



# Республиканская физическая олимпиада 2025 года (Заключительный этап)

## Экспериментальный тур

### 9 класс.

**Прочтите это в первую очередь!**

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение которых отводится пять часов.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. Для Вас подготовлены Листы ответов, в которых отведены поля для занесения выводов формул, полученных результатов, комментариев по ходу выполнения работы. Для результатов измерений в Листах ответов подготовлены Таблицы, для построения графиков – их бланки. Листы ответов – это ваш чистовик. Для черновиков используйте чистые рабочие листы.
4. Так как ваши работы сканируются, пишите только на одной стороне всех листов. Подписывать листы запрещается.
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 (4 стр.);
- листы ответов (10 стр.);

## Задание 1. Квадратная вертушка

*Не снимайте установку со штатива. не разматывайте ее нити – сами не восстановите. Следите, чтобы нити все время были намотаны с одной стороны (см. рисунок).*

*Если установка вышла из строя, немедленно обращайтесь за помощью к организаторам!*

В данной задаче Вам необходимо исследовать движение системы, состоящей из вертушки на нитях (см. рис.) и подвешенного груза в зависимости от массы подвешенного груза. Во всех пунктах считайте движение вертушки равноускоренным.

**Оборудование:** вертушка, подвешенная на штативе, набор грузов: 2 груза по 50 г, набор гаек (масса гайки Вам будет указана), мерная лента, секундомер с памятью этапов.

Внимательно осмотрите установку, особенно способ намотки нитей. В зависимости от массы подвешенного груза вертушка может двигаться как вверх, так и вниз. Для этого подвесьте 2 груза по 50 г. Убедитесь, что при этом вертушка поднимается вверх. После того, как вертушка поднялась в крайнее верхнее положение, снимите один груз, убедитесь, что при этом вертушка начинает опускаться вниз.

Обозначим:

$M$  - масса вертушки;

$m$  - масса подвешенного груза;

$r$  - радиус стержня, на который намотаны нити вертушки;

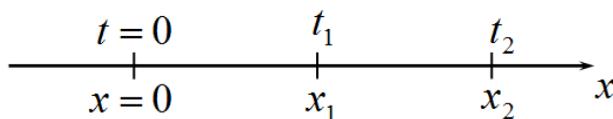
$R$  - радиус валиков, на которые намотаны нити подвеса грузов.

В данной задаче вам необходимо измерять ускорение, с которым движется ось вертушки. Положительным направлением движения вертушки считается **движение вверх**.

При измерении ускорения сложно (практически невозможно) точно зафиксировать начало движения, т.е. добиться выполнения «теоретического» условия  $v_0 = 0$ .

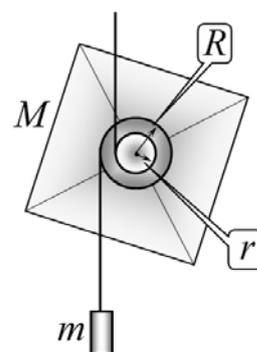
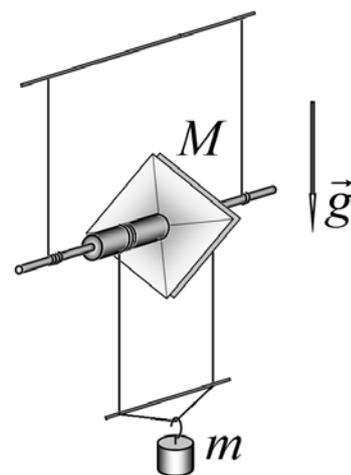
Поэтому для измерения ускорения рекомендуем использовать следующую методику. На вертикальной измерительной ленте (или на нитях подвеса вертушки) установите 3 отметки. Когда ось вертушки

будет проходить через нулевую точку, запускайте секундомер. Затем (с помощью памяти этапов) измерьте времена  $t_1, t_2$ , когда ось проходит через отметки  $x_1, x_2$ . При использовании такой методики Вы можете подтолкнуть вертушку из начального положения.



**1. Получите формулу для расчета ускорения  $a$  по измеренным значениям  $x_1, x_2$  и  $t_1, t_2$ .**

При изучении движения вверх и вниз можете использовать различные отметки на ленте. Все измерения рекомендуется повторять несколько раз и рассчитывать средние значения ускорений. Тщательно продумайте, в каком порядке Вы будете изменять массы подвешиваемых грузов.



2. Измерьте зависимость ускорения оси вертушки от массы подвешенного груза. Постройте график полученной зависимости.

Результаты измерений занесите в таблицу 1 Листов ответов, график постройте на бланке Листов ответов. Все длины измеряйте в см, а ускорения в см/с<sup>2</sup>. Укажите значения координат  $x_1, x_2$ , при которых Вы фиксировали времена  $t_1, t_2$ .

3. Предложите простой и достаточно точный метод измерения отношения радиусов  $R/r$ . Проведите необходимые измерения и рассчитайте это отношение.

4. Используя только результаты измерений, проведенных в п. 2 и 3, рассчитайте массу вертушки  $M$ . Оцените погрешность ее измерения  $\Delta M$ .

Не забудьте кратко описать ваши методы проведения измерений и расчетов в пп. 3-4. Приведите расчетные формулы, окончательные результаты занесите в Листы ответов. Вывод расчетных формул с необходимыми пояснениями приведите на рабочих листах.

***Приведенные в Листах ответов численные результаты без краткого описания способа их получения не оцениваются!***

## Задание 2. «Интерференция» теней.

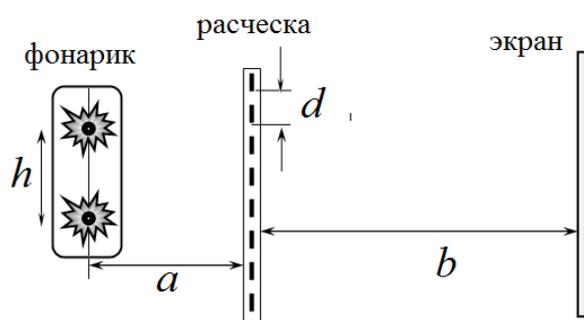
**Оборудование:** фонарик с 4 лампочками, двойная расческа, измерительная линейка, экран на подставке, тонкая палочка, кусок пластилина для крепления фонарика, кусок изолянта.

Расческа освещается двумя лампочками, расположенными в плоскости, параллельной расческе. За расческой расположен экран, на котором можно наблюдать тени от зубцов расчески. На рисунке вертикальный масштаб сильно преувеличен.

Оказывается, что существует несколько положений расчески и экрана при которых тени от зубцов видны наиболее четко, при других положениях они размыты.

Обозначим:

- $a$  - расстояние от лампочек до расчески;
- $b$  - расстояние от расчески до экрана;
- $h$  - расстояние между лампочками;
- $d$  - период расчески (расстояние между соседними зубцами).



### Часть 1. Теоретическая.

- 1.1 Получите соотношение между указанными параметрами установки ( $a, b, h, d$ ) и номером положения  $m = 1, 2, 3, \dots$  при котором тени зубцов на решетке оказываются наиболее четкими.
- 1.2 Укажите наглядный смысл целочисленного параметра  $m$ . Укажите, сколько положений с наиболее четкими тенями можно наблюдать в таком эксперименте.

*Подсказка.* Рассмотрите размер тени одного периода расчески, и смещение тени при смещении лампочки.

### Часть 2. Подготовительная.

- 2.1 Измерьте периоды двух расчесок (густой и редкой)  $d_1, d_2$  с максимальной точностью.
- 2.2 Измерьте непосредственно расстояния между соседними  $h_1$  и крайними лампочками  $h_2$ .

С помощью кусочка изолянта Вы можете закрыть две из четырех лампочек фонарика (они расположены на его боковой поверхности). Во всех экспериментах измерения проводите для двух пар лампочек: а) открыты крайние лампочки; б) открыты две соседние лампочки.

Расположите между фонариком и экраном (их положения выберите самостоятельно) вертикально тонкую палочку. Регулируйте положения лампочки и экрана так, чтобы две тени на экране, были одинаковыми (по размерам и освещенности).

**Используйте такой способ регулировки положения фонарика и экрана во всех экспериментах.**

Вам необходимо более точно определить расстояния между лампочками.

**2.3** Измерьте зависимость расстояния между серединами теней палочки от отношения расстояний  $\frac{b}{a}$  для двух пар лампочек: соседних и крайних. Постройте графики полученных зависимостей.

**2.4** По результатам этих измерений рассчитайте расстояния между соседними  $h_1$  и крайними лампочками  $h_2$ . Оцените погрешность найденных значений.

Внимание! В дальнейшей работе будьте предельно аккуратны. Определять положения расчески и экрана довольно сложно. «подходите» к примерно найденному значению с двух сторон двигая расческу или экран сначала с одной стороны (запомните или запишите значение координаты), а затем с другой – после чего усредните полученные значения. Не подгоняйте результаты измерений под теоретические значения – не поверим и накажем.

### Часть 3. Перемещение расчески.

Закрепите лампочки и экран на расстоянии  $S = a + b = 50\text{см}$ . Используя палочку отрегулируйте их взаимное положение.

**3.1** Измерьте значения расстояний  $b_m$  для четырех случаев, выбирая разные пары лампочек и разные части расчески.

**3.2** Проведите теоретический расчет значений  $b_m$  для всех четырех случаев.

**3.3** Постройте график зависимости значений  $b_m$  от номера  $m$  для крайних лампочек и густой расчески. Определите параметры этой зависимости. Рассчитайте с помощью этого графика отношение  $\frac{d_1}{h_2}$ .

### Часть 4. Перемещение экрана.

Измерения проведите только для крайних лампочек и густой расчески.

Закрепите фонарик и расческу на расстоянии  $a = 20\text{см}$ .

**4.1** Измерьте зависимость расстояния от расчески до экрана  $b_m$  (при фиксированном значении  $a$ ) от его номера  $m$ .

**4.2** Проведите теоретический расчет  $b_m$  для этого эксперимента.

**4.3** Предложите линеаризацию полученной зависимости. постройте график линеаризованной зависимости.

**4.4** Сделайте общий вывод: подтверждается ли ваша теория экспериментально.



# Республиканская физическая олимпиада 2025 года (Заключительный этап)

## Экспериментальный тур

### 10 класс.

**Прочтите это в первую очередь!**

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

## Задание 1. Магнитная вязкость

При движении намагниченного шарика внутри металлической трубки (в этом эксперименте – алюминиевой) в стенках трубки возникают токи намагничивания, которые называются токами Фуко. Из-за наличия этих токов, появляется сила торможения, действующая на шарик, которая пропорциональна скорости  $V$  движения шарика:

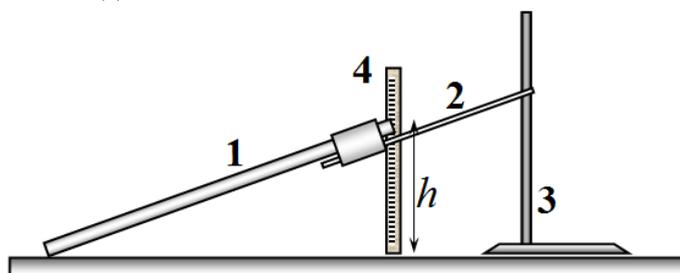
$$\vec{F} = -\beta\vec{V} \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности  $\beta$  в данной формуле зависит от параметров трубки (ее материала и геометрических размеров) и структуры магнитного поля, создаваемого шариком. Часто явление возникновения тормозящей силы называют магнитной вязкостью. В данной задаче Вам необходимо экспериментально исследовать это явление.

**Оборудование.** Алюминиевая трубка длиной  $L = 50,0 \text{ см}$ ; набор из одинаковых 5 неодимовых шариков – магнитов; кусочек пластиковой трубки, деревянная линейка, линейка измерительная, штатив, секундомер с памятью этапов, пластиковый стакан.

Установка для проведения измерений очевидна.

К трубке 1 прикреплена деревянная линейка 2, конец которой закреплен в лапке штатива 3. С помощью измерительной линейки 4 можно измерять высоту верхнего края линейки над уровнем стола  $h$ . Второй конец трубки опирается на поверхность стола. Время движения магнитов внутри трубки измеряется с помощью секундомера.



### Примечания.

1. Во всех случаях движение шариков внутри трубки считайте равномерным.
2. Все длины измеряйте в сантиметрах.
3. Диапазоны измерения высоты  $h$  в каждой части задания выбирайте самостоятельно.
4. Для получения приемлемой точности измерений всегда проводите измерения времен движения несколько раз.
5. Оценка погрешности измерений необходима только в тех пунктах задания, где эта оценка требуется.
6. Для вашего удобства нами подготовлены листы ответов, в которых имеются таблицы для записи результатов измерений и бланки для построения графиков – используйте их в своей работе (и не забудьте их сдать). Оцифровку осей проводите самостоятельно. Заполнять все ячейки не обязательно, самостоятельно определяйте число необходимых измерений.
7. Если требуется использовать некоторые формулы, то их вывод приведите на рабочих листах, в листы ответов занесите только итоговую формулу. Выводы сразу заносите в листы ответов.
8. Формулы для обработки графиков приведите только один раз (при первом их использовании).

### Часть 1. Скатывание

В данной части Вам необходимо изучить скатывания одного шарика внутри трубки.

**Что бы не искать шарики по всему кабинету под нижний конец трубки положите горизонтально пластиковый стакан, в который должен попадать шарик.**

- 1.1 Приведите формулу, с помощью которой по известной длине трубки и времени скатывания можно рассчитать скорость движения шарика.
- 1.2 Измерьте зависимость скорости скатывания шарика  $V$  от высоты верхнего края линейки  $h$ . Постройте график полученной зависимости.
- 1.3 Для одного из значений (по вашему выбору) высоты  $h$ , рассчитайте погрешность измерения скорости движения шарика.
- 1.4 Укажите, можно ли считать, что формула (1) применима в данном случае. Укажите, можно ли пренебречь силой трения в данном эксперименте. Ответы кратко обоснуйте.
- 1.5 Используя полученные результаты, определите отношение модуля силы вязкости  $F_0$  при скорости движения  $V_0 = 1,0 \frac{см}{с}$  к силе тяжести одного шарика  $\frac{F_0}{mg}$  с максимальной точностью. Приведите формулу, по которой Вы провели расчет этой величины.

### Часть 2. Соскальзывание двух шариков в трубке.

Поместите два шарика в пластиковую трубочку. Проведите исследование движения трубочки с шариками внутри алюминиевой трубки.

- 2.1 Измерьте зависимость скорости движения трубочки  $V$  от высоты подъема алюминиевой трубки  $h$ .

Представьте полученную зависимость в линеаризованном виде

$$Y = aX + b. \quad (2)$$

где  $Y, X$  - некоторые функции от результатов измерений  $h, t$ . Постарайтесь придумать такую линеаризацию, чтобы по параметрам этой зависимости можно было определить коэффициент трения пластиковой трубочки о стенку алюминиевой трубки.

- 2.2 Запишите формулы для расчетов переменных  $Y, X$ , проведите их расчет, постройте график линеаризованной зависимости.
- 2.3 Определите по графику значение коэффициента трения  $\mu$ .
- 2.4 Проведите максимально точный расчет коэффициента трения  $\mu$ . Оцените погрешность найденного значения.

**Часть 3. Зависимость магнитной силы от числа магнитов.**

Установите трубку так, чтобы ее верхний край находился на высоте примерно 30 см. Вам необходимо исследовать зависимость силы магнитной вязкости от числа шариков. Нужное число шариков вставляйте в пластиковую трубку.

**3.1** Измерьте зависимость скорости движения трубочки с шариками  $V$  от числа шариков  $n$  в ней. Постройте график полученной зависимости.

Предположим, что сила магнитной вязкости от числа шариков имеет степенной вид

$$F = \beta_1 n^\gamma V \quad (3)$$

**3.2** Используя полученные экспериментальные данные определите показатель степени  $\gamma$  в формуле (3). Хотя бы попытайтесь его угадать.

## Задание 2. Несколько опытов со шприцом

*Решение данного задания полностью приведите на рабочих листах!*

**Оборудование:** шприц медицинский 20 мл, термометр электронный, calorimeter, стакан 200 мл, штатив, горячая и холодная вода.

Плотность воды считайте равной  $\rho_0 = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . При выполнении всех пунктов задания кратко опишите, как Вы проводили измерения. При необходимости атмосферное давления на момент проведения опыта Вам будет указано.

### Часть 1. Капли.

Заполните шприц наполовину водой, остальную часть заполните воздухом. При заполнении шприца несколько раз заполните его полностью и опорожните, чтобы подогреть стенки шприца. Медленно нажимая на поршень, добейтесь устойчивого образования капель, падающих из отверстия шприца.

**1.1** Измерьте среднюю массу образующихся капель. Измерения проведите с холодной и горячей водой. Укажите температуру воды, при которой Вы проводили измерения масс капель.

**1.2** Сравните полученные массы капель, дайте им качественное объяснение. Укажите, от чего может зависеть масса капли.

### Часть 2. Пузырьки

Частично заполните шприц водой. При медленном выдвигании поршня воздух через его отверстие в шприц будет заходить воздух, образуя внутри воды небольшие пузырьки.

**2.1** Измерьте средний объем одного пузырька, заходящего в трубку. Измерения проведите при двух температурах воды.

**2.2** Сравните полученные объемы пузырьков, дайте им качественное объяснение. Укажите, от чего может зависеть объем пузырька.

### Часть 3. Давление насыщенного пара

Заполните шприц частично горячей водой (ее температура должна быть не менее  $60^\circ\text{C}$ ) Закрепите шприц в штативе вертикально, так, чтобы его выходное отверстие располагалось снизу. По мере остывания воды пузырьки воздуха будут проникать внутрь шприца. Обязательно укажите, чему изначально равнялись объемы воздуха и воды в шприце.

**3.1** Подсчитайте число образовавшихся пузырьков. Определите, изменился ли объем воздуха внутри шприца. Укажите значение этого объема.

**3.2** Пренебрегая давлением водяных паров при комнатной температуре, оцените давление насыщенного пара при температуре горячей воды, которую Вы использовали в данном эксперименте.

**Часть 4. «Абсолютный нуль температуры»**

Частично заполните шприц горячей водой (не забудьте указать начальные объемы воды и воздуха в шприце). После этого опустите шприц в холодную воду, так чтобы отверстие шприца находилось внутри холодной воды. По мере остывания шприца холодная вода будет поступать внутрь шприца.

**4.1** Считая процесс охлаждения воздуха в шприце изобарным, определите значение абсолютного нуля температуры в градусах Цельсия.

**4.2** Дайте качественное объяснение полученному результату.



# 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 которых 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  $\Delta t$ :

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

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

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

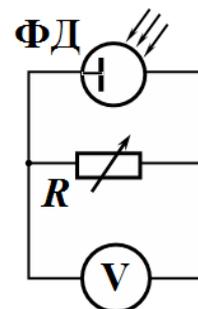
Для анализа этой зависимости и определения коэффициента пропускания удобно использовать логарифмический масштаб

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

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 сопротивлениях резистора.

Сначала проведите измерения 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.