

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

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

**Ф И З И К А**

Москва

2011

Авторы: М.Ю. Демидова, А.И. Нурминский

Авторы будут благодарны за замечания и предложения по совершенствованию пособия.

© М.Ю. Демидова, А.И. Нурминский, 2011

© Федеральный институт педагогических измерений, 2011

## Содержание

<b>1. Основные подходы к разработке КИМ ЕГЭ 2011 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 2011 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>24</b>

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КИМ ЕГЭ 2011 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.

На экзамене используются задания стандартизированной формы – контрольные измерительные материалы (КИМ). В целях обеспечения стандартизации измерения ежегодно создаются документы, регламентирующие разработку КИМ ЕГЭ. Регламентирующими документами 2011 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.

Существующая в настоящее время 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 в экзаменационной работе уменьшено общее число заданий с 36 до 35 за счет изменения структуры второй части работы. В связи с этим максимальный первичный балл стал равен 51 баллу. Кроме того, время на выполнение работы увеличено до 4 часов.

Экзаменационная работа состоит из 35 заданий, различающихся формой представления и уровнем сложности. В первую часть работы включено 25 заданий 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 6 заданий: одну качественную задачу и пять расчетных задач, при выполнении которых нужно привести развернутое решение.

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.

В КИМ представлены задания 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, которые требуют применения знаний в измененной или новой ситуации.

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.

В вариантах 2011 года продолжена линия постепенного увеличения доли «качественных вопросов» по физике, то есть заданий, проверяющих понимание сути физических явлений, умений применять физическую терминологию для описания явлений, а не просто воспроизводить те или иные законы и формулы. Расширен диапазон проверяемых методологических умений, а также заданий высокого уровня сложности, для выполнения которых необходимо обоснование используемой физической модели.

На основе первичных баллов, выставленных за выполнение всех заданий экзаменационной работы, осуществляется перевод в «тестовые» баллы по 100-балльной шкале. Рособрнадзор ежегодно устанавливает по каждому общеобразовательному предмету 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. Минимальная граница ЕГЭ по физике в течение двух лет устанавливалась на уровне 8 первичных баллов (50% от заданий базового уровня, отвечающих содержанию стандарта базового уровня), что в 2010 г. соответствовало 34 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 2011 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 2011 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 2011 г.

Экзаменационный вариант ЕГЭ по физике 2011 г. включает два типа заданий с развернутым ответом: качественные задачи (С1) и расчетные задачи (С2–С6), к которым предлагаются две различные обобщенные 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 недочеты, 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)»* или *«Опишите движение ...»*;

Б) требование привести развернутый 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 образце возможного решения правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами. В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

Обобщенная схема, используемая при оценивании качественных задач в ЕГЭ 2011 г., приведена ниже.

### Обобщенная схема оценивания заданий С1

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>формулируется ответ</i> ), и полное верное объяснение (в данном случае – <i>указывается сноска на пункты в образце решения</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>перечисляются явления и законы</i> ).	3
Приведено решение, и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – представлен только правильный ответ без обоснований.	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 расчетные 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 расчетных задач.

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

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

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>перечисляются использованные в авторском решении законы и формулы</i> ); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков: – в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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;">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 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

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

1. Ряд расчетных задач не требуют получения числового ответа. В этом случае в описании полного правильного ответа снимается указание на необходимость числового ответа. Решение считается полным и верным, если представлен правильный ответ «в общем виде». Соответственно, в критериях на 2 балла снимаются условия, связанные с ошибкой в вычислениях.

2. В КИМ встречается ряд задач, при решении которых **обязательно** выполнение рисунка. Например, это задачи по геометрической оптике, где рисунок поясняет ход лучей и введенные обозначения величин. В этом случае наличие рисунка оговаривается в условии задачи, а в критерии полного правильного решения вводится условие наличие рисунка. Отсутствие рисунка в работе (или ошибка в рисунке) приводит к снижению оценки на 1 балл. С другой стороны, наличие только одного правильного рисунка (например, верного построения изображения в линзе) дает возможность получить за решение 1 балл.

3. Оценивание задач, в условиях которых приводятся фотографии реальных экспериментов, учитывает необходимость правильной **записи показаний приборов**. В этом случае в критерии полного правильного решения вводится условие верной записи показаний измерительных приборов. Если же показания приборов в работе экзаменуемого записаны неверно и отклонение в записи превышает цену деления прибора, то оценка снижается на один балл.

## *Комментарии к обобщенной 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. Если в решении задачи записаны утверждения, законы или формулы, которые затем не использовались в ходе решения, то ошибки в этих записях не влияют на оценивание и не являются основанием для снижения оценки.

3. В настоящее время при решении заданий с развернутым ответом не требуется записи каких-либо комментариев об используемых законах или формулах, перевода всех заданных в условии задачи физических величин в СИ и проверки полученного ответа «в общем виде» по единицам измерения входящих в него величин.

4. 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.

5. 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

В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

Образец возможного решения	
1) Масса жидкости в сосуде будет увеличиваться. 2) Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. 3) При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация паров воды.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – увеличение массы жидкости, п. 2) и полное верное объяснение (в данном случае – п. 1) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре</i> ).	3
Приведено решение, и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы, <div style="text-align: center;">ИЛИ</div> – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты, <div style="text-align: center;">ИЛИ</div> – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ, <div style="text-align: center;">ИЛИ</div> – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан, <div style="text-align: center;">ИЛИ</div> – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

### Пример 1.1 (2 балла)

С1 Масса испарности в сосуде будет увеличиваться, так как при уменьшении объема насыщенного пара часть пара переходит в испарность.

Верный ответ, но рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме. Отсутствует указание на независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре.

### Пример 1.2 (2 балла)

С1. МАССА ЖИДКОСТИ В СОСУДЕ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПОСЛЕ ВДВИГАНИЯ В НЕГО ПОРШНЯ, ТАК КАК ГАЗ, НАХОДЯЩИЙСЯ ДО ЭТОГО В СОСУДЕ, КОНДЕНСИРУЕТСЯ И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ЖИДКОСТЬ ИЗ-ЗА ТОГО, ЧТО ОБЪЕМ ВОЗДУХА В СОСУДЕ УМЕНЬШАЕТСЯ ПРИ НЕИЗМЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.

Приведен верный ответ, но указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения

### Пример 1.3 (1 балл)

С1. Вследствие смещения поршня вниз объем сосуда уменьшится, давление в нем возрастет, динамическое равновесие между водой и её парами нарушится, пары будут переходить в воду. То есть масса воды увеличится.

Приведен верный ответ без необходимых обоснований.

### Пример 1.4 (0 баллов)

С1 Масса жидкости не изменится так как:  
1) Нет внешних источников которые бы приносили или отбирали жидкость.  
2) Процесс изотермический, жидкость не может перейти в газовое состояние, а газ не может перейти в жидкость.  
Следовательно масса жидкости не изменится.

Отсутствие верного ответа, неверные объяснения.

**Пример 1.5 (0 баллов)**

С1.

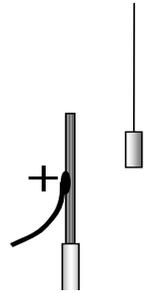
*Масса широкости в цилиндрическом сосуде не будет зависеть от расстояния от центра. Так как на это ничего не влияет.*

*Давление в сосуде увеличится.*

Приведен неверный ответ. Обоснования и указания на явления и законы отсутствуют.

**Задание 2**

Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на длинной шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.

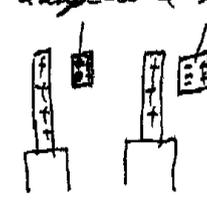


Образец возможного решения	
1) Гильза притянется к пластине, коснется ее, а потом отскочит и зависнет в отклоненном состоянии.	
2) Под действием электрического поля пластины изменится распределение электронов в гильзе и произойдет ее электризация: та ее сторона, которая ближе к пластине (левая), будет иметь отрицательный заряд, а противоположная сторона (правая) – положительный. Поскольку сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны гильзы. Гильза будет притягиваться к пластине и двигаться, пока не коснется ее.	
3) В момент касания часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину, гильза приобретет положительный заряд и оттолкнется от теперь уже одноименно заряженной пластины.	
4) Под действием силы отталкивания гильза отклонится вправо и зависнет в положении, когда равнодействующая силы электростатического отталкивания, силы тяжести и силы натяжения нити станет равна нулю.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – описание движения гильзы, п.1), и полное верное объяснение (в данном случае – п.2–4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – электризация во внешнем поле и при контакте с заряженным телом, взаимодействие заряженных тел).	3
Приведено решение, и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следую-	2

<p>ших недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме, или в них содержатся логические недочеты,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.</li> </ul>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– представлен только правильный ответ без обоснований.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

### Пример 2.1 (3 балла)


 При поднесении к клемме вискоз-ной катушки пластины на той оказалась заряд (+). Но у вискозы заряд будет разно-с (-) и (+) - слева, (+) справа. (Так как гильза нейтральна). Затем она начнет приближаться к пластине до тех пор, пока не прикоснется к ней. После соприкосновения на гильзе будет заряд (+) и она резко уйдет в противоположную сторону от пластины. Будет!




Приведен верный ответ и рассуждения, приводящие к ответу.

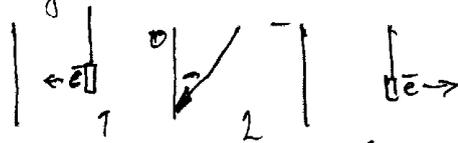
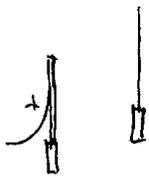
### Пример 2.2 (2 балла)

Гильза сначала прикоснется к палочке, а затем резко откинется в сторону, это происходит потому что когда гильза коснется палочки, то зарядимся положительно, а отрицательные заряды отталкиваются

Приведены неполные рассуждения, но дан верный ответ.

**Пример 2.3 (2 балла)**

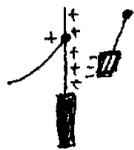
С1. Подав на гильзу положительный заряд, электроны гильзы, переходят на сторону, обращенную к пластине, притянувшись к пластине, заряд переда-ся пластине, и теперь гильза и пластинка стали однополярны, и отталкиваются друг от друга, т.к. электроны пришли на другую сторону.



Дан верный ответ о движении гильзы, но приведены неполные рассуждения, в которых есть недочеты.

**Пример 2.4 (1 балл)**

С1. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выключателя, при этом, подав на нее положительный заряд, гильза притянулась в отверстие - она начала притягиваться к металлической пластине. Это объясняется тем, что подав положительный заряд, на пластине начали двигаться электроны. Пластина тем самым тоже стала положительной заряжена.



Притягивание происходит в силу того, что разноименные заряды притягиваются.

Ответ неполный, но приведены рассуждения с указанием на физические закономерности.

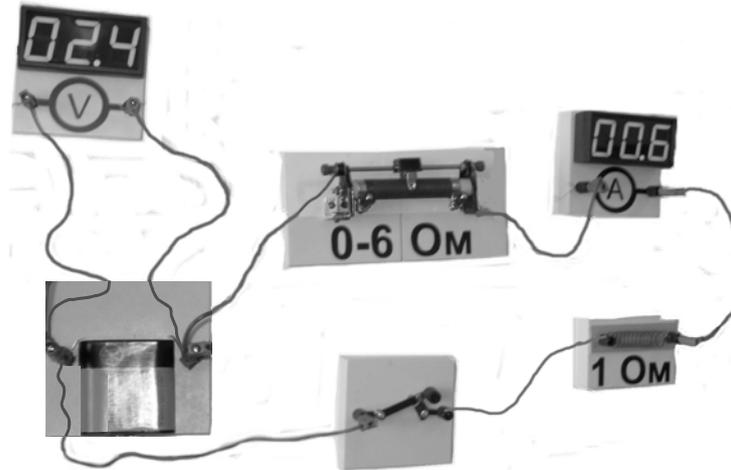
**Пример 2.5 (0 баллов)**

*С1. Пластина, подсоединенная к кешиме волюковелитного  
вопиряшметеля, будучи положительнo заряденной, создает  
электрическое поле напряженностью  $E$ .  
Следовательно на шлозу действует сила, заставляю-  
щая шлозу колебаться.*

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.

**Задание 3<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.

Образец возможного решения (рисунок обязателен)	
<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:</p>	

<sup>1</sup> В задании 3 в систему оценивания внесены изменения, так как требуется дополнительно представить схему электрической цепи.

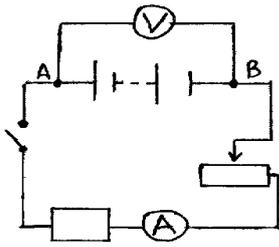
$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}$ . В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром:  $U = I(R_1 + R_2) = \varepsilon - Ir$ . При перемещении движка реостата вправо его сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом растёт, а напряжение на батарее уменьшается.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>изменения показания приборов</i> , п. 1), схему электрической цепи – п. 2) и полное верное объяснение (в данном случае – п. 3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>закон Ома для участка цепи и для замкнутой цепи</i> ).	3
Приведено решение, верная схема электрической цепи, и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – приведено решение, и дан верный ответ, но не представлена схема электрической цепи. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – Представлен только правильный ответ без обоснований и верная схема электрической цепи.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – представлен только правильный ответ без обоснований, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – Представлена только верная схема электрической цепи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**Пример 3.1 (3 балла)**

С1

Решение



Если передвинуть движок реостата в крайнее правое положение, то сопротивление реостата уменьшится,  $\Rightarrow$  согласно 3-му Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R_{вн} + r}$

сила тока в цепи возрастет.  
 $\epsilon = I R_{вн} + I r = I R_{AB} + I r = U_{AB} + I r$   
 $U_{AB} = \epsilon - I r$

Т.к.  $I$  увеличится  $\Rightarrow U_{AB}$  уменьшится.

Итак, сила тока в цепи увеличивается, а напряжение на батарее уменьшается 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.

**Пример 3.2 (2 балла)**

С1:

Дано:  
 $R = 10 \Omega$   
 $I = 0,6 \text{ A}$

$\Delta I - ?$   
 $\Delta U - ?$

Решение:

$R$  - увеличивается при перемещении ползунка влево.  
 $I = \frac{\epsilon}{R_{реост} + R + r}$  закон Ома для полной цепи, следоват.

сила тока  $I$  уменьшается.

$$\epsilon = I (R_{реост} + R) + I r$$

$$\epsilon = U + I r$$

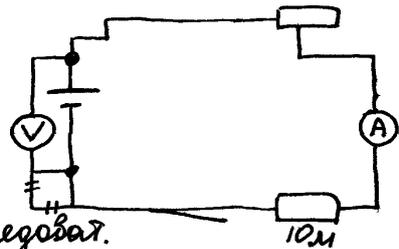
$$U = \epsilon - I r$$

$U$  - увеличивается

Ответ:  $R$  - увеличивается.

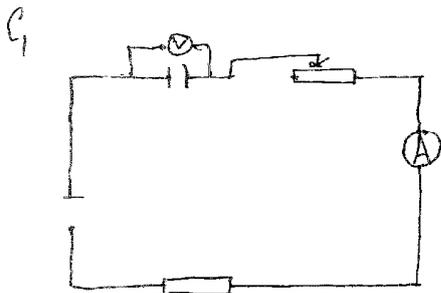
$I$  - уменьшается.

$U$  - увеличивается.



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.

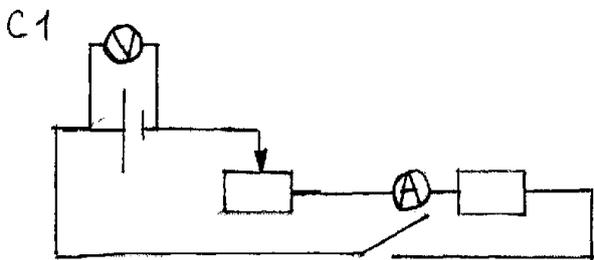
**Пример 3.3 (2 балла)**



При движении резистора влево  $R$  - уменьшается, это следует из  $\rightarrow$  сопротивление от длины зависит пропорционально  $R = \rho \frac{l}{S}$ , а так 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.

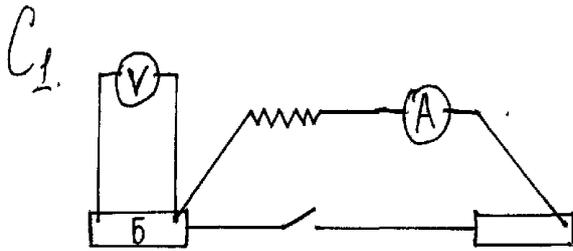
**Пример 3.4 (1 балл)**



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

Приведена верная схема электрической цепи, но ответ неверный.

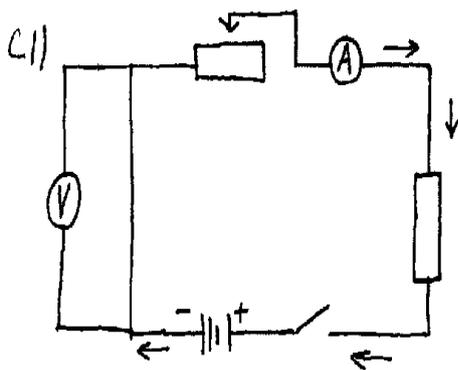
Пример 3.5 (1 балл)



~~Ана~~ Это сопротивление увеличится,  
и напряжение батареи упадет.

Приведен только правильный ответ без обоснований.

Пример 3.6 (0 баллов)



При перемещении движка реохота в  
право сопротивление шунта в цепи  
увеличится, 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

Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{\text{пл}} = 15$  м/с и  $v_{\text{бр}} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)	
<p>Пусть <math>m</math> – масса куса пластилина, <math>M</math> – масса бруска, <math>u_0</math> – начальная скорость бруска с пластилином после взаимодействия. Согласно закону сохранения импульса имеем:</p> $Mv_{\text{бр}} - mv_{\text{пл}} = (M + m)u_0.$ <p>Так как <math>M = 4m</math> и <math>v_{\text{бр}} = \frac{1}{3}v_{\text{пл}}</math>, то <math>4m \cdot \frac{1}{3}v_{\text{пл}} - mv_{\text{пл}} = 5mu_0 \Rightarrow</math></p> $\Rightarrow 4mv_{\text{пл}} - 3mv_{\text{пл}} = 15mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{1}{15}v_{\text{пл}}.$ <p>По условию конечная скорость бруска с пластилином <math>u = 0,7u_0</math>. По закону сохранения и изменения механической энергии имеем:</p> $\frac{(M + m)u_0^2}{2} = \frac{(M + m)u^2}{2} + \mu(M + m)gS \Rightarrow$ $\frac{5m \left( \frac{1}{15}v_{\text{пл}} \right)^2}{2} = \frac{5m \left( 0,7 \cdot \frac{1}{15}v_{\text{пл}} \right)^2}{2} + 5m\mu gS \Rightarrow \frac{1}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{\text{пл}}^2 - \frac{0,49}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{\text{пл}}^2 = \mu gS \Rightarrow$ $\Rightarrow S = \frac{0,255}{225} \cdot \frac{v_{\text{пл}}^2}{\mu g} = 0,15 \text{ (м)}.$ <p>Ответ: <math>S = 0,15</math> м.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>закон сохранения импульса, закон сохранения и изменения механической энергии</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</p>	2

ИЛИ	
– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены,	
ИЛИ	
– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде,	
ИЛИ	
– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:	1
– 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,	
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 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

**Пример 1.1 (3 балла)**

"С7"

$v_{\text{сп}} = 5 \text{ м/с} = v_1$   
 $v_{\text{м}} = 15 \text{ м/с} = v_2$   
 $m_{\text{сп}} = 4 \text{ м} = m_1$   
 $m_{\text{м}} = m = m_2$   
 $\mu = 0,17$   
 $v_1' = 0,7 v_1$

$s' = ?$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

$$5 m v' = m (v_1 - v_2)$$

$$v_1' = \frac{4 v_1 - v_2}{5}$$

$$v' = 1 \text{ м/с}$$

$$v_1' = 0,7 v' \Rightarrow v_1' = 0,7 \text{ м/с}$$

$$3) (m_1 + m_2) a = \mu (m_1 + m_2) g \Rightarrow a = \mu g \Rightarrow a = 1,7 \text{ м/с}^2$$

$$4) v_1'^2 = v'^2 - 2 a s'$$

$$s' = \frac{v'^2 - v_1'^2}{2 \mu g}$$

$$s' = \frac{1 - 0,49}{3,4} = 0,15 \text{ м}$$

Ответ: 0,15 м

Верное решение задачи альтернативным (по сравнению с предложенным в образце решения) способом. Работа оценивается 3 баллами.

**Пример 1.2 (2 балла)**

C. 1.  $0 \rightarrow \frac{u}{5} \rightarrow$

$$m v_1 - 4 m v_2 = 5 u m$$

$$u = \frac{m(v_1 - 4v_2)}{5} = \frac{m \cdot (15 - 20)}{5} = 1 \text{ м/с}$$

$$a = \frac{F_{тр}}{5m} = mg = 1,4 \text{ м/с}^2$$

$$v' = 0,3 u = 0,3 \text{ м/с}$$

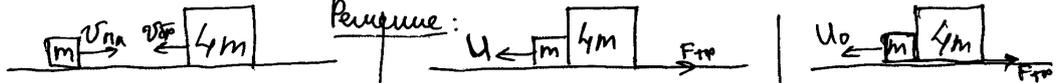
$$S = \frac{u^2 - (v')^2}{2a} = \frac{1 - 0,09}{3,4} = \frac{0,91}{3,4} = 0,27 \text{ м.} \quad \text{Отв: } 0,27 \text{ м}$$

Правильно записан закон сохранения импульса, найдено ускорение тел, верно записана формула для определения пройденного пути. Допущена ошибка при вычислении конечной скорости тела, что привело к неверному числовому ответу. Работа оценивается 2 баллами.

**Пример 1.3 (2 балла)**

Данный бланк использовать только совместно с двумя другими бланками из данного пакета

⊙ ⊥



По закону сохр. импульса.

$$u_0 = 0,7 u = 0,14 v_{бр} \text{ (м ±)}$$

$$-m v_{пл} + 4m v_{бр} = (m+4m) u$$

$$u = \frac{-m v_{пл} + 4m v_{бр}}{m+4m} = \frac{-m \cdot 3v_{бр} + 4m v_{бр}}{m+4m} =$$

$$= \frac{-v_{бр}(3m + 4m)}{m+4m} = \frac{-v_{бр}(-m)}{5m} = \frac{v_{бр} m}{5m} = \frac{v_{бр}}{5}$$

$$F_{тр} = \mu mg \text{ (сила трения)}$$

$$5ma = \mu mg$$

$$a = \frac{\mu g}{5}$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$u = \frac{v_{бр}}{5} \text{ (1)}$$

$$S = \frac{(u^2 - u_0^2) \delta}{2\mu g} = \frac{(v_{бр}^2 - 0,0196 v_{бр}^2) \delta}{2 \cdot 0,17 \cdot 10}$$

$$= \frac{(v_{бр}^2 - 0,0196 v_{бр}^2) \delta}{2 \cdot 1,7} =$$

$$= \frac{v_{бр}^2 - 0,0196 v_{бр}^2}{2 \cdot 1,7} =$$

$$= \frac{5 - 0,49}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = \frac{4,51}{3,4} =$$

$$= 1,3 \text{ м}$$

Ответ:  $S = 1,3 \text{ м}$ .

Дано:

$$v_{пл} = 15 \text{ м/с}$$

$$v_{бр} = 5 \text{ м/с}$$

$$M = 4m$$

$$\mu = 0,17$$

$M$  - масса пушечки  
 $m$  - масса пластины  
 $u$  - скорость после прилипания  
 $u_0$  - скорость, когда она численно будет на 30% чем  $u$   
 $S$  - перемещение

$S = ?$

⊙ ⊥

Приведены все необходимые уравнения и преобразования, получен ответ. Однако в процессе решения допущены две вычислительные ошибки (при определе-

нии конечной скорости бруска и при определении ускорения), что привело к неверному ответу. Работа оценивается 2 баллами.

**Пример 1.4 (1 балл)**

С1. Дано:  $v_{мл}$  (скорость машинки) = 15 м/с,  $v_{бр}$  (ск. бруска) = 5 м/с,  $m = 0,14$

Найти:  $S$

Решение: Даны 2 тела: машинка и брусок, они движутся навстречу друг другу, а затем машинка прилипает к бруску и они движутся вместе.

1) закон сохранения импульса для данного тел:

$$\vec{v}_{мл} m_{мл} + \vec{v}_{бр} m_{бр} = v' (m_{бр} + m_{мл}) \quad [т.к. v_{мл}' = v_{бр}' = v']$$

2) теперь определим знаки в уравнении: т.к. масса бруска в 4 раза больше массы машинки, то:

$$m_{бр} = 4 m_{мл}, \text{ тогда } v_{бр} = 4 \cdot 15 \text{ м/с} = 60 \text{ м/с}$$

~~$F_{бр} = v_{бр} m_{мл}$~~ , тогда:

$$P_{бр} = v_{бр} m_{бр} = 5 \text{ м/с} \cdot 4 m_{мл} = 20 m_{мл} \text{ м/с}$$

$$P_{мл} = v_{мл} m_{мл} = 15 \text{ м/с} \cdot m_{мл} = 15 m_{мл} \text{ м/с}$$

$P_{бр} > P_{мл}$ , значит после взаимодействия они будут двигаться в сторону, в кот. движется брусок.

3) Тогда получаем:  $v_{бр} m_{бр} - v_{мл} m_{мл} = v' (m_{бр} + m_{мл})$

4) Найдем  $v'$ ;  $v' = \frac{v_{бр} m_{бр} - v_{мл} m_{мл}}{m_{бр} + m_{мл}}$  (известно  $m_{бр}$  по условию и  $m_{мл}$ ).

$$v' = \frac{v_{бр} m_{бр} - v_{мл} m_{мл}}{m_{бр} + m_{мл}} = \frac{v_{бр} \cdot 4 m_{мл} - v_{мл} m_{мл}}{4 m_{мл} + m_{мл}} = \frac{m_{мл} (4 v_{бр} - v_{мл})}{5 m_{мл}}$$

$$v' = \frac{4 v_{бр} - v_{мл}}{5} = \frac{4 \cdot 5 \text{ м/с} - 15 \text{ м/с}}{5} = 1 \text{ м/с}$$

В решении присутствует одна из исходных формул (закон сохранения импульса) и преобразования, направленные на решение задачи.

**Пример 1.5 (0 баллов)**

С1. Дано:

$v_{мл} = 15 \text{ м/с}$

$v_{бр} = 5 \text{ м/с}$

$m_{бр} = 4 m_{мл}$

$\mu = 0,17$

$\eta = 30\%$

$S = ?$

Решение:

$m_{бр} v_{бр} + m_{мл} v_{мл} = (m_{бр} + m_{мл}) u$

$4 m_{мл} v_{бр} + m_{мл} v_{мл} = (4 m_{мл} + m_{мл}) u$

$m_{мл} (4 v_{бр} + v_{мл}) = 5 m_{мл} u$

$m_{мл} (4 \cdot 5 + 15) = 5 m_{мл} u$

$25 m_{мл} = 5 m_{мл} u$

$u = \frac{25 m_{мл}}{5 m_{мл}} = 5 \text{ м/с}$

$F_{тр} = \mu mg = 0,17 \cdot 10 \cdot m_{мл} = 1,7 m_{мл}$

$t = 3 \text{ с}$

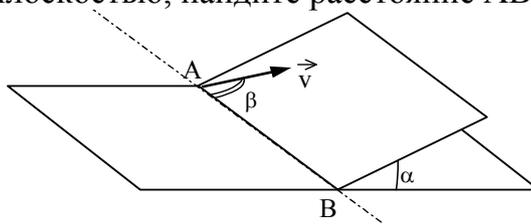
$S = \frac{u}{t} = \frac{7}{3} = 2,3 \text{ м}$

Ответ: 2 м.

И закон сохранения импульса, и формула для определения пройденного пути записаны неверно. Работа оценивается 0 баллов.

### Задание 2

Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой АВ. Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки А с начальной скоростью  $v_0 = 2$  м/с под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой АВ. В ходе движения шайба съезжает на прямую АВ в точке В. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние АВ.



#### Образец возможного решения

Выбор системы координат: ось  $x$  направлена по прямой АВ, ось  $y$  – вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии АВ.

Проекции вектора ускорения свободного падения  $\mathbf{g}$ :

$$g_x = 0, \quad g_y = -g \cdot \sin \alpha.$$

Движение по наклонной плоскости эквивалентно движению тела, брошенного под углом  $\beta$  к горизонту, в поле тяжести с ускорением  $g_y$ .

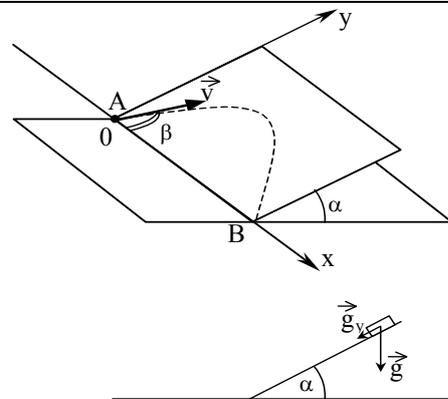
Уравнения движения вдоль осей  $x$  и  $y$ :

$$v_x(t) = v_0 \cos \beta; \quad x(t) = v_0 \cos \beta \cdot t;$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \beta - g \sin \alpha \cdot t; \quad y(t) = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2$$

В момент времени  $t$ , соответствующий концу движения,  $y(t) = 0$  и  $x(t) = АВ$ . Используя это условие для решения системы уравнений, получаем

$$AB = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,5}{10 \cdot 0,5 \cdot 2} = \frac{4\sqrt{3}}{10} \approx 0,68(\text{м}).$$



#### Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:  
 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *формулы кинематики для равноускоренного движения, тригонометрические соотношения для проекций величин*);  
 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

3

Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет один из следующих недостатков:  
 – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,

2

ИЛИ

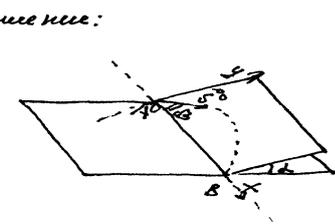
<p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены, ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде, ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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, 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, 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

**Пример 2.1 (3 балла)**

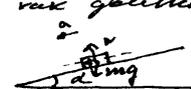
*с 1*

**Дано:**  
 $\alpha = 30^\circ$   
 $v_0 = 2 \frac{м}{с}$   
 $\beta = 60^\circ$   
 $AB = ?$

**Решение:**



В данном случае движение шайбы можно рассматривать как движение тела по дуге.



найдем ускорение шайбы на наклонной плоскости откл. ОУ

$$mg \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

оси Ох  
относительно ~~А~~ тело движется равномерно по дуге

$$a = g \sin \alpha \quad a = 10 \cdot \sin 30^\circ = 5 \frac{м}{с^2}$$

$$AB = S = v_0 \cos \beta \cdot t_{гв.} \quad t_{гв} = 2 t_{ног} \quad t_{ног} = \frac{v_0 \sin \beta}{a} = \frac{0,86 \cdot 2}{5} = 0,34 с$$

$$t_{гв} = 2 \cdot 0,34 = 0,68 с$$

$$AB = S = v_0 \cos \beta \cdot t_{гв} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,68 с = 0,68 м$$

ответ:  $AB = 0,68 м$

Использован подход к решению «по действиям» (с промежуточными вычислениями). Задача решена верно, отвечает критериям на 3 балла.

### Пример 2.2 (3 балла)

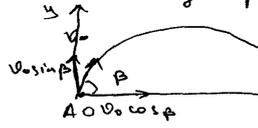
С1. Дано  
 $\alpha = 30^\circ$   
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$   
 $\beta = 60^\circ$   
 $S = ?$

Решение

Рассмотрим шип с углом  $\alpha$  при основании. На тело массой  $m$  действует сила, равная  $mg \sin \alpha$ , направленная вдоль наклонной плоскости.

Можно упростить рисунок, приняв вместо вертикального ускорения  $g$  — ускорение  $g \sin \alpha$ , тогда  $\downarrow g \sin \alpha$ . Решим задачу в двумерном пространстве.

Разложим начальную скорость на вертикальную и горизонтальную составляющие. Возьмем систему координат  $XOY$  с центром в начале движения. Пусть через время  $t$  шайба пришла в точку  $B$ , тогда:



$$\begin{cases} x = S = v_0 \cos \beta t & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0 = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2 \sin \alpha}{2} & (2) \end{cases}$$

Выразим из (2) время  $t$  и подставим в (1)

$$t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \sin \alpha}$$

$$S = \frac{2 v_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g \sin \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g \sin \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 120^\circ}{g \sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3} v_0^2}{g} = \frac{4\sqrt{3}}{10} =$$

$$= 0,692 \text{ м} \approx 0,7 \text{ м}.$$

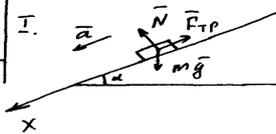
Полное правильное решение задачи, отвечающее критериям оценивания на 3 балла.

### Пример 2.3 (2 балла)

С1.

Дано:  $F_{TP} = 0$   
 $\alpha = 30^\circ$   
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$   
 $\beta = 60^\circ$   
 $S = ?$

Решение:



По второму закону Ньютона:

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

$$Ox \quad ma = mg \sin \alpha + F_{TP}$$

$$ma = mg \sin \alpha$$

$$a = g \sin \alpha.$$

Шайба будет двигаться по дуге и пройденное ею расстояние равно: по оси OX

$$S = v_0 \cos \beta \cdot t.$$

По оси OY скорость равна:

$$v_y = v_0 \sin \beta - at$$

За  $at = \frac{t}{2}$  шайба будет находиться в вершине дуги, поэтому  $v_y = 0 \Leftrightarrow v_0 \sin \beta - \frac{a}{2} t = 0.$

$$\frac{a}{2} t = v_0 \sin \beta$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \beta}{a}$$

$$S = \frac{v_0 \cos \beta \cdot 2 v_0 \sin \beta}{a} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{a} = \frac{v_0^2 \sin \beta}{g \sin \alpha}$$

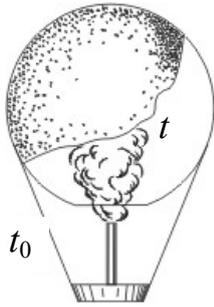
$$S = \frac{4 \cdot \sin 120^\circ}{10 \cdot \sin 30^\circ} = \frac{4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2\sqrt{3}}{5} = 0,1\sqrt{3} \approx 0,17 \text{ м}.$$

Ответ:  $S \approx 0,17 \text{ м}.$

Допущена арифметическая ошибка на последнем этапе вычислений. На основании этого решение оценивается в 2 балла, несмотря на то что на промежуточном этапе вычислений был получен правильный ответ.



### Задание 3



Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 145$  кг и объем  $V = 230$  м<sup>3</sup>, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Какую минимальную температуру  $t$  должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

#### Образец возможного решения

Условие подъема шара:  $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$ ,

где  $M$  – масса оболочки,  $m$  – масса воздуха внутри оболочки, отсюда

$$\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V,$$

где  $\rho_0$  – плотность окружающего воздуха,  $\rho$  – плотность воздуха внутри оболочки,  $V$  – объем шара.

Для воздуха внутри шара находим:  $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$ , или  $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$ , где  $p$  – атмосферное давление,  $T$  – температура воздуха внутри шара. Соответственно, имеем

плотность воздуха снаружи:  $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$ , где  $T_0$  – температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$$

$$T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ\text{C}.$$

#### Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

- 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Менделеева–Клапейрона*);
- 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

3

Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет один из следующих недостатков:

– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,

2

ИЛИ

<p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены, ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде, ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	
<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, 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, 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

**Пример 3.1 (3 балла)**

$C_2$  Дано:

$M = 145 \text{ кг}$   
 $V = 230 \text{ м}^3$   
 $\bar{t} = 273 \text{ К}$   
 $t_0 = 0^\circ \text{С}$

---

$t = ?$

Считаю, что объём оболочки пренебрежимо мал, пишу уравнение равновесия шара в момент подъёма шара:

$$N_g + m_1 g = m_2 g$$

$$N + m_1 = m_2$$

$m_1$  – масса горячего воздуха  
 $m_2$  – масса вытесненного холодного воздуха.  
 для нахождения  $m_1$  и  $m_2$  использ. газовой законной

$$P \cdot V = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{\cancel{R}} ; \quad m_1 = \frac{P \cancel{V} \cancel{R}}{RT} ; \quad P \cancel{V} = \frac{m_2 \cdot R T_0}{\cancel{R}} ;$$

$$m_2 = \frac{P \cancel{V} \cancel{R}}{R T_0}$$

$$\frac{M + P \cancel{V} \cancel{R}}{RT} = \frac{P \cancel{V} \cancel{R}}{R T_0}$$

$$T = \frac{P \cancel{V} \cancel{R}}{R \left( \frac{P \cancel{V} \cancel{R}}{R T_0} - M \right)} = \frac{P \cancel{V} \cancel{R} \cdot T_0}{P \cancel{V} \cancel{R} - T_0 \cdot M \cdot R}$$

$$= \frac{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 273}{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} - 273 \cdot 145 \cdot 2,31} = 538,7 \text{ K} \neq$$

$$t = 538,7 \text{ K} - 273 \approx 266^\circ \text{C}$$

Ответ:  $t = 266^\circ \text{C}$ .

Полное правильное решение задачи, но при подстановке масс в условие равновесия шара учащийся допускает ошибку. Однако следующая формула записана правильно, и получен верный ответ. Допущенная ошибка приравнивается к опiske, и работа оценивается 3 баллами.

### Пример 3.2 (2 балла)

$$C_2: M \vec{g} + m \vec{g} + \vec{F}_{\text{Арх}} = 0; \quad \rho_0 g V = M g + m g$$

$$P V = \frac{m}{M} R T \Rightarrow m = \frac{P V M}{R T}; \quad \rho_0 = \frac{P M}{R T_0}$$

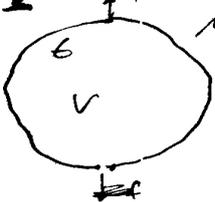
$$\frac{P \cdot M \cdot V}{R T_0} = M + \frac{P V M}{R T} \Rightarrow t = \frac{P V M}{R \left( \frac{P M V}{R T_0} - M \right)} - 273$$

*M - масса шарика.*

Записаны все необходимые уравнения, проведены преобразования, получен ответ в общем виде, но решение не доведено до численного ответа. Работа оценивается 2 баллами.

### Пример 3.3 (1 балл)

*С2*



Дано:  $M = 145 \text{ кг}$ ,  $V = 230 \text{ м}^3$ ,  $t = 0^\circ \text{C}$ ,

Найти:  $t$  - ?

Решение: Условие плавания шара.

$$M g = F_A + F, \quad F_A = \rho_0 g V$$

$$F = \rho_0 = \frac{P \cdot M_0}{R T_0}$$

$$M g = \frac{P_0 \cdot M_0 \cdot g V}{R T_0} + F \quad t = f(t) \quad \text{Так найдем } t$$

Верно записаны два исходных уравнения. В условии равновесия для воздушного шара допущена ошибка. Следовательно, в одной из исходных формул, необходимых для решения задачи, допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. Работа оценивается 1 баллом.

**Пример 3.4 (1 балл)**

$C_2$   $M = 175 \text{ кг}$   
 $V = 230 \text{ м}^3$   
 $\rho_A, T_0 = 273 \text{ К}$   
 $t = ?$

$m \vec{r} = m \vec{g} + \vec{F}_A$  это и нашал взлетато  
 $\ddot{x}: m \ddot{x} = mg - F_A$   $\ddot{x} = 0$  (ускорение = 0)  
 $m \ddot{x} = mg - \rho r g V$   $mg = \rho r g V$   $\rho r = \frac{m}{V}$  (1)

$\rho V = \nu R T$   
 $\rho M = \rho_0 R T_0$  - при  $T = 0^\circ \text{C}$   
 $\rho_0$  - плотности при  $T = 0^\circ \text{C}$  и  $\rho = 10^5 \text{ Па}$   
 $\frac{\rho M}{R} = \rho_0 T_0$      $\frac{\rho M}{R} = \rho T_1$   
 $\rho_0 T_0 = \rho T_1$

$\rho = \rho_A$  (т.к шар открыт)  
 $\rho$  - плотности воздуха при  $T = 0^\circ \text{C}$   
 давление снаружи и внутри шара равно т.к шар открыт

$(2) \left[ \rho_1 = \frac{\rho_0 T_0}{T_1} \right]$  - плотность воздуха при  $T = T_1$

$\rho_0 M = \rho_0 R T_0$   
 $\left[ \rho_0 = \frac{\rho_0 M}{R T_0} \right]$  (3)     $T_1 = \frac{\rho_0 M V_0}{R m}$

$U_3(1), (2) \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{\rho_0 T_0}{T_1} \left[ T_1 = \frac{\rho_0 V_0 T_0}{m} \right]$  (4)  
 $T_1 = \frac{10^5 \cdot 23 \cdot 10^{-1} \cdot 273}{8,31 \cdot 145} = \frac{6630 \cdot 10^2}{1235} \approx 430^\circ \text{K}$

Записаны все необходимые уравнения, но, судя по дальнейшим преобразованиям, учащийся не учитывает массу оболочки шара и неверно записывает выражение для плотности воздуха в шаре (через массу оболочки и объем шара). Следовательно, одно из исходных уравнений ошибочно, и работа оценивается 1 баллом.

**Пример 3.5 (0 баллов)**

$C-2.$   
 $\rho V = \frac{m}{M} R T \Rightarrow T = \frac{\rho \cdot V}{R \cdot \frac{m}{M}} = \frac{\rho \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$   
 $T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 230 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 145 \text{ кг}} = \frac{7360 \cdot 10^2}{1204,95} = 611 \text{ К}$   
 $t = 611 \text{ К} - 273 \text{ К} = 338^\circ \text{C}$   
 $\text{ответ: } 338^\circ \text{C}.$

Отсутствуют два из трех необходимых для решения исходных уравнений. Работа оценивается 0 баллов.

#### Задание 4

В калориметре находился 1 кг льда. Какой была температура льда, если после добавления в калориметр 15 г воды, имеющей температуру 20°C, в калориметре установилось тепловое равновесие при – 2°C? Теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью калориметра пренебречь.

Образец возможного решения	
Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры $t$ : $Q = c_1 m_1 (t - t_1)$ . (1)	
Количество теплоты, отдаваемое водой при охлаждении ее до 0 °С: $Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - 0)$ . (2)	
Количество теплоты, выделяющейся при отвердевании воды при 0°C: $Q_2 = \lambda m_2$ . (3)	
Количество теплоты, выделяющейся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры $t$ : $Q_3 = c_1 m_2 (0 - t)$ . (4)	
Уравнение теплового баланса: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ . (5)	
Объединяя формулы (1)–(5), получаем $t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ \text{C}$ .	
Ответ: $t_1 \approx -5^\circ \text{C}$ .	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнение теплового баланса, формулы для количества теплоты, получаемой или отдаваемой телом при нагревании, остывании и кристаллизации</i> ); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям».	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков: – в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде, <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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;">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 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

**Пример 4.1 (3 балла)**

д.  $m_A = 1 \text{ кг}$   
 $m_B = 152 = 0,015 \text{ кг}$   
 $t_0 = 20^\circ \text{ C}$   
 $t = -2^\circ \text{ C}$   
 $\lambda = 33 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$   
 $t_1 = ?$

$$c_1 m_1 \Delta t = c_2 m_2 \Delta t_1 + c_1 m_2 \Delta t_2 + \lambda m_2$$

$$\Delta t = \frac{c_2 m_2 \Delta t_1 + c_1 m_2 \Delta t_2 + \lambda m_2}{c_1 m_1}$$

$$\Delta t = \frac{4200 \cdot 0,015 \cdot 20 + 2100 \cdot 0,015 \cdot 2 + 33 \cdot 10^5 \cdot 0,015}{2100 \cdot 1}$$

$0,015 \approx 3^\circ \text{ C} ; t_1 = -2 - 3 = -5^\circ \text{ C}$

Полное правильное решение задачи. Работа оценивается максимальным баллом.

**Пример 4.2 (1 балл)**

д. Дано:  
 $m_1 = 1 \text{ кг}$   
 $m_2 = 0,015 \text{ кг}$   
 $t_2 = 20^\circ \text{ C}$   
 $t = -2^\circ \text{ C}$   
 $t_1 = ?$

Решение:  
 $c_2 m_2 (0 - t_2) - m_2 \lambda + c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - 0) = 0$   
 $c_1 m_1 (t - t_1) = m_2 \lambda + c_2 m_2 20 - c_2 m_2 t = m_2 \lambda + c_2 m_2 (20 - t)$   
 $t_1 = t - \frac{m_2 \lambda + c_2 m_2 (20 - t)}{c_1 m_1} = -5^\circ \text{ C}$

Ответ:  $-5^\circ \text{ C}$

Записаны все необходимые формулы, но в одной из них сделана ошибка (в формуле для остывания льда, полученного из воды, неправильно записано значение удельной теплоемкости). В результате получен неверный ответ «в общем виде». Работа оценивается 1 баллом.

### Пример 4.3 (1 балл)

Сд.

Дано:

$$m_{\text{л}} = 1 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = 15 \text{ г} = 0,015 \text{ кг}$$

$$T_{\text{в}} = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$\theta = -2^\circ\text{C} = 271 \text{ K}$$

$$T_{\text{л}} = ?$$

(где  $\theta$  — температура установившегося теплового равновесия)

Решение:

По усл-ю теплового равновесия  $Q_{\text{отг}} = Q_{\text{пр}}$ ;  $Q_{\text{отг}} = m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) + \rho_{\text{л}} m_{\text{в}}$

$$Q_{\text{пр}} = m_{\text{л}} c_{\text{л}} (\theta - T_{\text{л}}); \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{л}} c_{\text{л}} (\theta - T_{\text{л}}) = m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) + \rho_{\text{л}} m_{\text{в}}$$

$$m_{\text{л}} c_{\text{л}} \theta - m_{\text{л}} c_{\text{л}} T_{\text{л}} = m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) + \rho_{\text{л}} m_{\text{в}}$$

$$-m_{\text{л}} c_{\text{л}} T_{\text{л}} = m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) + \rho_{\text{л}} m_{\text{в}} - m_{\text{л}} c_{\text{л}} \theta$$

$$T_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}} c_{\text{л}} \theta - m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) - \rho_{\text{л}} m_{\text{в}}}{m_{\text{л}} c_{\text{л}}}$$

$$= \frac{1 \cdot 2,1 \cdot 10^3 \cdot 271 - 0,015 \cdot 4,2 \cdot 10^3 (293 - 271) - 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,015}{1 \cdot 2,1 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{569,1 - 0,063 \cdot 22 - 0,0495 \cdot 10^2}{2,1} = \frac{569,1 - 1,386 - 4,95}{2,1} =$$

$$= 267,98 \text{ K} \approx 268 \text{ K}$$

ответ:  $T_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}} c_{\text{л}} \theta - m_{\text{в}} c_{\text{в}} (T_{\text{в}} - \theta) - \rho_{\text{л}} m_{\text{в}}}{m_{\text{л}} c_{\text{л}}} = 267,98 \text{ K} \approx 268 \text{ K}$

Приведены не все необходимые для решения задачи формулы, отсутствует уравнение для остывания льда, получившегося из воды. Работа оценивается 1 баллом.

### Пример 4.4 (0 баллов)

Сд. Дано:

$m_1 = 1 \text{ кг}$	Сл
$m_2 = 15 \text{ г}$	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$
$t_{\text{н.в.}} = 20^\circ\text{C}$	$293 \text{ K}$
$t_{\text{к}} = -2^\circ\text{C}$	$271 \text{ K}$

$t_{\text{н.л}} = ?$

$$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$$c_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$$C_1 m_1 (t_{\text{н.л}} - t_{\text{н.в.}}) = C_2 m_2 (t_{\text{н.в.}} - t_{\text{н.л}})$$

$$t_{\text{н.л}} = t_{\text{н.в.}} = t_{\text{к}}$$

$$2 \cdot 100 \cdot 1 (271 - t_{\text{н.л.}}) = 4200 \cdot 15 \cdot 10^{-2} (22)$$

$$271 - t_{\text{н.л.}} = 13,86$$

$$271 - t_{\text{н.л.}} = 0,66$$

$$t_{\text{н.л.}} = 271 - 0,66 = 270,34 \text{ K} = -2,66^\circ\text{C}$$

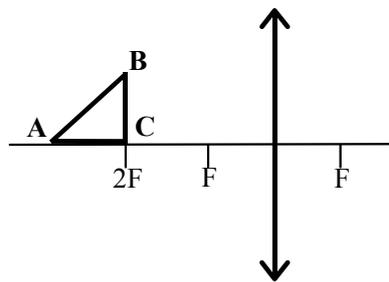
ответ:  $t_{\text{н.л.}} = 270,34 \text{ K} = -2,66^\circ\text{C}$

Из четырех необходимых для решения задачи формул записано только две. Уравнение теплового баланса записано неверно.

**В задании 5 следует обратить внимание на изменение системы оценивания в связи с обязательностью представления рисунка.**

### Задание 5

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.



Образец возможного решения (рисунок обязателен)	
<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 <math>x = \frac{aF}{F+a}</math>.</p> <p>Длина вертикального катета <math>B'C'</math> изображения равна <math>a</math>, так как для него <math>d=f=2F</math>.</p> <p>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 правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) представлен не содержащий ошибок схематический рисунок, отражающий условие задачи и поясняющий решение;</li> <li>2) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формулы линзы для двух точек на главной оптической оси, площади треугольника</i>);</li> <li>3) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</li> </ol>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1–3 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	2

<p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа, ИЛИ</p> <p>– отсутствует рисунок, или при построении изображения допущена ошибка.</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>– представлен только правильный рисунок, ИЛИ</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, 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, 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 (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

### Пример 5.1 (3 балла)

с 4. Дано:  $AC=BC$   
 $S_{ABC}=50\text{см}^2$   
 $f=50\text{см}$   
 $S^1=?$

Построим изображение  $\tau B$ . При этом построим 2 круга:  
 1 - радиусом  $me$  от  $o$  (он проходит и пройдет  $1/2$  фокус);  
 2 -  $1/2$  от  $o$  центр  $me$  (он не будет проходить).  
 Изображение  $B^1$  находится в двойном фокусе. Изображение  $B^1$  находится  $B^1$  на  $1/2$  от  $o$ , оно реальное и перевернутое.



Расстояние от центра линзы до точки А равно:  $d = 2F + AC = 2F + \sqrt{25}$   
 Напишем уравнение тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ ;  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{2F + \sqrt{25}}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F + \sqrt{25}} = \frac{2F + \sqrt{25} - F}{F(2F + \sqrt{25})} = \frac{F + \sqrt{25}}{F(2F + \sqrt{25})} \Leftrightarrow f = \frac{(2F + \sqrt{25}) F}{F + \sqrt{25}}$$

$$\Rightarrow A, C, = \left| 2F - \frac{(2F + \sqrt{25}) F}{F + \sqrt{25}} \right|, \text{ площадь нового треугольника равна.}$$

$$S' = \frac{1}{2} A, C, \cdot B, C, .$$

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

$$S' = \frac{1}{2} \left| 2F - \frac{2F + \sqrt{25}}{F + \sqrt{25}} \right| \cdot \sqrt{25} .$$

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

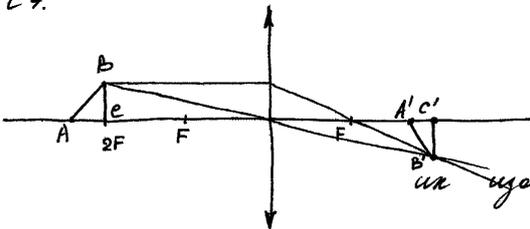
$$= 0,05 \cdot \left| 1 - \frac{1 + \sqrt{10^{-3}}}{0,5 + \sqrt{10^{-3}}} \right| \cdot \sqrt{10^{-3}} = 0,05 \cdot \left| 1 - \frac{1 + 0,1}{0,5 + 0,1} \right| \cdot 0,1 =$$

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

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

### Пример 5.3 (2 балла)

С4.



1)  $S_{ABC} = 50 \text{ см}^2$

$AC \cdot BC \cdot f = 50$

$AC = BC = 10 \text{ см.}$

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

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

4) В: Проводим луч из В через центр линзы, луч идет без преломления. Проводим луч перпендикулярно ш. оптической 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  $BC' = BC$

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 с катетами  $A'C'$  и  $B'C'$

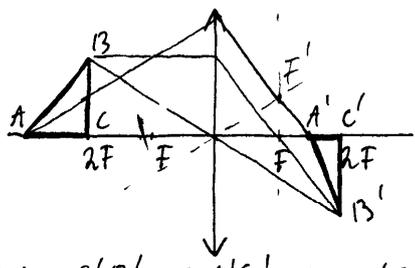
$$S_{A'B'C'} = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{1}{2} \left( 100 - \frac{550}{6} \right) \cdot 10 = 5 \cdot \left( \frac{600 - 550}{6} \right) = \frac{250}{6} \text{ см}^2$$

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.

### Пример 5.4 (1 балл)

С4  
 Дано:  
 $S_{ABC} = 50 \text{ см}^2$   
 $F = 50 \text{ см}$   
 $S_{A'B'C'} = ?$



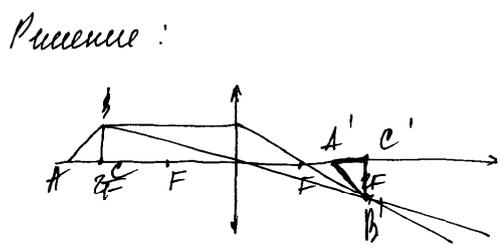
$S_{ABC} = \frac{1}{2} AC \cdot BC = \frac{1}{2} AC^2$ ;  
 т.к.  $\Delta$  равнобедренный по условию.  
 $50 \text{ см}^2 = \frac{1}{2} AC^2$   
 $AC^2 = 100 \text{ см}^2$   
 $AC = 10 \text{ см}$ .  
 $C'B' = 2A'C'$  ;  $C'B' = CB = 10 \text{ см}$  ;  $A'C' = \frac{1}{2} \cdot 10 =$

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

**Пример 5.5 (0 баллов)**

С4. Дано:  
 $S = 50 \text{ см}^2$   
 $F = 50 \text{ см}$   
 $MC = AC$   
 $S = ?$



$S_1 = \frac{1}{2} \cdot AB \cdot AC = \frac{1}{2} AC^2$   
 $AC^2 = 100 \text{ см}^2$   
 $AC = BC = 10 \text{ см}$

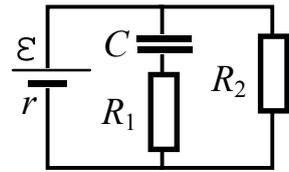
т.к. предмет находится в двойном фокусе предмета, он будет перевернутым  
 $S_1 = S_2 \Rightarrow S_2 = 50 \text{ см}^2$

Ответ:  $S_2 = 50 \text{ см}^2$

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

### Задание 6

Напряженность электрического поля плоского конденсатора (см. рисунок) равна 24 кВ/м. Внутреннее сопротивление источника  $r = 10$  Ом, ЭДС  $\mathcal{E} = 30$  В, сопротивления резисторов  $R_1 = 20$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом. Найдите расстояние между пластинами конденсатора.



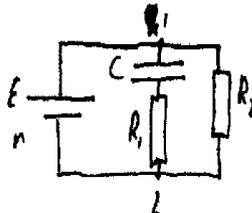
Образец возможного решения	
<p>Электрический ток через последовательно включенные <math>R_1</math> и <math>C</math> не идет, поэтому напряжения на конденсаторе и резисторе <math>R_2</math> одинаковы и равны: <math>U = IR_2</math>, <math>U = Ed</math>, где <math>E</math> – напряженность поля в конденсаторе. Отсюда <math>d = \frac{IR_2}{E}</math>.</p> <p>Согласно закону Ома, <math>I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_2} \Rightarrow d = \frac{\mathcal{E}R_2}{(R_2 + r)E}</math>.</p> <p>Ответ: <math>d = 10^{-3}</math> м = 1 мм.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон Ома для полной цепи и участка цепи, равенство напряжений на параллельно соединенных элементах цепи, связь разности потенциалов с напряженностью поля);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончен,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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>	1

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 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

**Пример 6.1 (3 балла)**

$E = 24 \cdot 10^3 \text{ В/м}$   
 $r = 10 \text{ Ом}$   
 $E = 30 \text{ В}$   
 $R_1 = 20 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 40 \text{ Ом}$

*т.к. цепь разомкнута, то конденсатор уже полностью зарядился а значит разность потенциалов между пластинами конденсатора равна разности потенциалов м/у точками 1 и 2. Следовательно ток тока нет, а  $U_C = U_{R_2}$ .*



$I = \frac{E}{r + R_2}$        $U_{R_2} = I \cdot R_2 = \frac{E \cdot R_2}{r + R_2}$   
 $U_C = E d$   
 $d = \frac{U_C}{E_0} = \frac{U_{R_2}}{E} = \frac{E R_2}{E (r + R_2)}$   
 $d = \frac{30 \cdot 40}{24 \cdot 10^3 (10 + 40)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Полное правильное решение задачи. Работа оценивается 3 баллами.

**Пример 6.2 (1 балл)**

$E = 24 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$   
 $r = 10 \text{ Ом}$   
 $E = 30 \text{ В}$   
 $R_1 = 20 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 40 \text{ Ом}$   
 $d = ?$

$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$        $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$   
 $E = \frac{U}{d}$      $I = \frac{U}{R}$      $I = \frac{E}{R + r}$   
 $\begin{cases} U = E d \\ U = I R \end{cases}$      $\begin{cases} E d = I R \\ I = \frac{E}{R + r} \end{cases}$      $E d = \frac{E R}{R + r} \Rightarrow d = \frac{E R}{E (R + r)}$

$R = \frac{20 \text{ Ом} \cdot 40 \text{ Ом}}{20 \text{ Ом} + 40 \text{ Ом}} = \frac{800 \text{ Ом}}{60 \text{ Ом}} = 13,3 \text{ Ом}$   
 $d = \frac{30 \text{ В} \cdot 13,3 \text{ Ом}}{24 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} (13,3 \text{ Ом} + 10 \text{ Ом})} \approx 0,001875 \text{ м} \approx 1,9 \text{ мм}$

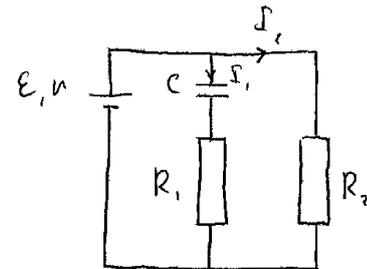
Ответ: 1,9 мм.

Отсутствует утверждение о равенстве напряжений на параллельно соединенных участках цепи, но записаны остальные необходимые для решения задачи уравнения. Присутствуют шаги, направленные на решение задачи. Работа оценивается 1 баллом.

**Пример 6.3 (0 баллов)**

С4 Дано  
 $E = 24 \text{ кВ/м} = 24 \cdot 10^3 \text{ В/м}$   
 $r = 10 \text{ Ом}$   
 $R_1 = 20 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 40 \text{ Ом}; E = 30 \text{ В}$   
 $d = ?$

Решение:  
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ , где  $S$  - площадь обкладок плоского конденсатора  
 $C = \frac{q}{U}$ ,  $q = \frac{F}{E}$   
 $I = \frac{U}{R+r}$ ,  $R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

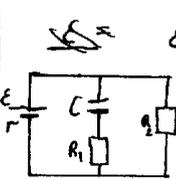


Общее сопротивление цепи  $R_0 = r + R_{12} = r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  сила тока  $I = \frac{U}{R_0}$ ,  
 $I = I_1 + I_2$ ;  $I_2 = \frac{E}{R_2} \Rightarrow I_1 = \frac{E}{R_0} - \frac{E}{R_2} = \frac{E(R_2 - R_0)}{R_0 R_2}$ ;  
 $I = \frac{q}{\Delta t}$ ;  $E = \frac{U}{d} \Rightarrow d = \frac{U}{E}$ ;  $q = I_1 \cdot R_1 = \frac{\epsilon R_1 (R_2 - R_0)}{R_0 R_2}$ .  
 $d = \frac{\epsilon R_1 (R_2 - R_0)}{R_0 R_2 \cdot E} = \frac{30 \cdot 20 \cdot 16,6}{23,3 \cdot 40 \cdot 24 \cdot 10^3} = 0,44 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .  
 Ответ:  $0,44 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,44 \text{ мм}$ .

Из четырех необходимых для решения задачи уравнений отсутствуют два: правильная запись закона Ома для полной цепи и утверждение о равенстве напряжений на конденсаторе напряжению на втором сопротивлении. Работа оценивается 0 баллов.

**Пример 6.4 (0 баллов)**

С4. Дано:  
 $E = 24 \text{ кВ/м}$   
 $r = 10 \text{ Ом}$   
 $E = 30 \text{ В}$   
 $R_1 = 20 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 40 \text{ Ом}$   
 (расст между пластинами конденсатора) - ?



$\epsilon = E = \frac{U}{d}$ ,  $I = \frac{E}{R+r}$ ,  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  - параллельно соединены  
 $I = E \left( \frac{1}{R+r} \right)$   
 $I = E \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + r$   
 $I = 30 \left( \frac{20 \cdot 40}{24 + 40} + 10 \right) =$   
 $= 30 \left( \frac{800 + 600}{60} \right) = 700 \text{ (А)}$

В решении отсутствуют верные исходные формулы.

### Задание 7

Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате?

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)	
<p>Мощность, выделяемая в цепи, находится по формуле  <math>P = IU = I(\mathcal{E} - Ir)</math>.</p> <p>Корни уравнения <math>I(\mathcal{E} - Ir) = 0</math>: <math>I_1 = 0, I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r}</math>.</p> <p>Поэтому максимум функции <math>P(I)</math> достигается при  <math>I = \frac{\mathcal{E}}{2r}</math> и равен <math>P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = 4,5</math> (Вт).</p> <p>Ответ: <math>P_{\max} = 4,5</math> Вт.</p>	<p>The graph shows a coordinate system with a vertical axis labeled 'P' and a horizontal axis labeled 'I'. A solid black curve starts at the origin (0,0), rises to a peak, and then falls back to the horizontal axis. A vertical dashed line from the peak to the horizontal axis is labeled with the fraction <math>\frac{\mathcal{E}}{2r}</math>. A horizontal dashed line from the peak to the vertical axis is labeled <math>P_{\max}</math>. The point where the curve intersects the horizontal axis on the right is labeled with the fraction <math>\frac{\mathcal{E}}{r}</math>. The origin is labeled '0'.</p>
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>закон Ома для полной цепи и формула для мощности тока</i>);</li> <li>– проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**Пример 7.1 (3 балла)**



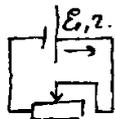
Полное правильное решение задачи.

Пример 7.2 (2 балла)

С4.  $\mathcal{E} = 6\text{ В}$   
 $r = 2\text{ Ом}$   
 $R$  от 1 до 5 (Ом)  


---

 $N_m - ?$



$$N = I^2 R = I^2 R.$$

Допустим сопротивление резистора  $R$ , тогда ток в цепи равен:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \quad (1).$$

$N_m = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(r + R)^2}$  замечаем, что  $N$  будет максимален при  $R = 2$ .

$$N_{\max} = \frac{36 \cdot 2}{16} = 4,5 \text{ Вт.}$$

Представлены все необходимые уравнения, получен верный ответ, но не приведены преобразования, приводящие к ответу. (Не указано, почему мощность будет максимальной при данном сопротивлении.)

Пример 7.3 (2 балла)

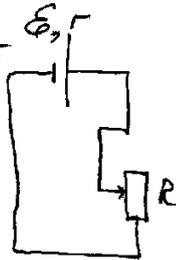
С4. Дано:  
 $\mathcal{E} = 6\text{ В}$   
 $r = 2\text{ Ом}$   
 $R_{\min} = 1\text{ Ом}$   
 $R_{\max} = 5\text{ Ом}$   


---

 $P_{\max} - ?$

Решение:

$P = I^2 R$ ; закон Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$ . Мощность максимальна при максимальной силе тока и сопротивлении, но сила тока максимальна при минимальном сопротивлении резистора.



$$P = \frac{\mathcal{E}^2 \cdot R}{(r + R)^2} = \mathcal{E}^2 \cdot \frac{R}{(r + R)^2} \Rightarrow \text{необходимо найти макс.}$$

сигнал функции  $y = \frac{R}{(r + R)^2}$ .  $y' = \frac{(r + R)^2 - 2R(r + R)}{(r + R)^4} =$   
 $= \frac{(r + R)(r + R - 2R)}{(r + R)^4} = \frac{r - R}{(r + R)^3} = 0 \Rightarrow r = R = 2\text{ Ом.}$

$$P_{\max} = \frac{36 \text{ В}^2 \cdot 2 \text{ Ом}}{(2 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом})^2} = 18 \text{ Вт. Ответ: } 18 \text{ Вт.}$$

Верное решение задачи, получен верный ответ в общем виде, но допущена ошибка при вычислениях. Работа оценивается 2 баллами.

**Пример 7.4 (1 балл)**

C4  $\varepsilon = 6\text{ В}$   
 $r = 2\text{ Ом}$   
 $R_1 = 1\text{ Ом}$   
 $R_2 = 5\text{ Ом}$   
 $R = 1-5\text{ Ом}$   
 $P_{\text{макс}} = ?$

$P = \frac{A}{t}$      $A = I^2 R t$      $P = I^2 R$      $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

$P = \frac{\varepsilon^2}{R^2 + 2Rr + r^2} \cdot R$

Для решения необходимо найти  $R$ , при котором  $P$  будет наибольшим

(1)  $P = \frac{36}{1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2} = 4$

(2)  $P = \frac{36 \cdot 2}{4 + 8 + 4} = 4$

(3)  $P = \frac{36 \cdot 3}{9 + 12 + 4} = 4,32$

(4)  $P = \frac{36 \cdot 4}{16 + 16 + 4} = 4$

(5)  $P = \frac{36 \cdot 5}{25 + 20 + 4} = 3,6$

(1), (2), (3), (4), (5)  $\Rightarrow$  наиб. значение  $P$  при  $R = 3$  и равно  $4,32$

Ответ:  $4,32$

Записаны необходимые уравнения, но не приводится обоснование для определения максимальной мощности. Работа оценивается 1 баллом.

**Задание 8**

Препарат активностью  $1,7 \cdot 10^{11}$   $\alpha$ -частиц в секунду помещен в медный контейнер массой  $0,5$  кг. На сколько повысилась температура контейнера за  $1$  ч, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает  $\alpha$ -частицы энергией  $5,3$  МэВ? Считать, что энергия всех  $\alpha$ -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**Образец возможного решения**

За время  $\Delta t$  в препарате выделяется количество теплоты  $Q = A \cdot \varepsilon \Delta t$ , где  $A$  – активность препарата,  $\varepsilon$  – энергия  $\alpha$ -частицы,  $\Delta t$  – время.  
 Изменение температуры контейнера определяется равенством  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ , где  $c$  – удельная теплоемкость меди,  $m$  – масса контейнера,  $\Delta T$  – изменение температуры контейнера.  
 Выделившееся количество теплоты идет на нагревание контейнера. Отсюда  $\Delta T = \frac{A \varepsilon \Delta t}{cm}$ .  $\Delta T \approx 2,7$  К.  
 Ответ:  $\Delta T \approx 2,7$  К.

**Критерии оценки выполнения задания**

**Баллы**

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

**3**

1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формула для энергии, выделяемой препаратом, и формула для

<p>расчета количества теплоты, полученного контейнером при нагревании);  2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в решении отсутствует <u>ОДНА</u> 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,</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в <u>ОДНОЙ</u> 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.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**Пример 8.1 (3 балла)**

Все шпатель и линейка с контрольными измерительными материалами рассматриваются в полном объеме.

<p><b>С6</b></p> <p><math>\Delta t - ?</math></p> <p><math>A_{кт} = 1,7 \cdot 10^{11}</math></p> <p><math>m = 0,5 \text{ кг}</math></p> <p><math>t = 1 \text{ ч}</math></p> <p><math>Q_1 = 5 \text{ МэВ}</math></p> <p><math>C = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}</math></p>	<p><b>СИ</b></p> <p><math>= 3600 \text{ с}</math></p> <p><math>= 3,48 \cdot 10^{13} \text{ Дж}</math></p>	<p><math>Q = Cm(t_2 - t_1)</math> - т.к. происходит нагревание контейнера</p> <p><math>Q = Cm \Delta t</math></p> <p><math>Q = A_{кт} \cdot Q_1 \cdot t</math> ; <math>\Delta t = \frac{Q}{Cm}</math></p> <p><math>Q = 1,7 \cdot 10^{11} \cdot 3,48 \cdot 10^{13} \cdot 36 \cdot 10^2</math></p> <p><math>\Rightarrow \begin{cases} Q \approx 519 \text{ Дж} \\ \Delta t = \frac{519}{380 \cdot 0,5} \end{cases}</math></p> <p><math>\Delta t = 2,7^\circ \text{C} \approx 3^\circ \text{C}</math></p>
--	---	--

Ответ:  $\Delta t \approx 3^\circ \text{C}$

Представлено верное решение «по частям» с промежуточными вычислениями.

**Пример 8.2 (2 балла)**

<p><b>С6</b></p> <p><math>n = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ частиц}</math></p> <p><math>C = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}</math></p> <p><math>m = 0,5 \text{ кг}</math></p> <p><math>t = 3600 \text{ сек}</math></p> <p><math>E = 5,3 \cdot 10^6 \text{ эВ}</math></p> <p><math>\Delta T - ?</math></p>	<p><math>Q = A</math></p> <p><math>m c \Delta T = E \cdot N</math></p> <p><math>N = n \cdot 3600</math></p> <p><math>m c \Delta T = E \cdot n \cdot 3600</math></p> <p><math>\Delta T = \frac{E \cdot n \cdot 3600}{m c}</math></p>	<p><math>\Delta T = \frac{5,3 \cdot 10^6 \cdot 1,7 \cdot 10^{11} \cdot 3600}{0,5 \cdot 380} =</math></p> <p><math>= 1,7 \cdot 10^{19}</math></p>
---	---	--

Решение верное, но в вычислениях допущена ошибка при переводе эВ в Дж, что привело к неверному ответу.

**Пример 8.3 (2 балла)**

<p><b>С6</b></p> <p>Дано:</p> <p><math>E = 5,3 \text{ МэВ}</math></p> <p><math>E = W_{\text{вн}}</math></p> <p><math>\frac{N}{t} = 1,7 \cdot 10^{11} \frac{\text{частиц}}{\text{с}}</math></p> <p><math>m = 0,5 \text{ кг}</math></p> <p><math>t = 1 \text{ ч}</math></p> <p><math>C_m = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}</math></p> <p><math>\Delta T - ?</math></p>	<p><b>СИ:</b></p> <p><math>10^6 \cdot 5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}</math></p> <p><math>60 \text{ с}</math></p>	<p><b>Решение.</b></p> <p>1) За 1 час испускается <math>n</math> частиц:</p> <p><math>n = \frac{N}{t}</math> ; <math>n = 1,7 \cdot 10^{11} \cdot 60 \text{ с} = 102 \cdot 10^{11}</math></p> <p>2) т.е. энергии всех <math>n</math>-частиц перешла во внеш. энер-ию, то</p> <p><math>E = W_{\text{вн}}</math></p> <p><math>n \cdot E_1 = W_{\text{вн}}</math></p> <p><math>W = 102 \cdot 10^{11} \cdot 5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} =</math></p> <p><math>= 864,96 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}</math></p> <p>3) <math>W = C_m m_m \Delta T</math></p> <p><math>\Delta T = \frac{W}{C_m m_m}</math> ; <math>\Delta T = \frac{864,96 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}}{380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,5 \text{ кг}}</math></p> <p><math>= 4,55 \cdot 10^{-2} \text{ К}</math></p> <p>Ответ <math>\approx 4,55 \cdot 10^{-2} \text{ К}</math></p>
---	---	--

Верно записаны формулы и представлены преобразования, но допущена ошибка при подстановке значения времени в формулу для энергии  $\alpha$ -частиц, что привело к неверному ответу. Приравнивается к ошибкам в вычислениях и оценивается в 2 балла.

**Пример 8.4 (1 балл)**

<i>C5</i> Дано	Решение
$N = 1,7 \cdot 10^{11}$ $t_1 = 1 \text{ c}$ $m = 0,5 \text{ кг}$ $t_2 = 3600 \text{ c}$ $E = 5,3 \text{ МэВ} =$ $5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$ <hr/> $\Delta T = ? \text{ К}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>Q = E \cdot t</math></li> <li>2) <math>Q = m c \Delta T</math></li> <li>3) подставим 2 в 1</li> </ol> $m c \Delta T = E \cdot t$ $\Delta T = \frac{E \cdot t}{m c} = \frac{5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \cdot 1,7 \cdot 10^{11}}{380 \cdot 0,5} =$ $7,587 \text{ К}$ <p>Ответ: изменение температуры равно <math>7,587 \text{ К}</math>.</p>

В одной из исходных формул допущена ошибка (в формуле для энергии всех  $\alpha$ -частиц, испускаемых за 1 час, не учтено время).

### Задание 9

В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн соответственно  $\lambda_1 = 350$  нм и  $\lambda_2 = 540$  нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в  $\frac{v_1}{v_2} = 2$  раза. Какова работа выхода с поверхности металла?

Образец возможного решения	
<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:</p> $h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{1\text{max}}^2}{2}. \quad (1)$	
<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:</p> $h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{2\text{max}}^2}{2}. \quad (2)$	
<p>Связь длины волны света с частотой в первом опыте: <math>\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}. \quad (3)</math></p>	
<p>Связь длины волны света с частотой во втором опыте: <math>\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}. \quad (4)</math></p>	
<p>Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов: <math>n = \frac{v_{1\text{max}}}{v_{2\text{max}}}. \quad (5)</math></p>	
<p>Решая систему уравнений (1)–(5), получаем: <math>A_{\text{вых}} = \frac{hc(n^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1})}{\lambda_2(n^2 - 1)}.</math></p>	
<p>Ответ: <math>A_{\text{вых}} \approx 3,0 \cdot 10^{-19}</math> Дж <math>\approx 1,9</math> эВ.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и формула, связывающая длину волны электромагнитных волн с частотой</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены,</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан пра-</p>	2

<p>ильный числовой ответ или ответ в общем виде, ИЛИ – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – 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, 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 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

### Пример 9.1 (3 балла)

С6 Дано:

$$\lambda_1 = 35 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 54 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

$$v_1 = 2v_2$$

Автом? —

$$h\nu = \frac{mc^2}{\lambda} + A_{\text{вкл}} \text{ (урав. Эйнштейна)}$$

$$c = \lambda v$$

$$\begin{cases} h \frac{c}{\lambda_1} = \frac{4mc^2}{\lambda} + A_{\text{вкл}}, \\ h \frac{c}{\lambda_2} = \frac{mc^2}{\lambda} + A_{\text{вкл}}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{35 \cdot 10^{-8}} = 4 \cdot E_{\text{квл}} + A_{\text{вкл}} \\ \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{54 \cdot 10^{-8}} = E_{\text{квл}} + A_{\text{вкл}} \end{cases}$$

$$\frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{35 \cdot 10^{-8}} - \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{54 \cdot 10^{-8}} = 3 E_{\text{квл}}$$

$$\frac{19 \cdot 19,8 \cdot 10^{-26}}{189 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = E_{\text{квл}}; E_{\text{квл}} \approx 0,66 \cdot 10^{-19}$$

$$A_{\text{вкл}} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{54 \cdot 10^{-8}} - 0,66 \cdot 10^{-19} = \frac{(19,8 - 35,64) \cdot 10^{-27}}{54 \cdot 10^{-8}} \approx 3 \cdot 10^{-19} \text{ эв.}$$

Ответ:  $\approx 3 \cdot 10^{-19} \text{ эв}$

Полное верное решение задачи «по действиям». Оценивается 3 баллами.

Пример 9.2 (2 балла)

C5.

$$\lambda_1 = 350 \text{ нм}$$

$$\lambda_2 = 540 \text{ нм}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = 2$$

$$V_1 = 2 V_2$$

$$\text{Ответ: } 0,03 \cdot 10^{-17}$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v^2}{2}$$

$$A_{\text{вых}} = h\nu - \frac{m_e v^2}{2} \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$A_{\text{вых}_1} = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{m_e v_1^2}{2}$$

$$A_{\text{вых}_1} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot v_1^2}{2} =$$

$$= 0,0566 \cdot 10^{-17} - 4,55 \cdot 10^{-31} \cdot v_1^2$$

$$A_{\text{вых}_2} = 0,0366 \cdot 10^{-17} - 4,55 \cdot 10^{-31} \cdot v_2^2$$

$$0,0566 \cdot 10^{-17} - 4,55 \cdot 10^{-31} \cdot v_1^2 = 0,0366 \cdot 10^{-17} - 4,55 \cdot 10^{-31} \cdot \frac{1}{4} v_1^2$$

$$\frac{3}{4} \cdot 4,55 \cdot 10^{-31} v_1^2 = 10^{-17} (0,0566 - 0,0366); \quad v_1 = 7,64 \cdot 10^5$$

$$A_{\text{вых}} = 0,0566 \cdot 10^{-17} - 4,55 \cdot 10^{-31} \cdot 58,46 \cdot 10^{10} = 0,03 \cdot 10^{-17}$$

Задача решена по действиям, получен верный числовой ответ, но не указаны единицы измерения.

Пример 9.3 (2 балла)

C6. Дано:

$$\lambda_1 = 350 \text{ нм} = 350 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 540 \text{ нм} = 540 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\frac{v_{1\text{max}}}{v_{2\text{max}}} = 2$$

$$A_{\text{вых}} = ?$$

$$E_{\text{фот}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad E_{\text{фот}} = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{2\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} - A_{\text{вых}} = \frac{m_e v_{1\text{max}}^2}{2}$$

$$v_{2\text{max}}^2 = \frac{2 \left( \frac{hc}{\lambda_2} - A_{\text{вых}} \right)}{m_e} \quad (1)$$

$$\frac{v_{1\text{max}}}{v_{2\text{max}}} = 2 \Rightarrow \frac{v_{1\text{max}}^2}{v_{2\text{max}}^2} = 4 \Rightarrow v_{1\text{max}}^2 = 4 v_{2\text{max}}^2 \quad (2)$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{1\text{max}}^2}{2} \quad (3)$$

Из (1) и (2) в (3):

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + \frac{4 \cdot \frac{2 \left( \frac{hc}{\lambda_2} - A_{\text{вых}} \right)}{2} \cdot m_e}{2}$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + \frac{4 m_e hc}{\lambda_2} - 4 m_e A_{\text{вых}}$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{4 m_e hc}{\lambda_2} = A_{\text{вых}} (1 - 4 m_e)$$

$$A_{\text{вых}} = \frac{\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{4 m_e hc}{\lambda_2}}{1 - 4 m_e}$$

$$A_{\text{вых}} = \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} - \frac{4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{540 \cdot 10^{-9}} \right) : (1 - 4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}) =$$

$$= \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-17}}{350} - \frac{4 \cdot 9,1 \cdot 6,6 \cdot 3 \cdot 10^{-42}}{540} \right) : (1 - 3,64 \cdot 10^{-31}) =$$

Правильно записаны все необходимые формулы, проведены преобразования, но в них допущена ошибка (не сокращена масса электрона), что привело к ошибочным вычислениям. Решение оценивается 2 баллами.

### Пример 9.4 (1 балл)

С5 Дано.  $\lambda_1 = 350 \text{ нм}$   
 $\lambda_2 = 540 \text{ нм}$   
 $\frac{v_1}{v_2} = 2$   
 $A \text{ вых.} - ?$

См:  
 $350 \cdot 10^{-9} \text{ м}$   
 $540 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$   
 $m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$   
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Решим

$$h\nu = A + E$$

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda}$$

$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{\lambda}{v} = \frac{v}{c} \Rightarrow v = \nu \lambda$$

$$\nu_1 = \nu \lambda_1 \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \nu \cdot 0.65 \Rightarrow \lambda = \nu \cdot 0.65$$

$$\nu_2 = \nu \lambda_2$$

$$\nu = 3$$

$$\nu = 3 \cdot 350 \cdot 10^{-9} = 1.05 \cdot 10^{-6}$$

$$A = \frac{6.6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} - \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (1.05 \cdot 10^{-6})^2}{2}$$

$$= 5.7 \cdot 10^{-19} - 5 \cdot 10^{-43} = 5.7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Ответ:  $5.7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

В решении представлены все необходимые формулы, однако далее приводится неверная формула для скорости фотоэлектронов.

### Пример 9.5 (0 баллов)

С6. Дано:

$$\lambda_1 = 350 \text{ нм}$$

$$\lambda_2 = 540 \text{ нм}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = 2$$

$\eta - ?$

$$\eta = \frac{A_2}{A_3} \cdot 100\%$$

Т.к.  $\lambda_2 > \lambda_1$ , то  $v_1 > v_2$ .

Т.к.  $v_1 = 2v_2$ , то и  $\lambda_2 = 2\lambda_1$ , но  $\frac{540}{350} \neq 2$

$$\frac{540}{350} = 1.54 \Rightarrow \eta = \frac{\lambda_2 \cdot v_2}{\lambda_1 \cdot v_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{1.54}{2} \cdot 100\% = 77\%$$

Ответ: 77% - работа выхода с поверхности металла

Отсутствует запись необходимых уравнений.

**Рекомендации ФПК по оцениванию**  
**Книга 2**  
**Часть 1. Оценивание отдельных заданий**

	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5	Задание 6
Работа №1	3	1	0	3	0	2
Работа №2	2	1	1	1	3	2
Работа №3	2	2	2	0	0	0
Работа №4	1	1	0	1	0	2
Работа №5	1	1	1	2	1	2
Работа №6	1	3	3	2	3	3

**Часть 2. Оценивание целых работ**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Работа №1	1	3	1	X	0	3
Работа №2	3	3	X	X	3	2
Работа №3	2	3	1	X	1	2
Работа №4	1	3	X	X	1	3
Работа №5	2	X	3	1	3	3
Работа №6	X	3	1	X	2	2

**Книга 3**

**Материалы для проведения зачета**

<b>Вариант 1</b>	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Работа №1	3	3	3	X	X	X
Работа №2	1	1	1	0	0	1
Работа №3	1	3	1	3	2	3
Работа №4	1	2	0	0	1	1
Работа №5	1	2	0	X	2	X
Работа №6	2	3	2	0	1	0

<b>Вариант 1</b>	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Работа №1	2	3	3	3	3	3
Работа №2	X	2	1	1	X	0
Работа №3	1	X	1	3	X	3
Работа №4	0	3	3	3	3	1
Работа №5	1	0	1	1	2	0
Работа №6	2	3	3	3	X	3