротивление резистора по каким-то причинам изменяется, то эти формулы не применимы. В этом случае следует пользоваться уравнением, справедливым на малых временах Δt :

$$\Delta U = -\frac{1}{RC} U \Delta t \quad (3)$$

Из этого уравнения следует, что сопротивление цепи разрядки в заданном интервале можно приближенно рассчитать по формуле

$$R = -\frac{1}{C} \frac{\Delta t}{\Delta(\ln U)}. \quad (4)$$

Рекомендуем в расчетах использовать эту формулу.

Часть 1. Подготовительная.

1.1 С помощью мультиметра измерьте сопротивление резистора R_0 и емкость конденсатора C (для этого на лицевой панели есть специальные гнезда подключения).

1.2 Используя элемент питания и резистор R_0 , измерьте сопротивления мультиметра в режиме измерения напряжения в диапазоне 2 В.

Приведите электрическую схему, которую Вы использовали для этого, расчетные формулы и результаты измерений.

Зарядите конденсатор, измерьте начальное напряжение U_0 на нем, отключите конденсатор (используйте выключатель) от источника и мультиметра. Предоставьте ему возможность

разряжаться в течение 5 минут. После этого опять подключите его к мультиметру и измерьте остаточное напряжение U_1 .

1.3 По данным измерений рассчитайте: среднее значение силы тока утечки и сопротивления утечки конденсатора R_{C1} . Измерения проведите при начальном напряжении $U_0 = 1400 \text{ мВ}$ и начальном напряжении $U_0 = 800 \text{ мВ}$. Нарисуйте электрическую схему, использованную Вами.

Подсказка. У вас нет возможности регулировать начальное напряжение на конденсаторе, поэтому полностью заряжайте его от элемента питания и ждите, пока он не разрядится через мультиметр. Для ускорения его разрядки можете использовать резистор R_0 .

Часть 2. Разрядка конденсатора через мультиметр

Зарядите конденсатор до максимального значения и подключите его к мультиметру.

2.1 Измерьте зависимость напряжения на конденсаторе от времени в диапазоне напряжений от 1400 мВ до 300 мВ с шагом 100 мВ (используйте секундомер с памятью 10 этапов).

2.2 Постройте график зависимости (2) по полученным данным измерений.

2.3 Строго (а не «на глаз») докажите, что закон экспоненциальной разрядки (1) в данном случае не выполняется – отклонения от него носят систематический характер.

2.4 Рассчитайте зависимость сопротивления конденсатора R_C от напряжения на нем. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.

При необходимости можете попросить у организаторов дополнительные листы миллиметровой бумаги

Часть 3. Разрядка конденсатора через резистор

Подключите к конденсатору и мультиметру параллельно резистор R_0 .

3.1 Выполните все Части 2 (2.1, 2.2 и 2.4) при разрядке через резистор.

3.2 Сравните результаты, полученные в Части 2 и Части 3. Если обнаружены различия, дайте им качественное объяснение.

3.3 Приведите эквивалентную схему реального конденсатора, объясняющую обнаруженные вами свойства конденсатора. Укажите параметры элементов этой схемы.

Задание 2. Поглощение света.

При прохождении света через фильтры его интенсивность убывает вследствие поглощения света. В данной работе Вам необходимо исследовать это явление и объяснить некоторые его особенности.

Оборудование: Источники света: красный лазер, белый светодиод; источник питания, фотоприемник (фотодиод), подставки, переменный резистор 20 кОм, мультиметр, соединительные провода, комплект пленок: 5 красных, 5 зеленых, 5 синих, 5 серых; прищепка, пластилин, липкая лента.

Коэффициентом пропускания пленки K называется отношение интенсивности прошедшего через пленку света I_1 к интенсивности падающего света I_0 , поэтому

$$I_1 = KI_0. \quad (1)$$

Если свет проходит через n пленок с одинаковыми коэффициентами пропускания, то интенсивность прошедшего света описывается очевидной формулой

$$I_n = K^n I_0. \quad (2)$$

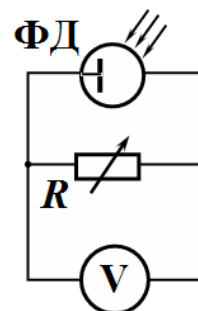
Для анализа этой зависимости и определения коэффициента пропускания удобно использовать логарифмический масштаб

$$\ln\left(\frac{I_n}{I_0}\right) = n \ln K. \quad (3)$$

Используйте этот подход в обработке результатов измерений.

Для измерения интенсивности света используйте следующую схему.

Сопротивление резистора в этой схеме надо подбирать экспериментально. При больших значениях этого сопротивления фотоприемник может перейти в режим насыщения, когда измеряемое напряжение оказывается не пропорциональным интенсивности падающего света. При уменьшении сопротивления измеряемое напряжение уменьшается, но характеристика фотоприемника становится линейной.



Закрепите с помощью липкой ленты и пластилина на столе фотоприемник на подставке. Расположите лазер таким образом, чтобы его луч попадал на фотоприемник и полностью освещал его (надо чтобы пятно лазера немного превышало размер входного отверстия). В ходе измерений положение лазера и фотоприемника не должно изменяться. Если в ходе измерений с одним комплектом 5 одинаковых пленок произошло смещение источника или фотоприемника, измерения начинайте сначала. Исследуемые пленки скрепляйте с помощью прищепки и подносите непосредственно к входному отверстию фотоприемника, не касаясь его. Перед каждой серией измерений пропускания одинаковых пленок измеряйте фоновое значение интенсивности (при выключенном источнике), при необходимости учитывайте его при расчетах.

Часть 1. Выбор режима работы фотоприемника.

Фотоприемник освещается светом лазера. Для измерения интенсивности используйте описанную электрическую схему. Измерения проводите только с серыми пленками.

1.1 Проведите измерения зависимости напряжения U_n на резисторе от числа пленок n при 3 различных сопротивления резистора.

Сначала проведите измерения проведите при 2 значениях сопротивлений резистора 20 кОм, 10 кОм. После этого установите такое значение сопротивления, при котором напряжение при максимальном освещении (т.е. без пленок) немного меньше 200 мВ. Используйте соответствующий диапазон измерения мультиметра.

1.2 Постройте на одном бланке графики зависимости логарифма напряжения $\ln U$ от числа пленок n для различных значений сопротивления резистора.

1.3 Качественно (и кратко) объясните полученные зависимости.

1.4 Рассчитайте коэффициент пропускания серой пленки K_C . Оцените погрешность найденного значения.

В дальнейшем работайте при таком значении сопротивления резистора, чтобы максимальное напряжение (при максимальном освещении) не превышало 200 мВ. При необходимости Вы можете изменять сопротивление резистора.

Часть 2. Поглощение красного света лазера.

2.1 Измерьте зависимости интенсивности света I_n , прошедшего через n одинаковых пленок, от числа этих пленок. Измерения проведите для красных, зеленых и синих пленок. Постройте графики (на одном бланке) линеаризованных зависимостей (3) для этих пленок.

2.2 Укажите, выполняется ли закон (2) в этих экспериментах.

2.3 Рассчитайте коэффициенты пропускания красной $K_{кр}$, зеленой $K_{зел}$ и синей $K_{син}$ пленок.

2.4 Измерьте пропускания трех пленок, сложенных вместе: двух красных и одной зеленой. Приведите теоретическую формулу для коэффициента пропускания этих пленок и сравните результат расчета по этой формуле с результатом измерения.

Часть 3. Поглощение белого света.

Установите вместо лазера источник белого света. Расположите его вблизи приемника, оставьте небольшой промежуток между ними для размещения в нем исследуемых пленок.

3.1 Измерьте зависимости интенсивности света I_n , прошедшего через n одинаковых пленок, от числа n . Измерения проведите для всех типов пленок: серой, красной, зеленой и синей. Постройте линеаризованные графики полученных зависимостей.

3.2 Докажите, что, например, для зеленой пленки закон поглощения (2) строго не выполняется.

3.3 Рассчитайте коэффициенты пропускания всех типов пленок: серой, красной, зеленой. Оцените погрешность измерения коэффициента пропускания серой пленки.

3.4 Сравните коэффициенты пропускания белого света с коэффициентами пропускания красного света. Укажите основную причину их возможных различий.

3.5 Измерьте коэффициент пропускания двойной пленки одной красной и одной синей. Приведите теоретическую формулу для коэффициента пропускания этих пленок и сравните результат расчета по этой формуле с результатом измерения. Качественно объясните полученный результат.

3.6 Сделайте общий вывод: от чего зависит коэффициент пропускания пленки.