

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**

**Учебно-методические материалы для председателей  
и членов региональных предметных комиссий  
по проверке выполнения заданий с развернутым ответом  
экзаменационных работ ЕГЭ 2013 года**

# **ФИЗИКА**

## **ЧАСТЬ 1**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО  
ОЦЕНИВАНИЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ  
ЕГЭ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

**Москва**

**2013**

Авторы: М.Ю. Демидова, Т.Б. Мельникова, А.И.Нурминский

Авторы будут благодарны за замечания и предложения по совершенствованию пособия.

© М.Ю. Демидова, Т.Б. Мельникова, А.И. Нурминский, 2013

© Федеральный институт педагогических измерений, 2013

## Содержание

<b>1. Основные подходы к разработке КИМ ЕГЭ 2013 г.</b>	<b>4</b>
<b>2. Роль заданий с развернутым ответом в системе ЕГЭ</b>	<b>6</b>
<b>3. Система оценивания заданий с развернутым ответом в ЕГЭ 2013 г.</b>	
<b>3.1. Схема оценивания заданий С1</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Схема оценивания заданий С2–С6</b>	<b>11</b>
<b>4. Примеры оценивания ответов на задания с развернутым ответом</b>	
<b>4.1. Примеры оценивания ответов на задание С1</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Примеры оценивания ответов на задания С2–С6</b>	<b>33</b>

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КИМ ЕГЭ 2013 г.

Основная задача единого государственного экзамена по физике – оценить подготовку по физике выпускников XI (XII) классов общеобразовательных учреждений с целью отбора выпускников для поступления в средние специальные и высшие учебные заведения.

Регламентирующими документами ЕГЭ 2013 года являются:

- Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для ЕГЭ по физике;
- Спецификация КИМ ЕГЭ по физике;
- Демонстрационный вариант КИМ для ЕГЭ по физике.

Концепция конструирования контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике обеспечивает единство требований к знаниям и умениям выпускников общеобразовательных учреждений и позволяет эффективно дифференцировать абитуриентов в соответствии с их уровнем подготовки по физике. Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике призваны всесторонне оценить как усвоение выпускниками основных содержательных линий всех разделов школьного курса физики, так и сформированность различных умений.

По сравнению с предыдущим годом структура и содержание работы оставлены без изменений.

Экзаменационная работа состоит из 35 заданий, различающихся формой представления и уровнем сложности. В первую часть работы включено 21 задание с выбором ответа. Вторая часть содержит 4 задания с кратким ответом, при этом задания В1 и В2 представляют собой задания на установление характера изменения величин, описывающих различные физические процессы или явления, а задания В3 и В4 – на установление соответствия. Третья часть экзаменационной работы включает 4 задачи с выбором ответа и 6 заданий, предполагающих представление развёрнутого решения: одну качественную задачу и пять расчётных задач.

В экзаменационную работу включены задания по всем основным содержательным разделам курса физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, квантовая физика. Каждый экзаменационный вариант КИМ ЕГЭ по физике содержит задания по всем содержательным темам перечисленных выше разделов, а по наиболее важным темам задания формулируются на разных уровнях сложности. Число заданий по разделу примерно пропорционально учебному времени, отводимому на его изучение. Различные планы, по которым конструируются экзаменационные варианты, строятся по принципу содержательного дополнения так, что в целом все серии вариантов обеспечивают диагностику освоения всех включенных в кодификатор содержательных элементов.

Для достижения целей дифференциации выпускников по степени подготовки в экзаменационную работу были включены задания трех уровней сложности: базового, повышенного и высокого уровней сложности. Задания

базового уровня проверяют усвоение наиболее важных физических понятий и законов. Задания повышенного уровня контролируют умение использовать физические понятия и законы для анализа более сложных процессов или умение решать задачи на применение одного-двух законов (формул). К заданиям высокого уровня сложности относятся расчетные задачи. Выполнение заданий базового уровня сложности позволяет оценить уровень освоения наиболее значимых содержательных элементов образовательного стандарта по физике и овладение наиболее важными видами деятельности. Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяет оценить степень подготовленности учащегося к продолжению образования в высшей школе.

Экзаменационные варианты конструируются таким образом, чтобы обеспечить проверку различных видов деятельности: владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики, владение основами знаний о методах научного познания, решение задач различного типа и уровня сложности. Наиболее важным видом деятельности с точки зрения успешного продолжения образования в вузе является решение задач. Каждый вариант включает в себя задачи по всем разделам разного уровня сложности, позволяющие проверить умение применять физические законы и формулы как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

На основе первичных баллов, выставленных за выполнение всех заданий экзаменационной работы, осуществляется перевод в «тестовые» баллы по 100-балльной шкале. Минимальное количество баллов ЕГЭ, подтверждающее освоение выпускником основных общеобразовательных программ среднего (полного) общего образования в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта основного общего и среднего (полного) общего образования, в 2012 г. было установлено на уровне 11 первичных баллов, что соответствовало 36 тестовым баллам. Для достижения минимальной границы необходимо правильно выполнить соответствующее число заданий базового уровня сложности (из первой и второй частей работы).

## **2. РОЛЬ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ В СИСТЕМЕ ЕГЭ 2013 г.**

Большая часть заданий в КИМ по физике являются заданиями с выбором ответа и с кратким ответом. Задания с выбором ответа достаточно информативны, но направлены на проверку лишь одного-двух элементов знаний или умений и, следовательно, могут проверить усвоение учащимися далеко не всех видов деятельности. Такие задания позволяют отследить типичные ошибки, допускаемые учащимися при ответах на подобные вопросы и заложенные в дистракторы. Это делает задания с выбором ответа привлекательными для использования в целях диагностики состояния преподавания и корректировки методик.

Задания с кратким ответом не дают экзаменуемому возможности угадать правильный ответ. Но эти задания не позволяют определить причину ошибки при неверном ответе. Проверка знаний и умений учащихся по физике при решении задач является традиционной как для школьной методики преподавания предмета, так и для вступительных испытаний в вузы. Использование задач, к которым необходимо привести полное решение, позволяет получить больше информации об индивидуальном уровне подготовки каждого учащегося. При проверке ответа можно оценить умение применять законы физики в измененной или новой ситуации, умение выбирать оптимальный способ решения, корректность представления своего решения и т. п. Анализ ошибочных решений задач позволяет определить место ошибки, выявить неувоенные или плохо усвоенные элементы знаний или умений; оценить значимость ошибки – ошибка в арифметических вычислениях или незнание фундаментальных физических законов. Именно поэтому данная форма заданий и выбрана в качестве заданий с открытым ответом в ЕГЭ по физике.

Ограничением в использовании заданий с открытым ответом является значительно большее время, требующееся экзаменуемому для ответа на одно такое задание. В условиях, когда за ограниченное время экзамена необходимо проверить усвоение конкретным учеником большого числа элементов знаний и умений и оценить глубину их усвоения, необходимо находить баланс между числом заданий с выбором ответа и со свободным ответом.

Задания с развернутыми ответами должны проверять важные стороны общеобразовательной подготовки выпускников средней (полной) школы, которые не могут быть проверены заданиями с выбором ответа или заданиями с кратким ответом. В заданиях с развернутым ответом, проверяющих учебные достижения (предметные знания и умения), от учащихся не должно требоваться написания длинного текста. Формулировка задания должна быть такой, чтобы испытуемый после прочтения задания понял, какую задачу ему предстоит выполнить и с какой полнотой он должен дать ответ для получения максимального балла. Например, сколько привести аргументов, фактов или примеров, нужно ли представить чертеж или диаграмму, нужно ли записать полное решение с пояснениями.

В экзаменационной работе 2013 г. содержится 6 заданий, требующих развернутого ответа. Каждое решение оценивается по политомической шкале от 0 до 3 баллов, в соответствии с полнотой и правильностью решения.

Недостаток заданий с развернутым ответом связан с процедурой их проверки. Такие задания на данный момент не могут быть корректно проверены и оценены компьютером. Поэтому в их проверке необходимо участие людей – экспертов. Необходимость личного участия экспертов в проверке результатов выполнения заданий с развернутым ответом ставит проблему объективности выставленной ими оценки ответа.

Выполнения указанного условия можно добиться следующим образом:

- четко определив единые критерии оценивания ответа на конкретное задание для всех экспертов;
- обеспечив стандартизированную процедуру проверки экзаменационных работ.

Для обеспечения надежности и объективности выставляемых экспертами кодов за выполнение заданий с развернутым ответом к этим заданиям были предъявлены следующие требования.

1. Задания с развернутыми ответами сопровождаются системой оценивания их выполнения, которая должна включать критерии выставления того или иного кода и варианты правильных ответов (решений).
2. Система оценивания должна четко соотноситься с формулировкой задачи и не допускать рассогласования между правильным ходом решения задачи и критериями ее оценивания.
3. Разработанная для данного задания система оценивания должна давать согласованные экспертные оценки, не менее 85–90% соответствия кодов поставленных независимыми экспертами.
4. Время, затраченное на проверку задания с открытым развернутым ответом, должно быть соизмеримо со значимостью информации, полученной на основе выполнения данного задания.

Однако, как следует из п. 3, добиться абсолютного согласования оценок невозможно. Для случаев расхождения экспертных оценок предусмотрена процедура назначения третьего эксперта и определения окончательной оценки решения. При проведении ЕГЭ по физике назначение третьего эксперта производится в том случае, если расхождение в результатах оценивания задания двумя экспертами составляет **2 и более балла**.

При организации работы экспертов рекомендуется обращать внимание на следующие моменты.

✓ При оценивании экзаменационных работ эксперт рассматривает решения в выданных ему работах по заданиям: вначале решения задачи С1 во всех работах, затем все решения задачи С2, потом все решения задач С3, С4 и т. д. Даже если некоторые работы занимают несколько страниц и решения в них представлены не по порядку предъявления задач в варианте. Тем самым обеспечивается более согласованное решение о выставлении баллов за одно и то же задание.

✓ Перед проведением проверки каждого из заданий необходимо изучить критерии его оценивания в материалах для эксперта, обратив внимание на возможные отличия от обобщенной системы оценивания.

✓ При работе эксперт выставляет свои оценки в специальный бланк («Протокол проверки ответов на задания в бланке № 2»), в котором вносить изменения и исправления крайне нежелательно. При отсутствии решения или свидетельств попытки решения какой-либо задачи (отсутствуют любые записи о данном задании) в бланк вносится знак «X» в поле соответствующей задачи.

✓ Работа эксперта рассчитана в среднем на 4 проверяемые работы за 60 минут. Перед началом работы необходимо внимательно ознакомиться с условиями задач, их решениями и соответствующими критериями оценивания.

### 3. СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ В ЕГЭ 2013 г.

Экзаменационный вариант ЕГЭ по физике 2013 г. включает два типа заданий с развернутым ответом: качественные задачи (С1) и расчётные задачи (С2–С6), к которым предлагаются две различные обобщённые схемы оценивания.

В материалах для экспертов ЕГЭ по физике для каждого задания приводится авторский способ решения. Однако предлагаемый разработчиками КИМ способ (метод) решения не является определяющим для построения шкалы оценивания работ учащихся. Не является он и образцом решения, оцениваемого в три балла. Он помогает эксперту в решении соответствующего задания.

Эксперту предлагается система оценивания, которая может применяться при рассмотрении альтернативного авторскому решению в экзаменационной работе. Выполнение заданий оценивается на основании описания полного правильного ответа, за который выставляется максимальный балл, а наличие тех или иных недостатков или ошибок приводит к снижению на 1 или 2 балла. Неверный ответ оценивается в 0 баллов. В системе оценивания учтены наиболее типичные ошибки или недочёты, допускаемые учащимися, и определено их влияние на оценивание.

#### 3.1. Схема оценивания заданий С1

Качественные задачи С1 предполагают построение тестируемыми объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления и ответа на вопрос о том, как изменились те или иные физические величины, характеризующие описываемый процесс.

Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

А) требование к формулировке ответа — *«Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...»* или *«Постройте график ...»* и т.п.

Б) требование привести развёрнутый ответ с обоснованием — *«объясните ..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано»* или *«...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения»*.

Как правило, в авторском решении правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами. В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

Обобщённая схема, используемая при оценивании качественных задач в ЕГЭ 2013 г., приведена ниже.

#### *Обобщенная схема оценивания заданий С1*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i> ), и представлено полное верное объяснение (в данном случае: <i>указывается сноска на пункты в авторском решении</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>перечисляются явления и законы</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <b>один</b> из следующих недостатков. В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения. <b>ИЛИ</b> Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт	2
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. <b>ИЛИ</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. <b>ИЛИ</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. <b>ИЛИ</b> Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Среди задач С1 встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится еще один пункт (верный рисунок или схема). Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению на 1 балл. С другой стороны, наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа дает возможность учащемуся получить 1 балл.

### 3.2. Схема оценивания заданий С2–С6

Задания С2–С6 представляют собой расчётные задачи. В текстах заданий нет указаний на требования к полноте решения, эту функцию выполняет общая инструкция.

В каждом варианте экзаменационной работы перед заданиями С2–С6 третьей части приведена инструкция, которая в целом отражает требования к полному правильному решению расчётных задач.

***Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.***

### **Обобщенная схема оценивания заданий С2–С6**

Возможное решение	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности; <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p>	2

ИЛИ	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

### ***Возможные изменения в обобщенной системе оценивания заданий С2–С6***

В обобщенную систему оценивания вносятся изменения в следующих случаях:

а) Требуется дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению 2 баллов.

б) Требуется изобразить схему электрической цепи или оптическую схему. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению 2 и 1 баллов.

в) В задании не требуется получения числового ответа. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа, и вносятся изменения в критерии оценивания на 2 балла.

г) Условие задачи предполагает определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной

установки, а также указывается дополнительное требование к выставлению 2 баллов.

### *Комментарии к обобщённой системе оценивания заданий С2–С6*

1. Решение учащегося может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.

2. Отсутствие промежуточных этапов между первоначальной системой уравнений и окончательным ответом (т. е. математических преобразований) служит основанием для снижения оценки на 1 балл (см. общие критерии оценки). Однако допускается вербальное указание на проведение преобразований без их алгебраической записи с предоставлением исходных уравнений и результата этого преобразования.

3. Встречаются случаи, когда ученик представляет решение задачи, в котором «подменяется» условие задачи, определяется другая физическая величина. Здесь можно рассматривать три варианта.

- Если в задании требовалось определить отношение величин « $A/B$ », а тестируемый определил значение отношения « $B/A$ », то это не считается ошибкой или погрешностью.
- Если подмена сводится к тому, что учащийся определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а другую (при условии, что полученный ответ можно считать промежуточным этапом при определении требуемой величины и при этом в других вариантах не требуется определить именно найденную тестируемым величину), то это может быть отнесено к ошибке того же порядка, что и ошибки в преобразованиях.
- Если же подмена сводится к решению задачи, представленной в другом варианте экзаменационной работы, то такое решение оценивается 0 баллов.

#### 4. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

##### 4.1. Примеры оценивания ответов на задание С1

###### Задание 1

Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым, второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно  $p$ ,  $3p$  и  $p$ . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый сосуд со вторым. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) количество газа в первом сосуде? (Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной.)

Возможное решение	
1. В итоге количество газа в первом сосуде увеличилось 2. В соответствии с законами Дальтона и Бойля–Мариотта (применёнными к парциальным давлениям газов во втором и третьем сосудах), суммарное давление этих газов после закрывания второго крана равно $3p/2 + p/2 = 2p$ . 3. Аналогично этому давление в первом и втором сосудах после закрывания первого крана равно $p/2 + 2p/2 = 1,5p$ . Это означает, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, что количество газа в первом сосуде в итоге увеличилось.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения (в данном случае: п. 2 и 3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы Дальтона и Бойля–Мариотта, уравнение Клапейрона–Менделеева</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <b>один</b> из следующих недостатков. В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт	2
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, законо-	1

мерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

0

### Работа 1– 3 балла



1. соедини 2 и 3 сосуда  
 2 сосуда в. сос  $3PV = V_2 RT$   
 3 сосуда сос  $PV = V_3 RT$

после соединения

$$P_{2+3} (2V) = (V_2 + V_3) RT$$

$$P_{2+3} = \left( \frac{3PV}{RT} + \frac{PV}{RT} \right) RT = 2 \frac{4PV}{RT} \cdot RT$$

$$P_{2+3} = \frac{2PRT}{RT} = 2P$$

Соедини 1 со 2 сосуда, где 2 сосуда имеют объем 2V

и количество газ  $\frac{2PV}{RT} = U_2$

$$1 \text{ сосуда } PV = U_1 RT$$

$$2 \text{ сосуда } 2PV = U_2 RT$$

$$3 \text{ сосуда } \text{Поск } P_{1+2} \cdot 2V = (U_1 + U_2) RT$$

после соединения

$$(U_1 + U_2) = \frac{PV}{RT} + \frac{2PV}{RT} = \frac{3PV}{RT}$$

$$\text{до соединения } U_1 = \frac{PV}{RT}$$

количество газа в 1 сосуда

$$U_1' = \frac{3PV}{RT} : 2 = 1,5 \frac{PV}{RT}$$

исходному количеству газа

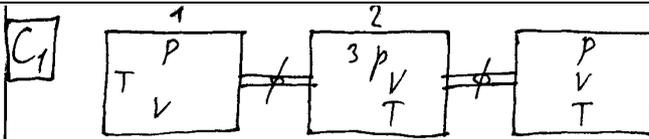
в 1 сосуда газа на

$$\Delta U = U_1' - U_1 = 1,5 \frac{PV}{RT} - \frac{PV}{RT} =$$

$= 0,5 \frac{pV}{RT}$   
 количество молекул в I сосуде  
 увеличится.

Приведён правильный и полностью обоснованный ответ

### Работа 2 – 3 балла



$T = \text{const}$  - температура не меняется.

$V_1 = V_2 = V_3 = V$  - объём каждого постоянен.

При открытии и закрытии крана (2)-(3):

$$p_2 = p_3 = \frac{3p + p}{2} = 2p$$

$$(p = n \cdot k \cdot T)$$

$$(V = V_2 + V_3 = 2V \Rightarrow n = \frac{n_2 + n_3}{2})$$

При открытии и закрытии крана (1)-(2):

$$p_1 = p_2 = \frac{2p + p}{2} = 1,5p$$

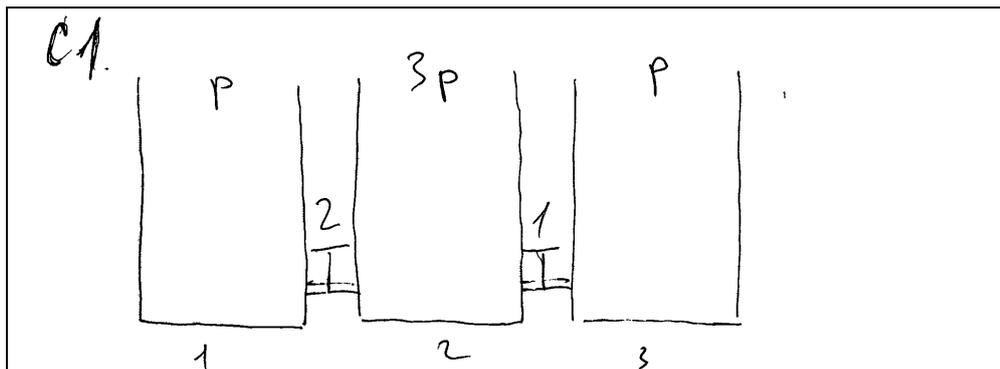
$$p_1 = n \cdot k \cdot T$$

$$n = \frac{p_1}{k \cdot T} = \frac{1,5p}{k \cdot T} \Rightarrow$$

В итоге: увеличивается концентрация молекул газа в 1-ом сосуде.  
 Т.е. в итоге количество газа в 1-ом сосуде увеличивается.

Приведён правильный и полностью обоснованный ответ

### Работа 3 – 2 балла



Дано:  $V_1 = V_2 = V_3$   
 $T_1 = T_2 = T_3$   
 $P_1 = P$   
 $P_2 = 3P$   
 $P_3 = P$

Решим:  
 1)  $PV = \nu RT$  (з-н. Менделеева-Клапейрона)  
 2)  $P \cdot \frac{V}{RT} = \nu$  (величина  $\frac{V}{RT}$  в дан. сл-е постоянна);  
 значит  $\nu$  прямо пропорц. давлению от  $P$   
 3) После откр. клапана между 2-м и 3-м сосудами стало равно:  $\nu_{23} = \frac{\nu_2 + \nu_3}{2}$   
 $\nu_{23} = 2P$ ; значит теперь давление во втором сосуде  $2P$ .  
 4) Аналогично после откр. и клапана 2-го крана, тогда давление в первом сосуде  $1,5P$   
 4) Т.к. температура, в дан. сл-е, во всех сосудах одинакова, то  $\nu_{1к} = 1,5 \nu_1$   
 5)  $\frac{\nu_{1к}}{\nu_{10}} = \frac{1,5 \nu_1}{\nu_1} = 1,5$ .  
 Ответ: количество газа увеличилось в 1,5 раз.

Нахождение давлений после открывания кранов не подкрепляется ссылкой на закон.

#### Работа 4 – 2 балла

С<sub>1</sub> По формуле  $\rho V = \frac{m}{M} RT$  видно, что если объём и температуры сосудов были одинаковыми, то распределение массы в сосудах было:  $1m; 3m; 1m$ .  
 Тогда при открытии клапана между 2 и 3 сосудами, распределение стало равномерным, то есть:  $1m; 2m; 2m$ .  
 После открытия второго клапана, так же произошло равномерное распределение, следовательно стало:  $1,5m; 1,5m; 2m$ .  
 Ответ:  $1,5m$  (увеличилась в 1,5 раз).

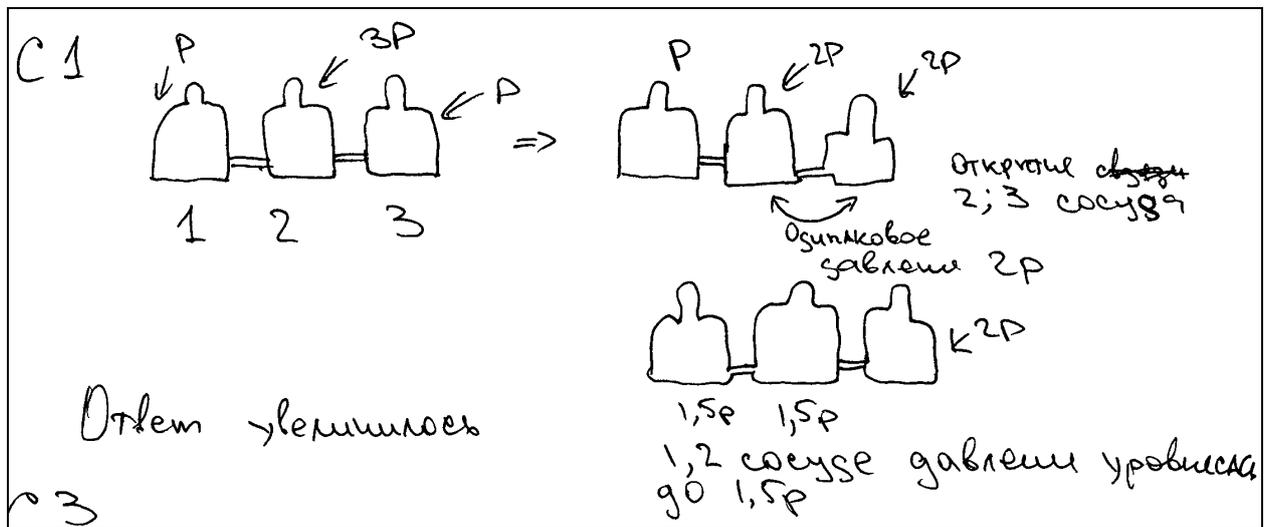
Выравнивание масс не подкрепляется ссылкой на закон.

### Работа 5 – 1 балл

- С1 1) После открытия крана между 2 и 3 сосудами, газ из сосуда 2 переходит в сосуд 3. Устанавливается давление  $2P$ .
- 2) После открытия крана между сосудами 1 и 2, газ из сосуда 2 переходит в сосуд 1. Устанавливается давление в них  $1,5P$ .
- 3) Итого давление в сосуде 1 увеличилось при постоянной температуре, то количество газа в 1 сосуде увеличилось.
- Ответ: количество газа в сосуде 1 увеличилось.

Верный ответ, но полностью отсутствуют обоснование и ссылки на законы в рассуждениях.

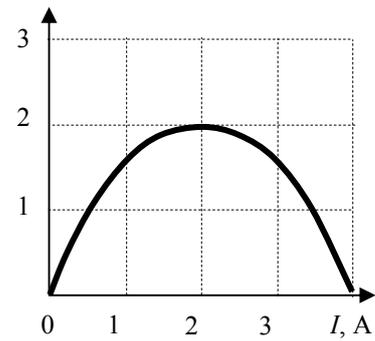
### Работа 6 – 0 б



Не указаны используемые законы, в ответе отсутствует указание на связь давления с количеством вещества.

## Задание 2

Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС  $\varepsilon$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,5$  Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением  $R$ . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи.



Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?

Возможное решение	
<p>Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, имеющем сопротивление <math>R</math>, определяется законом Джоуля–Ленца <math>P = UI</math>, где <math>I</math> – сила тока в цепи, а <math>U</math> – напряжение на резисторе. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи <math>I = \frac{\varepsilon}{R + r}</math>, а напряжение на резисторе – законом Ома для участка цепи <math>U = IR</math>.</p> <p>На графике мощность в нагрузке зависит от силы тока <math>I</math>, поэтому сопротивление нагрузки <math>R = R(I) = \frac{\varepsilon}{I} - r</math> и напряжение на резисторе <math>U(I) = IR = \varepsilon - Ir</math> необходимо рассматривать как величины, зависящие от силы тока <math>I</math> и параметров батареи <math>\varepsilon</math> и <math>r</math>, которые не меняются. Мощность в нагрузке</p> $P(I) = U(I)I = I(\varepsilon - Ir) \quad (1)$ <p>– квадратичная функция силы тока.</p> <p>График этой функции – парабола, проходящая через точки <math>I_1 = 0</math>, <math>I_2 = I_{\max} = \varepsilon / r</math>. Следовательно, <math>\varepsilon = 2</math> В.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – формула (1) и значение ЭДС) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – законы Ома для участка цепи и полной цепи, закон Джоуля–Ленца)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <b>один</b> из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится</p>	2

один логический недочёт	
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Работа 1 – 3 балла

С1. Дано:  
 $r = 0,5 \text{ Ом}$ ,  
 $P_1 = 1 \text{ Вт}$

Или так:  
 III.к. по закону Ома для полной цепи  
 $I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$ , где  $r$  - сопр. источника, а  $R$  - сопр. нагрузка,  
 и по формуле для электрической мощности  $P = U \cdot I = I^2 R$ ,  
 ком. Вытекает из закона Джоуля-Ленца  $Q = I^2 R \cdot \Delta t$ ,  
 и формулы мощности  $P = \frac{Q}{\Delta t}$ ,  $\Rightarrow P = \frac{\mathcal{E}^2}{(r+R)^2} \cdot R$ .  
 III.к. сила тока в цепи возрастает при уменьшении  $R$ , см.  $\textcircled{1}$ ,  $\Rightarrow$  при увеличении  $R$ , ток будет возрастать. Рассмотрим функцию  
 $P(R) = \frac{\mathcal{E}^2}{(r+R)^2} \cdot R$ , где  $\mathcal{E}$  и  $r$  - постоянные величины, а  $R$  - переменная,  
 тогда  $P'(R) = \mathcal{E}^2 \cdot \frac{(r+R)^2 - 2(r+R) \cdot R}{(r+R)^4} = \mathcal{E}^2 \cdot \frac{r-R}{(r+R)^3}$ ,  $\Rightarrow$  критической точкой  
 функции будем  $R = r$ ,  $\Rightarrow$   $P$   $\xrightarrow{+}$   $\xrightarrow{-}$   $x$   
 а это значит, что график  $f(R)$  будет  $\nearrow$   $\searrow$  III.к.  
 I обратим пропорционально напряжению,  $\Rightarrow$  граф. завис.  
 I или  $R$  будем высл. критерия макс  $I_{\text{зам}}$ , где  $I_{\text{зам}}$  - ток короткого замыкания. А по граф. график  $P(I)$  будем  $\leftarrow$  по той же осн.,  
 что и  $P(R)$  м.к.  $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$ , где  $2r > R+r$ , а по з.м. Джоуля-Ленца  
 $P = I^2 R_{\text{ост}} = I^2 R_0$ ,  $R_0$  - это экв. экв. напр. а по граф. для мощности  
 на нагрузке будем сдвинута по осн  $OI$ .  $\leftarrow$   $\rightarrow$  III.к. III.к. то  
 график  $I$  в. параб. III.к. найдем по производной.  
 III.к. в м. максимум  $P_{\text{max}} = 2 \text{ Вт}$ ,  $\Rightarrow P_{\text{max}} = \frac{\mathcal{E}^2}{(2r)^2} \cdot r =$   
 $= \frac{\mathcal{E}^2}{4r}$ ;  $\Rightarrow \mathcal{E} = 2 \sqrt{P_{\text{max}} \cdot r} = 2 \sqrt{1 \cdot 0,5} = 2 \text{ В}$ ;  
 Ответ: 2 В. параб. по закону Джоуля-Ленца.

Правильный ответ и полное правильное обоснование.

Работа 2 – 3 б

С1. По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ . Значит сила тока увеличивается при уменьшении сопротивления нагрузки.  
 По закону Джоуля-Ленца  $Q = I \cdot U \cdot \Delta t$ , тогда мощность  $P = I \cdot U$ . Напряжение  $U$  на нагрузке из закона Ома  $U = \mathcal{E} - I \cdot r$ , тогда  $P = I(\mathcal{E} - I \cdot r) = \mathcal{E} \cdot I - I^2 \cdot r$ .  
 Графическим уравнением вида  $y = kx^2 + bx$  является параболы.  
 Найдем ЭДС батареи: существует закономерность, по которой мощность максимальна при сопротивлении на резисторе, равном внутреннему сопротивлению на источнике тока, то есть  $R = r = 0,5 \text{ Ом}$ .  
 $P_{\text{max}} = 2 \text{ Вт}$  при  $I = 2 \text{ А}$ , подставим данные значения в выражение для мощности.  
 $2 \text{ Вт} = 2 \text{ А} (\mathcal{E} - 2 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом}) \Rightarrow \mathcal{E} - 2 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом} = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{А}}$ ;  
 $\mathcal{E} = 1 \text{ В} + 1 \text{ В} = 2 \text{ В}$ .  
 Ответ: 2 В.

Правильный ответ и полное правильное обоснование.

Работа 3 – 2 балла

С1) Дано:  $r = 0,5 \text{ Ом}$   
 $\epsilon = ?$

Решение:  $\gamma = \frac{\epsilon}{R+r}$  —  $\gamma$  — ток для полной цепи  
 $U = \gamma R = \frac{\epsilon R}{R+r}$  ;  $P = \gamma^2 R$   
 Из закона Ома  $R = \frac{\epsilon}{\gamma - r}$   
 $P = -r\gamma^2 + \epsilon\gamma$  ; максимум образуем  $P(\gamma)$  — графика.  
 $P = 2 \text{ Вт}$  ;  $\gamma = 2 \text{ А} \Rightarrow R = 0,5 \text{ Ом}$   
 $\epsilon = \gamma(R+r)$  ;  $\epsilon = 2(0,5+0,5) = 2 \text{ В}$

Ответ: 2 В.

В процессе получения формулы для расчёта мощности допущена ошибка.

Работа 4 – 1 балл

С1.

1). Мощность на резисторе  $= P = I^2 R$  ; так как  $I = 2$  ;  $P = 2 \Rightarrow R = 0,5 \text{ Ом}$   
 (закон Ома)  $\epsilon = I(R+r) = 2(0,5+0,5) = 2 \text{ В}$       Ответ:  $\epsilon = 2 \text{ В}$ .

2). <sup>минимальное</sup>  $R = R_{\text{мин}}$   
 При  $\forall I \neq 0$  ;  $R \neq 0$ . Если уменьшать сопротивление  $R$ ,  
 то  $I$  будет <sup>увеличиваться</sup>  $I = \frac{\epsilon}{R}$  , при последовательном  
 уменьшении  $R$ ,  $I$  будет возрастать, и в момент  
 оптимального отношения  $R$  и  $I$  будет формироваться  
 максимальная мощность, при попытке сделать  
 $I$  еще больше, придется очень сильно уменьшить  
 $R$ , то мощность будет меньше, и в дальнейшем  
~~перейти~~ уменьшение  $R$  пойдет до  $R_{\text{мин}}$  и хотя  $I = I_{\text{макс}}$   
 $P \approx 0$ , ~~но~~ так как  $P$  зависит от  $R$ .

Приведен частично верный ответ. Вместо обоснования вида графика приведено его описание.

### Работа 5 – 1 балл

С1. Известно, что при  $R=2$  будет выделиться  $P_{\max}$ .  
Из графика  $I_{\max} = 2A$ .  $2A = \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{\mathcal{E}}{4\Omega}$   
 $\mathcal{E} = 2B$   
Ответ:  $\mathcal{E} = 2B$

Вид графика не объяснён Представлен частично верный ответ и частичное его обоснование.

### Работа 6 – 0 баллов

С1.

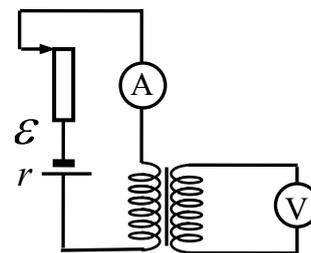
Дано:

$\mathcal{E} = 0,5 \text{ В}$		$P_{\max} = \mathcal{E} \cdot I_{\max}$	
$P_{\max} = 2 \text{ Вт}$			$\mathcal{E} = \frac{P_{\max}}{I_{\max}} = 1 \text{ В}$
$I_{\max} = 2 \text{ А}$			
<hr/>			
$\mathcal{E} = ?$		$P = I^2 R - \text{уменьши, параболы}$	

Вид графика объясняется неверно, ЭДС находится из выражения мощности для всей цепи, а не мощности в нагрузке.

### Задание 3

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен в крайнее верхнее положение и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вниз. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с  $\mathcal{E}$ .



Возможное решение	
<p>1. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. <u>Примечание.</u> Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем нижнем положении. (Когда движок придет в крайнее нижнее положение и его движение прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю.)</p> <p>2. При перемещении ползунка вниз сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}</math>, где <math>R</math> – сопротивление внешней цепи.</p> <p>3. Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.</p> <p>4. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции <math>\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}</math> во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение <math>U</math> на её концах, регистрируемое вольтметром.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>изменения показаний приборов при перемещении движка реостата</i> , п. 1) и полное верное объяснение (в данном случае – п. 2–4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>электромагнитная индукция, закон индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических за-	2

<p>конов, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

### Работа 1 – 3 балла

$R = \rho \frac{l}{S}$ , где  $\rho$  - удельное сопротивление проводника,  $l$  - длина активной части проводника,  $S$  - площадь поперечного сечения.

Когда уменьшится поперечный сечение витка, уменьшится длина  $l$ , следовательно, сопротивление проводника  $R$  уменьшится. По закону Ома для полной цепи сила тока  $I$  равна  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , где  $\mathcal{E}$  и  $r$  остаются неизменными, то сила тока  $I$  увеличивается  $\Rightarrow$  показания амперметра увеличатся.

В начальный момент времени ток не течёт, следовательно, вольтметр, подключённый к вторичной обмотке трансформатора, ничего не покажет. Когда сила тока увеличивается, то возникает магнитный поток и по закону Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$  на вторичной обмотке вольтметр будет фиксировать падение напряжения  $\Rightarrow$  показания вольтметра увеличатся.

Ответ: показания амперметра и вольтметра увеличатся.

Правильный ответ и верные рассуждения с опорой на необходимые законы.

## Работа 2 – 3 балла

С1) Сопр. резистора прямо пропорц. его длине.  $R = \frac{\rho l}{S}$ : т.к.  $l$  уменьшается, то  $R$  и сопротивление увеличивается.

2) Это изменение  $R$  вызовет изменение силы тока в цепи.

По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$  сила тока увеличится.

3) Изменение силы тока, в свою очередь, вызовет изменение вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ .  $\Rightarrow$  в ней будет изменяться и магнитный поток  $\Delta\Phi = \Delta B \cdot S$ . (Возникнет незамкнутая ЭДС самоиндукции, к-й по усл. задачи можно пренебречь)

4) По правилу Ленца, во второй катушке возникнет инд. ток, к-й своим изменением магнитного потока будет препятствовать изменению магнитного потока в 1-ой катушке.  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  Вольтметр начнет фиксировать какое-то напряжение. (его стрелка отклонится).

5) Когда движение пальчика прекратится, прекратится и изм. магнитного потока и инд. ток во 2-ой катушке. Показания прибора снова придут своё исходное положение.

Приведен правильный ответ и исчерпывающие рассуждения с ссылками на законы. Ошибка в последнем пункте не влияет на оценивание, так как не требуется для полного верного решения.

## Работа 3 – 2 балла

1. Пока ток постоянный – вольтметр показывает 0. При уменьшении сопротивления ток будет расти ( $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ ), переменный ток наведет ЭДС индукции. Показания  $\text{A}$  будут расти, а  $\text{V}$  – сначала ноль, а потом – зафиксирует напряжение.

Нет ссылки на закон Фарадея.

## Работа 4 – 1 балл

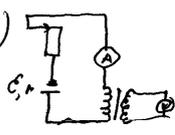
С1.

При перемещении ползунка реостата вниз число витков <sup>уменьшится</sup> через которое пройдёт ток будет <sup>уменьшится</sup> ~~увеличится~~, значит сопротивление реостата будет <sup>уменьшится</sup> ~~увеличится~~. По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$  сила тока будет <sup>увеличится</sup> ~~уменьшится~~, т.е. сопротивление реостата <sup>уменьшится</sup> ~~увеличится~~, а  $\mathcal{E}$  и  $r$  не изменяются (т.е. источник тока не меняется). По закону Ома  $U = I \cdot R$  напряжение будет <sup>уменьшится</sup> ~~увеличится~~ неизменным т.к. сопротивление <sup>уменьшится</sup> ~~увеличится~~, а сила тока <sup>увеличивается</sup> ~~уменьшается~~ во столько же раз.

Для объяснения использован только один закон и приведен частично правильный ответ.

### Работа 5 – 1 балл

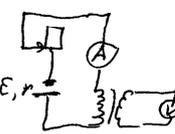
С1)

1)  1) В крайний момент времени ползунок реостата установлен в самую верхнюю  $\Rightarrow$  сопротивление реостата максимально и равно  $R_m$ . Тогда:

I)  $\mathcal{E} = I_1(r + R_m)$ ,  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_m}$  ;

II)  $\mathcal{E} = V_{k_1} + V_{R_m}$ ,  $\mathcal{E} = V_{k_1} + I_1 R_m$ ;  $\mathcal{E} = V_{k_1} + \frac{\mathcal{E} R_m}{r + R_m}$  ;

$V_{k_1} = \mathcal{E} \left( 1 - \frac{R_m}{r + R_m} \right)$

2)  2) В крайний момент ползунок - в нижней точке  $\Rightarrow$  сопротивление реостата минимально и равно 0.

I)  $\mathcal{E} = I_2 r$ ,  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r}$

II)  $\mathcal{E} = V_{k_2} + V_{R_m}$ ;  $\mathcal{E} = V_{k_2} + I_2 \cdot 0$ ;  $V_{k_2} = \mathcal{E}$   $\Rightarrow$

$\Rightarrow I_2 > I_1$ ;  $\left( \frac{\mathcal{E}}{r + R_m} < \frac{\mathcal{E}}{r} \right)$ ;  $V_{k_2} > V_{k_1}$ ;  $\left( \mathcal{E} > \mathcal{E} \left( 1 - \frac{R_m}{r + R_m} \right) \right)$

В таком образом по мере перемещения ползунка реостата вниз показания вольтметра и амперметра будут увеличиваться.

В решении присутствует половина требуемого ответа с верными для этой части задачи рассуждениями.

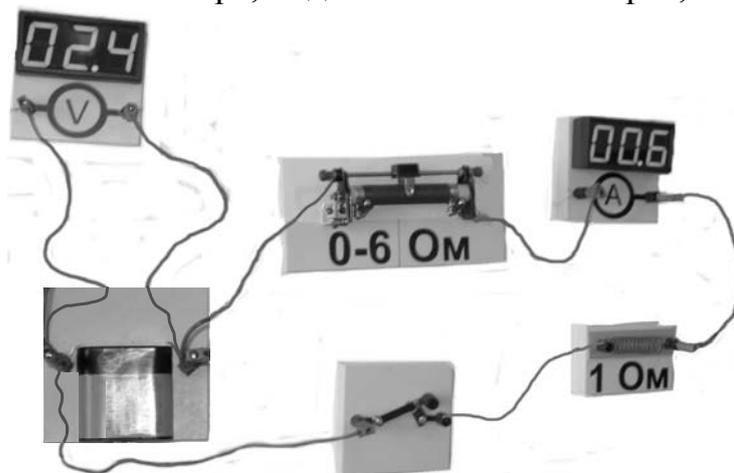
### Работа 6 – 0 баллов

С1. При перемещении ползунка вниз, сопротивление на реостате будет падать. При последовательном соединении  $I_1 = I_2 = I_A \Rightarrow$  показания амперметра будут увеличиваться ( $I = \frac{U}{R}$ ). Показания вольтметра будут падать.

Приведен частично верный ответ без пояснений.

### Задание 4<sup>1</sup>

На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра.



Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи и, используя законы постоянного тока, объясните, как изменятся (увеличатся или уменьшатся) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.

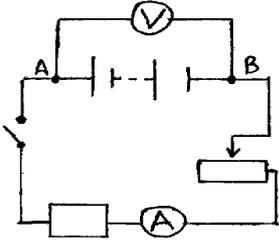
Возможное решение	
<p>1. Показания амперметра увеличатся, а вольтметра – уменьшатся.</p> <p>2. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где <math>I</math> – сила тока в цепи.</p> <p>Ток через вольтметр практически не течет, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.</p> <p>3. Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи: <math display="block">I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}</math>. В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром: <math>U = I(R_1 + R_2) = \varepsilon - Ir</math>. При перемещении движка реостата вправо его сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом растет, а напряжение на батарее уменьшается.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>изменения показания приборов, п.1</i>), верную схему электрической цепи и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>закон Ома для участка цепи и для замкнутой цепи</i>).</p>	<p><b>3</b></p>

<sup>1</sup> В задании 4 в систему оценивания внесены изменения, так как требуется дополнительно представить схему электрической цепи.

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <b>один</b> из следующих недостатков.  В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Не представлена схема электрической цепи, или в ней допущена ошибка</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлена только верная схема электрической цепи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

**Работа 1 – 3 балла**

C1 Решение



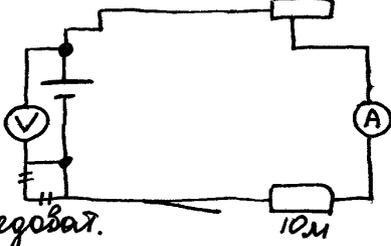
Если передвинуть движок реостата в крайнее правое положение, то сопротивление реостата уменьшится,  $\Rightarrow$  согласно 3-му Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{вн}} + r}$  сила тока в цепи возрастет.  
 $\mathcal{E} = I R_{\text{вн}} + I r = I R_{AB} + I r = U_{AB} + I r$   
 $U_{AB} = \mathcal{E} - I r$   
 Т.к.  $I$  увеличится  $\Rightarrow U_{AB}$  уменьшится.  
 Итак, сила тока в цепи увеличивается, а напряжение на катушке уменьшится при передвижении движка в крайнее правое положение

Полностью верное решение задачи: представлена схема, верный ответ и верные обоснования, приводящие к ответу, указаны закон Ома для участка цепи и для замкнутой цепи.

**Работа 2 – 2 балла**

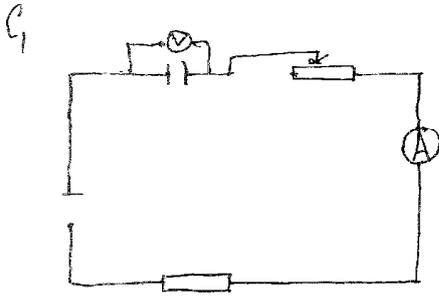
C1:

<p>Дано:  <math>R = 10 \Omega</math>  <math>I = 0,6 \text{ A}</math></p>	<p>Решение:  <math>R</math> - увеличивается при перемещении ползунка влево.  <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{реост}} + R + r}</math> закон Ома для полной цепи, следоват.                  сила тока <math>I</math> уменьшается.  <math>\mathcal{E} = I (R_{\text{реост}} + R) + I r</math>  <math>\mathcal{E} = U + I r</math>  <math>U = \mathcal{E} - I r</math>  <math>U</math> - увеличивается                  Ответ: <math>R</math> - увеличивается.  <math>I</math> - уменьшается.  <math>U</math> - увеличивается.</p>
--	---



Приведено правильное обоснование, и дан верный ответ исходя из имеющихся рассуждений. Однако учащийся подменяет задачу (неверно включает реостат в цепь). Кроме того, есть указание на смещение ползунка реостата влево и при этом на увеличение сопротивления. Эта неточность в рассуждениях приводит к снижению оценки до 2 баллов.

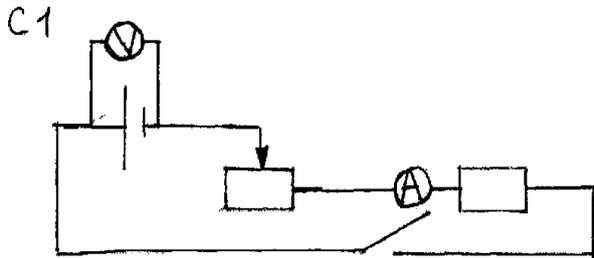
**Работа 3 – 2 балла**



При движении ползунка влево  $R$  - уменьшается, это следует из  $\rightarrow$  сопротивление от длины зависит пропорционально  $R = \rho \frac{l}{S}$ , а так ~~же~~ как длина уменьшается, значит и сопротивление уменьшается, значит  $U$  - уменьшается,  $I$  - увеличивается (из закона Ома  $I = \frac{U}{R}$ )

Приведена верная схема электрической цепи, правильный ответ, но рассуждения представлены не в полном объеме и в них допущена ошибка.

**Работа 4 – 1 балл**

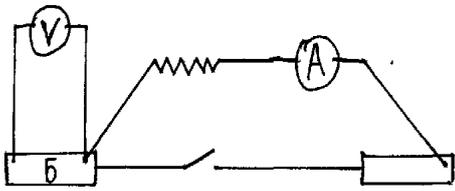


~~увеличив~~  
сила тока ~~уменьшается~~ при перемещении движка ползунка в крайнее правое положение, тк сопротивление возрастает. Это можно наблюдать в законе Ома. А напряжение в цепи растет, тк при увеличении сопротивления растет напряжение, это так же доказывается в законе Ома  $I = \frac{U}{R}$ ,  $U = IR$ .

Приведена верная схема электрической цепи, но ответ неверный.

**Работа 5 – 1 балл**

C1.

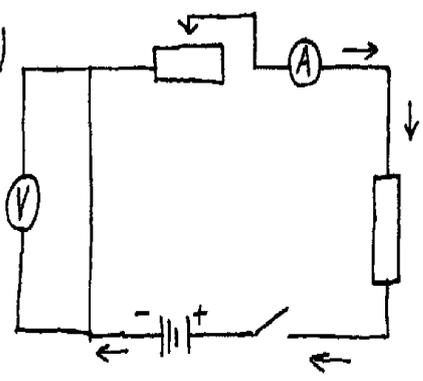


~~Для~~ Этой цели её сопротивление увеличится, от напряжения батареи зависит.

Приведен только правильный ответ без обоснований.

**Работа 6 – 0 баллов**

C11



При перемещении движка реостата вправо показания силы тока в цепи увеличатся, а напряжение на батарее останется неизменным.

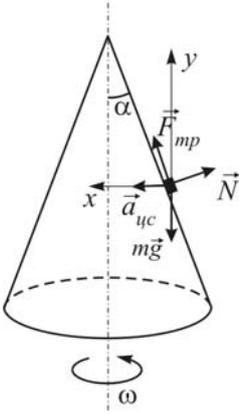
Дан частично верный ответ (только о показаниях амперметра). Схема составлена неверно.

## 4.2. Примеры оценивания ответов на задания С2–С6

### Задание 1

**В задании 1 следует обратить внимание на изменение обобщенной схемы оценивания в связи с дополнительным требованием рисунка с указанием сил, действующих на тело.**

Полый конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен  $\mu$ . При каком максимальном расстоянии  $L$  от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.

Возможное решение	
<p>Уравнение движения шайбы в векторном виде:  <math>m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}_{\text{ц}}</math></p> <p>Проекции уравнения на оси <math>Ox</math> и <math>Oy</math> в инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй:</p> $\begin{cases} F_{\text{тр}} \sin \alpha - N \cos \alpha = ma_{\text{ц}}, \\ F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha - mg = 0. \end{cases}$ <p>Поскольку <math>F_{\text{тр}} = F_{\text{тр.покоя}}</math>; <math>F_{\text{тр.макс}} = \mu N</math>, система уравнений принимает вид <math>\begin{cases} N(\mu \sin \alpha - \cos \alpha) = ma_{\text{ц}}, \\ N(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - mg = 0, \end{cases}</math> откуда</p> $a_{\text{ц}} = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}. \text{ Но } a_{\text{ц}} = \omega^2 r = \omega^2 L \sin \alpha.$ <p>Следовательно, <math>L = \frac{a_{\text{ц}}}{\omega^2 \sin \alpha} = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{\omega^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \sin \alpha} = \frac{g(\mu - \text{ctg } \alpha)}{\omega^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}</math>.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>второй закон Ньютона, формулы для силы трения и центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) представлен схематический рисунок с указанием сил, пояс-</p>	3

<p>няющий решение;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки</p> <p>Записи, соответствующие пункту II представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует рисунок, или в нём допущены ошибки</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

**Работа 1 – -3 балла**

2

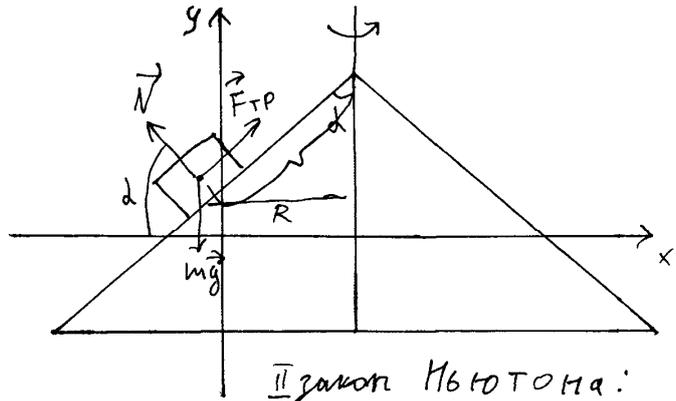
Дано:

$2l$

$\omega$

$\mu$

$L - ?$



II закон Ньютона:  
 $\vec{N} + \vec{F}_{TP} + m\vec{g} = m\vec{a}_{yc}$

$$y: F_{TP} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha - mg = 0.$$

$$x: F_{TP} \cdot \sin \alpha - N \cdot \cos \alpha = m a_{yc}.$$

$$\begin{cases} \mu \cdot N \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha = mg \\ \mu \cdot N \cdot \sin \alpha - N \cdot \cos \alpha = m a_{yc} \end{cases} \quad \div$$

$$\frac{g}{a_{yc}} = \frac{\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}{\mu \cdot \sin \alpha - \cos \alpha}$$

$$a_{yc} = \omega^2 R = \omega^2 \cdot (L \cdot \sin \alpha)$$

$$L = \frac{g \cdot (\mu \cdot \sin \alpha - \cos \alpha)}{(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha}$$

Приведено полное правильное решение.

Работа 2 – 2балла

L-2



Запишем II закон Ньютона

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{m}\vec{g}$$

Делаем проекции на оси X и Y'

$$X: N - mg \cdot \sin \alpha = -m a_n \cdot \cos \alpha$$

$$Y': F_{\text{тр}} - mg \cos \alpha = -m a_n \sin \alpha \quad F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha + m a_n \cdot \cos \alpha \quad a_n = \omega^2 R$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha + m \omega^2 R \cdot \cos \alpha$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha + m \omega^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha \quad R = L \sin \alpha$$

из (2) выражаем угол

$$m(mg \sin \alpha + m \omega^2 L \cos \alpha \sin \alpha) - mg \cdot \cos \alpha = -m \omega^2 L \sin^2 \alpha$$

$$L = \frac{m(g \cdot \cos \alpha - m \cdot g \sin \alpha)}{m(m \omega^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha + \omega^2 \sin^2 \alpha)}$$

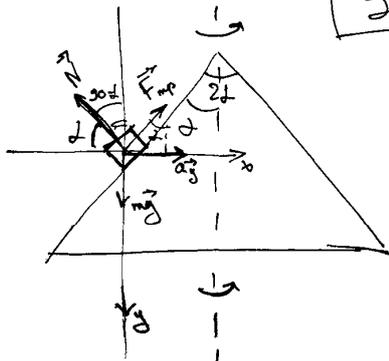
$$L = \frac{g(\cos \alpha - m \cdot \sin \alpha)}{\omega^2(m \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha + \sin^2 \alpha)}$$



На рисунке не указана сила тяжести, допущена ошибка в преобразованиях.

Работа 3 – 2 балла

Задача C2



Дано:

$H$ ,

$\omega_0$

$\mu$

$v=0$

$L=?$

Решение

$$1) \vec{F}_{mp} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_y.$$

Масса не требуется  $\Rightarrow$

$$v_u = v_0 \Rightarrow \omega_u R_u = \omega_0 R_0$$

$$a_y = \frac{v_u^2}{R_u}$$

$$Ox: F_{mp} \cdot \sin \alpha - N \cos \alpha = \frac{m v_u^2}{R_u}$$

$$Oy: mg - F_{mp} \cdot \cos \alpha - N \cos(90^\circ - \alpha) = 0.$$

$$L = \frac{R_u}{\sin \alpha}$$

$$R_u = \frac{m v_u^2}{F_{mp} \sin \alpha - N \cos \alpha}.$$

$$2) F_{mp} = \frac{mg - N \cos(90^\circ - \alpha)}{\cos \alpha} = \mu N$$

$$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$mg - F_{mp} \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$mg = N \sin \alpha + F_{mp} \cos \alpha$$

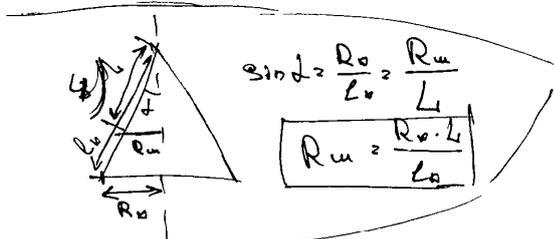
$$F_{mp} = \mu N$$

$$mg = N \sin \alpha + \mu N \cos \alpha = N (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{mg}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$3) R_u = \frac{m v_u^2}{\mu N \sin \alpha - N \cos \alpha}; R = \frac{m v_u^2}{\mu N \sin \alpha - N \cos \alpha} = \frac{m v_u^2}{N (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)} =$$

$$= \frac{m v_u^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m g (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}$$



$$\sin \alpha = \frac{R_0}{L_0} = \frac{R_u}{L}$$

$$R_u = \frac{R_0 \cdot L}{L_0}$$

$$3) v_u = \omega_u \cdot R_u; \omega_u = \frac{\omega_0}{R_0} \cdot \frac{R_0 \cdot L}{L_0} = \omega_0 \cdot \frac{L}{L_0}$$

$$v_u = \frac{\omega_0 \cdot L_0}{L} \cdot R_u; R_u = L \sin \alpha.$$

$$4) \begin{cases} R_u = \frac{v_u^2 \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \\ R_u = L \cdot \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow$$

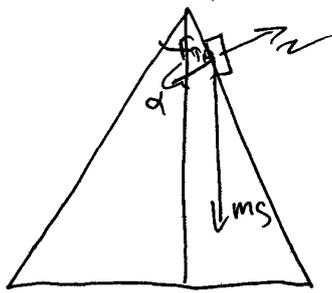
$$L = \frac{v_u^2 \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{g \sin \alpha (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}$$

Ответ:  $L = \frac{v_u^2 \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{g \cdot \sin \alpha (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}$

Допущены ошибки в преобразованиях.

Работа 4 – 0 баллов

C2



$$a = \frac{v}{m} \quad a = \omega^2 R$$

$$F_{TP} = mg \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot N$$

$$\frac{mg \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot N}{m} = \omega^2 R$$

$$g \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot N = \omega^2 R$$

$$\frac{g \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot N}{\omega^2} = R$$



$$h = L \cdot \cos \alpha$$

$$R^2 + (L \cdot \cos \alpha)^2 = L^2$$

$$L^2 - L^2 \cdot \cos^2 \alpha = R^2$$

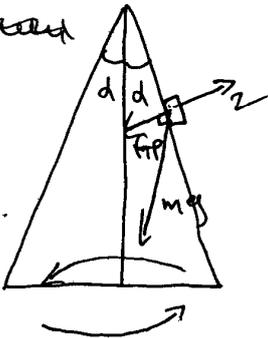
$$L^2 (1 - \cos^2 \alpha) = R^2$$

$$L = \sqrt{\frac{R^2}{(1 - \cos^2 \alpha)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{R^2}{(1 - \cos^2 \alpha)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{g^2 \cdot \cos^2(90 - \alpha) \cdot N^2}{\omega^4 (1 - \cos^2 \alpha)}}$$

Ответа



Отлет

Не записано одно из необходимых уравнений. В имеющемся уравнении допущена ошибка.

C2

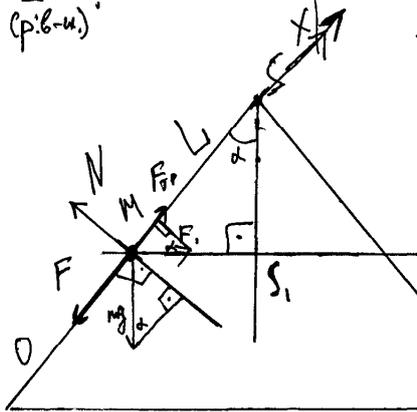
Дано:

$2\alpha; \omega; \text{конус } (b.l. S);$   
 $\mu; V_{in}(t, r) = 0.$   
 $L - ?$   
 (р.б.-и.)

Решение:



Изобразим сечение конуса плоскостью, содержащей ось симметрии конуса и шайбу.



2) обозначим вершину конуса  $S$ , шайбу -  $M$ , точку пересечения плоскости  $xy$  конуса и пр. через  $M$  и ось симм. конуса -  $S_1$ ;  $MS = L$  (по условию);  $MSS_1$  - половина данного угла, значит  $\angle MSS_1 = \alpha$ .

3) разложим силу тяжести  $mg$  на составляющие  $N$  (сила реак. опоры) и  $F$

4) получаем  $N = mg \sin \alpha$ ;  $F = mg \cos \alpha$

5)  $F_{fp} = \mu N$  (опр. сист. тр.);  $F_{fp} = \mu mg \sin \alpha$

6)  $F_1 = ma$  (где  $a$  - центростремительное ускор.) /  $\sqrt{2}$  (по условию)

$a = \frac{v^2}{R}$  ( $R$  - радиус;  $v$  - угл. центр. ускор.)  $a = \frac{\sqrt{2} L}{\mu S_1}$ ;  $a = \omega^2 R S_1$

$a = \omega^2 L \sin \alpha$ ;  $F_1 = m \omega^2 L \sin \alpha$

7) рассмотрим действующие силы на шайбу в проекции на ось  $Ox$  ( $M, S, \in O_x$ ) (т.к. по условию тело неподвижно в осм. смысле сил. равна 0)

?  $\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{fp} + \vec{F}_1 = 0$

$O_x: -F + F_{fp} + F_1 \sin \alpha = 0$

$$-mg \cos \alpha + \mu mg \sin \alpha + m\omega^2 L \sin \alpha = 0$$

$$\omega^2 L \sin \alpha = mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha$$

$$L = \frac{mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha}{m\omega^2 \sin \alpha}$$

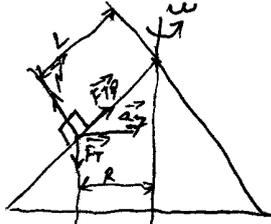
$$L = \frac{g(\operatorname{ctg} \alpha - \mu)}{\omega^2} \quad \text{М, если } g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \text{ то } L = \frac{10(\operatorname{ctg} \alpha - \mu)}{\omega^2}$$

Ответ:  $\frac{10(\operatorname{ctg} \alpha - \mu)}{\omega^2} \quad \text{М}$

В каждом из записанных уравнений имеется ошибка.

Работа 6 -1 балл

С2



$L = ?$   
 $\mu, \omega, R$   
 $L$

$$\vec{m}\vec{a}_y = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}_g$$

$$\text{Ось } x: m\vec{a}_y = \vec{F}_{\text{тр}} \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) - \vec{F}_g \cos \alpha;$$

$$\text{Ось } y: 0 = m\vec{g} - \vec{N} \sin \alpha$$

$$N \sin \alpha = mg \quad (1)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$m a_y = \mu N \sin \alpha - N \cos \alpha$$

$$m a_y = N (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$a_y (1) \Rightarrow N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$a_y = \frac{g}{\sin \alpha} (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$a_y = \omega^2 R$$

$$\omega^2 R = \frac{g}{\sin \alpha} (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$R = \frac{g}{\sin \alpha \omega^2} (\mu \sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$\sin \alpha = \frac{R}{L}$$

$$L = \frac{R}{\sin \alpha}; \quad L = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{\omega^2 \sin^2 \alpha}$$

Ответ:  $L = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{(\omega \sin \alpha)^2}$

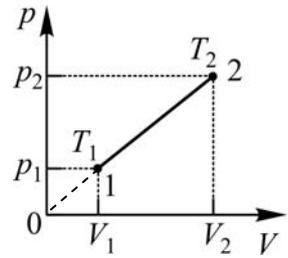
Допущена ошибка в записи проекций сил, что привело к неверному решению.

## Задание 2

Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объёму. В результате плотность газа уменьшается в  $\alpha = 2$  раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты  $Q = 20$  кДж. Какова температура газа в состоянии 1?

### Возможное решение

1. Изобразим процесс на  $pV$ -диаграмме и обозначим давления и объёмы газа в состояниях 1 и 2 через  $(p_1, V_1)$  и  $(p_2, V_2)$  соответственно. Температуру газа в состоянии 1 обозначим через  $T_1$ , а в состоянии 2 – через  $T_2$ .



2. Из первого закона термодинамики следует, что полученное газом количество теплоты идёт на увеличение внутренней энергии газа и на совершение им работы:  $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$ .

3. Используем термодинамическую модель одноатомного идеального газа:

$$\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases} \quad \text{Изменение его внутренней энергии равно}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

4. Совершённая газом работа численно равна площади трапеции под графиком процесса на  $pV$ -диаграмме, т. е. разности площадей треугольников:

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

5. С учётом этого получаем  $Q = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$ . Из графика процесса следует, что  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$ . Поэтому  $\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$  и выражение для количества теплоты приобретает вид

$$Q = 2p_1 V_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu RT_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right).$$

6. Заметим, что искомое отношение плотностей газа массой  $m$  в состояниях 1 и 2 равно  $\alpha = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m/V_1}{m/V_2} = \frac{V_2}{V_1}$ .

$$\text{Поэтому } Q = 2\nu RT_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu RT_1 (\alpha^2 - 1), \text{ откуда } T_1 = \frac{Q}{2\nu R(\alpha^2 - 1)}.$$

Подставляя в полученную формулу числовые данные, находим  $T_1$ .

Ответ:  $T_1 \approx 400$  К.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>термодинамическая модель одноатомного идеального газа, 1-е начало термодинамики, определение плотности вещества, вычисление работы газа по графику процесса на <math>pV</math>-диаграмме</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися фор-</p>	1

мулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

### Работа 1 – 3балла

C-3

$\rho = \frac{m}{V}$  т.е. плотность  $\rho$  газа увеличилась, значит объем в 2 раза уменьшился

$V_2 = V_1$ , давление пропорционально  $P_2 = 2 P_1$

$A = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{P_1 + 2P_1}{2} (2V_1 - V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1$

$Q = A + \Delta U$  - 1,3 закон термодинамики.

$\Delta U = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} (2 P_1 2 V_1 - P_1 V_1) = \frac{9}{2} P_1 V_1$  (при  $V_2 = 2V_1$ )

$Q = A + \Delta U = \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{9}{2} P_1 V_1 = 6 P_1 V_1$

По уравнению Менделеева-Клапейрона

$P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R} = \frac{Q}{6 \nu R}$

$T_1 = \frac{10000}{6 \cdot 1,8,2} = 401$  (исходно)

Правильное решение, несмотря на то, что есть описка (равенство объёмов), не повлекшее за собой дальнейшую ошибку.

**Работа 2 -2 балла**

<p>C3 <math>V = 1 \text{ моль}</math>  <math>p \sim V</math>  <math>p_2 = \frac{1}{2} p_1</math>  <math>Q = 20000 \text{ Дж}</math></p>		<p>м.к. <math>p_2 = \frac{1}{2} p_1</math>, мо <math>V_2 = 2V_1 \Rightarrow p_2 = 2p_1 \Rightarrow</math>  <math>\Rightarrow T_2 = 4T_1</math>  <math>Q = \Delta U + A; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)</math>  <math>A = \frac{1}{2} (p_2 + p_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)</math></p>
<p><math>T_1 = ?</math></p>	<p><math>\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = 4,5 \nu R T_1</math>  <math>A = \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = 1,5 \nu R T_1</math></p>	
<p><math>Q = 4,5 \nu R T_1 + 1,5 \nu R T_1 = 6 \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{Q}{4,5 \nu R}</math></p>		
<p><math>T_1 = \frac{20000 \text{ Дж}}{4,5 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль}} = 401 \text{ К} \approx 400 \text{ К}</math></p>		
<p>Ответ: 400 К</p>		

Уравнение Менделеева – Клапейрона, описывающее модель идеального газа, присутствует, но на него нет ссылки при определении связи  $T_1$  и  $T_2$ . Не объясняется связь плотности и объёма.

**Работа 3 – 1 балл**

<p>C3  Дано:  ид. газ;  <math>V = 1 \text{ моль}</math>  <math>P = 2V(\text{кг}^2)</math>;  <math>\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}</math>; <math>p_1 = 1 \text{ кг}^2</math>  <math>Q = 20000 \text{ Дж}</math>  <math>T_1 = ?</math></p>	<p>Решение:  1) из определений плотности:  <math>\rho = \frac{m}{V}</math>  <math>\frac{m_1}{V_1} = 2 \cdot \frac{m_2}{V_2}</math> { т.к. <math>m_1 = m_2</math> (газ), то  <math>V_2 = 2V_1</math></p>
--	---

2) из определ. вн. энергии из. газа

$$U = \frac{3}{2} \nu R T = \frac{3}{2} P V$$

3) т.к.  $V_2 = 2V_1$ , а  $P = \text{const}$  (изот.), то  $P_2 = P_1$

4) тогда.

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} P_2 V_2 = 4 \frac{3}{2} P_1 V_1 = 4 \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (\text{из п.3; 4})$$

5) по зак. сохр. эн.  $Q_{\text{пол}} = Q_{\text{отг}}$ , значит

$$Q = \Delta U; \quad Q = U_2 - U_1$$

$$Q = 3 \cdot \frac{3}{2} \nu R T_1; \quad T_1 = \frac{2Q}{9\nu R}$$

$$T_1 = \frac{2 \cdot 20000}{9 \cdot 1,831} \approx 534,83 \text{ K}$$

Ответ: 534,83 K.

Неправильно использован первый закон термодинамики.

Работа 4 - 1 балл

**Дано:**  
 $p \uparrow$   
 $p \sim V$   
 $p_1 = 1/2 p_2$   
 $Q = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 2 \cdot 10^4 \text{ Дж}$   
 $\Delta = 1 \text{ моль}$   
 $T_1 = ?$

**Решение:**  
 $Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$   
 $pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT$   
 $p = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{m}{V_1} = \frac{m}{V_2} \Rightarrow V_2 = 2V_1 \Rightarrow \text{газ расширяется}$   
 $p_1 = \frac{p_1 RT_1}{M}$   
 $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, A_{\text{газа}} = \nu p \Delta V = \nu R \Delta T$   
 $\Delta T = \frac{2\Delta U}{5\nu R}; Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{2Q}{5\nu R}$   
 $\Delta T = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ Дж}}{5 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = 960 \text{ К}$   
 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_1 \cdot p_2 \cdot 2V_1}{p_1 \cdot V_1} = \frac{2T_1 \cdot p_2}{p_1}, \text{ т.к. } p \sim V, \text{ то при } V_2 = 2V_1, p_2 = 2p_1$   
 $T_2 = T_1 \frac{2p_1 \cdot 2}{p_1} = 4T_1; \Delta T = T_2 - T_1 = 4T_1 - T_1 = 3T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{\Delta T}{3}$   
 $T_1 = \frac{960}{3} = 320 \text{ К}$   
**Ответ:**  $T_1 = 320 \text{ К}$

Имеются необходимые уравнения, допущена ошибка при записи работы газа

**Работа 5 - 0 баллов**

**С 3**  
 $Q = Q$   
 $Q = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж}$   
 $p_1, V_1$   
 $p_2, V_2$   
 $T_1, T_2$   
 $T_1 = ?$

**уравнения состояния идеального газа**  
 $pV = \frac{m}{M} RT \quad E = \frac{3}{2} pV$   
 $p = \frac{1}{3} \rho v^2$   
 $\frac{m v^2}{2} = \frac{m}{M} RT \quad \left( \frac{m_2}{M} RT_2 - \frac{m_1}{M} RT_1 \right) = Q$   
 $\frac{R}{M} (m_2 T_2 - m_1 T_1) = Q$

Представлены формул, которые на связаны с логикой решения задачи.

**Работа 6 – 1 балл**

C3  $\nu = \frac{m}{M} = 1 \text{ моль}$

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$

$p_2 = \frac{p_1}{2}$

$Q = 20 \text{ кДж}$

C4  $Q = \Delta U + A$   
 $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R (T_2 - T_1)$   
 $A = p \cdot \Delta V$

1-й закон термодинамики

$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$  :  $V_1$

$p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$  :  $V_2$

$\begin{cases} \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_1}{M} \cdot R T_1 \\ \frac{p_2}{V_2} = \frac{p_2}{M} \cdot R T_2 \end{cases} \Rightarrow$

$p_1 \cdot T_1 = p_2 \cdot T_2$

$T_2 = \frac{p_1}{p_2} \cdot T_1$

$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \left( \frac{p_1}{p_2} T_1 - T_1 \right) = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \frac{p_1}{p_2} \cdot T_1$

$A = \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{4} \frac{m}{M} R T$        $\frac{m}{M} = \nu = 1 \text{ моль}$

$Q = \frac{3}{2} R \frac{p_1}{p_2} T_1 + \frac{3}{4} \frac{m}{M} \cdot R T_1 = \frac{4}{4} R \frac{p_1}{p_2} T_1$

$T_1 = \frac{4 \cdot Q}{9 \cdot R \frac{p_1}{p_2}}$        $T_1 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^4}{9 \cdot 8,31 \cdot 2} = 534 \text{ (K)}$

Ошибка в преобразованиях и формуле для определения работы.

### Задание 3

**В задании 3 необходимо обратить внимание на изменение в обобщенной схеме оценивания в связи с необходимостью верной записи данных из таблицы.**

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока  $I_m = 50$  мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени.

$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$U$ , В	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

Найдите значение электроёмкости конденсатора.

Возможное решение	
<p>1. Судя по приведённым в таблице данным, в контуре наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом <math>T = 8</math> мкс и амплитудой разности потенциалов на обкладках конденсатора <math>U_m = 4</math> В.</p> <p>2. Согласно тем же данным, разность потенциалов на обкладках конденсатора изменяется по закону <math>U(t) = U_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)</math>.</p> <p>3. Поскольку заряд <math>q(t) = CU(t)</math> на обкладках конденсатора совершает гармонические колебания, а сила тока связана с зарядом соотношением <math>I(t) = q'_t</math>, получаем <math>q'_t = \frac{2\pi}{T}CU_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = I_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)</math>, что приводит к равенству <math>CU_m = \frac{T}{2\pi}I_m</math>.</p> <p>4. Отсюда <math>C = \frac{TI_m}{2\pi U_m} \approx 0,016</math> мкФ.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>зависимость силы тока и разности потенциалов на обкладках конденсатора от времени для электромагнитных колебаний в контуре, формула связи заряда конденсатора с его электроёмкостью и напряжением на обкладках</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) верно записаны все необходимые данные, полученные с использо-</p>	3

<p>ванием графика, таблицы, рисунка;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <b>один</b> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III и IV, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

Работа 1 – 3 балла

C 5.

Дано:

$$T = 8 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$I_m = 50 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$U_m = 4 \text{ В}$$

$$C = ?$$

Ищем:

по формуле Томсона

$$T = 2\pi \sqrt{LC}; \quad LC = \frac{T^2}{4\pi^2} \quad L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$$

по закону сохранения энергии

$$\frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2}; \quad \frac{I^2 T^2}{4\pi^2 C} = CU_m^2$$

$$L = \frac{IT}{2\pi U}; \quad C = \frac{50 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 8 \cdot 10^{-6} \text{ с}}{2 \cdot 3,14 \cdot 4 \text{ В}} = 16 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Ответ:  $16 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$

Правильное решение альтернативным (по сравнению с представленным в образце) способом.

Работа 2 – 2 балла

C 5

Дано:

$$I_m = 50 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$C = ? \quad 3 \text{ б}$$

Из таблицы видим, что  $U_m = 4 \text{ В}$

1) Введем:  $L, C$ , где  $L$  – индуктивность катушки,  $C$  – емкость конденсатора.

$$\frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} \Rightarrow L = \frac{U_m^2}{I_m^2} \cdot C \quad (1)$$

2) Выразим ток, текущий через  $U = 2,8 \text{ В}$ , а  $t = 10^{-6} \text{ с}$

$$I = I_m \cos \omega t \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$I = I_m \cos \frac{t}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

3) ЗСЭ:  $\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} \quad (3)$ , где  $U$  и  $I$  – напряжение и ток, текущие через  $t = 10^{-6} \text{ с}$ .

4) Подставим (1) в (2) и (3), а (2) в (3).

$$L = \frac{U_m^2}{I_m^2} C \quad (1)$$

$$I = I_m \cos \frac{t}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

$$CU^2 + CI^2 = CU_m^2 \quad (3)$$

$$CU^2 + \frac{U_m^2}{I_m^2} C I^2 = CU_m^2 \quad \left( U^2 + \frac{U_m^2}{I_m^2} I^2 = U_m^2 \right) \quad | : C$$

$$\cos^2 \frac{t}{\frac{U_m}{I_m} \cdot C} = \frac{U_m^2 - U^2}{U_m^2} \quad \cos \frac{t}{\frac{U_m}{I_m} \cdot C} = \frac{\sqrt{U_m^2 - U^2}}{U_m}$$

$$\frac{t}{\frac{U_m}{I_m} \cdot C} = \arccos \frac{\sqrt{U_m^2 - U^2}}{U_m} \quad C = \frac{t}{\frac{U_m}{I_m} \cdot \arccos \left( \frac{\sqrt{U_m^2 - U^2}}{U_m} \right)} =$$

$$= \frac{4}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot \arccos \frac{\sqrt{16 - 7,84}}{4} = 12,5 \text{ нФ}$$

Ответ:  $C = 12,5 \text{ нФ}$ .

Допущена ошибка в преобразованиях (аргумент косинуса).

Работа 3 – 2 балла

С5. Дано:  $I_m = 50 \cdot 10^{-3} \text{ A}$   
 $C = ?$

Решение:  
 По закону сохранения энергии:  $W_{эл.м} = W_{м.м}$   
 $W_{эл.м} = \frac{L I_m^2}{2}$      $W_{м.м} = \frac{C U_m^2}{2}$   
 $\frac{C U_m^2}{2} = \frac{L I_m^2}{2} \Rightarrow C U_m^2 = L I_m^2$   
 Период колебаний  $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 LC \Rightarrow$   
 $L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$   
 $C U_m^2 = \frac{T^2 I_m^2}{4\pi^2 C} \Rightarrow C^2 = \frac{T^2 I_m^2}{4\pi^2 U_m^2} \Rightarrow C = \sqrt{\frac{T^2 I_m^2}{4\pi^2 U_m^2}} = \frac{T I_m}{2\pi U_m}$   
 По таблице видно, что  $T = 8 \text{ с}$ , а  $U_m = 4 \text{ В} \Rightarrow$   
 $C = \frac{8 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} = 15,9 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$   
 Ответ:  $15,9 \text{ мФ}$

Ошибка в записи величины периода (неверная запись данных из таблицы).

Работа 5 – 1 балл

С5)  $i = I_m \cos \omega t$      $C = \frac{q}{U}$

$q = i(t)$  ;  $U(t) = i$      $I_m = U_m \omega$

$\Downarrow$      $\Downarrow$

$q = -I_m \omega \sin \omega t$      $U = -\frac{I_m}{\omega} \sin \omega t$

$C = \frac{-I_m \sin \omega t \cdot \omega}{-U_m \sin \omega t} = \frac{I_m \omega}{U_m}$

по таблице  $U_m = 2,8 \text{ В}$  ;  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{8 \cdot 10^{-6}} = 0,785 \cdot 10^6$   
 $T = 8 \text{ мкс}$

$C = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,785 \cdot 10^6}{2,8} \approx 14 \cdot 10^{-3} \text{ Ф} = \underline{14 \text{ мФ}}$

Правильно записано только уравнение для тока и приведено определение ёмкости.

Работа 6– 0 баллов

C5.

$$I_m = 50 \text{ мА} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$U = 4 \text{ В}$$

$$\Delta t = 1$$


---


$$Q = ?$$

$$Q = I R \Delta t$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4}{50 \cdot 10^{-3}} = \frac{4 \cdot 10^3}{50} = 0,08 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}$$

$$Q = I R \Delta t = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 10^3 \cdot 1 = 4$$

Ответ:  $Q = 4$

Запись уравнений не соответствует данной задаче.

Работа 7 -0 баллов

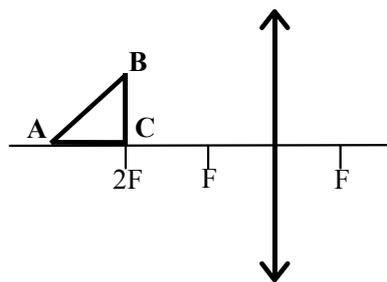
<p>C5. Дано:</p> $I_{\text{max}} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ $T_{\text{колеб.}} \text{ (из таблицы)} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ <hr/> $C = ?$	<p style="text-align: center;"><u>Решение</u></p> <p>1) <math>C = \frac{q_{\text{max}}}{U}</math></p> <p>2) <math>I_{\text{max}} = \frac{q_{\text{max}}}{\Delta t}</math> ; <math>q_{\text{max}} = I_{\text{max}} \cdot \Delta t</math></p> <p>3) Ёмкость конденсатора нужно искать при максимальной заряде на нём. Из таблицы видно, что заряд максимален и напряжение максимумо через <math>\frac{T}{4}</math> и через <math>\frac{3T}{4}</math>. Возьмём момент времени <math>2 \cdot \frac{T}{4}</math> (четверть периода) <math>\Delta t = 2 \cdot \frac{T}{4}</math>, <math>U = 4 \text{ В}</math></p> <p>4) <math>C = \frac{I_{\text{max}} \cdot \Delta t}{U}</math></p> $C = \frac{50 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}}{4 \text{ В}} = 25 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ <p>Ответ: <math>C = 25 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 25 \text{ нФ}</math></p>
--	---

Обе записанные формулы содержат ошибки. Дальнейшие действия ошибочны.

**В задании 4 следует обратить внимание на изменение системы оценивания в связи с обязательностью представления рисунка.**

#### Задание 4

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью  $50 \text{ см}^2$  расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы  $50 \text{ см}$ . Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



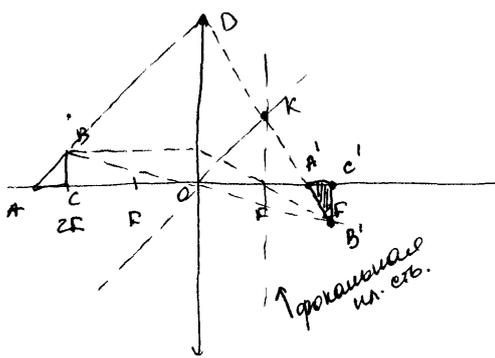
Возможное решение	
<p>Длина катетов <math>AC = BC = a = \sqrt{2S} = 10 \text{ см}</math>. Длину <math>x</math> горизонтального катета <math>A'C'</math> изображения находим по формуле линзы: <math>\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F}</math>, откуда</p> $x = \frac{aF}{F+a}$ <p>Длина вертикального катета <math>B'C'</math> изображения равна <math>a</math>, так как для него <math>d = f = 2F</math>. Найдем площадь изображения:</p> $S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2} \cdot \frac{F}{F+a} = S \cdot \frac{F}{F+\sqrt{2S}} = \frac{5}{6} S \approx 41,7 \text{ см}^2.$ <p>Ответ: <math>S_1 \approx 41,7 \text{ см}^2</math></p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формулы линзы для двух точек на главной оптической оси</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) представлен схематический рисунок, поясняющий решение.</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II, III и IV, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка.</p>	<b>2</b>
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>— В решении отсутствует <b>ОДНА</b> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>— В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>– Представлен только правильный рисунок.</p>	<b>1</b>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	<b>0</b>

Работа 1 (3 балла)

С4. Дано:  
 $AC=BC$   
 $S_{ABC}=50\text{см}^2$   
 $f=50\text{см}$   
 $S'=?$

Построим изображение  $\tau B$ . При этом построим 2 луча:  
 1 - параллельно н. о. о. (он преломится и пройдет ч/з фокус);  
 2 - ч/з опти. центр линзы (он не будет преломляться).  
 Изображение точки  $C$  найдем по формуле в двойном фокусе.  
 Изображение  $B'C'$  предмета  $BC$  найдем в двойном фокусе, оно будет и перевернутое.



Прямая  $AB$  до пересечения с линзой параллельная опти. оси. Найдем его пересечение с фокальной н. осью ( $\perp F$ ). Прямая  $AB$  пройдет ч/з точку пересечения параллельного луча и фокальной плоскости. Тогда получим  $\tau A'$  - изображение точки  $A$ .

$\Rightarrow$  Построим  $\Delta A'B'C'$   
 $S_{ABC} = \frac{1}{2} BC \cdot AC = \frac{1}{2} BC^2 = 50\text{см}^2 \Rightarrow BC = 10\text{см}$   
 $\angle BAC = 45^\circ \Rightarrow \angle KOF = 45^\circ \Rightarrow KF = OF = f$ .  $\Delta A'DO \sim \Delta A'KF$

$\Rightarrow \frac{A'F}{KF} = \frac{A'O}{OD}$  Пусть  $A'F = L$ , тогда  
 $\frac{L}{f} = \frac{f+L}{OD}$

Поскольку  $\angle BAC = 90^\circ \Rightarrow DO = AO = 2f + BC \Rightarrow$

$\frac{L}{50\text{см}} = \frac{50\text{см} + L}{100\text{см} + 10\text{см} + f}$   
 $\frac{L}{50\text{см}} = \frac{f+L}{2f+BC}$

$11L = 250\text{см} + 5L$   
 $6L = 250\text{см} \Rightarrow L = \frac{250}{6}\text{см} = \frac{50}{6}\text{см}$

$\Rightarrow A'C' = f - L = 50\text{см} - \frac{250}{6}\text{см}$

$S_{A'B'C'} = \frac{1}{2} B'C' \cdot A'C' = \frac{1}{2} BC \cdot A'C' = \frac{1}{2} \cdot 10\text{см} \cdot \frac{50}{6}\text{см} = \frac{250}{6}\text{см}^2$

Ответ:  $S' = \frac{250}{6}\text{см}^2 \approx 41,67\text{см}^2$

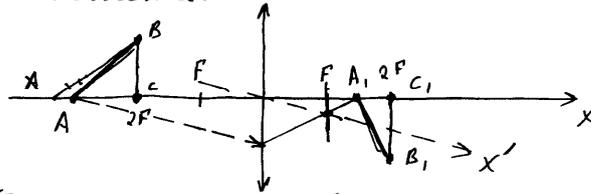
Представлен не содержащий ошибок рисунок. Выбран способ решения исходя из подобия треугольников без непосредственного использования формулы линзы, получен верный ответ. Работа оценивается 3 баллами.

## Работа 2 (2 балла)

С 4.

Дано	См
$S = 50 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$	
$F = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$	
$S' = ?$	

Решение:



(Т.к. BC находится в двойном фокусе, то изображение  $B_1C_1 = BC$  и будет перевернутым.)

Т.к.  $\triangle ABC$  - равнобедренный и прямоугольный, то его площадь равна:  $S = \frac{1}{2} BC^2$  ( $BC = AC$ )  
 $\Rightarrow BC = \sqrt{2S}$  или  $AC = \sqrt{2S}$

Расстояние от центра линзы до точки A равно:  $d = 2F + AC = 2F + \sqrt{2S}$

Напишем уравнение тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ ;  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{2F + \sqrt{2S}}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F + \sqrt{2S}} = \frac{2F + \sqrt{2S} - F}{F(2F + \sqrt{2S})} = \frac{F + \sqrt{2S}}{F(2F + \sqrt{2S})} \Leftrightarrow f = \frac{(2F + \sqrt{2S})F}{F + \sqrt{2S}}$$

$\Rightarrow A_1C_1 = \left| 2F - \frac{(2F + \sqrt{2S})F}{F + \sqrt{2S}} \right|$ , площадь нового треугольника равна.

$$S' = \frac{1}{2} A_1C_1 \cdot B_1C_1.$$

Т.к. BC находится в двойном фокусе, то изображение  $B_1C_1 = BC = \sqrt{2S}$  и будет перевернутым.

$$S' = \frac{1}{2} \left| 2F - \frac{2F + \sqrt{2S}}{F + \sqrt{2S}} \right| \cdot \sqrt{2S}.$$

$$S' = \frac{1}{2} \cdot \left| 20,5 \cdot 10^{-3} - \frac{20,5 \cdot 10^{-3} + \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}{0,5 + \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}} \right| \cdot \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 0,5 \cdot \left| 1 - \frac{1 + \sqrt{10^{-3}}}{0,5 + \sqrt{10^{-3}}} \right| \cdot \sqrt{10^{-3}} = 0,5 \cdot \left| 1 - \frac{1 + 0,1}{0,5 + 0,1} \right| \cdot 0,1 =$$

$$= 0,05 \cdot \left| \frac{0,6 - 1,1}{0,6} \right| = 0,05 \cdot \frac{0,5}{0,6} = \frac{5}{6} \cdot 0,05 \approx 0,042 \text{ м}^2 = 42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Несмотря на иррациональность математических преобразований, учащимся получен правильный ответ в общем виде, но при вычислениях допущена ошибка. Работа оценивается в 2 балла.

### Работа 3 (2 балла)

С4.

1)  $S_{ABC} = 50 \text{ см}^2$   
 $AC \cdot BC \cdot \frac{1}{2} = 50$   
 $AC = BC = 10 \text{ см.}$

2) Т.А и С находятся на оп. оси, значит их изображения будут тоже на оп. оси

3)  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$      $\frac{1}{f} = \frac{d-F}{F \cdot d}$  ,  $f = \frac{F \cdot d}{d-F} = \frac{50 \cdot 100}{100-50} = 100$

4) В: Проводим луч из В через центр линзы, луч идет без преломления. Проводим луч перпендикулярно оп. оси, после линзы этот луч пойдет через фокус F. Пересечение двух лучей дает нам изображение точки В В'. Т.к. ВС находится на расстоянии двойного фокуса 2F, значит  $B'C' = BC$

5) А:  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$      $f = \frac{F \cdot d}{d-F} = \frac{50 \cdot 110}{60} = \frac{550}{6} \text{ см.}$

6) Построим прямоугольный треугольник в катетами  $A'C'$  и  $B'C'$

$$S_{A'B'C'} = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{1}{2} \left( 100 - \frac{550}{6} \right) \cdot 10 = 5 \cdot \left( \frac{600-550}{6} \right) = \frac{250}{6} \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_{A'B'C'} = \frac{125}{3} \approx 42 \text{ см}^2$

Получен правильный численный ответ, но на рисунке не проведено построение изображения точки А, поэтому оценка снижена до 2 баллов.

### Работа 4 (1 балл)

С4

Дано:  
 $S_{ABC} = 50 \text{ см}^2$   
 $F = 50 \text{ см}$   
 $S_{A'B'C'} = ?$

$S_{ABC} = \frac{1}{2} AC \cdot BC = \frac{1}{2} AC^2$ ;  
 т.к.  $\Delta$  равнобедренный по условию.  
 $50 \text{ см}^2 = \frac{1}{2} AC^2$   
 $AC^2 = 100 \text{ см}^2$   
 $AC = 10 \text{ см.}$

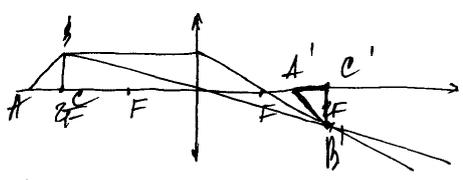
$\Delta A'B'C'$      $C'B' = 2A'C'$  ;     $C'B' = CB = 10 \text{ см}$  ;     $A'C' = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \text{ см}$

$$S_{\Delta A'B'C'} = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ см} \cdot 5 \text{ см} = 25 \text{ см}^2$$

Ответ:  $25 \text{ см}^2$

Правильно выполнен рисунок, в решении отсутствует формула линзы, длина стороны  $A'C'$  определена из неверных предпосылок, что привело к неверному ответу. Работа оценивается 1 баллом за наличие правильного рисунка.

**Работа 5 (0 баллов)**

<p>Уч. Дано:</p> <p><math>S = 50 \text{ см}^2</math></p> <p><math>F = 50 \text{ см}</math></p> <p><math>MC = AC</math></p> <hr/> <p><math>S = ?</math></p>	<p>Решение:</p>  <p>Так как предмет находится в равновесии, то будет выдерживать</p> <p><math>S_1 = S_2 \Rightarrow S_2 = 50 \text{ см}^2</math></p> <p>Ответ: <math>S_2 = 50 \text{ см}^2</math></p>
--	---

Сделано необоснованное утверждение о равенстве площадей треугольников, на рисунке отсутствует построение изображения точки А. Работа оценивается 0 баллов.